نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۴، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۱، ص. ۱۰۳-۹۱

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 2, Summer 2012, p. 91-103

بررسی تأثیر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک بر شاخص تنوع گونه‌ای علف‌های هرز در مزارع گندم (*Triticum aestivum* L.) شرق مشهد

مریم جهانی‌کندری[۱*]، علیرضا کوچکی[۲]، مهدی نصیری محلاتی[۲] و پرویز رضوانی مقدم[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۹/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۴/۰۳

چکیده

به منظور بررسی تأثیر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک بر شاخص تنوع گونه‌ای علف‌های هرز، در مطالعه‌ای میدانی در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ مزارع گندم (*Triticum aestivum* L.) منطقه شرق مشهد بر اساس مساحت آنها در دامنه کمتر از ۳ هکتار، ۳ تا ۵ هکتار، ۵ تا ۱۰ هکتار، ۱۰ تا ۱۵ هکتار و بیشتر از ۱۵ هکتار شناسایی گردید. از خاک هر یک از مزارع آزمایشی، پنج نمونه از عمق ۳۰ سانتی‌متر با استفاده از اوگری به قطر پنج سانتی‌متر و بطور تصادفی برداشت شد و سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل گردید و میزان کربن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و اسیدیته خاک تعیین شد. نتایج این آزمایش حاکی از آن بود که همبستگی معنی‌داری بین میزان کربن، مواد آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، اسیدیته خاک و مساحت مزارع وجود داشت، به طوریکه با افزایش سطح مزارع میزان کربن، مواد آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم کاهش و میزان pH افزایش یافت. همچنین همبستگی معنی-داری بین نسبت C/N و مساحت مزارع مشاهده گردید، بطوریکه با افزایش سطح مزرعه نسبت C/N کاهش یافت. بین‌کربن، فسفر، پتاسیم، نیتروژن، اسیدیته خاک و شاخص شانون علف‌های هرز نیز همبستگی معنی‌داری مشاهده گردید. با افزایش میزان کربن، نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک و کاهش اسیدیته خاک شاخص شانون افزایش یافت. میزان کربن و نیتروژن خاک نیز همبستگی مثبت معنی‌داری با غنای گونه‌ای نشان داد.

واژه‌های کلیدی: خصوصیات خاک، شاخص شانون، غنای گونه‌ای

مقدمه

افزایش غنای گونه‌ای در فرآیند بوم نظام‌ها تأثیر عمده‌ای دارد (Loreau et al., 2002) که به صورت استفاده مؤثرتر از منابع مختلف و کنش‌های مثبت بین موجودات زنده مشخص می‌گردد (Loreau et al., 2002; Tilman et al., 2001). تنوع زیستی خاک تحت تأثیر عواملی نظیر پوشش گیاهی (شامل زیست توده، گونه‌های گیاهی و ترکیب جوامع)، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، اقلیم و برهمکنش‌های بین میکروارگانیسم خاک تعیین می‌شود (Giller et al., 1997).

بیشترین تنوع زیستی در نظام‌های زراعی، در درون خاک یافت می شود. کنش‌های متقابل شبکه‌های غذایی در بین موجودات خاکزی، اثرات عمده‌ای بر کیفیت گیاهان زراعی، انتشار آفات و بیماری‌های گیاهی و حشرات شکارچی می‌گذارند (Brussaard et al., 2007). تغییرات تنوع زیستی تحت تأثیر کارکرد بوم نظام‌های زیرسطح خاک می‌باشد. به طور مثال، جوامعی از موجودات زنده داخل خاک، سهم بسزایی در تنوع زیستی دارند که اغلب این جوامع به تجزیه مواد آلی و معدنی شدن عناصر غذایی در خاک کمک می‌نمایند (Bartelt-Ryser et al., 2005).

تنوع زیستی خاک باعث افزایش تولید خالص اولیه شده و این عامل بهبود محتوی کربن خاک و در نتیجه برگشت زیست توده‌های گیاهی به داخل خاک را موجب می‌شود. تنوع زیستی بالا منجر به تراکم بالای مواد اضافی گیاهی شده که این عامل باعث افزایش تنوع تجزیه‌کنندگان و ریزه‌خواران می‌گردد. در خاک‌های جنگلی تراکم بالایی از قارچ‌های تجزیه کننده برای تجزیه مواد آلی خاک دیده می‌شود (Bartelt-Ryser et al., 2005).

غنا و ترکیب گونه‌ای بر خصوصیات خاک از قبیل محتوای نیتروژن، ماده آلی، pH و بافت خاک تأثیر بسزایی دارد، بطوریکه ترکیب و غنای گونه‌ای اثرات بلندمدتی روی محتوی کربن آلی خاک

۱ و ۲- به ترتیب فارغ التحصیل دکتری اکولوژی گیاهان زراعی و استاد گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: E-mail: mrkondori@yahoo.com)

دارند و بنابراین عامل مهمی در طراحی بوم نظام های زراعی برای مدیریت حاصلخیزی خاک می‌باشند (Russel, 2002). همچنین نظام‌های چند کشتی، غنای گونه‌ای بالاتری را نشان می‌دهند که می‌توان آنرا در ارتباط با افزایش بهره وری و اختلاف در خصوصیات چرخه مواد غذایی تنظیم کننده حاصلخیزی خاک دانست (Tilman, 1996). تغییر pH نیز از طریق آهک و میزان کوددهی بر تنوع گونه‌ای خاک تأثیر دارد، بطوریکه بیشترین تنوع گونه‌ای در pH بالا مشاهده شده است (Grubb, 1986).

تخریب خاک در بوم نظام‌های طبیعی، تنوع زیستی خاک را به شدت کاهش می‌دهد (Wardle et al., 1999). تغییر کاربری زمین، باران‌های اسیدی، آلودگی فاضلاب‌ها، مازاد کودها، ترکیبات شیمیایی و گونه‌های مهاجم می‌تواند گونه‌های گیاهی، الگوهای پراکنش آنها، کیفیت شیمیایی بقایای گیاهان، تراکم و ساختار ظاهری ریشه‌ها و خرد اقلیم خاک را تغییر دهد (Rovira et al., 1994).

فشردگی خاک مزارع با عبور و مرور ماشین آلات سنگین، تراکتورها و دیگر ادوات سنگین افزایش می‌یابد. فشردگی خاک نیز همانند شخم عمیق باعث کاهش زیست توده و تنوع اکثر موجودات خاکزی می‌شود (Paoletti & Bressan, 1986). نظام‌های بدون شخم یا دارای عملیات شخم حفاظتی، تنوع زیستی و پیچیدگی شبکه‌های غذایی خاک و حمایت بیشتر از موجودات زنده آن را افزایش می‌دهند، این در حالی است که کارکرد چنین نظام‌هایی به تغییرات فیزیکی و شیمیایی اجزاء خاک از قبیل تجمع کربن خاک و چرخه مواد غذایی بستگی دارد (Holland, 2004).

بدین ترتیب، از آنجا که نظام‌های زراعی الگوهای مناسبی برای مطالعه روابط بین تنوع زیستی و زیستگاه و اهمیت تنوع زیستی در کارکرد بوم نظام می‌باشند، لذا این تحقیق به منظور بررسی برخی ویژگی‌های خاک بر شاخص تنوع گونه‌ای علف‌های هرز مزارع گندم (*Triticum aestivum* L.) شرق مشهد در استان خراسان رضوی انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک بر شاخص تنوع گونه‌ای علف‌های هرز در مزارع کم نهاده و پرنهاده گندم، مطالعه‌ای در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در مزارع شرق مشهد (بخش رضوی) انجام گرفت. بدین منظور مساحت مزارع گندم منطقه توسط بررسی‌های میدانی و اطلاعات موجود در بانک اطلاعات جهاد کشاورزی مشهد، در دامنه کمتر از سه هکتار، ۳ تا ۵ هکتار، ۵ تا ۱۰ هکتار، ۱۰ تا ۱۵ هکتار و بیشتر از ۱۵ هکتار شناسایی گردید (جدول ۱).

برای تعیین ارتباط بین خصوصیات خاک و تنوع گونه‌ای گیاهان هرز، با توجه به وسعت مزارع و همزمان با نمونه‌برداری دوم علف‌های هرز و در انتهای مرحله سنبله‌دهی گندم، از خاک هر یک از مزارع آزمایشی، نمونه‌برداری صورت گرفت. بدین منظور خاک از عمق ۳۰ سانتی‌متر با استفاده از اوگری به قطر پنج سانتی‌متر و بطور تصادفی برداشت شد. سپس نمونه‌ها به تفکیک درون کیسه پلاستیکی ریخته به آزمایشگاه منتقل گردید و بافت، میزان کربن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و pH خاک تعیین شد.

محتوی کربن آلی خاک از روش اکسایش با دی‌کرومات (Walkley & Black, 1934)، میزان نیتروژن موجود در خاک با استفاده از روش کجلدال (Bermner, 1965) و میزان فسفر خاک با استفاده از روش السن و همکاران (Olsen et al., 1954) اندازه‌گیری و تعیین شد. برای اندازه گیری پتاسیم خاک از روش استات آمونیوم نرمال (Knudeson, 1982) استفاده شد. pH نمونه‌های خاک نیز با تهیه سوسپانسیون خاک با نسبت ۱: ۱ (آب به خاک) و با استفاده از دستگاه pH متر اندازه‌گیری شد (Mc Lean, 1982). تعداد نمونه‌های برداشت شده از هر مزرعه به عنوان تکرار و داده‌های آزمایش توسط نرم‌افزار Minitab ver. 13.0 آنالیز و نمودارها نیز توسط نرم‌افزار Excel رسم شد.

جدول ۱- راهنمای مزارع گندم بر اساس مساحت
Table 1- Guide for wheat fields based on area

کد Code	مساحت مزرعه (هکتار) Field area (ha)	کد Code	مساحت مزرعه (هکتار) Field area (ha)
6	مزرعه ۵ هکتار 5 ha field	1	مزرعه ۳۰ هکتار 30 ha field
7	مزرعه ۴ هکتار 4 ha field	2	مزرعه ۲۰ هکتار 20 ha field
8	مزرعه ۳ هکتار 3 ha field	3	مزرعه ۱۴ هکتار 14 ha field
9	مزرعه ۲ هکتار 2 ha field	4	مزرعه ۱۱ هکتار 11 ha field
		5	مزرعه ۱۰ هکتار 10 ha field

نتایج و بحث

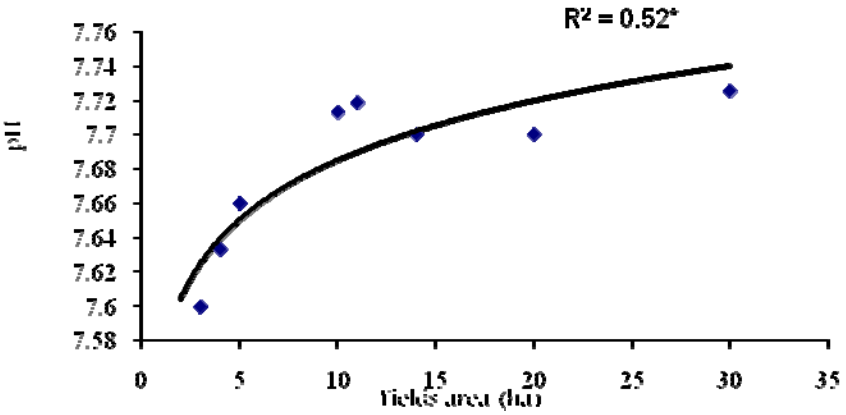
نتایج آزمایش خاک مزارع مختلف حاکی از همبستگی معنی‌دار (R^2=0.52)، بین میزان pH خاک و مساحت مزارع بود (شکل ۱)، به طوریکه با افزایش سطح مزارع میزان pH خاک تا حدی افزایش یافت. به طور کلی، pH خاک در مزارع با مساحت‌های مختلف بیش از ۷/۵ بود، ولی تفاوت قابل توجهی در pH خاک مزارع مورد مطالعه مشاهده نگردید. به نظر می‌رسد که با افزایش آبیاری در نظام‌های کشاورزی پرنهاده pH خاک افزایش یافته است. خداشناس (Khodashenas, 2008) در بررسی تنوع زیستی مزارع گندم استان

خراسان بیان داشت که نظام‌های پرنهاده نسبت به نظام‌های طبیعی pH بالاتری دارند که احتمالاً انجام آبیاری در نظام‌های کشاورزی مورد مطالعه در تجمع املاح و افزایش pH مؤثر بوده است. در مناطق خشک و نیمه خشک جهان تجمع نمک‌ها، بصورت محلول و نامحلول، معمول است. بعلت کمبود بارندگی نمک‌هایی که از سنگ-های مادری آزاد می‌شوند، از خاک خارج نمی‌شوند که این وضعیت باعث افزایش pH خاک می‌شود. نتایج برخی بررسی‌ها (Nassiri Mahallati et al., 2001) نیز نشان داده است که آبیاری نیز یکی از عواملی است که می‌تواند باعث افزایش نمک در خاک شود، بویژه در مناطقی که از پتانسیل تبخیر و تعرق بالائی برخوردار هستند.

همانگونه که در شکل‌های ۲ و ۳ ملاحظه می‌گردد، میزان کربن و مواد آلی خاک در مزارع با مساحت‌های مختلف متفاوت بود، بطوریکه با افزایش سطح مزارع میزان کربن و مواد آلی کاهش یافت. بیشترین و کمترین درصد کربن و مواد آلی به ترتیب در مزارع با مساحت ۳ و ۳۰ هکتار بدست آمد. به نظر می‌رسد که با کاهش نهاده‌ها در مزرعه و استفاده بیشتر از بقایای گیاهی و مواد آلی ناشی از کشت گندم در زمین‌های زراعی، کربن و مواد آلی بیشتری در خاک ذخیره می‌گردد. همچنین به علت پوشش گیاهی بیشتر در مزارع کم نهاده و کاهش دمای خاک سرعت تجزیه این مواد آلی کاهش می‌یابد.

شرایط اقلیمی از جمله درجه حرارت و بارندگی، تأثیر زیادی بر مقدار مواد آلی خاک دارد. بطور طبیعی تجمع مواد آلی خاک در شرایط بارندگی بیشتر و درجه حرارت خنک‌تر، بیشتر بوده و در شرایط گرم‌تر و خشک‌تر، تجزیه مواد بیشتر است. به طور کلی، عملیات شخم باعث افزایش هوادهی خاک و در نتیجه خشک شدن آن و افزایش سرعت تجزیه و کاهش محتوی ماده آلی خاک می‌شود. کوددهی و آبیاری، از طریق تأثیر بر تولیدات فتوسنتزی، باعث افزایش بقایای گیاهی شده و مواد آلی خاک را افزایش می‌دهند. تیزدال و همکاران (Tisdal et al., 2001) بیان نمودند که آبیاری باعث افزایش رطوبت خاک می‌شود و در نتیجه تجزیه مواد آلی را کندتر می‌نماید. به طور کلی، خاک‌هایی با حداقل شخم و نگهداری بیشتر بقایا، از محتوای کربن بیشتری در خاک نسبت به شخم رایج برخوردار می‌باشند (Dell et al., 2008; Fuentes et al., 2010).

بین میزان نیتروژن کل خاک با مساحت‌های مختلف مزارع، همبستگی بالایی (R^2=0.86) مشاهده گردید (شکل ۴)، بطوریکه با افزایش سطح مزارع، میزان نیتروژن خاک کاهش یافت. بیشترین میزان نیتروژن در مزرعه با مساحت دو هکتار (۰/۱ درصد) و کمترین میزان نیتروژن در مزرعه با مساحت ۳۰ هکتار (۰/۰۱ درصد) مشاهده گردید. به نظر می‌رسد که زمان نامناسب مصرف کودهای دامی در مزارع پرنهاده در طی پاییز و زمستان، به دلیل عدم انطباق با نیاز گیاه و همچنین انجام آبیاری نامناسب و استفاده فراوان از کودهای شیمیایی باعث آبشویی نیتروژن و از دسترس خارج شدن آن می‌گردد. تقی‌زاده و همکاران (Taghizadeh et al., 2007) بیان داشتند که میزان نیتروژن قابل آبشویی، در خاک به زمان مصرف، قرارگرفتن مناسب کود در خاک و آبیاری بستگی دارد. آبیاری بیش از اندازه منجر به آبشویی نیتروژن می‌گردد، به طوریکه آبشویی ۴۰ درصد نیتروژن قابل استفاده در ناحیه ریشه‌ها تنها با مصرف ۳۰۰ میلی‌متر آب گزارش شده است. مصرف کودهای نیتروژن و آب مطابق با نیاز گیاه، تأثیر بسزایی در افزایش کارایی نیتروژن دارد.

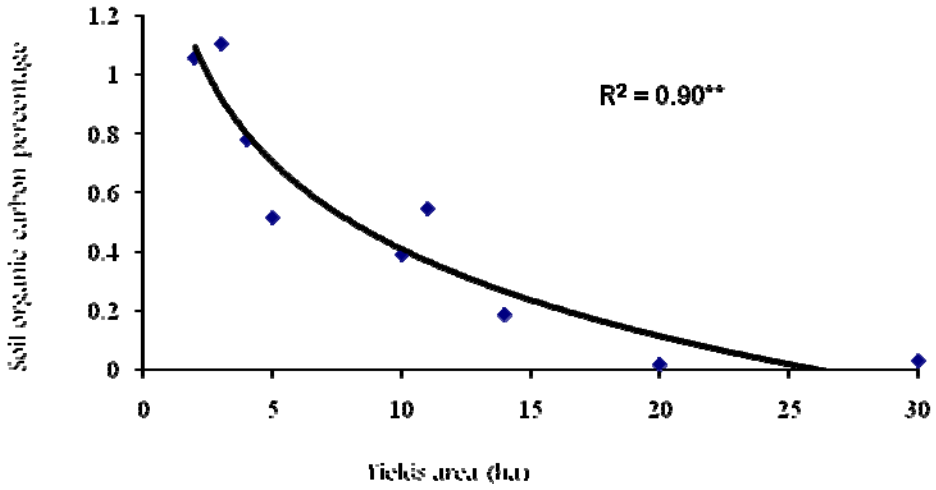


شکل ۱- رابطه رگرسیونی بین pH خاک و مساحت مزارع

Fig. 1- Regression relationship between soil pH and field area

*: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

* is significant at 5% probability level.

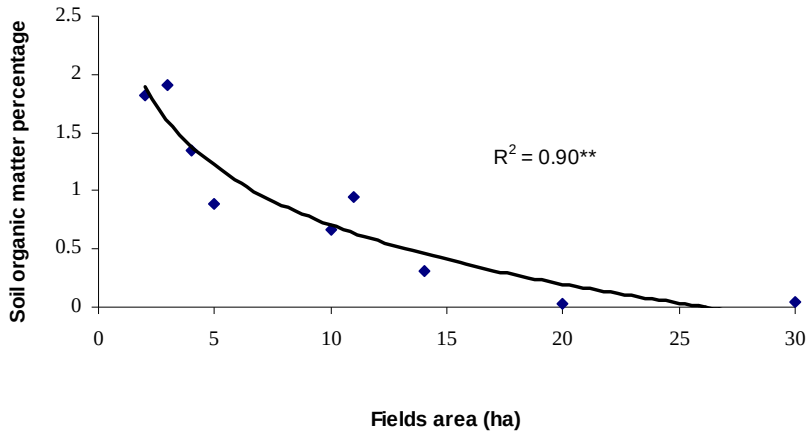


شکل ۲- رابطه رگرسیونی بین درصد کربن آلی خاک و مساحت مزارع

Fig. 2- Regression relationship between soil organic carbon percentage and field area

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

** is significant at 1% probability level.



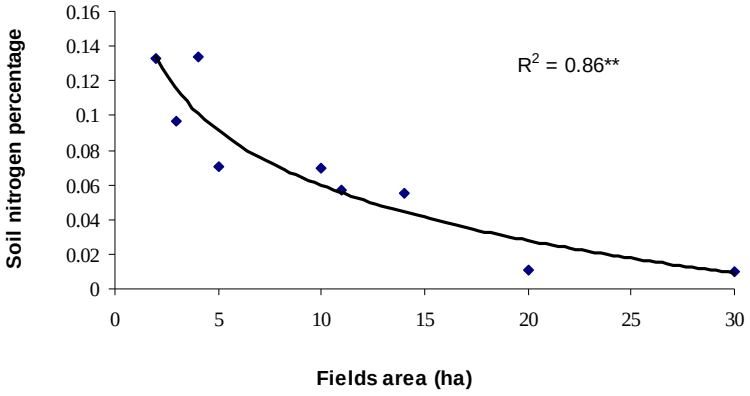
شکل ۳- رابطه رگرسیونی بین درصد ماده آلی خاک و مساحت مزارع

Fig. 3- Regression relationship between soil organic matter percentage and field area

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

** is significant at 1% probability level.

افزایش مصرف کودهای نیتروژن در طی ۴۰ سال اخیر، باعث ایجاد مشکلات عمده و اثرات منفی از جمله آلودگی آب‌های زیرزمینی گردیده است (Korsaeth, 2008; Xiao-Zong et al., 2009). مصرف بالای کودهای نیتروژن باعث افزایش غلظت نیترات در لایه‌های پایینی خاک گردیده است، به‌طوریکه در طی بارندگی شدید، بیشتر نیترات خاک آبشویی شده و به لایه سخت کربنات کلسیم می‌رسد (Aparicio et al., 2008). مصرف کود دامی باید در زمان‌هایی صورت گیرد که گیاهان می‌توانند به بهترین وجه از نیتروژن بهره ببرند. در این راستا، می‌توان با استفاده از بازدارنده‌های نیتریفیکاسیون و مخلوط کردن کود دامی جامد یا مایع به طور مؤثر با خاک تلفات نیتروژن را کاهش داد. انتخاب نوع گیاه در تناوب و مدیریت خاک نیز بر تلفات نیتروژن مؤثرند. همچنین باید از دوره‌هایی که خاک بدون پوشش گیاهی است اجتناب شود (Jami-Alahmadi et al., 2006).



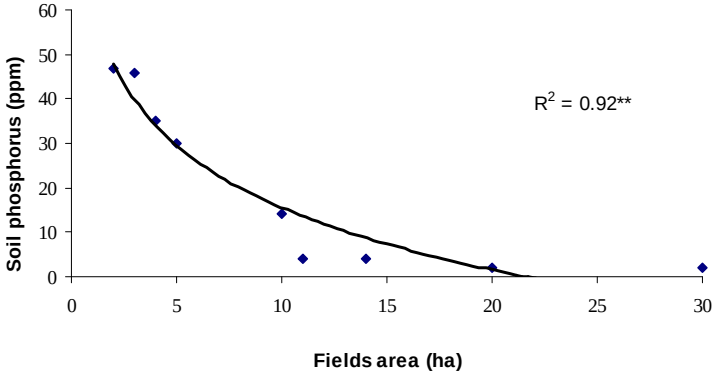
شکل ٤- رابطه رگرسیونی بین درصد نیتروژن خاک و مساحت مزارع

Fig. 4- Regression relationship between soil nitrogen percentage and field area

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

** is significant at 1% probability level.

بین میزان فسفر خاک و مزارع با مساحت‌های مختلف، همبستگی بالایی (R^2=0.92) مشاهده گردید (شکل ۵)، به طوریکه با افزایش سطح مزارع میزان فسفر خاک در دو سال آزمایش کاهش یافت. بیشترین میزان فسفر در مزرعه با مساحت دو هکتار (۴۷ ppm) و کمترین میزان فسفر در مزرعه با مساحت ۲۰ و ۳۰ هکتار (۲ ppm) مشاهده گردید. از آنجا که مزارع پرنهاده از بافت ریزی برخوردار بودند و فسفات تمایل ترکیبی شدیدی با کانی‌های رسی دارد، لذا میزان فسفر در مزارع با مساحت بالا کمتر بود. همچنین این ترکیب در خاک با آهن، آلومینیوم و کلسیم واکنش می‌دهد و ترکیبات نامحلولی تشکیل می‌دهد که برای گیاه قابل دسترس و جذب نیستند. بورش و تیان (Buresh & Tian, 1997) بیان داشتند که فسفر قابل جذب توسط گیاه در خاک‌ها کم است و فسفر در ناحیه زیرین خاک معمولاً به شکل غیرمتحرک می‌باشد. فسفر عمدتاً به واسطه رواناب‌های سطحی تلف می‌شود و کل تلفات این عنصر در این حالت شامل فسفر محلول در رواناب و فسفری می‌شود که به وسیله ذرات خاک فرسایش یافته است (Jami-Alahmadi, 2006). همچنین در خاک-های اسیدی فسفر توسط آهن و آلومینیوم و در خاک‌های قلیایی توسط کلسیم، محبوس و غیرقابل جذب می‌گردد (Koocheki et al., 2005).



شکل ۵- رابطه رگرسیونی بین محتوی فسفر خاک و مساحت مزارع

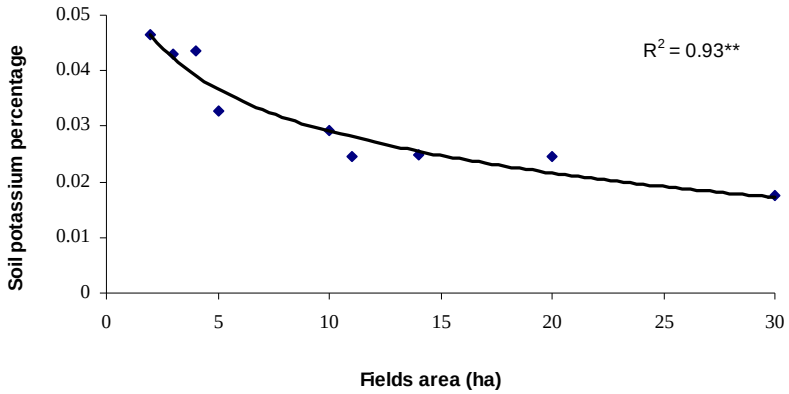
Fig. 5- Regression relationship between soil phosphorus content and field area

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

** is significant at 1% probability level.

بین میزان پتاسیم خاک و مزارع با مساحت‌های مختلف، همبستگی بالایی (R^2=0.93) مشاهده گردید، بطوریکه با افزایش سطح مزارع میزان پتاسیم خاک در دو سال آزمایش کاهش یافت. بیشترین میزان پتاسیم در مزرعه با مساحت دو هکتار (۰/۰۴۶ درصد) و کمترین میزان پتاسیم در مزرعه با مساحت ۳۰ هکتار (۰/۰۱۷ درصد) مشاهده گردید (شکل ۶).

همانگونه که در شکل ۷ ملاحظه می‌گردد، بین نسبت C/N و مساحت مزارع، همبستگی بالایی (R^2=0.52) مشاهده شد. با افزایش سطح مزرعه نسبت C/N کاهش یافت. بیشترین میزان C/N در مزرعه با مساحت سه هکتار (۱۱/۴۰) و کمترین میزان C/N در مزرعه با مساحت ۲۰ هکتار (۱/۲۷) مشاهده گردید (شکل ۷). فرآیند تجزیه مواد آلی در مزارع کم نهاده به دلیل خاکورزی حداقل، رطوبت بیشتر و درجه حرارت‌های کمتر به علت وجود پوشش گیاهی بیشتر، کندتر می‌باشد. حرارت، رطوبت و تهویه خاک بر سرعت تجزیه ماده آلی مؤثر هستند. عملیات شخم در مزارع پرنهاده باعث افزایش تهویه خاک و در نتیجه خشک شدن آن و افزایش سرعت تجزیه می شود (Khodashenas et al., 2010). لذا نسبت بالاتر C/N در مزارع با مساحت کم را می‌توان به میزان ماده آلی و کربن بالاتر به علت وجود بقایای گیاهی، تجمع ماده آلی و استفاده از روش‌های مدیریتی پایدار، نسبت داد.

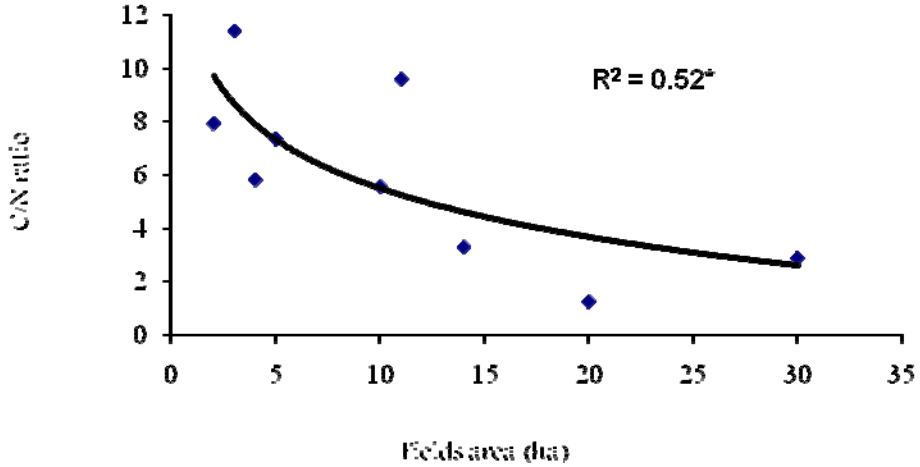


شکل ٦- رابطه رگرسیونی بین درصد پتاسیم خاک و مساحت مزارع

Fig. 6- Regression relationship between soil potassium percentage and field area

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

** is significant at 1% probability level.



شکل ۷- رابطه رگرسیونی بین نسبت C/N و مساحت مزارع

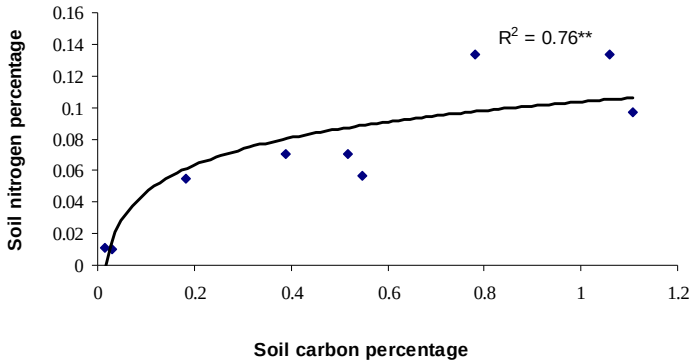
Fig. 7- Regression relationship between C/N ratio and field area

*: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

* is significant at 5% probability level.

همانگونه که در شکل ۸ ملاحظه می‌گردد، بین درصد نیتروژن و کربن، همبستگی بالایی (R^2=0.76) مشاهده شد. با افزایش درصد کربن، درصد نیتروژن در خاک نیز تا حدی افزایش یافت. کربن خاک، از طریق برگشت بقایای گیاهی به خاک و در نتیجه رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک شکل می‌گیرد. فعالیت میکروب‌های خاک باعث ایجاد پیوند کلیدی بین کربن و نیتروژن خاک می‌گردند. بطوریکه با رشد میکروارگانیسم‌ها، کربن مصرف شده و نیتروژن غیرمتحرک می‌گردد (Hooker & Stark, 2008).

همانگونه که در شکل ۹ ملاحظه می‌گردد، بین میزان کربن خاک و شاخص شانون در دو مرحله نمونه‌برداری، همبستگی بالایی (R^2=0.85) مشاهده گردید، بطوریکه با افزایش میزان کربن خاک شاخص شانون تاحدی افزایش یافت. در اثر مصرف آب و نهاده‌ها در نظام‌های کشاورزی، تولیدات گیاهی افزایش یافته که این امر منجر به افزایش مواد آلی خاک می‌گردد. در نتیجه افزایش کمیت و کیفیت مواد آلی خاک منجر به افزایش تنوع زیستی خاک شده و نقش مهمی در بهبود کیفیت خاک دارد (Marasas et al., 2001). گابریل و چارنتک (Gabriel & Tscharntke, 2007) طی یک بررسی که روی ۲۰ مزرعه پرنهاده و ۲۰ مزرعه با مدیریت آلی انجام دادند، در مجموع ۸۷ گونه گیاهی را شناسایی نمودند که ۸۵ گونه مربوط به مزارع آلی و ۵۶ گونه مربوط به مزارع پرنهاده بود.

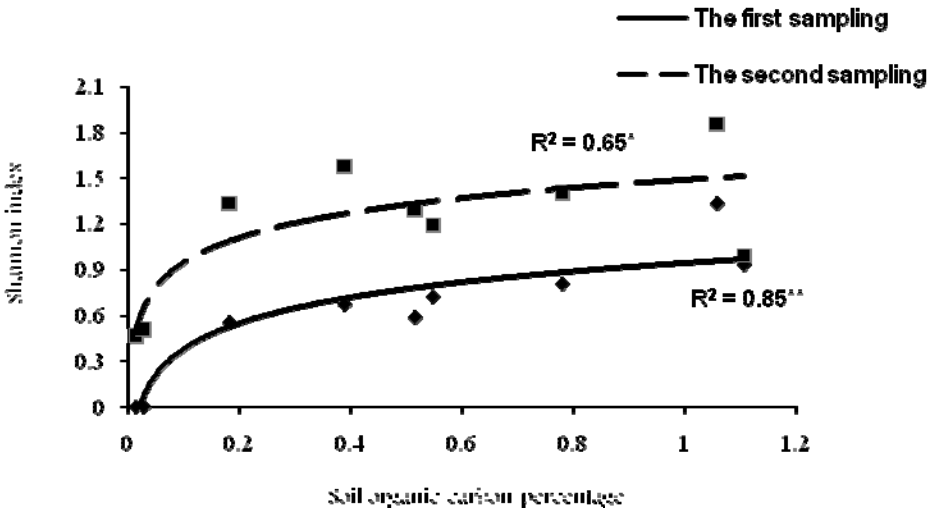


شکل ۸- رابطه رگرسیونی بین درصد نیتروژن و کربن خاک مزارع

Fig. 8- Regression relationship between soil nitrogen and soil carbon percentages

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

** is significant at 1% probability level.



شکل ۹- رابطه رگرسیونی بین درصد کربن آلی خاک و شاخص شانون علف‌های هرز مزارع

Fig. 9- Regression relationship between soil organic carbon percentage and weed Shannon index

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

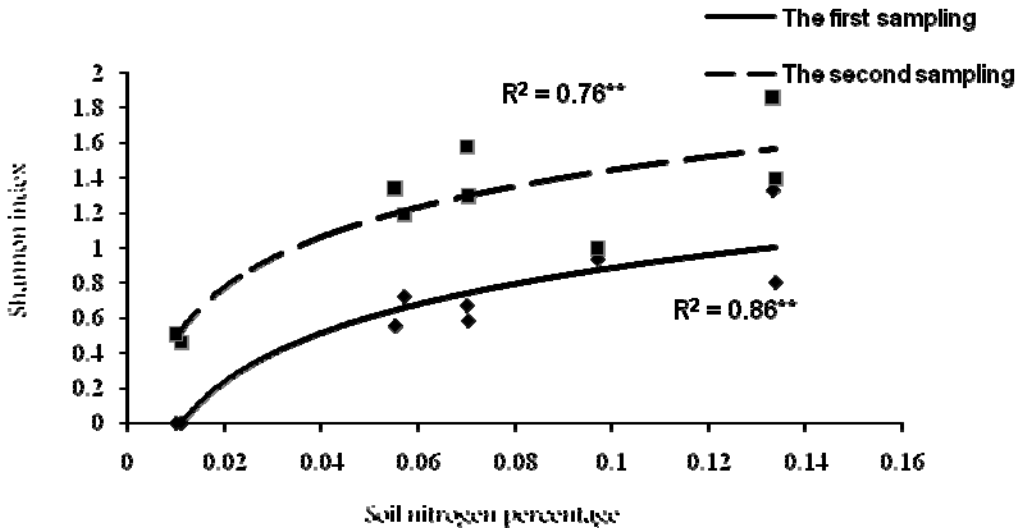
* and ** are significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

نامبردگان اظهار نمودند که کاهش مصرف آفت‌کش‌ها و کودهای معدنی در کشاورزی آلی، عموماً باعث افزایش تنوع زیستی می‌گردد. تأثیرات عمده مدیریت زراعی بر فعالیت‌های بیولوژیکی خاک مرتبط با چرخه مواد غذایی، تغییر در نهاده‌های نیتروژن و کربن، محیط فیزیکی خاک و اثرات منفی مصرف مواد شیمیایی می‌باشد. نظام‌هایی که از کربن و نیتروژن بالاتر خاک در کنار استفاده از لگوم‌ها در تناوب برخوردار هستند اغلب دارای جمعیت میکروبی بالاتری نسبت به نظام‌های رایج مصرف‌کننده کودهای شیمیایی می‌باشند (Altieri, 1999).

بین میزان نیتروژن خاک و شاخص شانون در دو مرحله نمونه-برداری، همبستگی بالایی (R^2=0.86) مشاهده گردید (شکل ۱۰)، بطوریکه با افزایش میزان نیتروژن خاک شاخص شانون افزایش یافت. میزان نیتروژن خاک عمدتاً بستگی به کیفیت و کمیت مواد آلی خاک دارد، بطوریکه باقی ماندن بقایای گیاهی در مناطق مورد مطالعه باعث افزایش مواد آلی در خاک گردید (Tarrega et al., 2009). خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2009) با مطالعه تأثیر نظام‌های زراعی با نهاده‌های مختلف بر تنوع، ترکیب و تراکم علف‌های هرز در مزرعه ذرت (*Zea mays* L.) گزارش نمودند که بیشترین تعداد گونه علف هرز و به تبع آن بالاترین شاخص شانون برای نظام زراعی کم-نهاده بر پایه مصرف کود دامی و کمترین میزان برای نظام پرنهاده مشاهده شد. آنها دلیل این امر را به تأثیر مدیریت نظام زراعی از جمله مصرف انواع نهاده‌های شیمیایی، عملیات خاکورزی فشرده و تراکم ذرت نسبت دادند.

فسفر و پتاسیم خاک نیز با شاخص شانون در دو مرحله نمونه-برداری و در دو سال آزمایش همبستگی بالایی نشان داد (شکل‌های ۱۱ و ۱۲)، بطوریکه با افزایش میزان فسفر و پتاسیم خاک شاخص شانون افزایش یافت. نوع و مقادیر عناصر غذایی وارد شده به خاک توسط منابع مختلف تغذیه‌ای بر ترکیب و تنوع جوامع علف هرز مؤثر می‌باشد (Yin et al., 2006).

همانگونه که در شکل ۱۳ ملاحظه می‌گردد، بین میزان pH خاک و شاخص شانون علف‌های هرز در دو مرحله نمونه برداری همبستگی مثبتی (R^2=0.62) مشاهده گردید، بطوریکه با افزایش pH خاک شاخص شانون کاهش یافت. pH خاک یکی از عوامل محیطی مؤثر بر تنوع گیاهی بوده و تنوع گیاهی با pH خاک همبستگی قوی دارد. این ارتباط به نوع خاک در نواحی مرکز تکامل گونه‌ها بستگی دارد. اگر مرکز تکامل یک گونه در خاک‌هایی با pH پایین (نزدیک استوا) باشد، ارتباط pH خاک و تنوع گیاهی بشدت منفی است، ولی اگر مراکز اصلی تکامل گونه‌ها در خاک‌هائی با pH بالا باشد (عرض‌های بالاتر) ارتباط pH خاک و تنوع گیاهی عموماً بیشتر است (Partel et al., 2004).

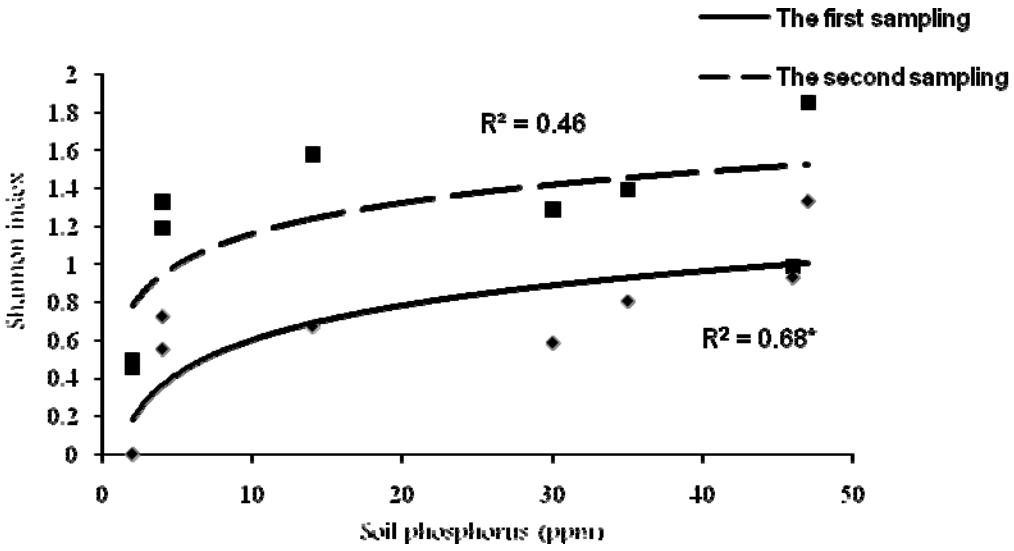


شکل ۱۰- رابطه رگرسیونی بین درصد نیتروژن خاک و شاخص شانون علف‌های هرز مزارع

Fig. 10- Regression relationship between soil nitrogen percentage and weed Shannon index

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

** is significant at 1% probability level.

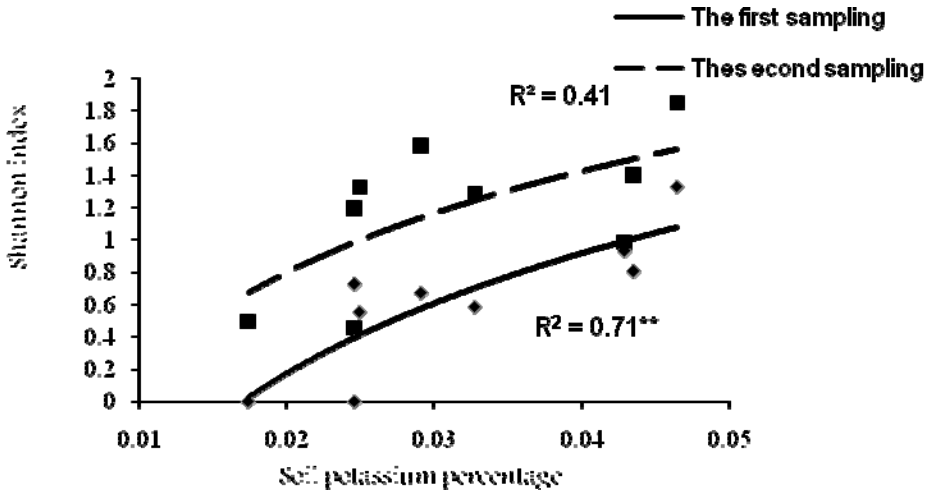


شکل ۱۱- رابطه رگرسیونی بین فسفر خاک و شاخص شانون علف‌های هرز مزارع

Fig. 11- Regression relationship between soil phosphorus and weed Shannon index

*: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

* is significant at 5% probability level.



شکل ۱۲- رابطه رگرسیونی بین درصد پتاسیم خاک و شاخص شانون علف‌های هرز مزارع

Fig. 12- Regression relationship between soil potassium percentage and weed Shannon index

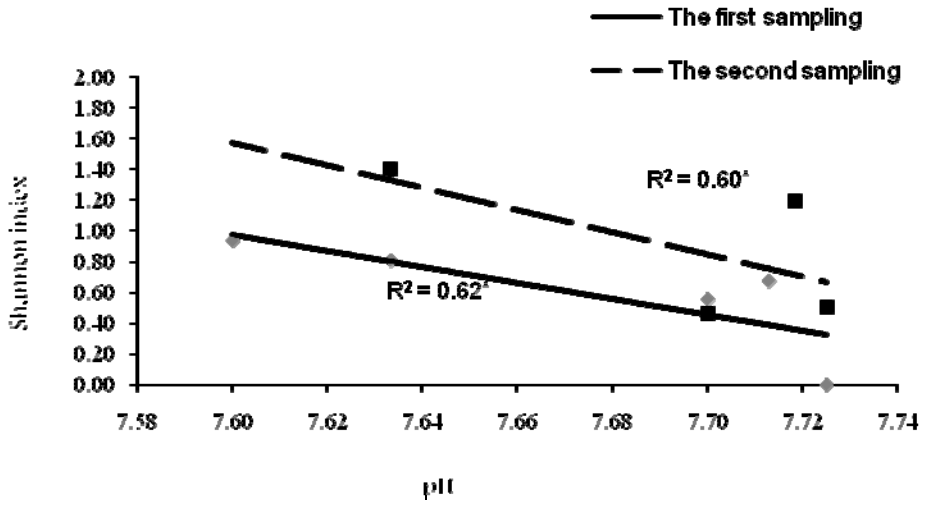
* و **: به ترتیب نشاندهنده معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

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

همانگونه که در شکل ۱۴ ملاحظه می‌گردد، بین میزان کربن خاک و غنای گونه‌ای در دو مرحله نمونه برداری، همبستگی بالایی (R^2=0.71) مشاهده گردید، بطوریکه با افزایش میزان کربن غنای گونه‌ای افزایش یافت. به نظر می‌رسد که بالا بودن کربن و مواد آلی باعث حاصلخیزی خاک گردیده و در نتیجه غنای گونه‌ای افزایش یافته است. خداشناس (Khodashenas, 2008) در مطالعه غنای گونه‌ای مشهد، شیروان و گناباد، عنوان نمود که یکی از عوامل مؤثر در غنای گونه‌ای گیاهان حاصلخیزی خاک می‌باشد. از نظر اکولوژیکی، اقلیم و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها که خود تابعی از اقلیم هستند، اساس شکل‌گیری و تنوع موجود در بوم‌نظام-

های مختلف جهان مـی‌باشـند (Nassiri Mahallati et al., 2001). مدیریت اکولوژیک، همراه با کاهش مـواد غـذایی ورودی، منجـر بـه افزایش تعداد گونه‌های گیاهی می‌شـود (Manhoudt et al., 2005) همچنین تخریب فیزیکی خـاک توسـط خـاکورزی عامـل مهمـی در محدودسازی موجودات زنده خاک و تنوع گونه‌ای در بـوم نظـام‌هـای زراعی می‌باشد (Altieri, 1999).

همانگونه که در شکل ۱۵ ملاحظه می‌گردد، بین میزان نیتروژن خاک و غنای گونه‌ای در دو مرحله نمونه برداری، همبستگی بالایی (R^2=0.63) مشاهده گردید. به نظر می‌رسد که مصرف تیمار کود آلی در نظام‌های کم نهاده تأثیر عمده‌ای بر تنوع گونه‌ای علف هرز داشت.

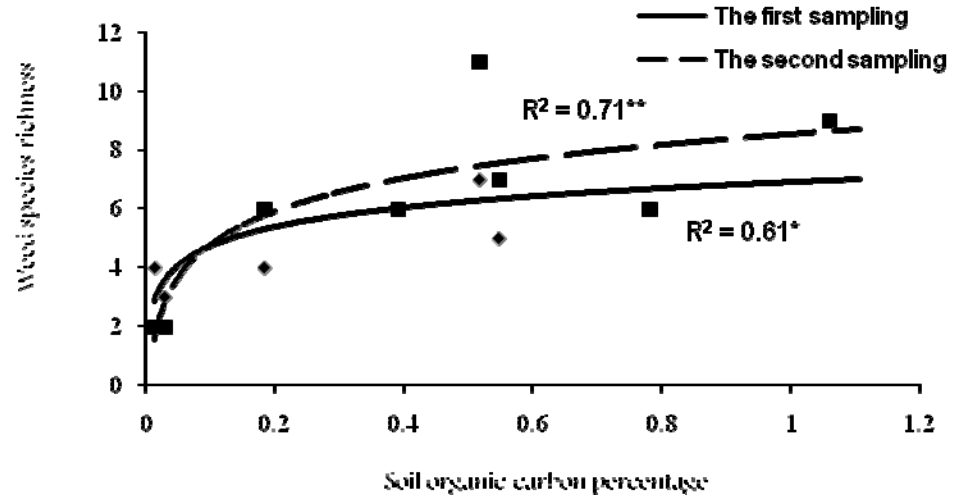


شکل ۱۳- رابطه رگرسیونی بین pH خاک و شاخص شانون علف‌های هرز مزارع

Fig. 13- Regression relationship between soil pH and weed Shannon index

*: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

* is significant at 5% probability level.



شکل ۱٤- رابطه رگرسیونی بین درصد کربن خاک و غنای گونه‌ای علف‌های هرز مزارع

Fig. 14- Regression relationship between soil organic carbon percentage and weed species richness

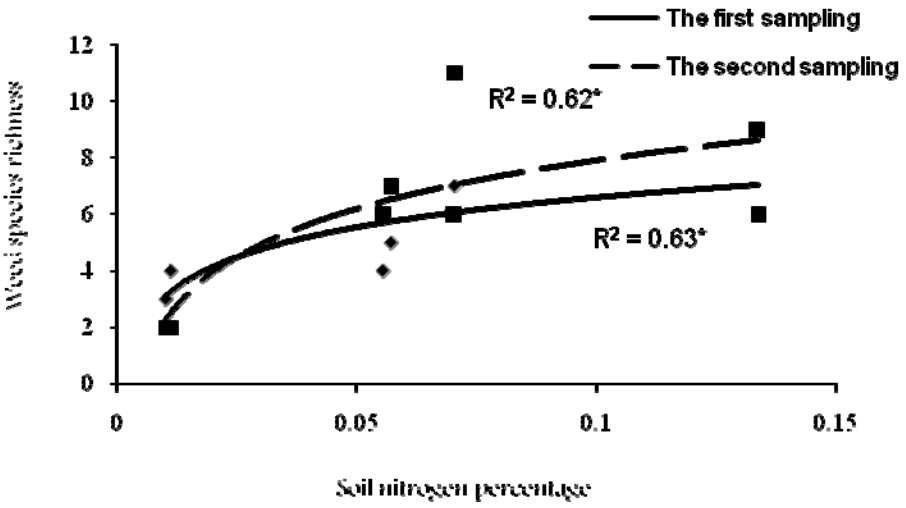
* و **: به ترتیب نشاندهنده معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

* and ** are significant at 5 and 1% probability level, respectively.

بطوریکه با افزایش میـزان عناصـر غـذایی از جملـه نیتـروژن در خاک، غنای گونه‌ای افـزایش یافـت. رو و همکـاران (Rowe et al., 2006) بیان داشتند که اثر اصلی افزایش کودها، بهبـود شـرایط رشـد برای گونه‌های گیاهی با قدرت رقابت و غالبیت بیشتر اسـت کـه ایـن حالت باعث کاهش تنوع گیاهی خواهد شد. همچنـین متوسـط تعـداد گونه‌های گیاهی در مزارع گندم کـه در آنهـا از مـواد شـیمیایی بـرای کنترل آفات و علف های هرز استفاده شده بود، ۶/۵ گونـه در در متـر مربع بوده در حالیکه در مزارعی که از این مـواد اسـتفاده نشـده بـود، تعداد گونه‌های گیاهی ۱۶/۷ در متـر مربـع بـوده اسـت (De Snoo, 1999).

نتیجه‌گیری

بطور کلی، در این مطالعه با افزایش میزان کربن و نیتروژن خاک، شاخص شانون افزایش یافت. در اثر مصـرف نهـاده‌هـا در نظـام‌هـای کشاورزی، تولیدات گیاهی افزایش یافته و این امر منجـر بـه افـزایش مواد آلی خاک می گردد. لذا بـا افـزایش کمیـت و کیفیـت مـواد آلـی خاک، تنوع زیستی درون خاک افزایش می‌یابد. تأثیرات عمده مدیریت زراعی بر فعالیت‌های بیولوژیکی خاک مرتبط با چرخـه مـواد غـذایی، تغییرات در نهاده‌های نیتروژن و کربن، محیط فیزیکی خاک و اثـرات منفی مصرف مواد شیمیایی می‌باشد. نظام‌هایی که از کربن و نیتروژن بالاتر خاک برخوردار هستند اغلب دارای جمعیـت میکروبـی بـالاتری نسبت به نظام‌های رایج مصرف کننده کودهای شیمیایی می‌باشند.



شکل ۱۵- رابطه رگرسیونی درصد نیتروژن کل و غنای گونه‌ای علف‌های هرز مزارع

Fig. 15- Regression relationship between total nitrogen percentage and weed species richness

*: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

* is significant at 5% probability level.

منابع

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

2- Aparicio, V., Costa, J.L., and Zamora, M. 2008. Nitrate leaching assessment in a long-term experiment under supplementary irrigation in humid Argentina. Agricultural water management 95: 1361-1372.

3- Bartelt-Ryser, J., Joshi, J. Schmid, B. Brandl, H., and Balser, T. 2005. Soil feedbacks of plant diversity on soil microbial communities and subsequent plant growth. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 7: 27–49.

4- Bermner, J.M. 1965. Organic nitrogen in soils. pp. 93-132. In: Soil Nitrogen. W.V. Bartholomew, and F.E. Clark (Ed.). Agron. Monogr. 10. ASA, Madison, WI.

5- Brussaard, L., De Ruiter, P.C., and Brown, G.G. 2007. Soil biodiversity for agricultural sustainability. Agriculture, Ecosystems and Environment 121: 233–244.

6- Buresh, R.J., and Tian, G. 1997. Soil improvement by trees in sub-Saharan Africa. Agroforestry Systems 38: 51-76.

7- Dell, C.J., Salon, P.R., Franks, C.D., Benham, E.C., and Plowden, Y. 2008. No-till and cover crop impacts on soil carbon and associated properties on Pennsylvania dairy farms. Journal of Soil and Water Conservation 63(3): 136–142.
8- De Snoo, G.R. 1999. Unsprayed field margins: effects on environment, biodiversity and agricultural practices. Landscape and Urban Planting 46: 151-160.
9- Fuentes, M., Govaerts, B., Hidalgo, C., Etchevers, J., González-Martín, I., Hernández-Hierro, J., Sayre, K.D., and Dendooven, L. 2010. Organic carbon and stable ^{13}C isotope in conservation agriculture and conventional systems. Soil Biology and Biochemistry 42: 551-557.
10- Gabriel, D., and Tscharntke, T. 2007. Insect pollinated plants benefit from organic farming. Agriculture, Ecosystem and Environment 118: 43-48.
11- Giller, K.E., Beare, M.H., Lavelle, P., Izac, A.M.N., and Swift, M.J. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function. Applied Soil Ecology 6: 3-16.
12- Grubb, P.J. 1986. Problems posed by sparse and patchily distributed species in species-rich plant communities. In: Diamond, J., and Case, T.J. (Eds.). Community Ecology pp. 207-225. Harper and Row, New York.
13- Holland, J.M. 2004. The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. Agriculture, Ecosystem and Environment 103: 1–125.
14- Hooker, T.D., and Start, J.M. 2008. Soil C and N cycling in three semiarid vegetation types: Response to an in situ pulse of plant detritus. Soil Biology and Biotechnology 40: 2678-2685.
15- Jami-Alahmadi, M., Kamkar, B., and Mahdavi Damghani, A. 2006. Agriculture, Fertilizer and Environment. Ferdowsi University of Mashhad Publication, Iran 376 pp. (In Persian)
16- Khodashenas, A. 2008. Investigation of structural biodiversity in winter wheat fields of Khorasan Province. PhD Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
17- Khodashenas, A., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., Lakzian, A., and Nassiri Mahallati, M. 2010. Evaluation of agricultural practices effect on soil bacterial diversity and abundance. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science 52: 99-114.
18- Khorramdel, S., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Effect of different input management on weed composition, diversity and density of corn field. Agroecology 2(1): 1-10. (In Persian with English Summary)
19- Knudsen, D., Peterson, G.A., and Pratt, P.F. 1982. Lithium, Sodium and potassium. Pages 225-246, In: A.L. Page et al., eds. Methods of soil analysis, Part II. American Society of Agronomy, Madison, WI.
20- Koocheki, A., Mahdavi Damghani, A., Kamkar, B., Rezvani Moghaddam, P., and Barzgar, A. 2005. Agrobiodiversity. Ferdowsi University of Mashhad Publication, Iran 610 pp. (In Persian)
21- Korsaeth. A. 2008. Relations between nitrogen leaching and food productivity in organic and conventional cropping systems in a long-term field study. Agriculture, Ecosystems and Environment 127: 177-188.
22- Loreau, M., Naeem, S., and Inchausti, P. 2002. Biodiversity and Ecosystem Functioning: Synthesis and Perspectives. Oxford University Press, Oxford, UK, 294 pp.
23- Mc Lean, E.D. 1982. Soil pH and Lime Requirement, In: Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties. 2nd ed. Agronomy 9(1), A.S.A. Inc., S.S.S.A. Inc., Madison Publisher, Wisconsin, USA. 199-209.
24- Manhoudt, A.G.E., Udobe Haes, H.A., and De Snoo, G.R. 2005. An indicator of plant species richness of semi-natural habitants and crop on arable farms. Agriculture, Ecosystems and Environment 109: 166-174.
25- Marasas, M.E., Sarandon, S.J., and Cicchoino, A.C. 2001. Changes in soil arthropod functional group in a wheat crop under conventional and no tillage systems in Argentina. Applied Soil Ecology 18: 61-68.
26- Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Beheshti, A. 2001. Agroecology. Ferdowsi University of Mashhad Publication. 460 pp. (In Persian)
27- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanable, F.S., and Dean, L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Department of Agriculture Circulation, human disturbance. Critical Reviewers in Plant Science 15 (1): 21-62.
28- Partel, M., Helm, A., Ingerpuu, N., Reier, U., and Tuvi, E.L. 2004. Conservation of northern European plant diversity: the correspondence with soil pH. Biological Conservation 120: 525-531.
29- Rovira, A.D. 1994. The effect of farming practices on the soil biota. In: Soil biota: management in sustainable farming systems. (C.E. Pankhurst, B.M. Doube, and V.V.S.R. Gupta, Eds.) pp. 81-87. CSIRO, East Melbourne, Victoria.
30- Rowe, E.C., Healey, J.R., Edwards-Jones, G., Hills, J., Howells, M., and Jones, D.L. 2006. Fertilizer application during primary succession changes the structure of plant and herbivore communities. Biological Conservation 131: 510-522.
31- Russel, A.E. 2002. Relationships between crop-species diversity and soil characteristics in Southwest Indian agroecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment 92: 235-249.
32- Taghizadeh, M., Esfehani, M., Davatgar, N., and Madani, H. 2007. Effects of irrigation period and different amount of nitrogen on yield and yield component of rice (cv. Tarom) in Rasht. New Finding in Agriculture 2(4): 353-364.

33- Tárrega, R., Calvo, L., Taboada, Á., Garcı´a-Tejero. S., and Marcos, E. 2009. Abandonment and management in Spanish dehesa systems: Effects on soil features and plant species richness and composition. Forest Ecology and Management 257: 731-738.
34- Tilman, D., Reich, P., Knops, J., Wedin, D., Mielke, T., and Lehman, C. 2001. Diversity and productivity in a long-term grassland experiment. Science 294: 843–845.
35- Tilman, D. 1996. Biodiversity: population versus ecosystem stability. Ecology 77: 350-363.
36- Tisdal, S.L., Nelson, W.L., Beaton, J.D., and Halvin, J.L. 1993. Soil Fertility and Fertilizers. 5th Edition, Mac Millan.
37- Walkley, A., and Black, I.A. 1934. An examination of the Degtareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37: 29-38.
38- Wardle, D.A., Giller, K.E., and Barker, G.M. 1999. The regulation and functional Significance of soil biodiversity in agroecosystems. In: Agrobiodiversity (D. Wood, and J. Lenne, Eds), pp. 87-121. CAB International, Wallingford.
39- Xiao-Zong, S., Chang-Xing, Z., Xiao-Lan, W., and Ji, L. 2009. Study of nitrate leaching and nitrogen fate under intensive vegetable production pattern in northern China. Comptes Rendus Biologies 332: 385-392.
40- Yin, L., Cai, Z., and Zhong, W. 2006. Changes in weed community diversity of maize crops due to long-term fertilization. Crop Protection 25: 910-914.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۴، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۱، ص. ۱۱۱-۱۰۴

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 2, Summer 2012, p. 104-111

تأثیر اصلاحگرها بر میزان نگهداشت آب در مکش‌های گوناگون یک خاک شور- سدیمی

حجت امامی[1*]، علی رضا آستارایی[2]، مهدی مهاجرپور[3] و عمار فرح‌بخش[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۱/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۴/۰۳

چکیده

استفاده از مواد بهساز برای اصلاح خاک‌های شور- سدیمی در مناطق خشک و نیمه‌خشک یکی از روش‌های متداول برای بهبود ویژگی‌های خاک است. برای مطالعه تأثیر مواد بهساز بر نگهداشت آب در خاک، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در یک خاک شور – سدیمی با بافت لوم رسی شنی انجام شد. تیمارهای این پژوهش شامل شاهد (B)، ۱۰ تن در هکتار پودر گچ (G)، ۱۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری (C)، ماده سوپر جاذب وینیل الکل اکریلیک اسید در سه سطح ۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۲ درصد وزنی (S_1، S_2 و S_3) و ترکیب سطوح مختلف سوپر جاذب همراه با گچ و یا کمپوست زباله شهری بودند. بعد از چهار ماه رطوبت تیمارهای مختلف در نه مکش اندازه‌گیری گردید. سپس رطوبت قابل استفاده گیاه تعیین شد. نتایج نشان داد که تمام تیمارهای آزمایشی سبب افزایش معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) میزان رطوبت نگهداری شده در همه‌ی مکش‌ها شدند. در بین تیمارهای آزمایشی تیمار S_1 موجب بیشترین افزایش در مقادیر رطوبت اشباع (θs) و پنج بار گردید و به ترتیب میزان رطوبت در این تیمار ۹۰/۶۷ و ۹۴ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. در مکش ۰/۳ بار (ظرفیت مزرعه) تیمارهای CS_1، S_1 و CS_2 بیشترین تأثیر را بر نگهداری رطوبت خاک داشتند که میزان افزایش رطوبت در این تیمارها نسبت به شاهد حدود ۷۳ درصد بود. در نقطه پژمردگی دائم بیشترین افزایش رطوبت خاک مربوط به تیمار S_1 و CS_3 بود که رطوبت خاک در این تیمارها به ترتیب ۱/۶ و ۱/۴۲برابر تیمار شاهد بود. بیشترین افزایش در رطوبت قابل استفاده گیاه بر اثر افزودن مخلوط ۱۰ تن در هکتار کمپوست و ۰/۲درصد سوپر جاذب به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد حدود ۶۳ درصد افزایش نشان داد. افزون براین افزودن اصلاحگرها به خاک گنجایش هوایی خاک به طور معنی‌داری به بالاتر از حد بحرانی (۰/۱۰ $m^3.m^{-3}$) افزایش داد. بر اساس یافته‌های این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که مخلوط سوپر جاذب همراه با پودر گچ یک راهکار مناسب برای نگهداری رطوبت بیشتر در خاک و کاهش تبخیر در مناطق خشک و نیمه خشک است.

واژه‌های کلیدی: رطوبت قابل استفاده گیاه، گنجایش هوایی، منحنی رطوبتی، مواد بهساز

مقدمه

خاک‌های شور- سدیمی در مناطق خشک و نیمه‌خشک معمولاً دارای ویژگی‌های نامطلوب فیزیکی و مقاومت خاک در برابر نفوذ ریشه می‌باشند که باعث ایجاد محدودیت در رشد گیاهان در این خاک‌ها می‌شود (Karimi & Naderi, 2007). به علاوه کاهش سرعت نفوذ آب در خاک و ظرفیت نگهداری آب در خاک به علت تخریب ساختمان این خاک‌ها نیز موجب ایجاد محدودیت برای رشد گیاهان و کاهش عملکرد می‌شود. بنابراین بایستی در این نوع خاک‌ها مدیریت‌هایی ویژه‌ای اعمال شود تا ویژگی‌های فیزیکی خاک تا حد مطلوب بهبود یابد (Karimi & Naderi, 2007). کاربرد مواد اصلاح کننده یکی از روش‌هایی است که برای اصلاح این نوع خاک-ها متداول می‌باشد. در بیشتر خاک‌ها ماده آلی به عنوان بهترین ماده اصلاحی برای افزایش ظرفیت نگهداری آب درخاک و بهبود ویژگی-های فیزیکی خاک می‌باشد (Karimi & Naderi, 2007).

در کشاورزی مدرن پلی‌مرهای آب‌دوست برای تقویت وضعیت تغذیه‌ای و رطوبتی گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرند (Andry et al., 2009). گزارش شده است که پلی‌مرهای آب‌دوست توانایی نگهداری آب به میزان ۵۰۰ برابر وزنشان را دارا می‌باشند. برخی تحقیقات (Johnson, 1984; Bowman & Evans, 1991) نشان داده است هر گرم هیدروژل خشک ۴۰۰ تا ۱۵۰۰ گرم آب جذب می‌کند که می‌تواند به عنوان یک مخزن مازاد آب برای سیستم

۱، ۲ و ۴- به ترتیب استادیار، دانشیار و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (E-mail: hemami@um.ac.ir

خاک– گیاه و به حداکثر رساندن کارآیی جذب آب توسط گیاه (Abedi-Koupai et al., 2008) عمل نماید و لذا می‌تواند تنش‌های آبی در گیاهان را کاهش دهد.

فلانری و و بوسچر (Flannery & Busscher, 1982) و جانسون (Johnson, 1984) گزارش نمودند که استفاده از پلی-مرهای آب‌دوست مقدار رطوبت در دسترس را در ناحیه رشد ریشه افزایش داده، بنابراین فواصل بین آبیاری‌ها را طولانی‌تر می‌کند. طبق گزارش ال–شافعی و همکاران (El-Shafei et al., 1992) و تیل و ال‌هادی (Teyel & El-Hady, 1981) پلی‌مرهای آب‌دوست در افزایش ظرفیت نگهداری آب، کاهش نفوذ عمقی و کاهش تبخیر در خاک‌های شنی مؤثر می‌باشند. علاوه بر این، استفاده از پلی‌مرهای آب‌دوست باعث افزایش کارایی مصرف آب می‌شود، زیرا کاربرد این مواد سبب می‌شود آبی که به طرق مختلف به خارج از ناحیه رشد ریشه آبشویی می‌شود، در خاک ذخیره شود. در روزهای گرم، تارهای کشنده ریشه‌های گیاهان آب را جذب نموده و بخش عمده‌ی آب نواحی نزدیک ریشه را تخلیه می‌کنند و از این‌رو گیاه را با تنش آبی روبرو می‌سازند. پلی‌مرهای آب‌دوست با افزایش رطوبت قابل استفاده، به کاهش تنش آبی گیاهان کمک نموده و منجر به افزایش رشد و نمو گیاهان می‌شود (Baker, Gehring & Lewis, 1980; 1991). همچنین گزارش شده است که پلی‌مرهای آب‌دوست پتانسیل افزایش جوانه‌زنی و سبز شدن بذرها و زنده مانی بوته‌های سبز شده (Azzam, 1983) و افزایش میزان بازیافت عناصر غذایی از کودهای افزوده شده به خاک را دارا می‌باشند. والاس و والاس (Wallace & Wallace, 1986) نیز افزایش جوانه‌زنی گوجه-فرنگی (*Lycopersicum esculentum* L.)، پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) و کاهو (*Lactuca sativa* L.) را در خاک‌هایی با مقادیر مختلف ترکیبات پلی‌اکریلیک‌آمید گزارش نمودند. وودهوس و جانسون (Woodhouse & Johnson, 1991) نیز عنوان کردند که گیاهان در حضور پلی‌مرهای آب‌دوست دیرتر پژمرده می‌شوند. سیلبربوش و همکاران (Silberbush et al., 1993a) پلی‌اکریل‌آمید آب‌دوست Agrosoak (با نسبت‌های وزنی صفر، ۰/۱۵، ۰/۳ و ۴۵ درصد در ۲۵ سانتی‌متری فوقانی خاک) را به عنوان اصلاحگر به خاک زیر کشت ذرت (*Zea mays* L.) اضافه نمودند. آنها نشان دادند که ظرفیت ذخیره آب خاک با افزایش Agrosoak افزایش یافت، اجزای عملکرد به جز وزن خشک ریشه نیز با کاربرد Agrosoak افزایش نشان داد. سیلبربوش و همکاران (Silberbush et al., 1993b) همچنین گزارش نمودند که هیدروژل Agrosoak آب قابل دسترس را برای کلم (*Brassica* sp.) افزایش داد که در واقع در افزایش عملکرد کلم آبیاری شده با آب شور نقش داشت. با این وجود آنها نتیجه گرفتند که این PAM خاص، سدیم خاک را افزایش داد و این باعث کاهش عملکرد در زمان آبیاری با آب شیرین گردید.

استفاده از هیدروژل‌های آب دوست به منظور بهبود کیفیت هیدرولیکی خاک و بالا بردن توان ویژگی‌های فیزیکی خاک در منابع مورد گفتمان و بررسی قرار گرفته است. ویژگی‌هایی از خاک که تعیین کننده جریان آب در خاک می‌باشند عمدتاً هدایت هیدرولیکی و منحنی رطوبتی خاک هستند. هدایت هیدرولیکی خاک نشان‌دهنده توانایی آن در انتقال آب است و یکی از فرآیندهایی است که جذب آب به وسیله گیاهان به آن وابسته است. ال–شافعی و همکاران (El-Shafei et al., 1994) با مطالعه پلی‌مرهای آب‌دوست بر ویژگی-های هیدرولیکی عنوان کردند که پخشیدگی آب خاک که تابعی از مقدار آب خاک می‌باشد و با افزایش مقدار پلی‌مرهای آب‌دوست به عنوان اصلاحگر به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد.

جانسون (Johnson, 1984) با مخلوط نمودن شن با پلی-اکریل‌آمید در دامنه غلظت‌های ۲-۰ $g.kg^{-1}$ دریافت که پلی‌مرهای مورد آزمایش مقدار رطوبت ظرفیت مزرعه شن درشت را از ۱۷۱ تا ۴۰۲ درصد افزایش دادند. همچنین وی نتیجه گرفت که تیمار شاهد شن پس از ۳-۲ روز به نقطه پژمردگی دائم[1] (PWP) رسید، ولی در شن تیمار شده با ۱ $g.kg^{-1}$ پلی‌مر پس ازشش تا هفت روز و در شن شن تیمار شده با ۲ $g.kg^{-1}$ پلی‌مر پس از نه تا ۱۰ روز به نقطه پژمردگی دائم رسید.

با توجه به آنچه عنوان شد استفاده از پلی‌مرهای آب‌دوست مشتق شده از مواد زائد صنعتی مناسب‌ترین راه برای فراهمی رطوبت خاک به نظر می‌رسد (Andry et al., 2009). از آنجا که کاربرد این ماده همراه با مواد اصلاحگر معمول می‌تواند کارایی آنها را افزایش دهد، بررسی تأثیر کاربرد همزمان این ماده همراه با اصلاح‌گرهای معمول خاک‌های شور یا شور– سدیمی بر افزایش کارایی اصلاح‌گرها و بهبود ویژگی‌های فیزیکی و هیدرولیکی خاک دارای اهمیت است. لذا در این پژوهش تأثیر ماده سوپر جاذب به صورت جداگانه و همراه با کمپوست زباله شهری که دارای مقدار زیادی ماده آلی است و همچنین پودر گچ که برای اصلاح خاک‌های آهکی مناطق خشک و نیمه خشک مورد استفاده قرار می‌گیرد بر آب قابل استفاده گیاه و منحنی رطوبتی در یک خاک شور–سدیمی در سطح مزرعه بررسی شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در ۱۲۰ کیلومتری شرق شاهرود (منطقه بکران) واقع شده است و طول و عرض جغرافیایی آن نیز به ترتیب

1- Permanent Wilting Point

"12.18 '31 °36 و "43.86 '54 °55 می‌باشد.

جهت مطالعه تأثیر مواد بهساز بر نگهداشت آب در خاک و رطوبت قابل استفاده گیاه آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در یک خاک شور– سدیمی با بافت لوم رسی شنی انجام شد. برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک از قبیل EC عصاره‌ی اشباع توسط دستگاه هدایت سنج، اسیدیته گل اشباع توسط الکترود pH متر، کربن آلی به روش والکی و بلک، کربنات کلسیم معادل (TNV) با تیتراسیون با اسید کلریدریک رقیق، SAR با اندازه‌گیری یون‌های سدیم، کلسیم و منیزیم محلول خاک و از رابطه $SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca^{+2} + Mg^{+2}}{2}}}$ تعیین شد. بافت خاک نیز به روش هیدرومتری و با اندازه‌گیری توزیع اندازه ذرات (Gee & Bauder, 1986) تعیین شد. نتایج تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است. تیمارهای مختلف مواد بهساز (۱۵ تیمار) در این طرح شامل، شاهد (B)، ۱۰ تن در هکتار پودر گچ (G)، ۱۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری (C)، ماده سوپر جاذب وینیل الکل اکریلیک اسید در سه سطح (۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۲ درصد وزنی خاک خشک (S_1، S_2 و S_3)، ترکیب سطوح مختلف سوپر جاذب همراه با ۱۰ تن در هکتار پودر گچ (GS_1، GS_2 و GS_3)، ترکیب سطوح مختلف سوپر جاذب همراه با ۱۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری (CS_1، CS_2 و CS_3) و ترکیب سطوح مختلف سوپرجاذب همراه با گچ و کمپوست زباله شهری (CGS_1، CGS_2 و CGS_3) بودند. پس از اعمال تیمارهای فوق، گیاه سورگوم رقم پگاه (*Sorghum bicolor* cv. Pagah) کشت گردید.

بعد از گذشت چهار ماه و برداشت گیاه، مقادیر رطوبت وزنی تیمارهای مختلف خاک در نه نقطه از منحنی رطوبتی (صفر، ۱۰، ۳۰، ۵۰، ۱۰۰، ۳۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ کیلو پاسکال) با استفاده از دستگاه صفحه فشاری اندازه‌گیری شد (Klute, 1986).

رطوبت قابل استفاده گیاه[1] (AWC) از تفاضل رطوبت نقاط ظرفیت مزرعه (مکش ۰/۳ بار) و پژمردگی دائم (مکش ۱۵ بار) و گنجایش هوایی خاک نیز از تفاضل رطوبت نقطه اشباع و مکش ۰/۳ بار تعیین شد (Klute, 1986). مقایسه میانگین‌ها نیز به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح آماری پنج درصد با استفاده از نرم افزار MSTAT-C انجام شد. برای تمامی پارامترها سه تکرار در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

تأثیر مواد بهساز بر نگهداشت آب در خاک

رطوبت اشباع (θ_s) و مکش‌های ۰/۱ و ۰/۳ بار

با توجه به شکل یک و جدول دو مشاهده می‌شود تمامی مواد بهسازی که در این خاک شور سدیمی و لوم رسی شنی مورد استفاده قرار گرفته‌اند θ_s را به طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد (B) افزایش داده‌اند که علت آن، ناشی از تأثیر مثبت این مواد (سوپر جاذب، کمپوست، گچ و مخلوط آنها) در تشکیل خاکدانه‌ها، بهبود ساختمان خاک و در نتیجه افزایش تخلخل و منافذ درشت خاک می‌باشد. با توجه به نتایج به دست آمده، در بین تیمارهای آزمایشی افزودن ۰/۰۵ درصد ماده سوپر جاذب سبب بیشترین افزایش در مقدار θ_s شد، به طوری که میزان θ_s در این تیمار ۹۰/۶۷ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافته است، پس از آن بیشترین افزایش در θ_s مربوط به ترکیب سطوح مختلف سوپر جاذب، کمپوست و گچ است. با آنکه تیمار گچ و ترکیب آن با سوپر جاذب، θ_s را به طور معنی‌دار نسبت به شاهد افزایش داده است، اما کمترین افزایش مربوط به تیمار گچ و ترکیب آن با سطوح مختلف سوپر جاذب است که احتمالاً زمان کافی برای واکنش گچ با خاک وجود نداشته و همچنین به سبب واکنش‌های شیمیایی گچ در خاک، ترکیب آن با گچ مانع از فعالیت کامل سوپر جاذب گشته است.

عابدی–کوهپایی و همکاران (Abedi-Koupai et al., 2008) با به کارگیری ۲، ۴، ۶ و ۸ گرم هیدروژل در کیلوگرم خاک نشان دادند که استفاده از هیدروژل‌ها موجب افزایش مقادیر رطوبت اشباع در سه خاک با بافت مختلف گردید که در مطالعه آنها بیشترین افزایش رطوبت اشباع به ترتیب در خاک‌های لوم شنی، لومی و رسی صورت گرفت. علاوه براین، متناسب با افزایش مقادیر هیدروژل به کار برده شده در خاک، مقادیر رطوبت اشباع نیز افزایش یافت.

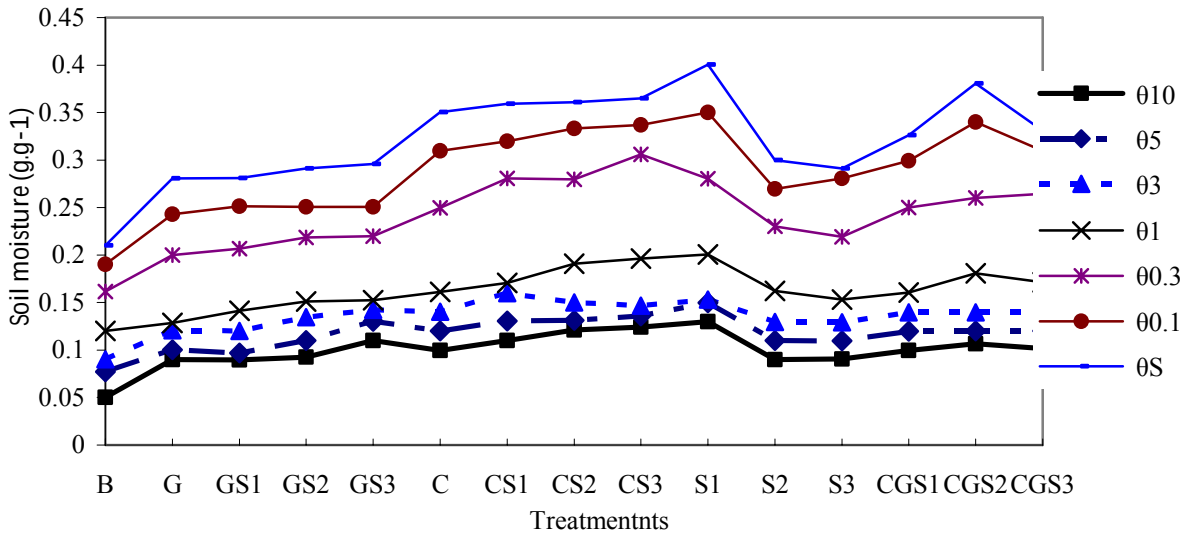
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی بر نگهداشت رطوبت خاک در مکش‌های مختلف در سطح پنج درصد وجود داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در مکش ۰/۱ بار مقدار رطوبت خاک در تمامی مواد آزمایشی نسبت به شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافت و مطابق شکل ۱، کمترین افزایش رطوبت به ترتیب در تیمار گچ (۲۸ درصد) و ترکیب گچ با سطوح مختلف سوپر جاذب مشاهده شد. ترکیب گچ با سوپر جاذب نیز به علت تأثیر گچ بر کاهش pH سبب کاهش فعالیت سوپر جاذب شده، در نتیجه با وجود افزایش رطوبت خاک در مکش ۰/۱ بار این افزایش رطوبت کمتر از زمانی است که سوپر جاذب به تنهایی مورداستفاده قرار گرفته است. همچنین تیمارهای S_1، CGS_2 و CS_2 بیشترین رطوبت را در مکش ۰/۱ بار داشتند، به طوریکه مقدار رطوبت در تیمارهای فوق نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۸۴، ۷۹ و ۷۵ درصد افزایش نشان داد.

1- Available Water Content

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه قبل از اعمال تیمارهای آزمایشی

Table 1- Physical and chemical properties of studied soil before applying experimental treatments

هدایت الکتریکی (دسی-زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	آهک معادل Total neutralizing value	کربن آلی Organic carbon	رس Clay	سیلت Silt	شن Sand	نسبت جذب سدیم Sodium absorption ratio	اسیدیته pH	بافت Texture
			درصد (%)					
25.6	16.4	0.29	23	16	61	28.7	8.11	لوم رسی شنی Silty clay loam



شکل ۱- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر مقادیر رطوبت وزنی خاک در مکش‌های مختلف (بار)

Fig. 1- Effect of experimental treatmernts on gravimetric soil moisture contents at different suctions (bar)

نتایج فوق نشان می‌دهد که ترکیب سوپر جاذب، کمپوست و گچ به علت ایجاد منافذ درشت در خاک و همچنین خاصیت نگهداری زیاد رطوبت توسط مواد سوپر جاذب، ترکیب آنها بیشترین تأثیر را بر نگهداری و افزایش رطوبت خاک در مکش ۰/۱ بار داشته است.

نتایج مشابهی برای رطوبت در مکش ۰/۳ بار نیز مشاهده شد. یعنی تمامی تیمارهای آزمایشی رطوبت خاک را در مکش ۰/۳ بار بطور معنی‌داری افزایش دادند و تیمارهای CS_1، S_1 و CS_2 بیشترین تأثیر را بر نگهداری رطوبت خاک داشتند که میزان افزایش رطوبت در این تیمارها نسبت به شاهد حدود ۷۳ درصد بود (جدول ۲ و شکل ۱). با توجه به نتایج به دست آمده مشاهده می‌شود که در مکش‌های نزدیک به اشباع، افزودن ۱۰ تن در هکتار کمپوست و ۰/۰۵ درصد ماده سوپر جاذب به سبب توانایی بالای آنها در جذب و نگهداری آب بیشترین افزایش در رطوبت خاک را ایجاد نمودند. به نظر می‌رسد که تیمار S_3 نتوانسته است بیشترین افزایش در رطوبت خاک را به وجود آورد. مواد سوپر جاذب هنگام جذب آب انبساط یافته و فضای زیادی را اشغال می‌کنند، ولی چون بافت خاک که در این تحقیق، لوم رسی شنی بود، تخلخل موجود در خاک با افزایش مقدار سوپر جاذب امکان انبساط آن را فراهم نکرد و در نتیجه این تیمار و ترکیب آن با سایر مواد آزمایشی نتوانست بیشترین افزایش در رطوبت خاک را ایجاد کند. عابدی کوهپایی و همکاران (Abedi-Koupai et al., 2008) نیز دریافتند که تأثیر مقادیر بالای دو نوع سوپر جاذب PR3005A و A100 در افزایش رطوبت خاک در خاک‌های رسی کمتر از بافت‌های لوم شنی و لومی بود. آنها علت احتمالی این امر را به انبساط کمتر هیدروژل در خاک رسی نسبت دادند و برای خاک‌های رسی مقادیر

کمتر هیدروژل را توصیه نمودند.

رطوبت در مکش یک بار

با توجه به شکل یک، در مکش یک بار، تیمارهای G، GS_1، GS_2 و GS_3 با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشتند، لیکن سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد داشتند. این نتایج نشان می-دهد که بر خلاف مکش‌های نزدیک به اشباع، افزودن گچ و همچنین ترکیب آن با سوپرجاذب بر تعداد و توزیع منافذ متوسط و در نتیجه مکش‌های متناظر با آن تأثیری نداشته است. دلیل این امر احتمالاً ناشی از برهمکنش گچ با سوپر جاذب است که افزودن گچ به تنهایی بر توزیع اندازه خاکدانه‌ها و منافذ متوسط در مکش‌های متناظر و در نتیجه رطوبت خاک تأثیری نداشته است و ترکیب گچ با مواد سوپر جاذب نیز مانع فعالیت کامل مواد سوپرجاذب گشته و در نتیجه ترکیب آنها تأثیر معنی‌داری بر مقدار رطوبت در مکش‌های متوسط نسبت به شاهد نداشته است. در این مکش نیز تیمارهای S_1، CS_2 و CGS_2 دارای بیشترین مقدار رطوبت را در خاک نگهداری نمودند که به ترتیب ۶۷، ۵۹ و ۵۱ درصد افزایش نسبت به شاهد نشان داد.

رطوبت در مکش‌های سه و پنج بار

در مکش سه بار بیشترین مقدار رطوبت خاک در تیمار CS_1 مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد ۷۷ درصد افزایش نشان داد. رطوبت خاک در سایر تیمارهای آزمایشی نیز مشابه تیمار CS_1 به طور معنی‌داری نسبت شاهد افزایش یافت. کمترین افزایش در مقدار رطوبت خاک در تیمارهای G، GS_1 و CS_3 با ۳۳ درصد افزایش نسبت به شاهد به دست آمد. در این مکش نیز بیشترین افزایش رطوبت در تیمارهایی حاصل شد که سوپر جاذب و کمپوست و مخلوط سوپر جاذب، کمپوست و گچ دریافت کرده بودند. البته با توجه به شکل یک مشاهده می‌شود که افزایش رطوبت بیشتر ناشی از افزودن سوپر جاذب و کمپوست می‌باشد و در این مکش افزایش رطوبت خاک در اثر افزودن گچ در مقایسه با ترکیب سوپر جاذب و کمپوست بسیار کمتر است.

در مکش پنج بار نیز روندی مشابه با مکش سه بار مشاهده شد به طوری که تمام تیمارهای آزمایشی سبب افزایش معنی‌دار رطوبت خاک گشتند، ولی در این مکش افزودن ۰/۰۵ درصد سوپر جاذب در مقایسه با سایر تیمارها سبب نگهداری رطوبت بیشتری در خاک گردید، به طوری که افزایش رطوبت خاک در این تیمار نسبت به سایر تیمارها نیز معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۵) و نسبت به شاهد نیز ۹۴ درصد افزایش نشان داد. تیمارهای GS_1 و G نیز به ترتیب با افرایشی معادل ۲۶ و ۳۰ درصد کمترین افزایش در رطوبت خاک در مکش پنج بار ایجاد نمودند، ولی این افزایش رطوبت در مقایسه با شاهد معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) بود.

رطوبت در مکش‌های ۱۰ و ۱۵بار

در مکش‌های ۱۰ و ۱۵ بار نیز مشابه قبل، همه تیمارهای آزمایشی سبب افزایش معنی‌دار رطوبت خاک نسبت به تیمار شاهد شدند. در مکش ۱۵ بار بیشترین افزایش رطوبت خاک مربوط به تیمار S_1 و CS_2 بود که رطوبت خاک در این تیمارها به ترتیب ۱/۶ و ۱/۴۲برابر تیمار شاهد بود که نتایج آن در جدول ۲ و شکل ۱ نشان داده شده است.

عابدی کوهپایی و همکاران (Abedi-Koupai et al., 2008) با افزودن دو نوع هیدروژل و با ۲، ۴، ۶ و ۸ گرم بر کیلوگرم خاک و اندازه‌گیری رطوبت خاک در مکش‌های مختلف دریافتند که بیشترین افزایش رطوبت حجمی خاک با افزودن ۸۹ گرم در کیلوگرم خاک هیدروژل PR3005A به دست آمد و میزان افزایش رطوبت حجمی خاک ۲/۲ تا ۴/۸ برابر تیمار شاهد بود. در خاک لومی رطوبت حجمی خاک بین ۱/۸ تا ۲/۴ برابر تیمار شاهد در مکش‌های مختلف افزایش یافت. آنها افزودن شش تا هشت گرم در کیلوگرم خاک در خاک لومی توصیه نمودند. در مطالعه عابدی کوهپایی و همکاران (Abedi-Koupai et al., 2008) مشخص شد که در خاک رسی رطوبت حجمی خاک ۱/۵ تا ۱/۹ برابر نسبت به تیمار شاهد فزایش یافت و تأثیر هیدوژل در این خاک در مقایسه با بافت‌های شنی و لومی کمتر بود. آنها دلیل این امر را به انبساط کمتر هیدروژل در این خاک نسبت دادند و مقادیر ۴-۲ گرم هیدروژل در کیلوگرم خاک را برای خاک‌های رسی توصیه نمودند.

سید دراجی و همکاران (Seyed Dorraji et al., 2010) با بررسی تأثیر پلیمر A200 در سه خاک با بافت‌های شن لومی (با شوری اولیه ۱/۵۴ دسی زیمنس بر متر)، لوم رسی شنی (با شوری اولیه ۰/۴۸ دسی زیمنس بر متر) و رسی (با شوری اولیه ۱/۰۸ دسی زیمنس بر متر) و دو سطح شوری چهار و هشت دسی زیمنس بر متر و اندازه‌گیری رطوبت در مکش‌های صفر، ۰/۳۳، ۱، ۳، ۵ و ۱۵ بار نتیجه گرفتند که در هر سه خاک با افزایش سطوح شوری در هر مکش، درصد رطوبت حجمی خاک با افزایش مقدار پلیمر کاهش یافت. کولیس-جرج و فیگوئرا (Collis-George & Figueroa, 1984) برای توجیه کاهش رطوبت خاک با افزایش شوری عنوان نمودند که منحنی رطوبتی خاک بستگی به توزیع اندازه منافذ خاک دارد و شوری از طریق تأثیر بر ساختمان خاک، توزیع اندازه منافذ و پیوستگی آنها بر منحنی رطوبتی خاک موثر است.

جدول ۲- تأثیر مواد بهساز بر میزان رطوبت حجمی خاک در مکش‌های مختلف (کیلوپاسکال)

Table 2- The effect of amendments on different volumetric soil moisture contents at different suction (kpa)

گنجایش هوایی خاک Soil air capacity	رطوبت قابل استفاده گیاه Availeble water content	رطوبت در مکش ۱۵۰۰کیلوپاسکال moisture in 1500 kpa volumetric	رطوبت در مکش ۳۰ کیلوپاسکال moisture in 30 kpa volumetric	رطوبت اشباع Standarded miosture	تیمارها Treatments
(سانتی‌متر بر سانتی‌متر مکعب) ($cm^3.cm^{-3}$)					
0.126c	0.172f	0.140d	0312f	0.438f*	G
0.116cd	0.183ef	0.140d	0.322ef	0.438f	GS_1
0.114cd	0.203def	0.145d	0.341ef	0.454f	GS_2
0.119cd	0.172f	0.172abcd	0.343ef	0.461f	GS_3
0.157b	0.236bcd	0.155cd	0.390cd	0.546bcd	C
0.122c	0.265ab	0.172abcd	0.438b	0.560bc	CS_1
0.126c	0.250abc	0.189abc	0.436b	0.563bc	CS_2
0.092de	0.282a	0.194ab	0.477a	0.569b	CS_3
0.187a	0.234bcd	0.203a	0.437b	0.625a	S_1
0.109cd	0.225de	0.140d	0.359de	0.468ef	S_2
0.113cd	0.226cde	0.141d	0.342ef	0.454f	S_3
0.119cd	0.236bcd	0.155cd	0.390cd	0.509de	CGS_1
0.188cd	0.234bcd	0.166bcd	0.406bc	0.594ab	CGS_2
0.103cd	0.250abc	0.159cd	0.413bc	0.516cd	CGS_3
0.075e	0.172f	0.078e	0.252g	0.328g	B

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

* Means with same letter in each column are not significant at 5% probability level.

همچنین عنوان شده است که کاهش تأثیر پلیمرها بر افزایش درصد حجمی رطوبت خاک‌ها در مکش‌های اعمال شده با افزایش شوری به این دلیل است که ظرفیت جذب و نگهداری آب در پلیمرهای آب‌دوست به نحوه سنتز و ساختار شیمیایی پلیمر، ترکیب و میزان املاح آب خاک یا آب آبیاری وابسته است (Choudhary et al., 1995). تیلور و هالفاسر (Taylor & Halfcre, 1986) و چن و همکاران (Chen et al., 2004) نیز کاهش ظرفیت نگهداری آب خاک با اعمال شوری را گزارش نمودند.

تأثیر مواد بهساز بر رطوبت قابل استفاده گیاه

رطوبت قابل استفاده گیاه نیز بر اثر استفاده از کمپوست و سوپرجاذب بطور معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۵) افزایش یافت و غیر از تیمارهای گچ و مخلوط گچ و سوپر جاذب، سایر تیمارها رطوبت قابل استفاده گیاه را به طور معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۵) نسبت به شاهد افزایش دادند. بیشترین افزایش در رطوبت قابل استفاده گیاه بر اثر افزودن مخلوط ۱۰ تن در هکتار کمپوست و ۰/۲ درصد سوپر جاذب به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد حدود ۶۳ درصد افزایش نشان داد. خاصیت نگهداری آب در مواد آلی و به ویژه سوپر جاذب بالا می‌باشد و در بیشتر خاک‌ها ماده آلی به عنوان بهترین ماده اصلاحی برای افزایش ظرفیت نگهداری آب درخاک و بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک می‌باشد (karimi & Naderi, 2007). گزارش شده است که پلی‌مرهای آب‌دوست توانایی نگهداری آب به میزان ۵۰۰ برابر وزنشان (Buchhloz, 1998) و یا ۴۰۰ تا ۱۵۰۰ گرم آب در هر گرم هیدروژل خشک (Johnson, 1984; Bowman & Evans, 1991) را دارا می‌باشند که می‌تواند به عنوان یک مخزن مازاد آب برای سیستم خاک – گیاه (Bouranis et al., 1995) و به حداکثر رساندن کارآیی جذب آب توسط گیاه (Abedi-Koupai et al., 2008) عمل نماید و لذا می‌تواند تنش‌های آبی را در گیاهان کاهش دهد. آندری و همکاران (Andry et al., 2009) با مطالعه بر روی دو نوع پلی‌مر کربوکسیل متیل سلولاز[1] (RF) و ایزوپروپیل اکریل-آمید[2] (BF) نتیجه گرفتند که مقدار آب قابل استفاده در تیمارهای RF و BF به ترتیب چهار و پنج برابر بیشتر از خاک تیمار نشده بود و RF کارآیی کمتری نسبت به BF در جذب آب داشت.

تأثیر مواد بهساز بر گنجایش هوایی خاک

نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که مقادیر گنجایش هوایی در تیمارهای B و CS_3 با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشت و کمتر از ۰/۱۰ $m^3.m^{-3}$ بود. علاوه بر این مقادیر گنجایش هوایی در سایر تیمارها نه تنها با تیمار B اختلاف معنی‌داری در سطح آماری پنج درصد داشت، بلکه بالاتر از حد بحرانی تخلخل تهویه‌ای ($m^3.m^{-3}$

1- Carboxyl Methyl Cellulose

2- Isopropyl Acryl Amide

۰/۱۰) بود (جدول ۲). بطور کلی، عنوان شده است که گنجایش هوایی بیشتر از $0.10\ m^3.m^{-3}$ در محیط رشد ریشه سبب می‌شود که گیاهان کمترین آسیب و یا کاهش عملکرد را در اثر تهویه نامناسب داشته باشند (White, 2006)، اما برخی پژوهشگران نشان داده‌اند که گنجایش هوایی بیشتر از $0.14\ m^3.m^{-3}$ در خاک‌های لوم شنی تا لوم رسی برای رشد و عملکرد مطلوب گیاهان ضروری است (Muller et al., 2008; White, 2006; Drewry, 2006; Carter, 1988). همچنین بر اساس جدول ۲ بیشترین مقدار گنجایش در تیمارهای CGS_2 و S_1 مشاهده شد که حدود ۱/۵ برابر گنجایش هوایی تیمار شاهد بود. پس از این دو تیمار، تیمار C دارای بیشترین گنجایش هوایی (۱/۰۸ برابر تیمار B) بود. به نظر می‌رسد که استفاده از مواد اصلاحگر به روش‌های مختلفی بر گنجایش هوایی خاک تأثیر می‌گذارند. مثلاً افزودن گچ به خاک سبب ایجاد خاکدانه‌ها و منافذ درشت در خاک می‌شود، در نتیجه خروج آب در مکش‌های کم (۳۰-۰ کیلوپاسکال) به راحتی صورت می‌گیرد. کمپوست نیز به سبب دارا بودن جرم حجم کم و همچنین ایجاد خاکدانه‌ها و منافذ درشت از طریق کربن آلی موجود در آن به‌رغم افزایش تخلخل و نگهداری رطوبت به رهاسازی آن در مکش‌های نزدیک به اشباع کمک می‌کند. مواد سوپر جاذب نیز با انبساط‌پذیری بالا در هنگام جذب آب و درنتیجه ایجاد خلل و فرج درشت در خاک می‌توانند منجر به خروج راحت‌تر آب در یک خاک سدیمی گردند. عابدی-کوهپایی و همکاران (Abedi-Koupaiet al., 2008) عنوان کردند که افزودن مواد سوپر جاذب به خاک‌های لومی و رسی از طریق افزایش فاصله بین ذرات ممکن است سبب باز شدن محیط خاک گشته و تهویه آن را افزایش دهند.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که بجز مکش یک بار در سایر مکش‌ها، تمامی تیمارهای آزمایشی میزان رطوبت نگهداری شده در خاک را به طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد (B) افزایش دادند که بیانگر تأثیر مثبت این مواد (سوپر جاذب، کمپوست، گچ و مخلوط آنها) در تشکیل خاکدانه‌ها، بهبود ساختمان خاک و در نتیجه افزایش تخلخل و منافذ درشت خاک می‌باشد. در مکش یک بار، تیمارهای G، GS_1، GS_2 و GS_3 با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشتند، لیکن سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد داشتند. رطوبت قابل استفاده گیاه نیز بر اثر استفاده از کمپوست و سوپرجاذب بطور معنی‌داری افزایش یافت و غیر از تیمارهای گچ و مخلوط گچ و سوپر جاذب، سایر تیمارها رطوبت قابل استفاده گیاه را بطور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش دادند. مقادیر گنجایش هوایی در تیمارهای B و CS_3 کمتر از حر بحرانی تخلخل تهویه‌ای ($0.10\ m^3.m^{-3}$) بود که این دو تیمار با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند، ولی تفاوت تیمار شاهد با سایر تیمارها معنی‌دار بود. از آنجا که بیشترین افزایش در رطوبت قابل استفاده گیاه در تیمارهای حاوی ۱۰ تن در هکتار کمپوست همراه با ماده سوپر جاذب مشاهده شد، می‌توان مخلوط کمپوست و سوپر جاذب را به عنوان راهکاری مناسب و مفید برای کاهش تبخیر از سطح خاک و افزایش رطوبت قابل استفاده گیاه در مناطق خشک و نیمه‌خشک مشابه با شرایط این پژوهش توصیه نمود.

سپاسگزاری

هزینه‌های انجام این طرح توسط معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد در قالب طرح تحقیقاتی مصوب باکد ۱۵۱۵۳/۲ مورخ ۸۹/۳/۲۹ تامین شده است که بدین وسیله از حمایت‌های مالی دانشگاه فردوسی مشهد سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

1- Abedi-Koupai, J., Sohrab, F., and Swarbrick, G. 2008. Evaluation of hydrogel application on soil water retention characteristics. Journal of Plant Nutrition 31: 317–331.
2- Andry, A., Yamamoto, T., Irie, T., Moritani, S., Inoue, M., and Fujiyama, H. 2009. Water retention, hydraulic conductivity of hydrophilic polymers in sandy soil as affected temperature and water quality. Journal of Hydrology 373: 177-183.
3- Azzam, R.A.L. 1983. Polymeric conditioner gels for desert soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis 14: 739-760.
4- Baker, S.W. 1991. The effect of polyacrylamide copolymer on the performance of *Lolium perenne* L. turf grown on a sand root zone. Journal of Sports Turf Research Institute 67: 66-82.
5- Bouranis, D.L., Theodoropoulus, A.G., and Drossopoulus, J.B. 1995. Designing synthetic polymers as soil conditioners. Communications in Soil Science and Plant Analysis 26: 1455–1480.
6- Bowman, D.C., and Evans, R.Y. 1991. Calcium inhibition of poly acryl amide gel hydration is partially reversible by potassium. Hortscience 26(8): 1063-1065.
7- Buchhloz, F.L. 1998. The Structure and Properties of Super-absorbent Polyacrylates. In: Buchhloz, F.L.,

and Graham, A.T. (Eds.), Modern Super-absorbent Polymer Technology. Wiley-VCH, New York, pp. 167-221.
8- Carter, M.R. 1988. Temporal variability of soil macroporosity in a fine sandy loam under mouldboard ploughing and direct drilling. Soil and Tillage Research 12: 37–51.
9- Chen, S.H., Zommorodi, M., Fritz, E., Wang, S.H., and Huttermann, A. 2004. Hydrogel modified uptake of salt ions and calcium in *Populus euphratica* under saline conditions. Trees 18: 175-183.
10- Choudhary, M. I., Shalaby, A.A., and Al-Omran, A.M. 1995. Water holding capacity and evaporation of calcareous soils as affected by four synthetic polymers. Communications in Soil Science and Plant Analysis 66: 350-355.
11- Collis-George, N., and Figueroa, B.S. 1984. The use of high energy moisture characteristic to assess soil stability. Australian Journal of Soil Research 22: 349-356.
12- Drewry, J.J. 2006. Natural recovery of soil physical properties from treading damage of pastoral soils in New Zealand and Australia: a review. Agriculture, Ecosystems and Environment 114: 159–169.
13- El-Shafei, Y.Z., Al-Darby, A.M., Shalaby, A.A., and Al-Omran, A.M. 1994. Impact of a highly swelling gel-forming conditioner (Acryhope) upon water movement in uniform sandy soils. Arid Soil Research and Rehabilitation 8: 33–50.
14- El-Shafei, Y.Z., Al-Omran, A.M., Al-Darby, A.M., and Shalaby, A.A. 1992. Influnce of upper layer treatment of gel-conditioner on water movement in sandy soils under sprinkler infiltration. Arid Soil Reaserch and Rehabilitation 6: 217-231.
15- Flannery, R.L., and Busscher, W.J. 1982. Use of synthetic polymer in potting soils to improve water holding capacity. Communications in Soil Science and Plant Analysis 13: 103-111.
16- Gee, G.W., and Bauder, J.W. 1986. Particle–size Analysis. In: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part1-Physical and Mineralogical Methods. Seconds edition. Agronomy No.9. America Society of Agronomy, Inc. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin. USA.
17- Gehring, J.M., and Lewis, A.L. 1980. Effect of hydrogel on wilting and moisture stress of bedding plants. Journal of American Society of Horticultural Sciences 105(4): 511-513.
18- Johnson, M.A. 1984. Effect of soluble salts on water absorption by gel-forming soil conditioners. Journal of the Science of Food and Agriculture 35: 1063-1066.
19- Karimi, A., and Naderi, M. 2007. Yield and water use efficiency of forage corn as influenced by superabsorbent polymer application in soils with different textures. Agricultural Research 7(3):187-198. (In Persian with English Summary)
20- Klute, A. 1986. Water Retention: Laboratory Methods, pp. 635–666, In: A. Klute, ed., Methods of Soil Analysis, Part 1. American Society of Agronomy, Madison, WI.
21- Mueller, L., Kay, B.D., Been, B., Hu, C., Zhang, Y., Wolff, M., Eulenstein, F., and Schindler, U. 2008. Visual assessment of soil structure: Part II. Implications of tillage, rotation and traffic on sites in Canada, China and Germany. Soil and Tillage Research 103: 188–196.
22- Seyed Dorraji1, S., Golchin, A., and Ahmadi, S. 2010. The Effects of different levels of a super absorbent polymer and soil salinity on water holding capacity with three textures of sandy, loamy and clay. Journal of Water and Soil 24(2): 306-316. (In Persian with English Summary)
23- Silberbush, M., Adar, E., and De Malach, Y. 1993a. Use of a hydrophilic polymer to improve water storage and availability to crops grown in sand dune I. Corn irrigated by trickling. Agricultural Water Management 3(4): 303–313.
24- Silberbush, M., Adar, E., and De Malach, Y. 1993b. Use of a hydrophilic polymer to improve water storage and availability to crops grown in sand dune cabbage irrigated by sprinkling with different water salinities. Agricultural Water Management 23(4): 315–327.
25- Taylor, K.C., and Halfacre, R.G. 1986. The effect of hydrophilic polymer on media water retention and nutrient availability to *Ligustrum lucidum*. Horticultural Science 21: 1159-1161.
26- Teyel, M.Y., and El-Hady, O.A. 1981. Super gel as a soil conditioner. Acta Horticulture 119: 247-256.
27- Wallace, A., and Wallace, G.A. 1986. Effects of soil conditioners on emergence and growth of tomato, cotton and lettuce seedlings. Soil Science 141: 313–316.
28- White, R.E. 2006. Principles and Practice of Soil Science, 4th Edition. Blackwell Publishing, Oxford, UK. pp. 75-120.
29- Woodhouse, J., and Johnson, M.S. 1991. Effect of super-absorbent polymers on survival and growth of crop seedlings. Agricultural Water Management 20: 63–70.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۴، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۱، ص. ۱۲۰-۱۱۲

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 2, Summer 2012, p. 112-120

ارزیابی اثرات زیست محیطی تولید چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) با روش ارزیابی چرخه حیات (مطالعه موردی: مزارع استان خراسان جنوبی)

حمزه میرحاجی[۱]، مهدی خجسته پور[۲]، محمدحسین عباسپور فرد[۳]* و سید محمد مهدوی شهری[۱]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۳/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۵/۲۹

چکیده

از آنجا که اهمیت حفاظت از محیط زیست در جوامع امروزی امری بدیهی است، بنابراین اقدام و اجرای هرگونه برنامه نیاز به دانش کافی و شناخت لازم از محیط زیست دارد. یکی از راه‌های حفظ منابع طبیعی و دست یافتن به توسعه پایدار و بویژه کشاورزی پایدار، ارزیابی زیست محیطی فرایند تولید محصولات کشاورزی می‌باشد. روش ارزیابی چرخه حیات یک روش مورد قبول برای ارزیابی اثرات زیست محیطی سراسر چرخه حیات یک محصول می‌باشد. در این مطالعه، از روش ارزیابی چرخه حیات برای ارزیابی اثرات زیست محیطی گرمایش جهانی، اسیدیته، تخلیه منابع فسیلی و تخلیه منابع آبی محصول چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) در استان خراسان جنوبی و شرکت سهامی زراعی خضری بهره گرفته شد. داده‌های بدست آمده، مورد ارزیابی زیست محیطی قرار گرفت. نتایج ارزیابی نشان داد که اثر تخلیه منابع آبی در تولید چغندر قند در استان خراسان جنوبی، بیشتر از سایر اثرات به محیط زیست آسیب می‌رساند. شاخص نهایی زیست محیطی برای گرمایش جهانی، اسیدیته، تخلیه منابع فسیلی و تخلیه منابع آبی به ترتیب ۰/۰۰۰۳، ۰/۰۰۲، ۰/۰۲۵ و ۰/۰۷۳ بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: اسیدیته، تخلیه منابع، گرمایش جهانی

مقدمه

امروزه تولیدات کشاورزی عموماً بر پایه استفاده از منابع محدودی مثل سوخت‌های فسیلی، منابع آبی و دیگر نهاده های غیر قابل تجدید است. نگرانی‌هایی نیز در مورد مشکلات زیست محیطی مانند آلودگی آب، خاک، هوا، کاهش حاصلخیزی، فرسایش خاک و تقلیل منابع وجود دارد (Lagreid et al., 2007). نتایج برخی بررسی‌ها نشان داده است که کشاورزی سهم زیادی در انتشار انواع گازهای گلخانه‌ای به اتمسفر دارد. منابع اصلی انتشار این گازها به اتمسفر شامل سوخت‌های فسیلی مورد استفاده در عملیات مختلف کشاورزی، تلفات کربن از خاک به دلیل خاک‌ورزی، سوزاندن بقایای گیاهی و درختان جنگلی، دامداری، استفاده از کودهای دامی، تولید و مصرف انواع کودهای شیمیایی به ویژه کودهای نیتروژنه و کشت غرقابی برنج (*Oriza sativa* L.) است (Reddy & Hodges, 2007). باران اسیدی در برخی نقاط جهان باعث مسمومیت و صدمه به گیاهان، درختان، آبزیان و افزایش اسیدیته خاک می‌شود (Hoveidi et al., 2010). از منابع عمده این اثر در کشاورزی استفاده از کودهای شیمیایی نیتروژنه و در نتیجه انتشار NO_X و NH_3 به اتمسفر می‌باشد. از آنجا که در تولید محصولات کشاورزی نهاده‌های زیادی مصرف می‌شود در نتیجه سامانه تولید کشاورزی اثرات زیست محیطی گسترده‌ای را ایجاد می‌کند (Brentrup et al., 2004a).

بررسی اثرات زیست محیطی[۴] (EIA) سامانه‌های تولیدی سبب دستیابی به اهداف توسعه پایدار می‌گردد (Akbari et al., 2007). در واقع این امر از طریق ارزیابی چرخه حیات[۵] (LCA) محقق می‌شود (Iriarte et al., 2010). در روش ارزیابی چرخه حیات، یک واحد خاص از محصول مبنای مقایسه اثرات زیست محیطی سامانه تولید قرار می‌گیرد. تاریخچه روش ارزیابی چرخه حیات به دهه ۱۹۷۰ میلادی بر می‌گردد که در آن زمان، از این روش برای

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجویان کارشناسی ارشد رشته مکانیزاسیون، استادیار و دانشیار گروه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: E-mail: abaspour@um.ac.ir)

4- Environmental Impact Assessment
5- Life Cycle Assessment

محاسبات ساده‌ای مانند میزان مواد زائد جامد و انرژی مورد نیاز برای بازفرآوری آنها، مبنای اصلی این روش محسوب می‌گردید. در دهه ۱۹۹۰ میلادی مواردی همچون مدیریت منابع و آلاینده‌های منتشر یافته به محیط پیرامون در مطالعات مربوط به ارزیابی زیست محیطی لحاظ گردید و به صورت مقادیر کمی در محاسبات وارد شد تا مبنای ارزیابی کاملتر و دقیق‌تری از فعالیت ها را فراهم آورد (Alizade & Keynejad, 2008). نتایج مطالعه (Brentrup et al., 2004b) بر روی مشکلات زیست محیطی ناشی از مصرف سطوح مختلف کودهای شیمیایی نیتروژنه در تولید گندم (*Triticum aestivum* L.) در آلمان نشان داد که با افزایش مصرف کود نیتروژنه، هوپرورش[1] که یکی از مهم‌ترین اثرات زیست محیطی در تولید گندم است، افزایش می‌یابد. در مطالعه‌ای دیگر چرخه حیات کلزا (*Brassica napus* L.) در اسپانیا جهت تولید انرژی زیستی توسط (Gasol et al., 2007) با بررسی ۱۰ اثر زیست محیطی مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج نشان داد که استفاده از کودهای شیمیایی در شش اثر زیست محیطی تأثیر بسزایی دارد، به طوری که در این بین سهم استفاده از سوخت‌های فسیلی در تراکتورها و وسایل حمل و نقل در اثرات زیست محیطی بین ۴۸ تا ۷۷ درصد برآورد گردید. آنها به طور کلی بیان نمودند که استفاده از محصولات کشاورزی جهت تولید انرژی زیستی دارای مزایای زیست محیطی است. در مطالعه‌ای دیگر بر اساس ارزیابی چرخه حیات گندم زمستانه و ذرت (*Zea mays* L.) در شمال چین کاهش منابع فسیلی، تغییرات آب و هوایی، اسیدیته، هوپرورش، ایجاد سمیت برای انسان و بوم‌سازگان[2] آبی و خشکی بررسی شد (Wang & Wu, 2009). نتایج این مطالعه نشان داد که در سامانه تولید گندم زمستانه کاهش منابع فسیلی و اسیدیته و در سامانه تولید ذرت کاهش منابع فسیلی و هوپرورش بیشتر از بقیه اثرات موجب آسیب زیست محیطی می‌شوند. به طور کلی، تولید گندم زمستانه نسبت به ذرت، لطمه بیشتری به محیط زیست وارد می‌کرد. همچنین شاخص نهایی زیست محیطی تولید گندم و ذرت در این منطقه به ترتیب ۰/۰۶۳ و ۰/۰۴۰ بدست آمد.

چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) با سهمی بیش از ۳۱ درصد از تولیدات محصولات صنعتی از مهمترین این محصولات در ایران می‌باشد. سطح زیر کشت چغندرقند در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ در کشور حدود ۵۴ هزار هکتار برآورد شده، استان خراسان جنوبی با ۱۹۱۹ هکتار و تولید ۴۶۱۰۹ تن جزء استان های مطرح در تولید این محصول بوده و می‌باشد.

با توجه به این که در کشور ما بحث مهم مدیریت زیست محیطی ناشی از تولید محصولات کشاورزی مورد غفلت واقع شده است، در این مطالعه سعی شده که مناسب بودن روش ارزیابی چرخه حیات برای ارزیابی اثرات زیست محیطی محصولات کشاورزی و بهبود مدیریت بخش کشاورزی بررسی شود؛ بنابراین در این مطالعه اثرات زیست محیطی شامل تخلیه منابع آبی، منابع فسیلی، گرمایش جهانی و اسیدیته ناشی از تولید چغندر قند، با روش ارزیابی چرخه حیات بررسی شد.

مواد و روش‌ها

بر اساس تعریف استاندارد ایزو ۱۴۰۴۰ ارزیابی چرخه حیات به جنبه‌های زیست محیطی و بالقوه زیست محیطی در سراسر چرخه حیات یک محصول یا یک مرحله از ماده خام فرآوری شده تا تولید، مصرف، پایان اعمال زیستی، بازیافت و دفع نهایی (یعنی از گهواره تا گور) می‌پردازد (شکل۱). بر اساس این استاندارد، ارزیابی چرخه حیات دارای چهار بخش بیان هدف، تعیین ورودی‌ها و خروجی‌های سامانه، ارزیابی اثرات زیست محیطی و تفسیرآنها می‌باشد (Iriarte et al., 2010).

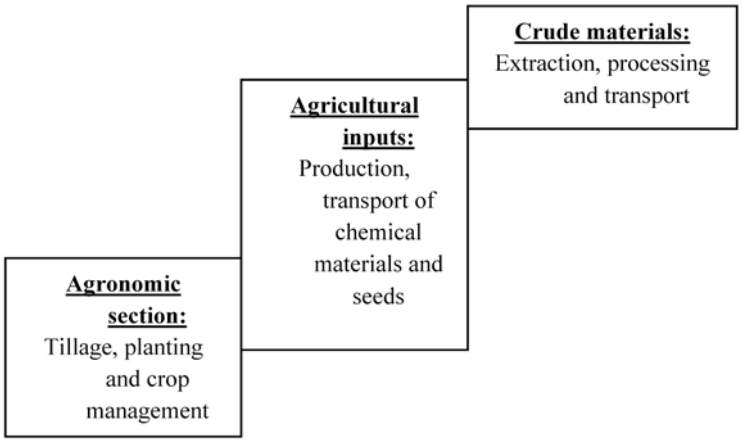
منطقه‌ای که برای مطالعه انتخاب شد، شرکت سهامی زراعی خضری با سطح زیر کشت سالانه ۴۰۰ هکتار، بزرگترین تولیدکننده چغندرقند در استان خراسان جنوبی می‌باشد. این شرکت در کیلومتر ۵۰ جاده قائن-گناباد در استان خراسان جنوبی در بخش نیمبلوک شهرستان قائنات به مرکزیت شهرخضری در عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و یک دقیقه و ۱۹ ثانیه و طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۴۸ دقیقه و ۴۳ ثانیه در ارتفاع ۱۵۴۰ متری از سطح دریا و به فاصله ۱۵۰ کیلومتری از مرکز استان خراسان جنوبی قرار دارد.

مراحل مطالعاتی چرخه حیات

۱- هدف: اولین گام در روش ارزیابی چرخه حیات، بیان هدف و مشخص کردن واحد مرجع می‌باشد. واحد مرجع، ورودی‌ها و خروجی‌های تولید محصول را به هم مرتبط کرده و مرجعی برای مقایسه فراهم می‌کند. در این مطالعه هدف، بررسی اثرات زیست محیطی گروه‌های تأثیر تخلیه منابع آبی، تخلیه منابع فسیلی، گرمایش جهانی و اسیدیته در بخش زراعی تولید چغندر قند بوده و واحد مرجع، تولید یک تن چغندرقند از زمین‌های شرکت سهامی زراعی خضری بود.

۲- تعیین ورودی‌ها و خروجی‌های سامانه: در این بخش تمام منابع و مقادیری که در تولید محصول مورد مطالعه نیاز است و همچنین تمامی مقادیر آلاینده‌های انتشار یافته به محیط زیست در اثر استفاده از انواع مختلف نهاده‌ها، بر مبنای واحد مرجع محاسبه می‌شود.

1- Eutrophication
2- Ecosystem



شکل ۱- نقاط ارزیابی در مطالعات ارزیابی چرخه حیات
Fig. 1- Assessment points in study of life cycle assesment

اطلاعات به روش مصاحبه با زارعین و مهندسان شرکت سهامی زراعی خضری، از ۴۰۰ هکتار زمین زیر کشت این محصول، جمع-آوری شد. برای تعیین اثرات تخلیه منابع آبی و فسیلی، میزان مصرف این نهاده‌ها در تولید یک تن چغندرقند به روش زیر محاسبه شد:

۲-۱- ورودی های سامانه

تعیین میزان سوخت مصرفی: از آنجا که در انجام عملیات مکانیزه در منطقه مورد نظر از سه نوع تراکتور والترا، جاندیر و فرگوسن استفاده می‌شود، لذا با توجه به توان هر تراکتور، میزان مصرف سوخت متفاوت می‌باشد. به این ترتیب میزان مصرف سوخت بر حسب لیتر بر ساعت از معادله یک (Koocheki, 1994) محاسبه شد:

معادله (۱) $(l.hr^{-1}) = ۰/۰۶\times۰/۷۳\times۳/۷۸\times P_{PTO}$

در این رابطه، P_{PTO} عبارت است از قدرت متعارفی تراکتور در محور توانده‌ی و ضریب ۳/۷۸ برای تبدیل گالن بر ساعت به لیتر بر ساعت و قدرت متعارفی تراکتور در محور توانده‌ی، ۰/۷۵ توان اسمی موتور در نظرگرفته شد. برای هر سه نوع تراکتور مورد استفاده در تحقیق، ابتدا برای هر تراکتور به صورت جداگانه و با توجه به زمان اجرای عملیات ها، میزان مصرف گازوئیل محاسبه شد و سپس میزان مصرف گازوئیل هر سه تراکتور با هم جمع شد. توان و میزان سوخت مصرفی برای هر تراکتور در جدول یک بیان شده است.

میزان سوخت مصرفی در عملیات مختلف تولید چغندرقند بر اساس نوع عملیات، وسیله متصل به تراکتور، بازده مزرعه‌ای، عرض کار، سرعت پیشروی و سایر جزئیات آن در جدول ضمیمه یک بیان شده است.

آب مصرفی: با توجه به اینکه میزان آبدهی چاه ها به طور متوسط ۳۵ لیتر بر ثانیه می‌باشد و آبدهی هر هکتار شش ساعت زمان نیاز دارد، میزان آب مصرفی در هر بار آبیاری بر اساس معادله (۲) برابر است با:

معادله (۲) $۰/۰۳۵\times۶\times۳۶۰۰=۷۵۶\ m^3$

این مقدار نشان می‌دهد که عمق آب آبیاری در هر دور آبیاری حدود ۷/۵ سانتی‌متر است. میزان آب مصرفی در طول فصل رشد (۱۳ دوره آبیاری) ۹۸۲۹ متر مکعب در هکتار مزرعه چغندرقند می‌باشد.

با مصاحبه با کارشناسان و زارعین شرکت و نظرخواهی بر اساس پرسشنامه، میزان متوسط عملکرد چغندر قند در این شرکت ۴۵ تن در هکتار می‌باشد.

جدول ۱- توان و گازوئیل مصرفی انواع تراکتورهای مورد استفاده در تولید چغندرقند
Table 1- Diesel fuel consumption of all types of tractors in production of sugar beet

نوع تراکتور Tractor type	قدرت اسمی (اسب بخار) Power (HP)	گازوئیل مصرفی (لیتر بر ساعت) Diesel fuel consumption ($l.hr^{-1}$)
والترا Valtra	150	18.6
جاندیر John Deere	110	13.6
فرگوسن Ferguson	75	9.3

کود نیتروژنه مصرفی اوره به ازای هر هکتار مزرعه چغندرقند ۲۵۰ کیلوگرم می‌باشد که با در نظر گرفتن ۴۶ درصد نیتروژن، میزان نیتروژن به ازای هر تن محاسبه شد. برای محاسبه انرژی فسیلی از معادل انرژی گازوئیل استفاده شد (Erdal et al., 2007).

۲-۲- خروجی های سامانه

معمولاً برای برآورد میزان انتشار، انواع ترکیبات نیتروژنه از مزرعه در ارزیابی چرخه حیات محصولات کشاورزی در نظر گرفته می‌شود. اندازه‌گیری دقیق این انتشارات با در نظرگرفتن مسائل مالی، زمانی و همین طور اختلاف در نتایج، نه عملی خواهد شد و نه متناسب اهداف ارزیابی چرخه حیات می‌باشد. میزان انتشار بسته به نوع خاک، آب و هوا و سامانه مدیریت مزرعه متفاوت است. بنابراین به جای اندازه-گیری‌ها، روش‌های سازمان یافته برای تخمین میزان متوسط انتشار به کار می‌رود که در این مطالعه نیز مورد استفاده قرار گرفته است (Brentrup et al., 2000).

میزان انتشار انواع ترکیبات نیتروژنه از اوره

تصعید آمونیاک: میزان تصعید آمونیاک در کودهای معدنی بسته به شرایط آب و هوایی و خصوصیات خاک می‌تواند متفاوت باشد، در میان کودهای معدنی نیز اوره بیشترین تصاعد آمونیاک را دارد. فاکتور انتشار آمونیاک از اوره در این مطالعه به علت عدم وجود بررسی‌های لازم، برابر متوسط اروپا و آمریکا در نظر گرفته شده، بر این اساس حدود ۱۷ درصد از کل نیتروژن مصرفی در قالب کود معدنی اوره به صورت NH_3-N تصعید می‌شود (Brentrup et al., 2000; Diaz Goebes et al., 2003).

انتشار N_2O: انتشار N_2O به اتمسفر تحت تأثیر دو پدیده میکروبی نیترات‌زدایی و نیترات‌سازی ایجاد می‌شود. البته این موضوع نیز تحت تأثیر شرایط مختلف خاک، آب و هوا و مدیریت زراعی می-باشد. در این مطالعه از فاکتوری که مجمع بین المللی تغییرات آب و هوایی[1] (IPCC) در سال ۲۰۰۶، یک درصد از کل نیتروژن کود نیتروژنه مصرف شده در هکتار به صورت N_2O-N انتشار می‌یابد (Snyder et al., 2009).

انتشار NO_X: با توجه به نتایج برخی تحقیقات میزان انتشار NO_X به اتمسفر برابر ۱۰ درصد میزان N_2O در نظر گرفته شد (Gasol et al., 2007).

انتشار آلاینده‌ها ناشی از مصرف گازوئیل

میزان انتشار انواع مهمترین گازهای گلخانه‌ای شامل CO_2، N_2O و CH_4 از سوختن هر لیتر گازوئیل بر اساس مطالعات صورت گرفته (Tzilivakis et al., 2005) به شرح زیر است:

۲/۷۳ کیلوگرم دی اکسیدکربن، $۱۸/۱\times۱۰^{-۶}$ کیلوگرم اکسید نیتروژن و ۱۷۳×۱۰^{-۶} کیلوگرم متان.

۳- ارزیابی اثرات: هدف از ارزیابی اثرات، تفسیر بیشتر ورودی‌ها و خروجی‌های سامانه تولید چغندرقند می‌باشد که دارای سه مرحله طبقه‌بندی، نرمال‌سازی و وزن‌دهی می‌باشد (Brentrup et al., 2004a).

۳-۱- طبقه‌بندی: این مرحله در ارزیابی چرخه حیات الزامی می‌باشد، در این مرحله هر کدام از مقادیر بدست آمده از بخش دو، یعنی مصرف منابع فسیلی، میزان انتشار آلاینده‌ها به محیط و میزان مصرف آب، به اثرات زیست محیطی آن مرتبط می‌شود. در این مطالعه با توجه به بررسی گروه‌های تأثیر تخلیه منابع آبی، تخلیه منابع فسیلی، گرمایش جهانی و اسیدیته، ارتباط بین میزان مصرف سوخت و آب و همین طور انتشار آلاینده‌ها به اتمسفر برای تولید یک تن چغندرقند با اثر مربوطه در جدول دو نشان داده شده است. در این مرحله کارایی یا فاکتور طبقه‌بندی[2] هر ترکیب در ایجاد اثر مربوطه نیز، در این جدول آورده شده است، با ضرب کردن میزان هر آلاینده یا منبع در کارایی آن و جمع کردن آنها، در نهایت برای هر گروه تأثیر، یک شاخص طبقه‌بندی بدست می‌آید.

۳-۲- نرمال‌سازی: این مرحله در ارزیابی چرخه حیات اختیاری می‌باشد، از آنجا که پس از انجام مرحله طبقه‌بندی نمی‌توان به اهمیت مقادیر بدست آمده پی برد، لذا در این مرحله سهم اثرات زیست محیطی سامانه مورد مطالعه چغندرقند در کل اثرات زیست محیطی یک منطقه تعیین می‌شود، به عبارت دیگر، در مرحله نرمال-سازی نتایج مرحله قبل در گستره یک منطقه تقسیم می‌شود. نتایج بدست آمده در مرحله قبل، یعنی شاخص طبقه‌بندی هر اثر بر یک فاکتور نرمال‌سازی[3] تقسیم می‌شود، تا هم به اهمیت داده‌های مرحله قبل پی برده و هم داده‌ها بدون واحد شده و برای مرحله وزن‌دهی آماده گردند. در این مطالعه سرانه جهانی اثرات زیست محیطی در سال ۱۹۹۵برای نرمال سازی اثرات گرمایش جهانی، اسیدیته و تخلیه منابع فسیلی و همین طور برای اثر تخلیه منابع آبی سرانه جهانی در سال ۲۰۰۰ در نظر گرفته شده و استفاده شده است.

۳-۳- وزن‌دهی: این مرحله نیز در ارزیابی چرخه حیات اختیاری می‌باشد، در این بخش به هر اثر زیست محیطی بر اساس کارایی که برای آسیب زدن به محیط زیست دارند یک وزن داده می‌شود و هر گروه تأثیر که دارای کارایی آسیب بیشتری باشد مقدار بیشتری به آن اختصاص می‌یابد.

1- Entergovernmental Panel on Climate Change

2- Characterization Factor

3- Normalization Factor

جدول ۲- طبقه‌بندی اثرات

Table 2- Characterization of impacts

منبع Reference	کارایی هر ترکیب Potential of compounds	ترکیبات Compounds	گروه تأثیر (واحد) Impact category (unit)
(Snyder et al., 2009)	CO_2=1, CH_4=21, N_2O=310	CH_4 و CO_2 ,N_2O	گرمایش جهانی ($kg\ CO_2\ eq$) Global warming ($kg\ CO_2\ eq$)
(Brentrup et al., 2004a)	SO_2=1.2, NO_X=0.5, NH_3=1.6	NH_3 و SO_2 , NO_X	اسیدیته ($kg\ SO_2\ eq$) Acidification ($kg\ SO_2\ eq$)
(Buratti et al., 2009)	42.86	مصرف گازوئیل Diesel fuel consumption	تخلیه منابع فسیلی (MJ) Depletion of fossil resources (MJ)
(Buratti et al., 2009)	1	مصرف آب Water consumption	تخلیه منابع آبی (m^3) Depletion of water resources (m^3)

جدول ۳ – فاکتورهای وزن‌دهی و نرمال سازی

Table 3- Normalization and weighting factor

منبع Reference	فاکتور وزن‌دهی Weighting factor	فاکتور نرمال سازی (واحد) Normalization factor (unit)	گروه تأثیر Impact category
(Wang & Wu, 2009)	0.12	7192.98 ($kg\ CO_2\ eq$)	گرمایش جهانی Global warming
(Wang & Wu, 2009)	0.14	56.14 ($kg\ SO_2\ eq$)	اسیدیته Acidification
(Wang & Wu, 2009)	0.15	56877.88 (MJ)	تخلیه منابع فسیلی Depletion of fossil resources
(Wang et al., 2010)	0.21	626.36 (m^3)	تخلیه منابع آبی Depletion of water resources

شاخص نرمال شده حاصل از مرحله قبل برای هر گروه تأثیر در فاکتور وزن‌دهی[1] آن گروه ضرب می‌شود تا شاخص نهایی[2] برای هر اثر زیست محیطی بدست آید. در جدول سه فاکتورهای نرمال‌سازی و وزن‌دهی بیان شده‌اند.

معادله کاربردی سه مرحله ارزیابی طبقه‌بندی، نرمال‌سازی و وزن‌دهی به صورت معادله (۳) می‌باشد (Brentrup et al., 2004a).

معادله (۳)
$$FI = \sum_i \left(\frac{\sum_j (E_j \text{ or } R_j) \times CF_{i,j}}{NF_i} WF_i \right)$$

E_j or R_j: انتشار ترکیب، j یا مصرف منبع j بر هر واحد مرجع، $CF_{i,j}$ فاکتور طبقه‌بندی برای ترکیب j یا منبع j سهیم در گروه تأثیر i، NF_i فاکتور نرمالیزه برای گروه تأثیر i و WF_i فاکتور وزن‌دهی برای گروه تأثیرi می‌باشد، در نتیجه FI نیز شاخص نهایی برای گروه تأثیر i می‌شود.

نتایج و بحث

میزان مصرف سوخت، آب و نیتروژن برای تولید یک تن چغندرقند در منطقه مورد مطالعه در جدول چهار و همین طور خروجی‌های این سامانه به ازای واحد مرجع یک تن چغندرقند در جدول پنج آمده است. نتایج ارزیابی اثرات طی سه مرحله در جدول شش بیان شده است. شاخص نهایی زیست محیطی در تولید یک تن چغندرقند برای گرمایش جهانی، اسیدیته، تخلیه منابع فسیلی و تخلیه منابع آبی به ترتیب ۰/۰۰۰۳، ۰/۰۰۲، ۰/۰۲۵ و ۰/۰۷۳ بدست آمد. این شاخص نشان می‌دهد که در تولید یک تن چغندرقند تخلیه منابع آبی نسبت به سایر اثرات، دارای کارایی آسیب زیست محیطی بیشتری می‌باشد. بدین ترتیب در مقایسه دو گروه تأثیر تخلیه منابع، تخلیه منابع آبی نیز بیشتر از منابع فسیلی و در مقایسه دو گروه تأثیر دیگر،

1-Weighting Factor
2-Final Index

اسیدیته بیشتر از گرمایش جهانی دارای کارایی آسیب می‌باشد.

جدول٤- ورودی‌های تولید یک تن چغندرقند

Table 4- Production inputs of one ton sugar beet

منابع Resources	میزان مصرف (واحد بر تن) Consumption rate ($Unit.t^{-1}$)	معادل انرژی (مگاژول بر واحد) Energy equivalent ($MJ.unit^{-1}$)	انرژی (مگاژول) Energy (MJ)
آب Water	218.42 (m^3)	----	----
گازوئیل Diesel	3.95 (lit)	56.31	222.6
نیتروژن Nitrogen	2.5 (kg)	----	----

جدول ٥ – خروجی‌های تولید یک تن چغندرقند

Table 5- Production outputs of one ton sugar beet

منبع انتشار Emission sources	میزان انتشار (کیلوگرم به ازای هر تن چغندرقند) Emission contents ($kg.t^{-1}$)	ترکیبات انتشار یافته Emission compounds
اوره Urea	0.51	NH_3
اوره و گازوئیل Urea & Diesel	39.07×10^{-3}	N_2O
اوره Urea	39.07×10^{-4}	NO_X
گازوئیل Diesel	10.78	CO_2
گازوئیل Diesel	683.35×10^{-6}	CH_4
منبع خاصی در نظر گرفته نشده است. No sources	----	SO_2

جدول ٦ – نتایج ارزیابی اثرات

Table 6- Results of impact assessment

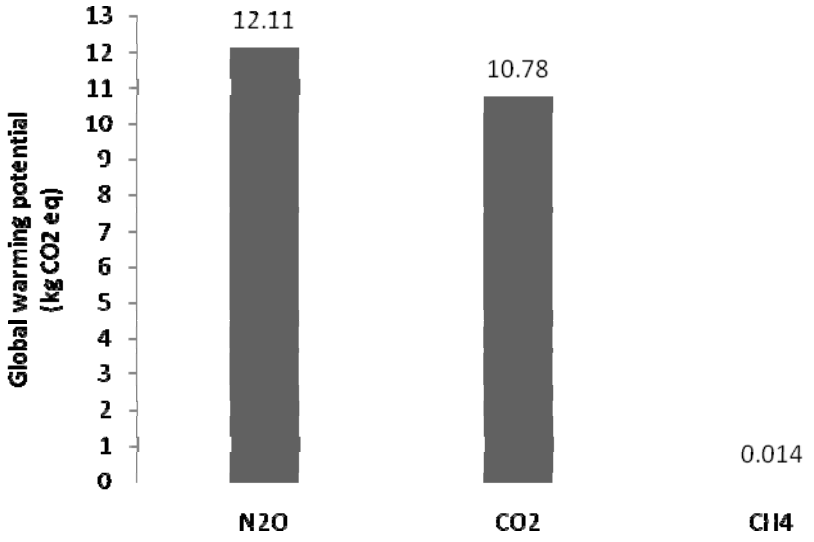
گروه تأثیر Impact category	شاخص طبقه‌بندی Characterization index	شاخص‌نرمال سازی Normalization index	شاخص نهایی Final index
گرمایش جهانی Global warming	22.9	0.0031	0.0003
اسیدیته Acidification	0.81	2.87	0.002
تخلیه منابع فسیلی Depletion of fossil resources	9540.6	0.167	0.025
تخلیه منابع آبی Depletion of water resources	218.42	0.348	0.073

در مطالعه‌ای که در چین روی محصول برنج انجام شد (Wang et al., 2010) مصرف آب برای هر تن برنج برابر ۳۷۹ متر مکعب بوده و شاخص نهایی ۰/۱۴ برای تخلیه منابع آبی بدست آمد و همین طور برای تخلیه منابع فسیلی، میزان مصرف سوخت فسیلی ۱۰۶ مگاژول بر هر تن برنج بوده و شاخص نهایی زیست محیطی آن ۰/۰۰۸ بدست آمد، در حالی که در تحقیق حاضر میزان مصرف آب حدود ۲۱۸ متر مکعب برای هر تن چغندرقند بوده و شاخص نهایی برابر ۰/۰۷ بدست آمد.

در مورد تخلیه منابع آبی با توجه به اینکه میزان مصرف آب در تولید برنج بیشتر بوده پس دارای شاخص نهایی بزرگتری می‌باشد. در مورد تخلیه منابع فسیلی، در تولید محصول چغندرقند نسبت به تولید برنج استفاده بیشتری از نیروی مکانیزه می‌شود. در تحقیق دیگری که در شمال چین انجام شده (Wang & Wu, 2009) شاخص نهایی تخلیه منابع فسیلی ۰/۰۲ برای یک تن گندم و برای یک تن ذرت ۰/۰۰۹ بدست آمد که این نشان‌دهنده این مطلب است که با وجود اینکه این مطالعه شامل کلیه سامانه تولید بوده و نه فقط بخش زراعی گندم و ذرت، باز هم شاخص تخلیه منابع فسیلی یک تن چغندر قند بیشتر از شاخص وانگ و همکاران (Vang et al., 2004) می‌باشد. بنابراین، می‌توان چنین نتیجه گرفت که در ایران نیروی مکانیزه بیشتر یا مصرف انرژی فسیلی بالاتری نسبت به کشور چین وجود دارد. در این مطالعه همچنین تخلیه منابع فسیلی و اسیدیته بیشتر از سایر گروه‌های تأثیر کارایی آسیب به محیط زیست داشتند. نتایج مطالعه دیگر در آلمان (Brentrup et al., 2004b) نشان داد که برای تولید یک تن گندم، اسیدیته و گرمایش جهانی از اثرات عمده محیطی بودند. شکل دو و سه سهم ترکیبات انتشار یافته به محیط زیست در تولید یک تن چغندرقند را در دو گروه تأثیر گرمایش جهانی و اسیدیته نشان داده است.

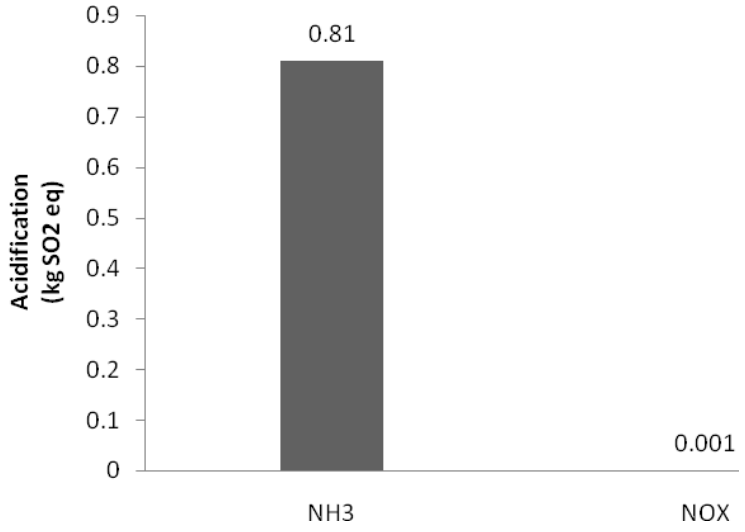
نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهند که آمونیاک و اکسیدهای نیتروژن ترکیباتی هستند که از مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنه حاصل می‌شوند و در دو گروه تأثیر گرمایش جهانی و اسیدیته تأثیر عمده‌ای دارند. بدین ترتیب چنین به نظر می‌رسد که به منظور بهبود حاصلخیزی خاک‌ها در منطقه مورد بررسی بهتر است که در مورد مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنه تدابیر مدیریتی مناسب اتخاذ کرد، به طور مثال، می‌توان بخشی از کودهای شیمیایی را با انواع کودهای آلی جایگزین کرد.

طبق آخرین سالنامه آماری آبی کشور حجم بارندگی در سال آبی ۸۷-۱۳۸۶ نسبت به سال قبل ۵۰ درصد و نسبت به میانگین بلند مدت ۴۵ درصدکاهش نشان می‌دهد و حجم آب سطحی نیز ۵۰ درصد کاهش نسبت به سال قبل و ۵۶ درصد کاهش نسبت به میانگین بلند مدت داشته است. حجم مخازن آب کشور نیز ۹۱۴۸/۹ میلیون متر مکعب کاهش نشان می‌دهد. این روند تغییرات منابع آبی بسیار نگران کننده می‌باشد.



شکل ۲- سهم گازهای گلخانه ای در گروه تأثیر گرمایش جهانی

Fig. 3- Greenhouse gases share in global warming impact category



شکل۳- سهم ترکیبات نیتروژنه در گروه تأثیر اسیدیته

Fig. 4- Nitrogen Compounds share in acidification impact category

در طبقه‌بندی استان‌ها بر اساس شاخص آسیب‌پذیری منابع آبی استان خراسان جنوبی از کمبود آبی فراتر رفته و دچار بحران آبی می-باشد (SYIW, 2007-2008). روش آبیاری چغندرقند در منطقه مورد مطالعه به صورت جوی و پشته‌ای می‌باشد که این روش باعث مصرف آب زیادی می‌شود. لذا می‌توان با استفاده از روش‌های نوین آبیاری، از قبیل طراحی صحیح آبیاری سطحی و یا روش آبیاری بارانی منجر به بهبود راندمان آبی بالاتر شد و نتیجه این امر حفظ منابع آبی می‌باشد. نتایج برخی تحقیقات نشان داده است که آبیاری بارانی باعث کاهش۳۱ درصد مصرف آب نسبت به روش معمولی آبیاری جوی و پشته‌ای می‌شود (Haghayeghi, 2001). از آنجا که بخش قابل توجهی از سوخت مصرفی مربوط به عملیات آماده‌سازی زمین می‌باشد، بکارگیری شیوه‌های خاک‌ورزی حفاظتی از قبیل کم خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرکب نیز می‌تواند موجب کاهش تردد تراکتور در مزرعه و در نتیجه کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی شود.

روش ارزیابی چرخه حیات با وجود گسترده بودن بخش کشاورزی، یک روش مورد قبول برای مطالعه اثرات زیست محیطی تولید محصولات کشاورزی می‌باشد. البته از آنجا که استفاده از این روش در مراحل ابتدایی خود در ایران می‌باشد، لذا نیاز به مطالعات بیشتر ضرورت دارد.

سپاسگزاری

از مسئولین، مهندسین و زارعین شرکت سهامی زراعی خضری که در این مطالعه ما را یاری کردند کمال تشکر را داریم.

منابع:

1- Akbari, A., Meshkinfam, M., and Shaygan, G. 2007. Application of life cycle assessment in environmental management of building auto parts industries. First Conference of Environmental Engineering. Tehran, Iran. (In Persian)
2- Alizade, A., and Keynejad, M. 2008. Life cycle of processes and its application in environmental impact assessment of petrochemical industry. Fourth National Congress of Civil Engineering. Tehran, Iran. (In Persian)
3- Brentrup, F., Küsters, J., Kuhlmann, H., and Lammel, J. 2004a. 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 of Agronomy Journal 20: 247–264.
4- Brentrup, F., Küsters, J., Lammel, J., Barraclough, P., and Kuhlmann, H. 2004b. Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment methodology II. The application to N fertilizer use in winter wheat production systems. European of Agronomy Journal 20: 265–279.

5- Brentrup, F., Kusters, J., Lammel, J., and Kuhlmann, H. 2000. Methods to stimate on- field nitrojen emission from crop prodaction as an input to LCA studies in the agricultural sector. Int. Journal of Life Cycle Assessment 6: 349-357.
6- Buratti, C., Barbanera, M., and Fantozzi, F. 2009 Environmental impact assessment of fiber sorghom (SUDAN-GRASS) production systems for biomass energy production in a central region of Italy. Biomass Research Centre, University of Perugia.
7- Diaz Goebes, M., Strader, R. and Davidson, C. 2003. An ammonia emission inventory for fertilizer application in the United States. Atmospheric Environment 37: 2539–2550.
8- Gasol, C. M., Gabarrell, X., Anton, A., Rigola, M., Carrasco, J., Ciria, P., Solano, M.L., and Rieradevall, J. 2007. Life cycle assessment of a Brassica carinata bioenergy cropping system in Southern Europe. Biomass and Bioenergy 31: 543–555.
9- Erdal, G., Esengun, K., Erdal, H., and Gunduz, O. 2007. Energy use and economical analysis of Sugar beet production in Tokat province of Turkey. Energy 32: 35–41.
10- Haghayeghi, A. 2001. Efficiency of water use and Sugar beet yield in Surface and sprinkler irrigation methods. Eleventh National Committee of Irrigation and Drainage. (In Persian)
11- Hoveidi, H., Mahdlooei, S., and Olia, E. 2010. Acid rain and its impact on environmental pollution. Fourth Specialized Conference of Environment. Tehran, Iran. (In Persian)
12- 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: 336–345.
13- Koocheki, A. 1994. Agricultural and energy. Ferdowsi University of Mashhad Press. (In Persian)
14- Lagreid, M., Bockman, O.C., and Kaarstad, O. 2007. Agriculture, Fertilizer and the Environmental. Ferdowsi University of Mashhad Press. (In Persian)
15- Reddy, K.R., and Hodges, H.F. 2007. Climate Change and Global Crop Productivity. Ferdowsi University of Mashhad Press, Iran. (In Persian)
16- 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.
17- SYIW (Statistical Yearbook of Iran Water). 2007-2008. The Ministry of Energy database. Available at web site http://isn.moe.org.ir/.
18- Tzilivakis, 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. Agricultural Systems 85: 101–119.
19- Wang, M., and Wu, W. 2009. Life cycle assessment of the winter wheat-summer maize production system on the North China Plain. International Journal of Sustainable Development and World Ecology 14(4): 400 – 407.
20- Wang, M., Xia, X., Zhang, Q., and Liu, J. 2010. Life cycle assessment of a rice production system in Taihu region, China. International Journal of Sustainable Development and World Ecology 17(2): 157–161.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۴، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۱، ص. ۱۳۰-۱۲۱

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 2, Summer 2012, p. 21-130

تحلیل روش‌های پارامتریک در ارزیابی کیفی تناسب اراضی دشت نیشابور برای زراعت گندم (*Triticum aestivum* L.)

حمیدرضا باقرزاده[۱]، علی باقرزاده[۲*] و حمید معین راد[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۶/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۲/۲۰

چکیده

استفاده از روش‌های پارامتریک در ارزیابی کیفی تناسب اراضی روشی مفید برای تشخیص توان و قابلیت اراضی در تولید بهینه محصولات کشاورزی است. با استفاده از این روش‌ها می‌توان به پایدارسازی توسعه کشاورزی و الگوهای کشت در کشور امیدوار بود و علاوه بر حفظ توان‌های بالقوه خاک، بازده اقتصادی مناسبی نیز از فعالیت‌های انجام شده انتظار داشت. در تحقیق حاضر با استناد به چارچوب ارائه شده توسط فائو در ارزیابی تناسب اراضی و بر اساس جداول نیازهای خاکی و اقلیمی برای گیاهان زراعی، به مقایسه سه روش پارامتریک (عددی) در ارزیابی کیفی تناسب اراضی دشت نیشابور برای زراعت آبی گندم (*Triticum aestivum* L.)، پرداخته شد. بر این اساس کلاس‌های تناسب سرزمین برای سری‌های خاک دشت نیشابور تعیین و نقشه پراکنش آنها در محیط GIS به سه روش پارامتریک استوری، ریشه دوم و کالوگیرو نشان داده شد. نتایج حاصله نشان می‌دهد که دامنه تغییرات درجه تناسب سرزمین برای محصول گندم به روش استوری از ۱/۵۳ تا ۳۳/۲۲ معادل با کلاس نامناسب همیشگی N_2 تا تناسب کم S_3، در روش ریشه دوم از ۸۸/ ۰تا ۴۱/۱۶ به عبارتی از کلاس نامناسب همیشگی N_2 تا تناسب کم S_3 و در روش کالوگیرو دامنه تغییرات درجه تناسب اراضی از ۲۷/۶۹ تا ۶۷/۹۹ یعنی از کلاس تناسب کم S_3 تا نسبتاً مناسب S_2 گزارش می‌شود. مقایسه نتایج حاصل از روش‌های پارامتریک نشان داد که در روش کالوگیرو ۱۰۰ درصد اراضی دشت نیشابور برای کشت گندم دارای کلاس‌های تناسب S_3 و S_2 است، در حالی که وسعت این کلاس‌ها در روش ریشه دوم به ۵۷/۸۹ درصد و در روش استوری به ۲۳/۰۸ درصد کاهش پیدا کرده است. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که روش استوری نتایج بسیار سختگیرانه‌ای را در ارائه نتایج نشان داد. بطوریکه در این روش بیش از ۶۱ درصد اراضی منطقه مورد مطالعه به عنوان اراضی نامناسب همیشگی برای زراعت گندم بشمار آمده است که این موضوع با مشاهدات میدانی انطباق چندانی ندارد. روش ریشه دوم نیز علی رغم نتایج متعادل‌تر نسبت به روش استوری همچنان نتایج سختگیرانه‌ای به دست داده است. در حالیکه روش کالوگیرو بیشترین انطباق را با واقعیت‌های موجود در منطقه نشان داده است و می‌تواند به عنوان قابل اعتمادترین روش پارامتریک در ارزیابی کیفی تناسب اراضی مطرح شود.

واژه‌های کلیدی: استوری، ریشه دوم، کاربری اراضی، کالوگیرو

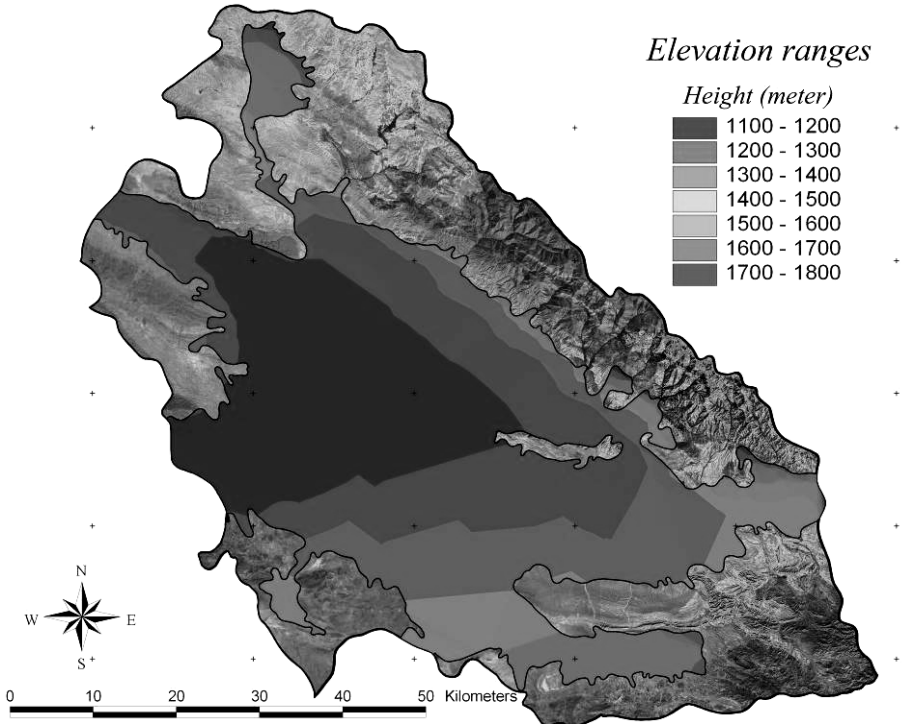
مقدمه

امروزه چالش‌هایی که بر سر راه کشاورزی پایدار قرار دارند فقط تکنیکی نبوده، بلکه مشکلات و نگرانی‌های اجتماعی، فرهنگی، اقتصادی و محیطی را نیز شامل می‌شود. مبحث تولید محصولات کشاورزی را نمی‌توان از مباحث محیطی جدا نمود، به همین دلیل یک دیدگاه تکنیکی جدید برای برآورده کردن نیازهای کشاورزی نسل‌های فعلی و آینده مورد نیاز است تا ضمن حفاظت از منابع از آسیب‌رسانی به آن نیز جلوگیری نماید. در این مسیر توجه اصلی به کاهش یا حذف نهاده‌های شیمیایی کشاورزی از طریق تغییر مدیریت است به گونه‌ای که تغذیه کافی و مناسب گیاه زراعی از طریق توان‌سنجی قابلیت بالقوه اراضی، و منابع غذایی آلی، فراهم گردد. در حال حاضر روند روبه رشد افزایش جمعیت در کشورهای در حال توسعه و نیازهای روزافزون این کشورها به محصولات کشاورزی برای تأمین غذا در دهه‌های اخیر فشاری مضاعف را بر عرصه‌های طبیعی در پی داشته است. هنگامی که فائو (FAO, 1976)، اولین نسخه چهارچوب ارزیابی اراضی را طی بولتن شماره ۳۲ خود منتشر کرد، پیش‌بینی می‌شد که استفاده از دانش و تخصص ارزیابی تناسب اراضی در کشورهای مختلف جهان روز به روز توسعه یابد. از نکات بارز این روش می‌توان به رویکرد استفاده از مدل‌های ساده و کلاسیک اشاره کرد، موضوعی که منجر به توسعه استفاده از سیستم ارزیابی فائو گردید. به مرور استفاده از این سیستم در کشورهای مختلف جهان شکل تازه‌ای به خود گرفت، بطوریکه در سال ۱۹۹۳ سایس و

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی و استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، ایران
(*- نویسنده مسئول: E-mail: abagher_ch@yahoo.com)

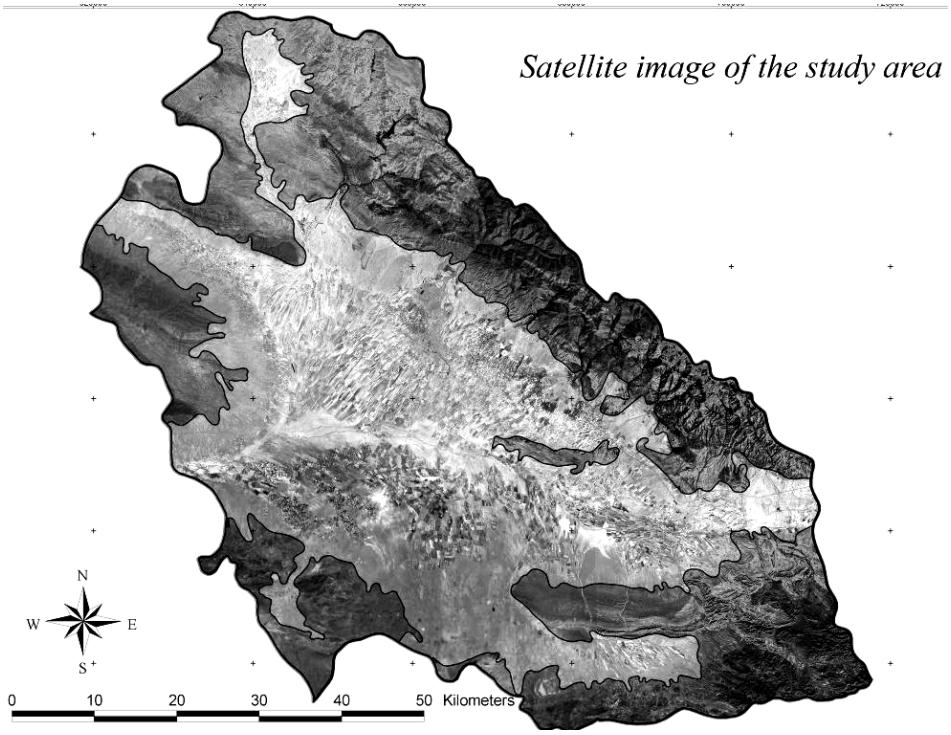
همکاران (Sys et al., 1993) دستورالعمل‌هایی را برای ارزیابی قابلیت کشت در اراضی مختلف با تأکید بر استفاده از کشت آبی و دیم منتشر کردند. امروزه ارزیابی تناسب اراضی در کشورهای در حال توسعه محور اصلی انتخاب کشت متناسب با شرایط اقلیمی و خاکی هر منطقه است. باقرزاده و همکاران (Bagherzadeh et al., 2012) در ارزیابی کیفی تناسب اراضی دشت نیشابور برای کاشت سه گیاه زراعی گندم (*Triticum aestivum* L.)، ذرت (*Zea mays* L.) و پنبه (*Gossypium herbaceum* L.) با استفاده از GIS بیان داشتند که مهمترین عامل محدودکننده کاشت گندم در منطقه مذکور، خصوصیات فیزیکی خاک می‌باشد، در حالیکه تولید ذرت و پنبه به طور عمده توسط شرایط اقلیمی محدود شده است. صد در صد دشت نیشابور برای کشت گندم دارای کلاس تناسب S_3 و S_2 بود، در حالیکه این دو کلاس برای محصول ذرت مجموعاً ۶۹/۱۵ درصد محاسبه شد. همچنین کلاس تناسب اراضی برای محصول پنبه عمدتاً N_1 و N_2 برآورد شد. بطور کلی با توجه به نتایج حاصله، آنها نتیجه گرفتند که کشت گندم و حتی ذرت در دشت نیشابور با انجام اقدامات اصلاحی و بهبود خواص فیزیکی خاک، راندمان بهتر و تناسب بالاتری را بهمراه خواهد داشت، اما برای محصول پنبه با توجه به درجه اقلیمی پایین دشت نیشابور برای این گیاه و شدت محدودیت موجود، کشت این محصول در دشت نیشابور توصیه نمی‌شود.

همچنین می‌توان به مطالعات ارزیابی تناسب اراضی برای محصولات مختلف در یونان (Kalogirou, 2002)، اوتارپرادش هند (Sicat et al., 2005) و مصر (Wahba & Darwish, 2007) اشاره کرد. در ایران نیز می‌توان به تحقیقات جلالیان و همکاران (Jalalian, et al., 2006) برای ارزیابی کمّی و کیفی تناسب‌اراضی جهت کشت محصولات گندم، ذرت (*Zea maize* L.) و کنجد (*Sesamus indicum* L.) در دشت مهران ایلام؛ فرج نیا (Faraj Nia, 2007) برای ارزیابی تناسب اراضی دشت یکانات مرند آذربایجان شرقی جهت تعیین پتانسیل تولید چغندرقند (*Beta vulgaris* L.)؛ مادح خاکسار و همکاران (Madeh Khaksar et al., 2008) برای ارزیابی کیفی تناسب اراضی برای کشت ذرت دانه‌ای و هندوانه تابستانه (*Citrullus lanatus* L.) در دشت گرگر خوزستان و افشار و همکاران (Afshar et al., 2009) برای ارزیابی کمّی تناسب زمین به منظور کشت گندم آبی در منطقه شهر کیان چهار محال و بختیاری اشاره کرد.



شکل۱– موقعیت ارتفاعی دشت نیشابور

Fig. 1- Height of Neyshabur plain



شکل ۲- موقعیت دشت نیشابور در تصویر ماهواره‌ای

Fig. 2- Neyshabur plain position in Satellite image

مواد و روش‌ها

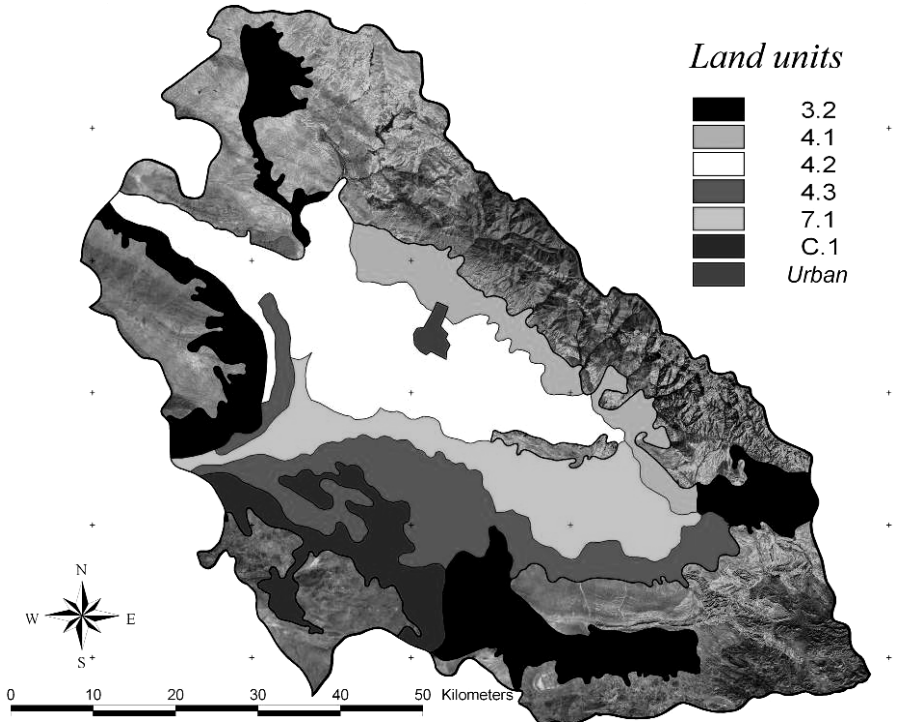
محدوده مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی این پژوهش شامل اراضی هموار دشت نیشابور از تراز ارتفاعی ۱۱۰۰ متر تا تراز ارتفاعی ۱۷۰۰ متر می‌باشد که مساحتی در حدود ۳۸۲۸ کیلومتر مربع وسعت دارد و در محدوده جغرافیایی '۴۱ °۳۵ تا '۳۹ °۳۶ عرض شمالی و '۱۳ °۵۸ تا '۳۰ °۵۹ طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). لازم به توضیح است که در تحقیق حاضر به دلیل ماهیت پژوهش مورد انجام، حوضه‌های آبریز کوهستانی از قلمرو مطالعات حذف شده است.

وضعیت مربوط به این محدوده مطالعاتی بر روی تصویر ماهواره‌ای نیز تطبیق شده است (شکل ۲).

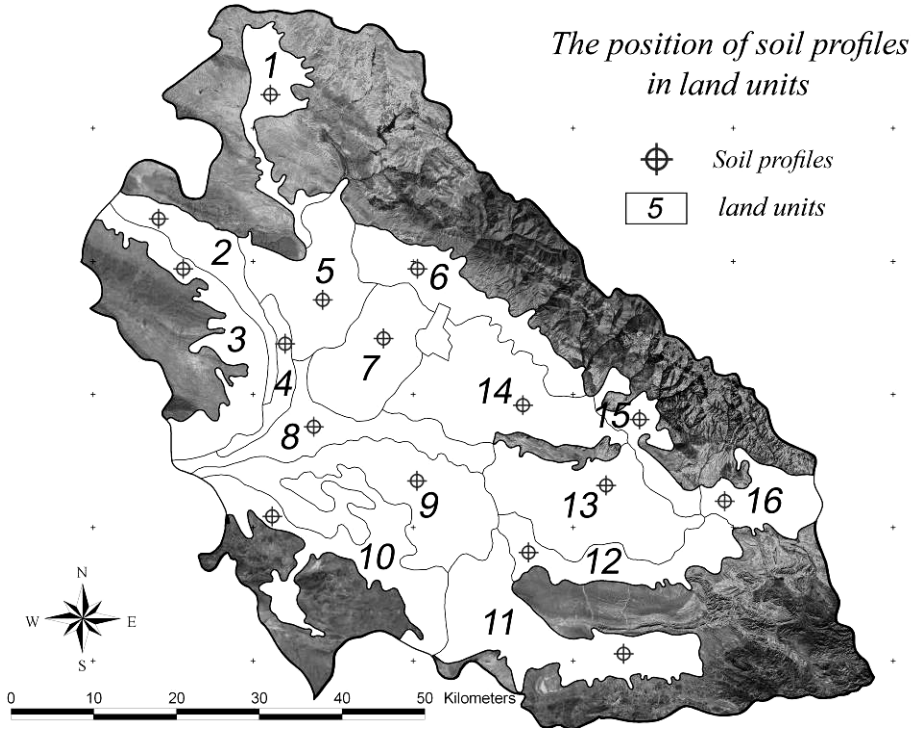
این منطقه بر اساس تحلیل آمار اقلیمی ایستگاه سینوپتیک نیشابور در دوره ۱۵ ساله (۲۰۰۵-۱۹۹۱) دارای اقلیم نیمه خشک با میانگین بارندگی ۲۳۹/۸ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت سالانه ۱۴/۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. با تطبیق نقشه واحدهای ارضی و تصاویر ماهواره‌ای منطقه، شش تیپ ارضی عمده در سطح دشت نیشابور شناسایی شد که شامل تیپ‌های فلات‌ها و تراس‌های فوقانی(۳/۲)، دشت‌های سیلابی (۴/۱، ۴/۲ و ۴/۳) تیپ اراضی پست (۷/۱) و تیپ اراضی مخلوط (C.۱) می‌گردد (شکل ۳). در این بین با استفاده از روند عمومی تنوع خاک و نوع کشت، در کل دشت ۱۶ سری خاک شناسایی شدند که ۱۶ پروفیل خاک حفر شده در آنها نیز به عنوان پروفیل‌های شاهد در نظر گرفته شد. موقعیت این ۱۶ سری خاک و پروفیل‌های حفر شده نیز در شکل چهار نمایش داده شده است. این منطقه عمدتاً بر روی سازندهای کواترنری و نئوژن گسترش یافته است. بافت غالب خاک منطقه لوم، لوم شنی و لوم رسی شنی می‌باشد و رده‌های غالب خاک آن اریدی سول است که منطبق بر واحد دشت‌های آبرفتی و دامنه‌ای می‌باشد و همین طور در نواحی کوهپایه‌ای تپه‌ها و مخروط افکنه‌های شمال دشت، رده خاک آنتی‌سول گسترده می‌باشد. اصلی‌ترین کاربری زمین را، اراضی زراعت آبی فاریاب و باغات با ۵۵ درصد از سطح کل منطقه تشکیل می‌دهد. در مرتبه بعدی زراعت دیم و مراتع که عموماً در جنوب دشت شکل گرفته ۳۳ درصد از سطح منطقه را پوشانده است. ۱۲ درصد مابقی دشت متعلق به اراضی شور در پیرامون آبراهه کالشور در مرکز دشت و نیز بیشه‌زارهای پراکنده می‌شود (شکل۵).

در تحقیق حاضر برای ارزیابی کیفی تناسب اراضی بر اساس چارچوب فائو جهت کشت محصولات آبی، روش‌های پارامتریک استوری(Storie, 1976)، ریشه دوم (Khidir, 1986) و کالوگیرو (Kalogirou, 2002) مورد استفاده قرار گرفته است، برای این منظور خصوصیات ارضی پروفیل‌های شاهد در ۱۶ سری خاک دشت نیشابور مورد بررسی قرار گرفت. روش‌های پارامتریک مورد استفاده شامل سه مرحله می‌باشند: در مرحله اول، خصوصیات مهم سرزمین در دو بخش خصوصیات اقلیمی و خصوصیات خاکی جمع‌آوری گردید.



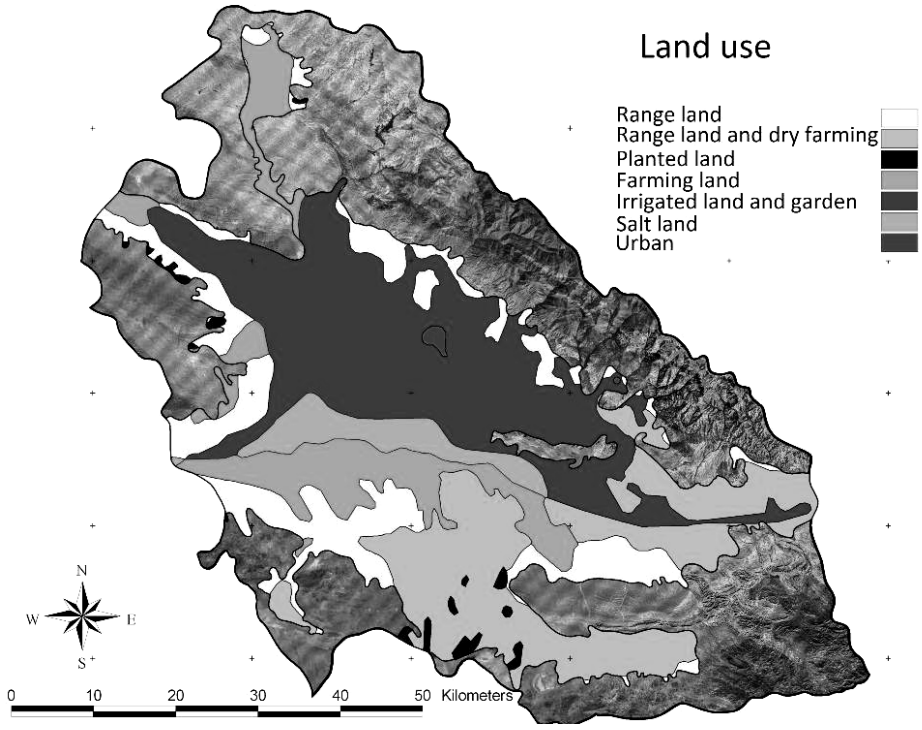
شکل ۳- تیپ‌های ارضی دشت نیشابور

Fig. 3- Land Units at Neyshabur plain



شکل ٤- موقعیت سری‌های خاک و پروفیل‌های شاهد دشت نیشابور

Fig. 4- Soil series position and control profiles of Neyshabur plain



شکل ۵– کاربری ارضی دشت نیشابور

Fig. 5- Land use of Neyshabur plain

برای تحلیل اقلیم دشت نیشابور از آمار اقلیمی ایستگاه سینوپتیک نیشابور در دوره ۱۵ ساله (۲۰۰۵-۱۹۹۱) استفاده شد. سپس خصوصیات اقلیمی محدوده مورد مطالعه شامل میانگین دمای سیکل رشد، میانگین حداقل و حداکثر دمای سیکل رشد، درصد رطوبت نسبی سیکل رشد، میانگین دمای مراحل رویشی و گلدهی، حداقل دمای مرحله گلدهی در شب، حداکثر دمای مرحله گلدهی در روز، میانگین دمای مرحله رسیدگی، میانگین دمای حداقل در سردترین ماه سال، میانگین دمای حداکثر در سردترین ماه سال و نسبت ساعات آفتابی به ساعات روشنایی برای محصول گندم جمع‌آوری گردید. در گام بعد مراحل رشد و نمو و نیازهای اقلیمی محصول گندم بر اساس جداول استانداردی که گیوی (Givi, 1997) برای ایران گردآوری کرده است، تعیین گردید. سپس با استفاده از اطلاعات موجود آب و هوایی، ویژگی‌های اقلیمی منطقه با نیازهای اقلیمی محصول تطابق داده شد و درجه محدودیت برای مراحل مختلف رشد مشخص گردید. برای تعیین شاخص اقلیمی[1](CI) منطقه درجه محدودیت‌های اقلیمی حاصل با استفاده از معادله پارامتریک ریشه دوم در هم ادغام گردید و با استفاده از معادله‌های (۱) و (۲) درجه اقلیمی[2](CR) منطقه محاسبه گردید (Bagheri, 2008).

درجه اقلیمی میزان تناسب ویژگی‌های اقلیمی هر منطقه را برای کشت هر محصول در آن منطقه بیان می‌دارد.

معادله (۱) $CR = 1.6CI$ if: CI<25

معادله (۲) $CR = 0.9CI+16.67$ if: 25<CI<92.5

در بخش دیگر داده‌های خصوصیات ارضی پروفیل‌های شاهد نظیر شیب زمین، عمق خاک، وضعیت فرسایش، زهکشی، بافت و ساختمان خاک، درصد سنگریزه سطحی خاک، درصد آهک، میزان ESP، میزان EC، میزان CEC، درصد OC و میزان pH برای هر سری خاک جمع‌آوری گردید. در مرحله دوم با استفاده از جدول استاندارد نیازهای خاکی برای کشت محصول گندم که توسط سایس و همکاران (Sys et al., 1993) در سال ۱۹۹۳ ارائه گردید و توسط گیوی (Givi, 1997) در سال ۱۹۹۷ در نشریه ۱۰۱۵ موسسه تحقیقات خاک و آب منتشر شده است، درجه محدودیت هر یک از خصوصیات خاکی برای کشت گندم تعیین گردید. در مرحله پایانی شاخص سرزمین برای کشت آبی گندم به تفکیک هر سری خاک، به روش‌های پارامتریک استوری، ریشه دوم و کالوگیرو محاسبه گردید.

بر طبق روش استوری (Storie, 1976) شاخص سرزمین به شرح معادله (۳) بدست آمد:

معادله (۳) $$I = A \times \frac{B}{100} \times \frac{C}{100} \times \frac{D}{100} \times \cdots$$

که در این معادله، I: شاخص سرزمین و A، B، C و... درجه هر یک از خصوصیات ارضی و اقلیمی می‌باشد.

1- Climatic Index
2- Climatic Rating

بر اساس روش ریشه دوم، شاخص سرزمین به شرح معادله (۴) محاسبه گردید:

$$I = R_{min} \times \sqrt{\frac{A}{100} \times \frac{B}{100} \times \frac{C}{100} \times \dots}$$ معادله (۴)

که در آن، I: شاخص سرزمین، R_{min}: کمترین درجه به دست آمده بین خصوصیات مختلف ارضی و اقلیمی و A، B، C و... درجه سایر ویژگی‌ها می‌باشد.

در روش کالوگیرو مجموعه خصوصیات خاکی و شاخص‌های به دست آمده در سه دسته شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و رطوبتی تحت عنوان فاکتورهای A، B و C طبقه‌بندی شده است (Kalogirou, 2002). در این تحقیق با اعمال تأثیر درجه اقلیمی بر روی روش پیشنهادی کالوگیرو، ۱۵ شاخص خاک به علاوه یک شاخص اقلیمی در شش دسته به شرح زیر طبقه‌بندی شده است: **دسته اول) فاکتور خصوصیات فیزیکی خاک (S):** شامل بافت و ساختمان خاک (var1)، درصد سنگریزه سطحی خاک (var2) و عمق خاک (var3)، **دسته دوم) فاکتور خصوصیات حاصلخیزی و شیمیایی خاک (F):** شامل pH خاک (var4)، درصد OC (var5)، میزان CEC (var6)، درصد BS (var7)، درصد آهک (var8) و درصد گچ (var9)، **دسته سوم) فاکتور خصوصیات شوری و قلیائیت خاک (A):** شامل میزان EC (var10) و میزان ESP خاک (var11)، **دسته چهارم) فاکتور خصوصیات توپوگرافی (T):** شامل درصد شیب زمین (var12) و خطر فرسایش خاک (var13)، **دسته پنجم) فاکتور خصوصیات رطوبت خاک (W):** شامل خطر سیلگیری (var14) و زهکشی خاک (var15) و **دسته ششم) فاکتور خصوصیات اقلیمی (C):** شامل درجه اقلیمی (var16). در ادامه امتیاز هر دسته بر اساس میانگین حسابی درجه محدودیت ویژگی‌های حاضر در آن دسته بدست آمد. سپس با استفاده از معادله (۵) شاخص سرزمین محاسبه گردید:

$$I = \frac{S \times F \times A \times T \times W \times C}{100^{(n-1)}}$$ معادله (۵)

که در این معادله، I: شاخص سرزمین، S: امتیاز فاکتور خصوصیات فیزیکی خاک، F: امتیاز فاکتور خصوصیات حاصلخیزی و شیمیایی خاک، A: امتیاز فاکتور خصوصیات شوری و قلیائیت خاک، T: امتیاز فاکتور خصوصیات توپوگرافی، W: امتیاز فاکتور خصوصیات رطوبتی خاک و C: امتیاز فاکتور خصوصیات اقلیمی می‌باشد. همچنین n تعداد فاکتورهای مورد بررسی است که برابر شش می‌باشد. در ادامه کلاس تناسب سرزمین برای کشت آبی گندم، به تفکیک هر سری خاک با استفاده از جدول ۱ تعیین گردید. داده‌های کلاس تناسب سرزمینی هر یک از سری‌های خاک در محیط GIS[1] وارد شد و سپس با عملگر درون‌یاب[2] از برنامه‌های الحاقی تحلیل فضایی نرم افزار Arc GIS.vir 9.3 نقشه‌های مربوطه تولید گردید.

نتایج و بحث

نتایج بدست آمده شاخص سرزمین به تفکیک سری‌های خاک در منطقه مورد مطالعه نشان داد که دامنه تغییرات درجه تناسب سرزمین برای محصول گندم در دشت نیشابور به روش استوری از ۱/۵۳ تا ۳۳/۲۲ معادل با کلاس نامناسب همیشگی (N_2) تا تناسب کم (S_3) می‌باشد (شکل۶). دامنه تغییرات مزبور در روش ریشه دوم از ۰/۸۸ تا ۴۱/۱۶ و به عبارتی از کلاس نامناسب همیشگی (N_2) تا تناسب کم (S_3) متغیر می‌باشد (شکل۷) و در روش کالوگیرو دامنه تغییرات شاخص سرزمین از ۲۷/۶۹ تا ۶۷/۹۹ یعنی از کلاس تناسب کم (S_3) تا نسبتاً مناسب (S_2) گزارش می‌شود (شکل ۸). نتایج درجه تناسب سرزمین در هر سه روش استوری، ریشه دوم و کالوگیرو در جدول شماره ۲ ارائه شده است. بر این اساس در روش استوری ۲۳/۰۸ درصد، در روش ریشه دوم ۵۷/۸۹ درصد و در روش کالوگیرو ۳۱/۵۶ درصد دشت نیشابور برای کشت آبی گندم دارای کلاس تناسب S_3 است که عمده‌ترین عامل محدودکننده کشت در آن فاکتور خصوصیات فیزیکی خاک (s) می‌باشد. در روش استوری ۶۱/۳۱ درصد و در روش ریشه دوم ۱۱/۹۶ درصد منطقه مورد مطالعه دارای کلاس تناسب N_2 می‌باشد، مهم‌ترین عامل محدود کننده کشت برای مناطقی که بر اساس نتایج محاسبات روش ریشه دوم در این ناحیه واقع شده‌اند، فاکتور محدودکننده شوری و قلیائیت (a) به دلیل هم-جواری با رودخانه کالشور به عنوان آبراهه اصلی خروجی دشت نیشابور و بالا بودن میزان نمک و ESP در این ناحیه می‌باشد. در روش استوری ۱۵/۶۱ درصد و در روش ریشه دوم ۳۰/۱۵ درصد اراضی دارای کلاس N_1 با فاکتور محدود کننده خصوصیات فیزیکی خاک (s) است. در روش کالوگیرو ۶۸/۴۴ درصد دشت در کلاس تناسب S_2 طبقه‌بندی شده است که با مشاهدات میدانی و واقعیات موجود نیز مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

مقایسه نتایج حاصل از روش‌های پارامتریک نشان‌دهنده آنست که روش استوری بدلیل ضرب پی در پی معکوس درجه خصوصیات ارضی و اقلیمی در یکدیگر، نتایج را سختگیرانه و بسیار ضعیف‌تر از واقعیت نشان می‌دهد، در حالیکه در روش ریشه دوم علی‌رغم ارائه متعادل‌تر نتایج نسبت به روش استوری، همچنان نتایج انطباق مناسبی با شرایط واقعی منطقه ندارد. در مجموع، می‌توان اظهار نمود

1- Geographic Information Systems

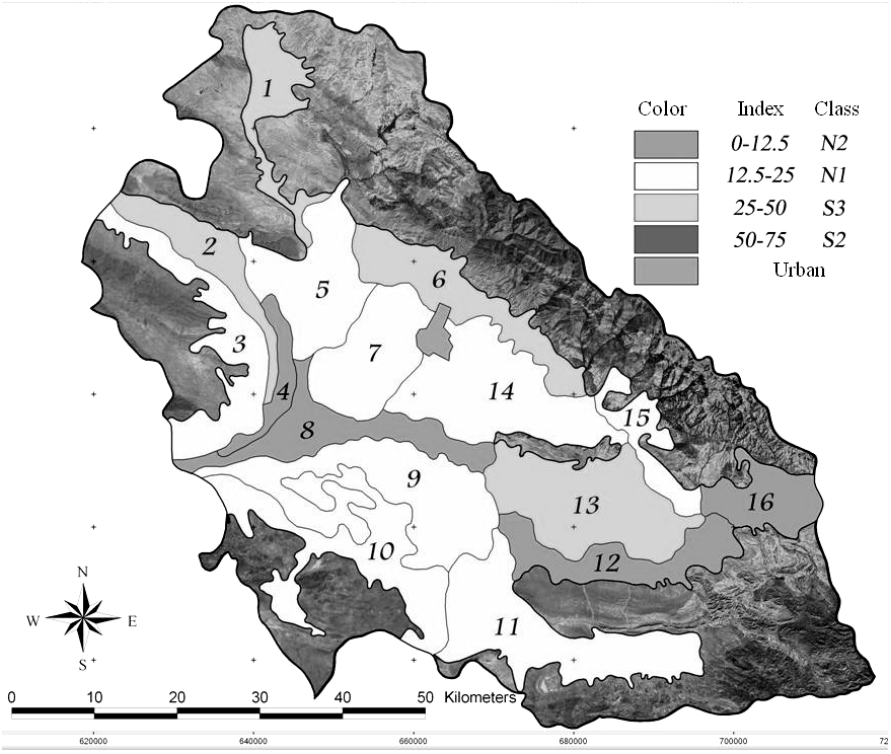
2- Interpolation

که روش پارامتریک کالوگیرو نسبت به روش‌های استوری و ریشه دوم در منطقه مورد مطالعه از دقت عمل بیشتری برخوردار است و می‌تواند به عنوان روشی کارآمد در مطالعات ارزیابی کیفی اراضی مورد استفاده قرار گیرد.

جدول۱- کلاس‌های تناسب ارضی بر اساس درجه نهایی شاخص سرزمین در روش‌های پارامتریک (Sys et al., 1991)

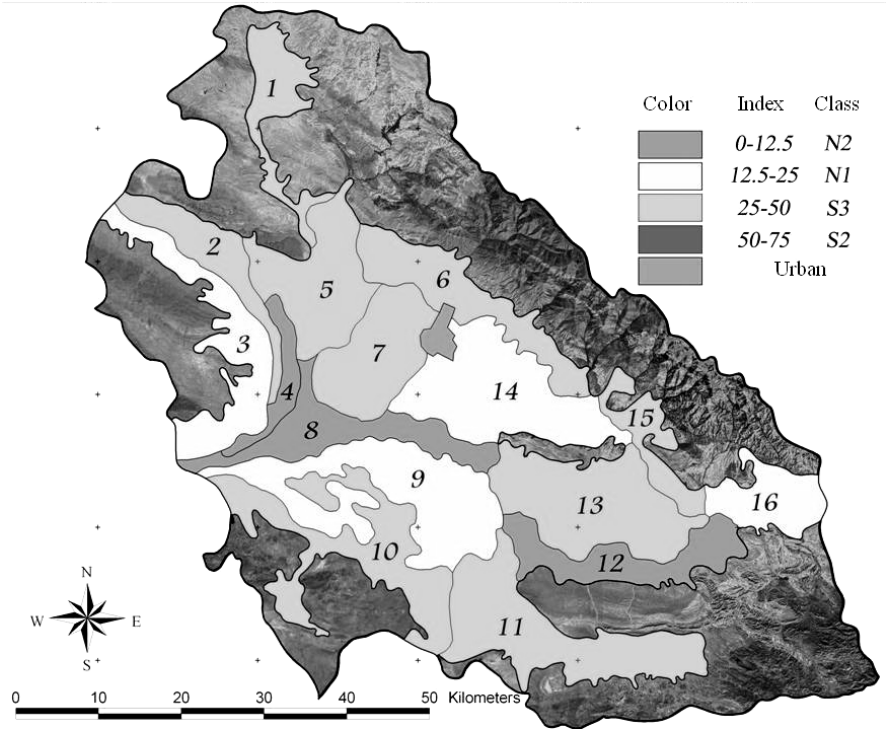
Table 1- Land suitability classes based on final degree of land Index in parametric methods (Sys et al., 1991)

شاخص سرزمین Land Index	تناسب Suitability	کلاس تناسب Suitability class
75-100	مناسب Highly suitable	S_1
50-75	نسبتاً مناسب Moderately suitable	S_2
25-50	تناسب کم Marginally suitable	S_3
12.5-25	نامناسب کنونی Currently not suitable	N_1
0-12.5	نامناسب همیشگی Permanently not suitable	N_2



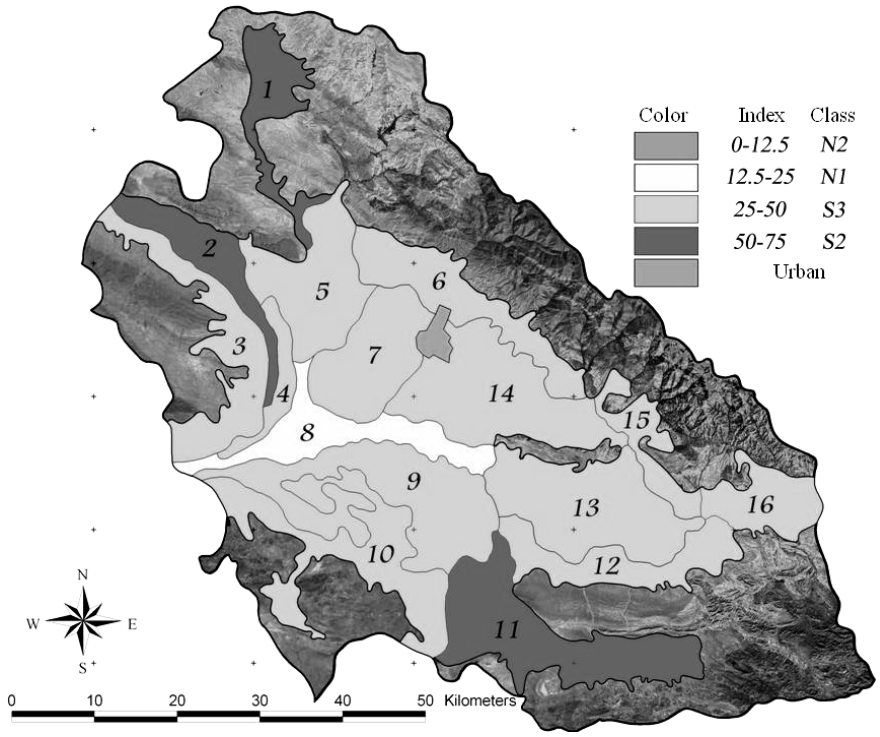
شکل ٦– پهنه‌بندی تناسب اراضی برای گندم آبی با استفاده از روش استوری

Fig. 6- Land suitability map for irrigated wheat, by using of Storie method



شکل ۷– پهنه‌بندی تناسب اراضی برای گندم آبی با استفاده از روش ریشه دوم

Fig. 7- Land suitability map for irrigated wheat, by using of square root method



شکل ۸– پهنه‌بندی تناسب اراضی برای گندم آبی با استفاده از روش کالوگیرو

Fig. 8 - Land suitability map for irrigated wheat, by using of Kalogirou method

جدول ۲- وسعت و درصد اراضی بر پایه درجه نهایی و کلاس تناسب سرزمین برای زراعت گندم آبی دشت نیشابور

Table 2– The surface area and lands percentage for corresponded land index and land suitability classes for irrigated wheat cultivation at Neyshabour plain

تناسب اراضی Land suitability		استوری Storie		ریشه دوم Square root		کا لوگیرو Kalogirou	
کلاس Class	درجه Degree	کیلومتر مربع km^2	درصد %	کیلومتر مربع km^2	درصد %	کیلومتر مربع km^2	درصد %
N_2	0-12.5	2347.14	61.31	457.91	11.96	-	-
N_1	12.5-25	597.74	15.61	1154.55	30.15	-	-
S_3	25-50	883.60	23.08	2216.02	57.89	1208.22	31.56
S_2	50-75	-	-	-	-	2620.26	68.44
جمع Sum	–	3828.48	100	3828.48	100	3828.48	100

منابع

1- Afshar, H., Salehi, M., Mohammadi, J., and Mehnat Kesh, A. 2009. Spatial variability of soil properties and yield of irrigated wheat in a quntative suitabillity map: Case study: the Shahr Kyan zone, Chahar Mahal and Bakhtiari Province, Soil and water Sience Journal (Agricultural Science and Technology), Ferdowsi University of Mashhad 23(1): 172-161. (In Persian with English Summary)

2- Bagheri, B.M. 2008. Applied Land Evaluation and Land use Planning. Pelk Publications, Tehran, Iran 404 pp. (In Persian)

3- Bagherzadeh, H.R., Bagherzadeh, A., and Moeinrad, H. 2012. Land suitability evaluation for wheat (*Triticum aestivum* L.), mays (*Zea mays* L.) and cotton (*Gossypium herbaceum* L.) production using GIS at Neyshabour plain. Agroecology 4(1): 41-51. (In Persian with English Summary)

4- FAO. 1976. A Framework for Land Evaluation. FAO Soils Bulletin No. 32. Rome.

5- Faraj Nia, A. 2007. Land suitability assessment and identifying potential for sugar beet production in Marand plain Sugar Beet Journal 23(1): 54-43. (In Persian)

6- Givi, J. 1997. Qualitative assessment of land suitability for cultural crops and horticultural plants Iranian Soil and Water Research Institute, Publication, No.1015 100 pp. (In Persian)

7- Iran Meteorological Organization, Khorasan-e-Razavi Province Meteorological Bureau. 2009. 15 years precipitation statistics of Neyshabur synoptic stations (2005-1991). (In Persian)

8- Jalalian, A., Rostami Nia, M., Ayoubi, S., and Amini, A. 2006. Qualitative, quantitative and economic assessment lands suitability for wheat, corn and sesame in Mehran plain, Ilam Province. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources Journal 11(42): 403-393. (In Persian with English Summary)

9- Kalogirou, S. 2002. Expert systems and GIS: an application of land suitability evaluation. Computers, Environment and Urban Systems 26: 89-112.

10- Khidir, S.M. 1986. A statistical approach in the use of parametric systems applied to the FAO framework for land evaluation. [PhD Thesis.] State University Ghent, Belgium.

11- Madeh Khaksar, S., Ayneh Band, A., and Albaji, M. 2008. Qualitative assessment of land suitability for summer growing corn and watermelons in Gargar Plain in Khuzestan province Journal of Research in Agronomy (1): 58-71. (In Persian)

12- Sicat, R.S., Carranza, E.M., and Nidumolu, U.B. 2005. Fuzzy modeling of farmers' knowledge for land suitability classification. Agricultural Systems 83: 49-75.

13- Storie, R.E. 1976. Storie Index Soil Rating. Special publication Div. Agric.Sci. No. 3203, University of California, Berkeley.

14- Sys, C., Van Ranst, E., and Debaveye, I.J. 1991a. Land evaluation. Part I: Principles in Land Evaluation and Crop Production Calculations. General Administration for Development Cooperation, Agricultural publication-No. 7, Brussels-Belgium. 274 pp.

15- Sys, C., Van Ranst, E., and Debaveye, I.J. 1991b. Land evaluation. Part II: Methods In land Evaluation. General Administration for Development Cooperation, Agricultural Publication-No. 7, Brussels-Belgium. 247 pp.

16- Sys, C., Van Ranst, E., Debaveye, I.J., and Beernaert, F. 1993. Land evaluation. Part III: Crop Requirements. General Administration for Development Cooperation, Agricultural Publication-No. 7, Brussels-Belgium. 199 pp.
17- Wahba, M.M., and Darwish, K.M. 2007. Suitability of specific crops using MICRO LEIS Program in Sahal Barakas. Egyptian Journal of Applied Sciences Research 3(7): 531-539.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۴، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۱، ص. ۱۴۳-۱۳۱

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 2, Summer 2012, p. 131-143

اثر تراکم‌های مختلف کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) بر عملکرد دو گونه زراعی و زیست توده علف‌های هرز

ستار فتوحی‌چیانه[۱]، عزیز جوانشیر[۲]، عادل دباغ محمدی‌نسب[۳]، اسکندر زند[٤]، فرهنگ رضوی[٥] و اسماعیل‌رضائی‌چیانه[۱]*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۶/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۲/۲۰

چکیده

به منظور بررسی سودمندی کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) و ارزیابی تأثیر آن بر عملکرد و زیست توده علف‌های هرز، آزمایشی در سال زراعی ۸۹ – ۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه پیام نور آذربایجان غربی– شهرستان نقده، در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و پانزده تیمار انجام شد. تیمارها شامل سه تراکم کشت خالص ذرت (۵، ۷ و ۹ بوته در متر مربع)، سه تراکم کشت خالص لوبیا (۴۵، ۵۵ و ۶۵ بوته در متر مربع) و نه ترکیب تیماری برای کشت مخلوط از هر دو گونه بودند. کشت مخلوط به روش افزایشی انجام شد. نتایج نشان داد که، اثر تراکم ذرت و لوبیا قرمز بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی ذرت و لوبیا قرمز در متر مربع معنی‌دار بود. اثر سیستم کشت روی زیست توده علف‌های هرز معنی‌دار شد. کمترین زیست توده علف‌های هرز در کشت‌های مخلوط ذرت و لوبیا قرمز و بیشترین زیست توده علف‌های هرز در کشت‌های خالص مشاهده شد. ارزیابی نسبت برابری زمین، نسبت برابری زمین استاندارد و مجموع ارزش نسبی نشان داد که تمامی تیمارهای کشت مخلوط ذرت و لوبیا قرمز بر کشت خالص آنها برتری دارد. بالاترین نسبت برابری زمین (۱/۴۱) و نسبت برابری زمین استاندارد (۱/۴۱)، در تراکم پنج بوته ذرت با تراکم ۵۵ بوته لوبیا قرمز و بالاترین مجموع ارزش نسبی (۱/۵۸) در ترکیب تیماری کشت‌های مخلوط هفت و ۵۵ بوته ذرت و لوبیا قرمز در متر مربع حاصل شد. این دو ترکیب کشت مخلوط در شرایط این آزمایش در حدود ۵۸ درصد افزایش در آمد ناخالص را نسبت به کشت خالص این دو گونه دارا بوده است که نشاندهنده سودمندی کشت مخلوط است.

واژه‌های کلیدی: علف هرز، کشت مخلوط، مجموع ارزش نسبی، نسبت برابری زمین، نسبت برابری زمین استاندارد

مقدمه

کشاورزی رایج به شیوه‌های مختلف تولیدات آینده را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ورود علف‌کش‌ها و نهاده‌های شیمیایی دیگر علاوه بر هزینه اضافی اثرات جبران‌ناپذیری بر محیط زیست و سلامتی انسان دارد (Nasiri Mahallati et al., 2001). کشت مخلوط عبارت از کشت توام دو یا چند گونه گیاهی در زمان و مکان مشخص است و تلاشی در راستای رسیدن به پایداری در سیستم های کشاورزی می‌اشد (Vandermeer, 1989). سیستم کشت مخلوط هنگامی سودمند است که منابع محیطی مورد نیاز دو گونه به طور مناسبی از یکدیگر جدا باشند، بطوریکه این گونه‌ها در کنار یکدیگر قادر باشند از عوامل محیطی استفاده بهینه نمایند. غالباً عملکرد یک یا هر دو گیاه زراعی در مقایسه با کشت خالص آنها کمتر است، البته ترکیب عملکرد آنها بیشتر خواهد بود (Koocheki et al., 2009). کنترل علف‌های هرز از مزایای کشت مخلوط شمرده می‌شود. نحوه عمل گیاه زراعی در رقابت با علف هرز به صورت ایجاد محیطی می‌باشد که زمینه کاهش زیست توده علف هرز را فراهم ساخته و گیاه زراعی ثانوی را بیشتر لگوم‌ها جایگزین می‌سازد که در مقابل علف‌های هرز توانایی رقابتی ضعیفی دارند، اما کشت مخلوط آنها با غلات اغلب تراکم و زیست توده علف‌های هرز را در مقایسه با کشت خالص کاهش می‌دهد (Vandermeer, 1989). لذا کشت مخلوط می‌تواند بطور قابل توجهی از میزان کاربرد علف‌کش‌ها بکاهد و این امر علاوه بر ارزش اقتصادی از اهمیت زیست محیطی بسزایی برخوردار است (Najafi, 2004). گیاهانی که در این تحقیق شرکت داشتند (ذرت و لوبیا قرمز) جایگاه خاصی را در نظام‌های کشت، بخصوص کشت مخلوط، به خود اختصاص می‌دهند. هوگارد–نیلسون و همکاران (Haugaard – Nielsen et al., 2001) گزارش کردند که کشت

۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ – به ترتیب مدرس مدعو دانشگاه پیام نور مرکز نقده، دانشیار گروه اکو فیزیولوژی گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، استاد گروه اکوفیزیولوژی گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، دانشیار مؤسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور و دانشجوی دوره دکتری گروه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز
(*– نویسنده مسئول: E-mail: Ismaeil.rezaei@gmail.com)

مخلوط نخود (*Cicer arietinum* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.)به خوبی توانایی رقابت با علف‌های هرز را دارند. این مطلب همچنین توسط واندمیر (Vandermeer, 1989) در مخلوط ذرت و لوبیا نشان داده شده است، بطوریکه در تک کشتی ذرت تعداد فراوانی علف هرز رشد کرد، ولی در کرت‌های مخلوط، لوبیا جایگزین علف هرز تاج خروس (*Amaranthus retroflexus* L.) گردید. پوگیو (Poggio, 2005) با بررسی ساختار جوامع علف‌های هرز در تک کشتی و چند کشتی نخود و جو که در یک طرح افزایشی انجام شد، دریافت که افزایش زیست توده گیاهی، به سرکوبی بهتر علف‌های هرز منجر شد. همچنین، علف‌های هرز بهاره در مقایسه با گونه‌های پاییزه دارای فراوانی نسبی بیشتری بودند. آگگنهو و همکاران (Agegnnehu et al., 2006) در بررسی کشت مخلوط جو و باقلا (*Vicia faba* L.) نیز افزایش عملکرد جو را در کشت مخلوط نسبت به تک کشتی این گیاه گزارش دادند و این امر را به کنترل بهتر علف هرز در کشت مخلوط و تثبیت نیتروژن توسط باقلا نسبت دادند. در آزمایشی که توسط رضائی چیانه و همکاران (Rezaei-Chianeh et al., 2011) روی کشت مخلوط ذرت و باقلا صورت گرفت، نسبت برابری زمین، نسبت برابری زمین استاندارد و مجموع ارزش نسبی به ترتیب حدود ۱/۹۱-۱/۲۲ ، ۱/۰۴ – ۱/۳۴ و ۱/۰۲ – ۱/۳۲ بدست آمد که نشان‌دهنده مزیت کشت مخلوط نسبت به کشت خالص می‌باشد. به طور کلی، با توجه به اهمیت کشت مخلوط در جهت تحقق اهداف کشاورزی پایدار، در این پژوهش، کشت مخلوط ذرت و لوبیا قرمز مورد ارزیابی قرار گرفت تا بهترین ترکیب تیماری مخلوط ذرت و لوبیا قرمز از نظر عملکردی و کاهش زیست توده علف‌های هرز، همراه با ارزیابی کارایی این نوع سیستم زراعی به ویژه برای مناطقی که دچار محدودیت منابع می‌باشند از طریق تعیین برخی از شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط مشخص شود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۸۹ – ۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه پیام نور استان آذربایجان غربی- شهرستان نقده با ˚۴۵ و ´۲۵ طول جغرافیایی و ˚۳۶ و ´۵۷ عرض جغرافیایی و ارتفاع ۱۳۰۷ متر از سطح آب‌های آزاد اجرا شد. متوسط بارندگی سالیانه ۳۳۴ میلی‌متر در سال و بافت خاک مزرعه از نوع لومی رسی است. آزمایش به صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و تجزیه زیست توده علف‌های هرز با بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و ۱۵ تیمار انجام شد. تیمارها شامل سه تراکم کشت خالص ذرت (۵، ۷ و ۹ بوته در متر مربع) و سه تراکم کشت خالص لوبیا قرمز (۴۵، ۵۵ و ۶۵ بوته در متر مربع) و نه ترکیب تیماری برای کشت مخلوط از هر دو گونه بودند. کشت مخلوط به روش افزایشی انجام شد. قبل از کاشت، کود فسفره به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به صورت سوپر فسفات تریپل در اوایل بهار سال کاشت به خاک داده شد. همچنین، کود نیتروژن به مقدار ۳۰ کیلوگرم در هکتار به صورت اوره به عنوان کود آغازین موقع کاشت به خاک اضافه گردید. عملیات کاشت بذرها در تاریخ ۲۰ اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۸ بوسیله دست و بصورت خشکه‌کاری هم زمان انجام شد. هر واحد آزمایشی شامل ده ردیف کاشت به طول چهار متر بود. فواصل بین ردیف‌ها ثابت (۶۰ سانتی‌متر) و تراکم‌های مورد نظر ذرت از طریق تغییر فواصل روی ردیف‌ها (۳۳/۳۳، ۲۳/۸۰ و ۱۸/۵۱ سانتی‌متر) و لوبیا قرمز (۳/۷، ۳ و ۲/۵۶ سانتی متر) تنظیم شد. در تیمارهای کاشت خالص ذرت، این گیاه در وسط پشته و در تیمارهای کاشت خالص لوبیا قرمز، این گیاه در دو طرف هر پشته کشت شدند، ولی در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی در هر ردیف کاشت، ذرت در وسط پشته و لوبیا قرمز در دو طرف همان پشته جهت پوشش بهتر ذرت با رعایت تراکم‌های مورد نظر کشت گردیدند. رقم مورد استفاده ذرتb666 ایتالیایی از تیپ متوسط رس و رقم مورد استفاده لوبیا قرمز، درخشان بود که از سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان غربی ـ شهرستان نقده تهیه شده بود. برای اندازه‌گیری زیست توده علف‌های هرز، در زمان برداشت نهایی گیاه ذرت و لوبیا قرمز به همان صورت که برای دانه این دو گیاه نمونه‌برداری صورت گرفت، برای علف‌های هرز نیز نمونه‌گیری انجام شد. به منظور نمونه‌گیری از علف‌های هرز و گیاهان زراعی، هر کرت آزمایشی به دو بخش مساوی تقسیم شد، به این منظور که در یک بخش اندازه‌گیری مربوط به علف‌های هرز و در بخش دیگر اندازه‌گیری مربوط به عملکرد گیاهان زراعی انجام شد. به این صورت که در پایان فصل رشد، برای تعیین عملکرد نهایی بیولوژیکی و عملکرد اقتصادی (دانه) دو گونه ذرت و لوبیا قرمز و زیست توده علف‌های هرز رایج در مزرعه، در هر کرت دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و نیم متر از انتهای کرت بعنوان اثر حاشیه‌ای حذف و مابقی برداشت و تعیین شد. به منظور ارزیابی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص، شش بوته ذرت و هشت بوته لوبیا قرمز از هر کرت نمونه-برداری شد. پس از جدا نمودن بلال‌های ذرت و نیام‌های لوبیا قرمز، نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا ثابت ماندن وزن خشک درون آون قرار گرفتند و سپس وزن شدند. محاسبه وزن خشک علف-های هرز نیز بدین صورت بود که گونه‌های مختلف علف‌هرز از سطح خاک جمع آوری شده، وزن تر آنها توسط ترازوی صحرایی توزین شد و در نهایت نمونه‌های از علف‌های هرز به طور تصادفی به وزن ۴۰۰ گرم انتخاب و در آون الکتریکی با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک گردید و سپس توسط ترازوی دیجیتالی توزین شد.

از طریق فرمول‌های زیر نیز شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط به دست آمد (Vandermeer, 1989):

معادله (۲)

$$LERs = \frac{\text{عملکرد گونه دوم در کشت مخلوط}}{\text{حداکثر عملکرد گونه دوم در کشت خالص}} + \frac{\text{عملکرد گونه اول در کشت مخلوط}}{\text{حداکثر عملکرد گونه اول در کشت خالص}}$$

الف) نسبت برابری زمین[1]

معادله (۱)

$$LER = \frac{P_1}{M_1} + \frac{P_2}{M_2}$$

در این معادله، P_1 وP_2: به ترتیب عملکرد گونه‌های اول و دوم در مخلوط و M_1 و M_2 نیز عملکرد خالص گونه اول و دوم است.

ب) نسبت برابری زمین استاندارد[2]

ج) مجموع ارزش نسبی[3]

معادله (۳)

$$RVT = (aP_1 + bP_2) \Big/ aM_1$$

در این معادله، a: قیمت محصول اصلی، b : قیمت محصول ثانوی، P_1: عملکرد حاصل از کشت مخلوط گونه اصلی (اول)، P_2: عملکرد حاصل از کشت مخلوط گونه دوم و M_1: عملکرد حاصل از کشت خالص گیاه اول یا اصلی است. هرگاه RVT بیشتر از یک باشد، کشت مخلوط برتر است و اگر کمتر از یک باشد، کشت خالص ترجیح داده می‌شود (Vandermeer, 1989). تجزیه‌های آماری شامل تجزیه واریانس به صورت فاکتوریل و بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی برای تعیین عملکرد دو گونه بود و برای تجزیه زیست توده علف‌های هرز از طرح بلوک‌های کامل تصادفی استفاده شد. مقایسات میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. از نرم افزارهای MSTAT-C و Excel به ترتیب برای انجام آزمون‌های آماری و رسم نمودارها استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه ذرت

اثر تراکم‌های ذرت روی عملکرد دانه ذرت در واحد سطح معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۱$) شد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تراکم‌های پنج و هفت بوته در متر مربع ذرت از نظر آماری در یک گروه قرار دارند و بطور معنی‌داری برتر از تراکم نه بوته ذرت در واحد سطح هستند (شکل ۱)، بطوری که با افزایش تراکم و رسیدن به نه بوته ذرت در واحد سطح به طور میانگین ۲۳ درصد از عملکرد دانه ذرت کاسته شد. شاید علت کاهش عملکرد دانه ذرت در تراکم‌های بالاتر به دلیل افزایش رقابت درون گونه‌ای باشد. همچنین با افزایش تراکم ذرت، به خاطر تشدید سایه‌اندازی، کاهش تولید مواد فتوسنتزی و در نهایت کاهش عملکرد دانه ذرت حاصل می‌شود. رضائی چیانه و همکاران (Rezaei-Chianeh et al., 2011) در کشت مخلوط ذرت و باقلا گزارش کردند که با افزایش تراکم ذرت بطور معنی‌داری عملکرد دانه ذرت به دلیل رقابت درون گونه‌ای کاهش می‌یابد که با نتیجه این تحقیق مطابقت دارد.

اثر تراکم‌های مختلف لوبیا قرمز نیز بر عملکرد دانه ذرت معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۱$) بود (جدول ۱). بیشترین عملکرد دانه ذرت از کشت خالص و کمترین آن از کشت مخلوط بدست آمد، ولی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین تراکم‌های مختلف لوبیا قرمز مشاهده نشد (شکل ۴). در مجموع میانگین عملکرد دانه ذرت در کشت خالص ۳۰ درصد بیشتر از تیمارهای کشت مخلوط به دست آمد. بین تیمارهای کشت مخلوط از نظر عملکرد دانه ذرت اختلاف چندانی وجود نداشت (شکل ۲). این برتری می‌تواند از یک طرف به وجود تراکم کمتر گیاهان در تک کشتی‌ها نسبت به کشت‌های مخلوط مرتبط باشد. همچنین به دلیل افزایش میزان رقابت بین گونه‌ای جهت بهره وری از منابع محیطی و به علت محدودیت‌هایی که برای دو گیاه زراعی که در کشت مخلوط ایجاد می‌شود، عملکرد دو گیاه زراعی از کشت خالص آنها کمتر بوده است. قنبری و همکاران (Ghanbari et al., 2010) در کشت مخلوط ارزن دانه‌ای (*Panicum miliaceum* L.) با لوبیا چشم بلبلی، بالا بودن عملکرد دانه ارزن دانه‌ای در کشت خالص را بیشتر از مخلوط گزارش کرده‌اند. شایگان و همکاران (Shayagan et al., 2008) در کشت مخلوط ذرت با لوبیا نیز به نتیجه مشابهی دست یافتند که با نتیجه آزمایش حاضر مطابقت دارد.

پیلبم و همکاران (Pilbeam et al., 1994) نیز در کشت مخلوط ذرت با لوبیا قرمز به نتیجه مشابهی دست یافتند. تومار و همکاران (Tomar et al., 1988) علت کاهش عملکرد ذرت در کشت مخلوط با لگوم‌های دانه‌ای را به رقابت لگوم‌ها برای جذب عناصر غذایی یا کمبود انتقال نیتروژن نسبت داده‌اند. در کشت مخلوط همیشه عملکرد دانه گیاهان مخلوط کاهش نمی‌یابد. لی و همکاران (Li et al., 1999) در کشت مخلوط ذرت و باقلا نشان دادند که عملکرد ذرت تا ۴۰ درصد افزایش یافت. آنها افزایش عملکرد دانه ذرت را به خاطر آزادسازی اسیدهای ارگانیک و به تثبیت نیتروژن در ریشه‌های باقلا نسبت دادند. این اسیدها، فسفر غیرمحلول خاک را به حالت محلول در می‌آورند و همراه با نیتروژن در اختیار ذرت قرار می‌دهند. در آزمایش حاضر عملکرد ذرت در تراکم‌های مختلف لوبیا قرمز

1- Land Equivalent Ratio
2- Standard Land Equivalent Ratio
3- Relative Value Total

مشابه بود و تحت تأثیر تراکم‌های مختلف لوبیا قرمز قرار نداشت. این امر را شاید بتوان به رقابت کمتر لوبیا با ذرت، نیتروژن تثبیت شده توسط گره‌های لوبیا و استفاده بهینه ذرت از عناصر غذایی در کشت مخلوط با لوبیا نسبت داد.

عملکرد بیولوژیک ذرت

اثر تراکم‌های ذرت بر عملکرد بیولوژیک ذرت، معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) شد (جدول ۱). روند تغییرات عملکرد بیولوژیک ذرت مشابه عملکرد دانه آن بود، بطوریکه بیشترین عملکرد بیولوژیک از تراکم پنج و کمترین آن از تراکم نه بوته در واحد سطح بدست آمد (شکل۳). علت کاهش عملکرد بیولوژیک ذرت می‌تواند به خاطر رقابت درون گونه‌ای باشد که در در تراکم نه بوته در واحد سطح حدود ۱۸ درصد کاهش نشان داد. عطری و همکاران (Atri et al., 1999) نیز در کشت مخلوط ذرت و لوبیا گزارش کردند که با افزایش تراکم ذرت بطور معنی‌داری از عملکرد بیولوژیک ذرت کاسته می‌شود که با نتیجه آزمایش حاضر مطابقت دارد.

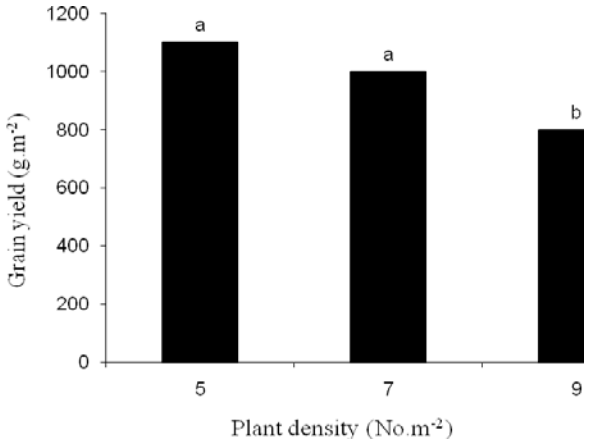
جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد دانه و بیولوژیکی ذرت در کشت مخلوط با لوبیا قرمز و کشت خالص

Table 1- Analysis of variance (mean of squares) for grain yield and biological yield of sole and intercropped maize with bean at different densities

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه در مترمربع Grain yield	عملکرد بیولوژیک درمترمربع Biological yield
تکرار Replication	2	$3862.60^{n.s}$	$67522.062^{n.s}$
تراکم ذرت Maize density	2	126819.88^{**}	476038.67^{**}
تراکم لوبیا قرمز Bean density	3	279313.37^{**}	475987.82^{**}
اثر متقابل Interaction	6	$4562.95^{n.s}$	$40289.74^{n.s}$
خطای آزمایش Error	22	3172.71	49540.78
ضریب تغییرات (٪) CV(%)		16.34	16.53

n.s و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی دار در سطح احتمال یک درصد

n.s and ** are non significant and significant at α= 0.01 probability level, respectively.

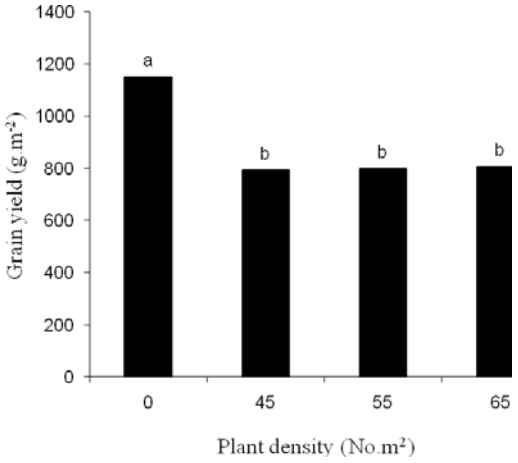


شکل ۱- عملکرد دانه ذرت در تراکم‌های مختلف ذرت

Fig. 1- Grain yield of maize at different maize densities

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

Means with different letters are significantly different based on Duncan's tests at $p\leq0.05$.

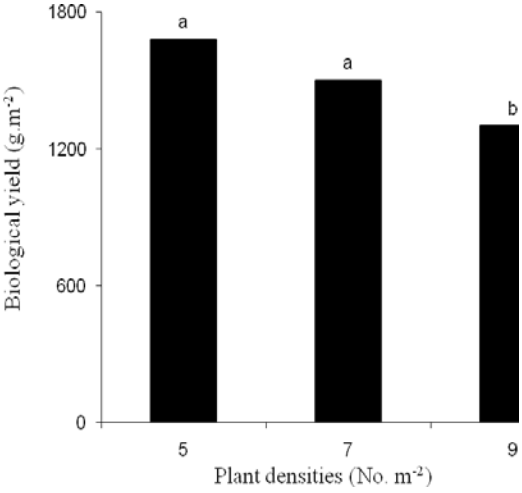


شکل ۲- عملکرد دانه ذرت در کشت خالص و مخلوط در تراکم های مختلف با لوبیا قرمز

Fig.2- Grain yield of maize in monocropping and intercropping at different densities with bean

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

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



شکل ۳- عملکرد بیولوژیک ذرت در تراکم‌های مختلف ذرت

Fig. 3- Biological yield of maize at different densities

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

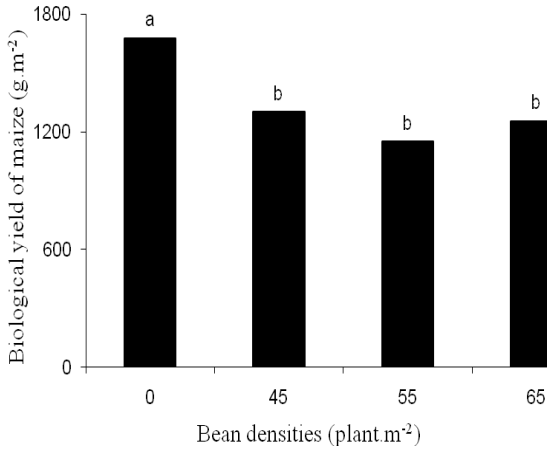
Means with different letters are significantly different based on Duncan's tests at $p \leq 0.05$.

اثر تراکم لوبیا قرمز روی عملکرد بیولوژیک ذرت معنی‌دار (p≤۰/۰۱) شد (جدول ۱). بیشترین عملکرد بیولوژیکی ذرت از کشت خالص و کمترین آن از کشت مخلوط بدست آمد، ولی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین تراکم‌های مختلف لوبیا قرمز مشاهده نشد (شکل۴). بطور کلی، با افزایش تراکم ذرت، عملکرد اقتصادی و بیولوژیک آن نیز بطور تدریجی کاهش یافت. چنین به نظر می‌رسد که دلیل این امر افزایش رقابت درون گونه‌ای ذرت باشد، زیرا ذرت در مخلوط با گیاهانی که نسبت به آن ارتفاع کمتری دارند، گونه غالب بوده و عملکرد آن کمتر تحت تأثیر گیاه همراه قرار می‌گیرد. همچنین از آنجا که گیاهان همراه با ذرت، توان رقابت برای نور و دیگر منابع مصرفی را ندارند، عملکرد ذرت تابع تراکم و ساختار کانوپی خودش می‌باشد (Nachigera et al., 2008). نتیجه آزمایش رضائی چیانه و همکاران (Rezaei-Chianeh et al., 2011) نشان داد که عملکرد بیولوژیک ذرت در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص کاهش می‌یابد. آنان علت کاهش عملکرد بیولوژیک را به خاطر رقابت نوری بین اجزای عملکرد در کشت مخلوط گزارش

کرده‌اند.

عملکرد دانه لوبیا قرمز

اثر تراکم لوبیا قرمز روی عملکرد دانه این گیاه در واحد سطح معنی‌دار($p\leq$۰/۰۱) شد، ولی اثر متقابل تراکم ذرت در تراکم لوبیا قرمز معنی‌دار نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش تراکم لوبیا از ۴۵ به ۶۵ بوته در متر مربع به طور میانگین ۲۰ درصد از عملکرد دانه لوبیا قرمز در واحد سطح کاسته شد. از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین تراکم های ۴۵ و ۵۵ بوته لوبیا قرمز وجود نداشت (شکل ۵). رضائی چیانه و همکاران (Rezaei-Chianeh et al., 2011) در کشت مخلوط ذرت و باقلا بیان کردند که در تراکم-های بالای باقلا، به دلیل نفوذ نور کمتر به درون کانوپی اجزاء عملکرد آن به شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرد و عملکرد باقلا بطور معنی‌داری کاهش می‌یابد. بنابراین در تراکم‌های بالا به خاطر کسب نور و منابع محیطی فتوسنتز کاهش و به دنبال آن عملکرد نهایی گیاه افت پیدا می‌کند.



شکل ٤- عملکرد بیولوژیک ذرت در کشت خالص و مخلوط در تراکم های مختلف با لوبیا قرمز

Fig. 4- Biological yield of maize in monocropping and intercropping at different densities with bean

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

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

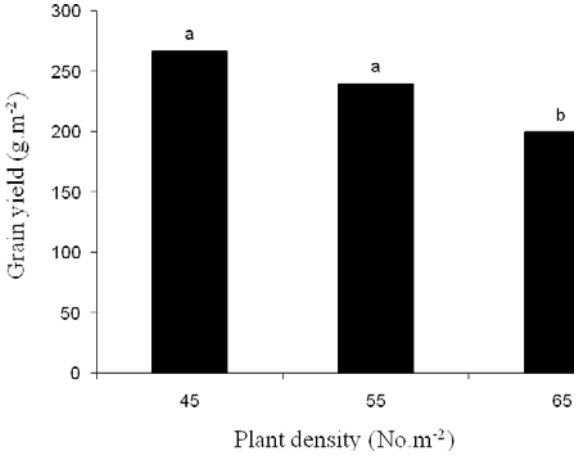
جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد دانه و بیولوژیک لوبیا قرمز در کشت مخلوط با ذرت همراه کشت خالص

Table 2 – Analysis of variance (mean of square) for grain yield and biological yield of sole and intercrop bean at different densities with maize

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه لوبیا قرمز در مترمربع Grain yield	عملکرد بیولوژیک لوبیا قرمز درمترمربع Biological yield
تکرار Replication	2	346.77 ^{ns}	850.91^{ns}
تراکم ذرت Maize density	3	26736.02**	145757.49**
تراکم لوبیا قرمز Bean density	2	1840.77 **	7809.58**
اثر متقابل Interaction	6	219.66^{ns}	1398.70^{ns}
خطای آزمایش Error	22	234.14	1215.27
ضریب تغییرات (٪) CV(%)		17.95	18.99

n.s و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

ns and ** are non significant and significant at α = 0.01 probability level, respectively.



شکل ۵- عملکرد دانه لوبیا قرمز در تراکم‌های مختلف آن

Fig. 5- Grain yield of bean at different bean densities

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

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

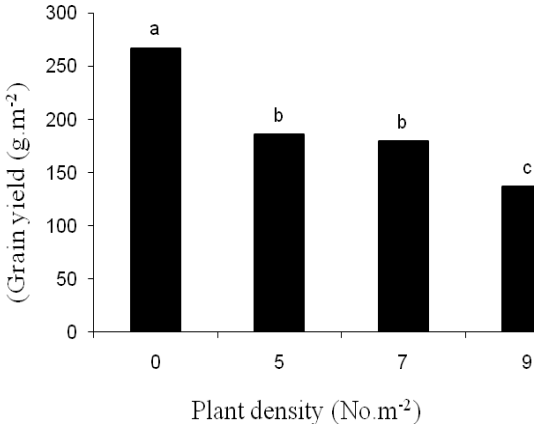
اثر تراکم‌های ذرت بر عملکرد دانه لوبیا قرمز معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۱$) شد (جدول ۲). این تفاوت در بین کشت خالص لوبیا قرمز و کشت مخلوط آن با تراکم‌های مختلف ذرت مشاهده گردید. با افزایش تراکم ذرت، عملکرد دانه لوبیا قرمز به دلیل رقابت برای کسب نور و منابع محیطی کاهش یافت.

بیشترین عملکرد دانه لوبیا قرمز به کشت خالص و کمترین آن به کشت مخلوط با تراکم نه بوته در متر مربع مربوط بود. از نظر آماری بین تراکم‌های پنج و هفت بوته در متر مربع ذرت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۶). در مجموع میانگین عملکرد دانه لوبیا قرمز در کشت خالص ۳۸ درصد بیشتر از تیمارهای کشت مخلوط بود. کارایی بیشتر ذرت در جذب منابع (نور، آب و مواد غذایی) در مقایسه با لوبیا و میزان کمتر جذب منابع در لوبیا در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص سبب می‌شود تا عملکرد لوبیا در کشت مخلوط کاهش یابد. بنابراین، نقش غالبیت ذرت در مقابل لوبیا قرمز را نباید نادیده گرفت. عموماً در کشت مخلوط غلات و لگوم‌ها، غلات در این شرایط نقش گیاه غالب را ایفا می‌کنند و سهم عمده‌ای از منابع موجود نصیب گیاه غله می‌گردد (Mazaheri, 1998). در کشت مخلوط ذرت و لوبیا نیز از این قاعده مستثنی نیست. بنابراین، از یک طرف بدلیل وجود رقابت بین گونه‌ای ذرت با لوبیا بر سر جذب منابع محیطی و از طرف دیگر، با افزایش تراکم، رقابت درون گونه‌ای بوته-های لوبیا، افزایش یافته که باعث کاهش جذب منابع شده و در نهایت کاهش رشد و عملکرد لوبیا را بدنبال داشت. علی‌زاده و همکاران (Alizadeh et al., 2010) در کشت مخلوط لوبیا و ریحان (*Ocimum basilicum* L.) بالاترین عملکرد دانه لوبیا را در کشت خالص با کنترل علف‌های هرز گزارش کرده‌اند. قنبری و همکاران (Ghanbari et al., 2010) در کشت مخلوط ارزن دانه‌ای (*Panicum miliaceum* L.) با لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) و گتجو و همکاران (Getachew et al., 2006) درکشت مخلوط جو و باقلا، به نتایج مشابهی دست یافتند.

عملکرد بیولوژیک لوبیا قرمز

نتایج تجزیه واریانس عملکرد بیولوژیک لوبیا قرمز در (جدول ۲) گویای آنست که عملکرد بیولوژیک لوبیا قرمز بطور معنی‌داری ($p \leq ۰/۰۱$) تحت تأثیر تراکم‌های مختلف لوبیا قرمز واقع شده است. بیشترین عملکرد بیولوژیک لوبیا قرمز از تراکم ۴۵ و کمترین آن از تراکم ۶۵ بوته در متر مربع به دست آمد، البته، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین تراکم‌های ۴۵ با ۵۵ بوته در متر مربع وجود نداشت (شکل ۷). با افزایش تراکم لوبیا قرمز از ۴۵ بوته به ۶۵ بوته در واحد سطح بطور میانگین ۱۲ درصد از عملکرد بیولوژیکی لوبیا قرمز کاسته شد. دلیل این کاهش را می‌توان به سایه اندازی برگ‌های بالایی به قسمت‌های پایین‌تر، پوشش گیاهی و بلوغ زودرس گیاه و افزایش رقابت اندام‌های هوایی و ریشه بر سر منابع محیطی و افزایش رقابت درون گونه‌ای منتسب کرد.

اثر تراکم ذرت روی عملکرد بیولوژیک لوبیا قرمز معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۱$) بود (جدول ۲). نتیجه مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین کشت خالص و کشت مخلوط از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود دارد، بطوری که افزایش تراکم ذرت به کاهش عملکرد بیولوژیک لوبیا قرمز در کشت مخلوط منجر شد. بیشترین عملکرد بیولوژیک در کشت خالص و کمترین آن در تراکم بالاتر ذرت (نه بوته در متر مربع) در کشت مخلوط بدست آمد (شکل ۸).



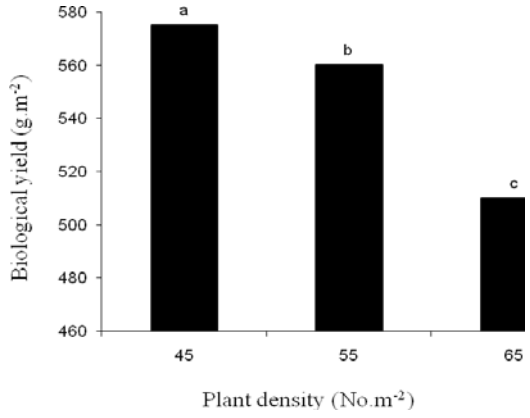
شکل ٦- عملکرد دانه لوبیا قرمز در کشت خالص و مخلوط در تراکم‌های مختلف با ذرت

Fig. 6- Grain yield of bean in monocropping and intercropping at different densities with maize

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

Means with different letters are significantly different based on Duncan's tests at p≤0.05

بطوری که با رسیدن تراکم ذرت به نه بوته بطور میانگین ۱۵درصد از عملکرد بیولوژیک لوبیا قرمز در کشت مخلوط و ۴۹ درصد نسبت به کشت خالص لوبیا قرمز کاهش نشان داد. این نتیجه دور از انتظار نیست به این دلیل که در این تیمار به دلیل وجود رقابت بین گونه‌ای تمامی منابع موجود در اختیار لوبیا قرمز قرار نگرفته است. بنابراین تحت این شرایط هر بوته، بر سر منابع دسترس (آب، نور، مواد غذایی و فضا) رقابت کرده که این موضوع می‌تواند یکی از علل کاهش عملکرد بیولوژیک لوبیا قرمز در کشت مخلوط باشد. علی زاده و همکاران (Alizadeh et al., 2010) در کشت مخلوط ریحان و لوبیا نیز به نتیجه مشابهی دست یافتند. در کشت مخلوط باقلا با جو بیان شد که عملکرد بیولوژیک باقلا بطور معنی‌دار نسبت به کشت خالص آن کاهش می‌یابد (Getachew et al., 2006). در کشت مخلوط مرزه (*Satreja hortensis* L.) با شبدر ایرانی (*Trifolium resupinatum* L.) با افزایش تراکم مرزه وزن خشک تولیدی مرزه در واحد سطح افزایش نشان داد (Hasanzade aval, 2007). در کشت مخلوط جو و ماشک (*Vicia villosa* L.) بالاترین عملکرد بیولوژیک مربوط به جو خالص بود (Khazaei, 1994). رضائی چیانه و همکاران (Rezaei- Chianeh et al., 2011) نیز در کشت مخلوط ذرت با باقلا نتیجه مشابهی را گزارش کرده‌اند. بطوری که آنان علت کاهش عملکرد بیولوژیکی باقلا را به دلیل افزایش رقابت برون گونه‌ای با ذرت عنوان کردند. بدین ترتیب چنین به نظر می‌رسد که در تراکم‌های بالاتر ذرت، لوبیا توان رقابتی ضعیفی را دارا می‌باشد و عملکرد آن بیشتر تحت تأثیرتراکم قرار می‌گیرد.

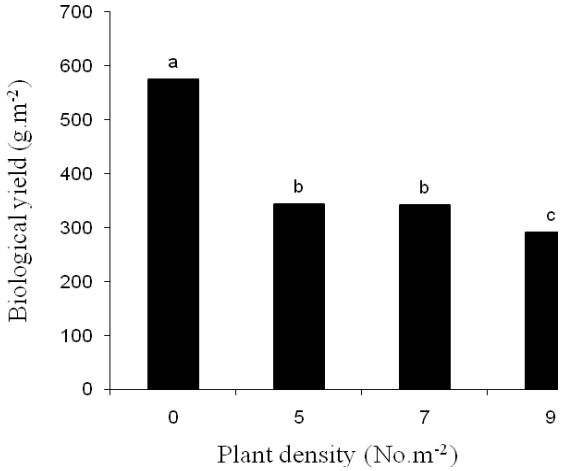


شکل ۷- عملکرد بیولوژیکی لوبیا قرمز در تراکم های مختلف

Fig.7- Biological yield of bean at different densities

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

Means with different letters are significantly different based on Duncan's tests at p≤0.05



شکل ۸- عملکرد بیولوژیکی لوبیا قرمز در کشت خالص و مخلوط در تراکم‌های مختلف با ذرت

Fig. 8- Biological yield of bean in monocropping and intercropping at different densities with maize

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

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

زیست توده علف‌های هرز

در منابع مختلف، کنترل علف‌های هرز معمولاً به عنوان یکی از مزایای کشت مخلوط بر شمرده شده است. به نظر می‌رسد که نحوه عمل گیاه زراعی در رقابت با علف‌های هرز با ایجاد یک محیط خاص موجبات کاهش زیست توده علف هرز را فراهم ساخته و گیاه زراعی ثانوی را جایگزین آن می‌سازد (Vandermeer, 1989). بر اساس نتایج تجزیه واریانس، زیست توده علف‌های هرز در کشت‌های خالص و مخلوط ذرت و لوبیا قرمز معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۱$) شد (جدول۳). زیست توده علف‌های هرز در تیمارهای کشت مخلوط ذرت و لوبیا قرمزکمتر از کشت‌های خالص برای هر دو گونه بود. بطور میانگین زیست توده علف‌های هرز در تراکم‌های مختلف ذرت در کشت‌های خالص به میزان ۲۳ درصد (۱۴۸/۷۸ گرم در متر مربع) کمتر از کشت‌های خالص لوبیا قرمز بدست آمد. این امر نشان می‌دهد که زیست توده علف‌های هرز در کشت خالص ذرت نسبت به کشت خالص لوبیا قرمز کمتر است. در کشت‌های مخلوط، با افزایش تراکم ذرت و لوبیا قرمز در واحد سطح، زیست توده علف‌های هرز بطور معنی‌داری کاهش یافت. کمترین زیست توده علف‌های هرز در ترکیب تراکمی نه بوته ذرت و ۶۵ بوته لوبیا قرمز در متر مربع حاصل شد که اختلاف معنی‌داری را با سایر ترکیبات تیماری داشت (شکل ۹). در مجموع، متوسط زیست توده علف‌های هرز در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به میانگین تک کشتی‌های ذرت و لوبیا قرمز به ترتیب ۴۰ و ۵۴ درصد (۱۴۱ و ۲۸۹/۷۷ گرم در متر مربع) کمتر بود. بنابراین، بررسی نتایج نشان می‌دهد که تک کشتی لوبیا در رقابت با علف‌های هرز آسیب پذیرتر از بقیه تیمارها است، زیرا زیست توده علف هرز در آن تیمار بیشترین میزان را داشته است و تک کشتی ذرت به دلیل رقابت بالای ذرت با علف‌های هرز، بهتر از لوبیا زیست توده علف‌های هرز را کاهش داد. بنابراین می‌توان اظهار داشت که تیمارهای کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص از قدرت کنترل علف‌های هرز بالاتری برخوردار هستند. این برتری می‌تواند به افزایش تراکم گیاهان در کشت‌های مخلوط نسبت داده شود، به طوری که با افزایش سهم لوبیا قرمز در سیستم‌های کشت مخلوط از زیست توده علف‌های هرز کاسته شده است و در تیمار کشت مخلوط نه بوته ذرت و ۶۵ بوته لوبیا در متر مربع به کمترین مقدار خود رسیده است. بنابراین، روش افزایشی کشت مخلوط از شرایط رقابتی بهتر برخوردار بوده و موفق به کنترل بیشتر علف هرز می‌شود. این موفقیت از قدرت رقابتی ذرت و افزایش سهم آن در ترکیب مخلوط و اشغال فضاهای خالی ناشی می‌شود. بنابراین، وجود اثرات تسهیل کنندگی و تکمیل کنندگی ذرت و لوبیا قرمز در کنار یکدیگر به کاهش زیست توده علف‌های هرز در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص هر یک از گیاهان به تنهایی منجر شد.

زاویه مودت (Zavie Movadat, 1993) مشاهده کرد که قدرت کاهش علف‌های هرز در تیمارهای مخلوط بیش از تک کشتی لوبیا چشم بلبلی و کمتر یا مساوی تک کشتی ذرت بود. پوگیو (Poggio, 2005) با بررسی ساختار جوامع علف‌های هرز در تک کشتی و چند کشتی نخود و جو که در یک طرح افزایشی انجام شد دریافت که افزایش زیست توده گیاهی، به سرکوبی بهتر علف‌های هرز منجر شد.

جدول۳- تجزیه واریانس زیست توده علف‌های هرز در کشت‌های خالص و مخلوط ذرت و لوبیا قرمز

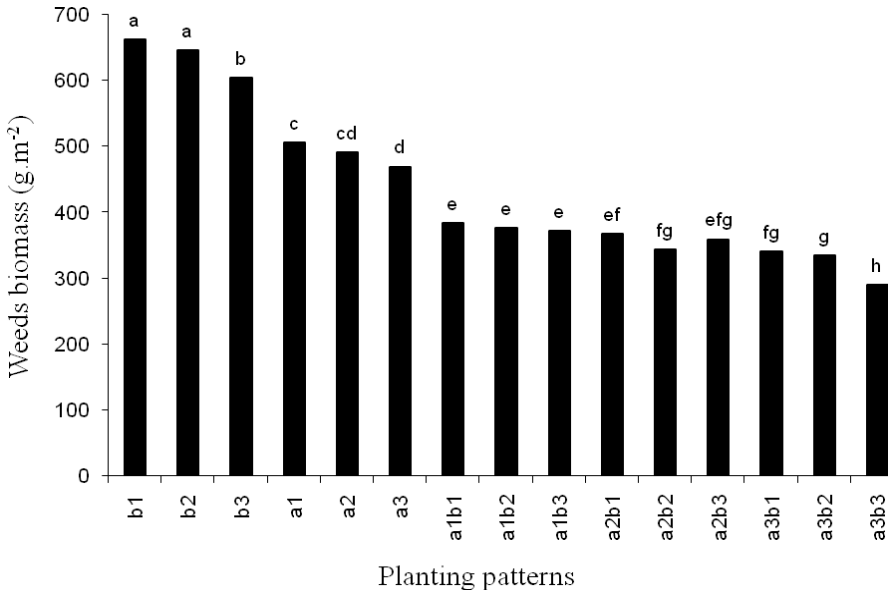
Table 3– Analysis of variance of weed biomass of sole and intercropped bean and maize

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	زیست توده علف‌های هرز Weeds biomass
تکرار Replication	2	26444.2**
سیستم کشت Cropping system	14	43575.12**
خطای آزمایش Error	28	233.66
ضریب تغییرات (٪) CV(%)		13.49

**: معنی دار در سطح احتمال یک درصد

** is significant at α= 0.01 probability level.

همچنین در چند کشتی نخود و جو، علف‌های هرز بهاره در مقایسه با گونه های پاییزه دارای فراوانی نسبی بیشتری بودند. ادهیامبو و اریگا (Odhiambo & Ariga, 2001) بیان نمودند که کشت مخلوط می‌تواند علف‌های هرز محصولات غلات را خفه کرده قدرت تولید آنها را بهبود بخشد. در بررسی کشت مخلوط گندم (*Triticum aestivum* L.) و باقلا گزارش شده که با افزایش تراکم گیاهی در مخلوط، زیست توده علف‌های هرز به پایین‌تر از سطح به دست آمده از کشت خالص هر یک از آنها رسیده است (Ghanbari-Bonjar & Lee, 2003). موحدی دهنوی و همکاران (Movahhedi Dehnavi et al., 2001) نیز نشان دادند که وزن خشک علف‌های هرز در تیمارهای افزایشی به علت افزایش تراکم و پوشش گیاهی کاهش می‌یابد. قنبری و همکاران (Ghanbari et al., 2010) در کشت مخلوط ارزن دانه‌ای با لوبیا چشم بلبلی نیز به نتیجه مشابهی دست یافتند.



شکل ۹- زیست توده علف‌های هرز در تیمارهای مختلف کشت خالص و مخلوط ذرت و لوبیا قرمز

Fig. 9- Weed biomass at the different monocropping and intercropping of maize and bean treatment

a_1، a_2، a_3: به ترتیب ۵، ۷ و ۹ بوته ذرت در مترمربع، b_1، b_2 و b_3: به ترتیب ۴۵، ۵۵ و ۶۵ بوته لوبیا قرمز در متر مربع

a_1, a_2 and a_3 are 5, 7 and 9 maize plant.m^{-2}, respectively. b_1, b_2 and b_3 are 45, 55 and 65 bean plant.m^{-2}, respectively

نسبت برابری زمین (LER)

همانطور که در جدول۴ مشاهده می‌شود LER در تیمارهای مختلف کشت مخلوط ذرت و لوبیا قرمز بالاتر از یک بود که نشاندهنده برتری کشت مخلوط نسبت به تک کشتی در این الگوهای کشت می‌باشد. نتایج نشان می‌دهند که تیمار کشت مخلوط پنج بوته ذرت با تراکم ۵۵ بوته در متر مربع لوبیا بالاترین نسبت برابری زمین (۱/۴۱) را به خود اختصاص داده‌اند که ۴۱ درصد افزایش سودمند زراعی نسبت به کشت خالص دو گونه دارد. کمترین LER بدست آمده به تیمار نه بوته ذرت با تراکم ۴۵ بوته در متر مربع لوبیا معادل ۱/۱۸ مربوط بود که در این حالت نیز کشت مخلوط حدود ۰/۱۸ هکتار در استفاده از زمین سودمندی نشان می‌دهد. علت کاهش LER در تراکم‌های بالاتر را می‌توان به رقابت برون گونه‌ای بین دو گونه ذرت و لوبیا نسبت داد. کشت مخلوط زمانی سودمند است که عملکرد دانه مخلوط، بیشتر از حداکثر محصول تک کشتی باشد. اضافه عملکرد به دست آمده را می‌توان به استفاده بهتر از منابع موجود توسط دو گیاه و اختلافات مورفولوژیک و فیزیولوژیک بین آنها و کمتر بودن علف هرز در سیستم کشت مخلوط نسبت داد (Hemayati et al., 2002) شاید بتوان بالا بودن LER از یک را به خاطر تثبیت و جذب نیتروژن در کشت مخلوط نسبت داد (Ghanbari-Bonjar & Lee, 2003). وقتی دو گونه در مجاورت هم رشد می‌کنند، هر دو گونه بری جذب عناصر غذایی در رقابت خواهند بود. اگر یکی از گونه‌ها دارای منبع دیگری مانند گره‌های تثبیت نیتروژن باشد، در این صورت فشار رقابتی کاهش می‌یابد، زیرا گونه لگوم در جذب نیتروژن موجود در خاک با گونه مجاور رقابت کمتری خواهد داشت. در نتیجه دو گونه به رقابت در مورد سایر منابع می‌پردازند (Vandermeer, 1989). بنابراین بالا بودن LER از یک در بیشتر تحقیقات کشت مخلوط را به عوامل ذکر شده می‌توان نسبت داد. علی‌زاده و همکاران (Alizadeh et al., 2010) در کشت مخلوط ریحان و لوبیا نشان دادند که تقریباً تمامی تیمارهای کشت مخلوط بر کشت خالص آنها برتری دارد، بطوری که بالاترین نسبت برابری زمین را برابر ۱/۲۲ گزارش کردند، که ۲۲ درصد افزایش سودمندی نسبت به تک کشتی دو گونه داشت. رضائی چیانه و همکاران (Rezaei-Chianeh et al., 2011) در کشت مخلوط ذرت با باقلا مقدار LER را در تمام تیمارهای مخلوط بالاتر از یک گزارش کرده اند که این امر نشاندهنده برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص است.کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2009) در کشت مخلوط ذرت و لوبیا نیز به نتیجه مشابهی دست یافتند که با نتیجه آزمایش حاضر مطابقت دارد.

نسبت برابری زمین استاندارد (LERs)

مطابق جدول ۴، نسبت برابری زمین استاندارد برای همه ترکیب-های مخلوط بزرگتر از یک بود. این موضوع می‌تواند نشانگر سودمند بودن کشت مخلوط ذرت و لوبیا باشد. نسبت برابری زمین استاندارد بزرگتر از یک، ممکن است به دلیل وجود اختلافات مورفولوژیک دو گونه و در نتیجه ایجاد اشکوب‌های مختلف و بهره‌برداری بهتر از منابع (نور و یا افق‌های مختلف خاک) باشد. با در نظر گرفتن یک نسبت مشخص از یک محصول، می‌توان تعیین کرد که چه سیستمی دارای بالاترین کارآیی است. در این آزمایش بیشترین LER استاندارد از ترکیب پنج بوته ذرت با ۵۵ بوته لوبیا قرمز در متر مربع حاصل شد. کمترین آن از ترکیب نه بوته ذرت با ۴۵ و ۶۵ بوته لوبیا قرمز در متر مربع بدست آمد. از این‌رو، مقادیر بالاتر LER استاندارد مربوط به کشت‌های مخلوطی بود که در آنها ذرت و لوبیا قرمز دارای تراکم پایین یا متوسط بودند. کشت این دو گونه در تراکم‌های پایین (پنج با ۵۵ بوته ذرت و لوبیا قرمز در متر مربع) به دلیل بالا نبودن رقابت، سودمندی بالاتری را در پی داشت. در این آزمایش ترکیب تیماری مورد اشاره بالاترین نسبت برابری زمین استاندارد (۱/۴۱) را به خود اختصاص داد. یعنی این ترکیب ۴۱ درصد اضافه محصول داشت. نقش اختلافات مورفولوژیک در دستیابی به LERs بالاتر و سودمند بودن کشت مخلوط، توسط رضائی چیانه و همکاران (Rezaei chianeh et al., 2011) و مینال (Minale et al., 2001) در کشت مخلوط ذرت و باقلا به ترتیب برابر با ۱/۱۸ و ۱/۵ گزارش کرده‌اند.

مجموع ارزش نسبی (RVT)

در این آزمایش، RVT در کلیه ترکیبات کشت مخلوط بالاتر از یک بود که نشاندهنده سودمندی اقتصادی کشت‌های مخلوط نسبت به کشت‌های خالص دو گونه است. کشت‌های مخلوط با ترکیب تراکمی پنج و ۵۵ (به ترتیب معادل تعداد بوته ذرت و لوبیا در متر مربع) بیشترین سودمندی اقتصادی را نشان داد. این دو ترکیب کشت مخلوط در حدود ۶۲ درصد افزایش در آمد ناخالص را نسب به کشت خالص دارا بود (جدول ۴). بر اساس نتایج حاصل می توان عنوان کرد که کشت مخلوط ذرت و لوبیا علاوه بر ایجاد تنوع در اکوسیستم کشاورزی و همچنین ایجاد پایداری تولید، در افزایش در آمد اقتصادی و بهره‌وری استفاده از زمین های کشاورزی بطور قابل ملاحظه‌ای می‌تواند موثر باشد. رضائی چیانه و همکاران (Rezaei chianeh et al., 2011) در کشت مخلوط ذرت و باقلا مجموع ارزش نسبی را برابر با ۱/۱۶ گزارش کرده‌اند. در بررسی عطری و همکاران (Atri et al., 1999) نیز مشخص شد که RVT محاسبه شده تأییدی بر نتایج حاصل از سایر شاخص‌های ارزیابی شامل LER و LERs است.

نتیجه‌گیری

در زراعت‌های تک کشتی همواره مقادیری از منابع به دلیل وجود فضاهای خالی در کانوپی تلف شده و یا توسط علف‌های هرز مصرف می‌شوند. اما با انتخاب مناسب گیاهان در سیستم کشت مخلوط افزایشی می‌توان فراوانی علف‌های هرز را کاهش داد. از طرف دیگر، انتخاب تراکم مناسب گیاه زراعی در کشت مخلوط بدلیل ایجاد حالت مکملی باعث استفاده بهتر از منابع شده که این امر منجر به بهبود عملکرد و در نتیجه افزایش نسبت برابری زمین شده و در نهایت باعث بهبود تداوم بوم نظام‌های زراعی می‌شود. در پایان توصیه می‌شود برای اطمینان از نتایج بدست آمده در این تحقیق، این آزمایش در یک سال دیگر و با ترکیب گیاهان زراعی مختلف نیز تکرار شود.

سپاسگزاری

از جناب آقای دکتر خلیل فائزی ریاست محترم دانشگاه پیام نور مرکز نقده و آقایان مصیب شاپوری و محمد نصیری برای همکاری در این تحقیق، تشکر و قدرانی می‌شود.

جدول ٤- عملکردهای نسبی، نسبت برابری زمین، نسبت برابری زمین استاندارد و مجموع ارزش نسبی برای تیمارهای مختلف کشت مخلوط ذرت و لوبیا قرمز

Table 4 - Relative yields (RY), land equivalent ratio (LER), standard land equivalent ratio (LERs) and relative value of total (RVT) for grain yields of maize and faba bean at different intercropping densities.

تیمارها Treatments	عملکرد نسبی ذرت Relative yield of maize	عملکرد نسبی لوبیا قرمز Relative yield of Bean	نسبت برابری زمین Land equivalent ratio	نسبت برابری زمین استاندارد Standard land equivalent ratio	مجموع ارزش نسبی Relative value of total
a_1b_1	0.69	0.64	1.33	1.33	1.54
a_1b_2	0.69	0.72	1.41	1.41	1.62
a_1b_3	0.68	0.71	1.39	1.39	1.49
a_2b_1	0.68	0.63	1.31	1.31	1.54
a_2b_2	0.68	0.68	1.36	1.36	1.58
a_2b_3	0.68	0.69	1.37	1.27	1.47
a_3b_1	0.7	0.48	1.18	1. 03	1.53
a_3b_2	0.72	0.5	1.22	1.07	1.57
a_3b_3	0.75	0.53	1.28	1.03	1.54

a_1، a_2 و a_3 به ترتیب: ۵، ۷ و ۹ بوته ذرت در مترمربع ، b_1، b_2 و b_3 به ترتیب ۴۵، ۵۵ و ۶۵ بوته لوبیا قرمز در مترمربع

a_1, a_2 and a_3 are 5, 7 and 9 maize plants.m^{-2}, respectively. b_1, b_2 and b_3 are 45, 55 and 65 bean plants.m^{-2}, respectively.

منابع

1- Agegnehu, G., Ghizaw, A., and Sinebo, W. 2006. Yield performance and Land – use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian high lands. European Journal of Agronomy 25: 202 – 207.

2- Alizadeh, Y., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2010. Investigation of growth characteristics, yield, yield components and potential weed control in intercropping of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and vegetative sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agroecology 2: 383-397.

3- Atri, A., Javanshir, A., Mogaddam, M., and Shakiba, M. R. 1999. Evaluation of competition in corn/bean intercropping using convert model yield. Journal of Agriculture Science 17(4): 97-103. (In Persian with English Summary)

4- Getachew, A., Ghizaw, A., and Sinebo, W. 2006. Yield performance and Land – use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian high lands. European Journal of Agronomy 25: 202 – 207.

5- Ghanbari, A., Nasirpour, M., and Tavassoli, A. 2010. Evaluation of ecophysiological characteristics of intercropping of millet (*Panicum miliaceum* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.). Journal of Agroecology 4: 556-564.

6- Ghanbari-Bonjar, A., and Lee, H.C. 2003. Intercropped wheat (*Triticum aestivum* L.) and bean (*Vicia faba* L.) as whole-crop forage: effect of harvest time on forage yield and quality. Grass and Forage

Science 58(1): 28–36.
7- Hasanzadeh Aval, F. 2007. Effect of density on agronomic characteristics and yield of savory and Iranian clover in intercropping. MSc Thesis Faculty of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
8- Haugaard–Nielsen, H., Ambus, P., and Jensen, E.S. 2001. Inter-specific competition, N-use and interference with weed in pea – barley intercropping. Field Crop Research 70: 101 –109.
9- Hemayati, S., Siadat, A., and Sadeghzade, F. 2002. Evaluation of intercropping of two corn hybrids in different densities Iranian Journal of Agricultural Science 25: 73-87. (In Persian with English Summary)
10- Khazaee, H.R. 1994. Study of effect of different ratio seed on yield, yield component, and forage quality in intercropping of barley and vetch forage species. MSc Thesis Faculty of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
11- Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Mondani, F., Feizi, H., and Amirmoradi, S. 2009. Evaluation of radiation interception and use by maize and bean intercropping canopy. Journal of Agroecology 1: 13-23. (In Persian with English Summary)
12- Li, L., Yang, S., Zhang, X., and Christie, F. 1999. Interspecific complementary and competitive interactions between intercropped maize and faba bean. Plant and Soil 212: 105–114.
13- Mazaheri, D. 1998. Intercropping. Tehran University Press, Iran 262 pp.
14- Minale, L., Tilahun, T., and Alemayehu, A. 2001. Determination of nitrogen and phosphorus pertilizer levels in different maize-faba bean intercropping patterns in Northwestern Ethiopia. Seventh Eastern and Southern Africa Regional Maize Conference, pp. 513-518.
15- Movahhedi Dehnavi, M., Mazaheri, D., and Bnkesaz, A. 2001. Effect of bean on weed control maize. Journal of Biaban 6(2): 71-85. (In Persian with English Summery)
16- Nachigera, G.M., Ledent, J.F., and Draye, X. 2008. Shoot and root competition in potato/maize intercropping: effects on growth and yield. Environmental and Experimental Botany. In Press.
17- Najafi, H. 2004. Non Chemical Methods of Weeds Management. Kankash Publication Mashhad, Iran, 205 pp. (In Persian)
18- Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Beheshti, A. 2001. Agroecology. Ferdowsi University Publication, Mashhad, Iran: 453 pp. (In Persian)
19- Odhiambo, G.D., and Ariga, E.S. 2001. Effect and bean on striga incidence and grass in yield- Seventh Eastern and Africa Regional Maize Conference. pp. 183-186.
20- Pilbeam, C.J., Okalebo, R., Simmonds, L.P., and Gathua. K. W. 1994. Analysis of maize-common bean intercrops in semi-arid Kenya, Journal of Agriculture Science 123: 191-198.
21- 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.
22- Rezaei-Chianeh, E., Dabbagh Mohammadi Nassab, A., Shakiba, M.R., Ghassemi-Golezani, K., and Aharizad, S. 2001. Study of some agronomical characteristics of maize in intercropping with faba bean. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 1: 1-14.
23- Rezaei-Chianeh, E., Dabbagh Mohammadi Nassab, A., Shakiba, M.R., Ghassemi-Golezani, K., and Aharizad, S. 2011. Intercropping of maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) at different plant population densities. African Journal of Agricultural Research 7: 1786-1793.
24- Shaygan, M., Mazaheri, D., Rahimian Mashhadi, H., and Peyghambari, S.A. 2008. Effect of planting date and intercropping maize (*Zea mays* L.) and foxtail millet (*Setaria italica* L.) on their grain yield and weeds control. Iranian Journal of Crop Sciences 10: 31-46. (In Persian with English Summary)
25- Tomar, J.S., Mackenzie, A.F., Mehuys, G.R., and Alli, I. 1988. Corn growth with foliar nitrogen, soil-applied nitrogen, and legume intercrops. Agronomy Journal 80: 802-807.
26- Vandermeer, J.H. 1989. The Ecology of Intercropping, Cambridge. University Press. 297 pp.
27- Zavie Movadat, L. 1994. Effect of intercropping of maize and bean on controlling weeds. MSc Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University of Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۴، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۱، ص. ۱۵۰-۱۴۴

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 2, Summer 2012, p. 144-150

ارزیابی تأثیرکشت مخلوط ارقام برخصوصیات زراعی و عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.)

احمد زارع فیض‌آبادی[1*] و ابوالقاسم امام وردیان[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۶/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۲/۲۰

چکیده

به منظور ارزیابی تأثیر کشت مخلوط بر خصوصیات زراعی و عملکرد ارقام گندم (*Triticum aestivum* L.)، آزمایشی در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با نه تیمار و چهار تکرار در شهرستان مه‌ولات خراسان رضوی انجام شد. تیمارها شامل کشت خالص پنج رقم رایج و توصیه شده گندم پیشتاز، فلات، شیراز، توس و قدس و کشت مخلوط دو رقم فلات با پیشتاز، مخلوط سه رقم فلات، پیشتاز و شیراز، مخلوط چهار رقم فلات، شیراز، قدس و توس و همچنین مخلوط پنج رقم فلات، شیراز، پیشتاز، قدس و توس به نسبت مساوی از هر رقم بود. صفات اندازه-گیری شده شامل عملکرد دانه، بیولوژیک و اجزاء عملکرد، شاخص برداشت، ارتفاع بوته، طول سنبله و همچنین نسبت برابری زمین بر اساس عملکرد دانه و بیولوژیک کشت‌های مخلوط بودند. نتایج آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که اثر کشت مخلوط بر تمام صفات مورد بررسی گندم معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد دانه در تیمار کشت مخلوط دو رقم فلات و پیشتاز با مقدار ۵۴۲۵ کیلوگرم در هکتار بود. تیمارهای مخلوط در مقایسه با تیمارهای خالص تا ۵۵ درصد برای عملکرد دانه و تا ۳۲ درصد برای عملکرد بیولوژیک برتری داشتند. در تیمار مخلوط پنج رقم، کاهش ۲۱ درصدی فقط برای عملکرد دانه در مقایسه با میانگین تیمارهای خالص مشاهده شد. بیشترین نسبت برابری زمین در عملکرد دانه و بیولوژیک در کشت مخلوط دو رقم و کمترین آنها در کشت مخلوط پنج رقم حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: رقابت بین گونه‌ای، کشت خالص، نسبت برابری زمین

مقدمه

روابط متقابل بین گونه‌های گیاهی طی سال‌های متمادی که مورد توجه بشر قرار دارد، زیرا روابط متقابل همواره اثراتی را بر عملکرد و کیفیت محصول به همراه داشته است. این اثرات می‌تواند تنها یک گونه را متأثر سازد یا اینکه بر روی هر دو گونه تأثیر گذارد. ماهیت و چگونگی تداخل بسیار با اهمیت است، زیرا بر تمام فرآیندهای فیزیولوژیکی یک گونه به تنهایی و همچنین جامعه گیاهی تأثیر دارد. در جوامع گیاهی تداخل به دو شکل مثبت یا منفی مشاهده می‌شود که در رابطه با تداخل منفی می‌توان به رقابت اشاره کرد. کشت مخلوط یکی از مثال‌های تداخل مثبت است که مزایای بسیاری را برای کشاورزان در پی دارد. افزایش عملکرد در واحد سطح افزایش تنوع زیستی و ثبات بیولوژیکی، بهره‌برداری بهتر ازعوامل رشد و همچنین تسهیل درکنترل آفات و بیماری‌های گیاهی و علف های هرز و کاهش ریسک تولیدات کشاورزی از جمله فوایدکشت مخلوط می‌باشند (Sauke & Ackermann, 2006; Pandey et al., 2003). مزایایی که این سیستم کشت برای کشاورزان ایجاد می‌کند، توجه به ویژگی‌های اکولوژیک رقابت ایجاد شده، به ویژه در سیستم‌های مخلوط ردیفی را ضروری می‌سازد. لذا عوامل موثر در رقابت به گونه‌ای باید کنترل و مدیریت شوند که سبب تداخل بیش از حد درآشیان اکولوژیک گونه‌های مجاور نشده و مانع از ورود دو گیاه در رقابت شدید برای جذب عوامل رشدی همچون نور، آب و مواد غذایی شوند. بطور کلی، استفاده از کشت مخلوط موجب می‌شود که گونه‌های مختلف با دارا بودن خصوصیات مرفولوژیک و فیزیولوژیک ویژه بتوانند بهره‌برداری بهتری از محیط و منابع مانند آب، مواد غذایی و نور به‌عمل آورند.

با توجه به توانایی بیشتر ارقام پابلند در بهره گیری از مواد فتوسنتزی ساقه‌ها جهت پر کردن دانه و آسیب‌پذیری ارقام پاکوتاه درقبال وقوع تنش‌های محیطی، کشت مخلوط غلات پابلند و پاکوتاه از میزان حساسیت نسبت به تنش‌های محیطی می‌کاهد (Nazeri et al., 2004). از سویی دیگر، استفاده از کشت مخلوط دو رقم موجب

۱ و ۲- به ترتیب دانشیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، و دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد
(*- نویسنده مسئول: E-mail: azarea.2002@yahoo.com)

می‌شود که در صورت عدم استفاده کامل از تشعشع ورودی توسط رقم پاکوتاه، نور عبوری توسط رقم پاکوتاه مورد استفاده قرار می‌گیرد و در مجموع بازده فتوسنتز مخلوط افزایش می‌یابد (Koocheki & Zand, 1996).

در ارزیابی رقابت بین گونه‌ای در مخلوط‌های ارقام پابلند و پاکوتاه گندم بهاره (*Triticum aestivum* L.) مشخص شد که کشت مخلوط نه تنها باعث افزایش عملکرد نمی‌شود، بلکه عملکرد مخلوط‌ها را نسبت به کشت خالص کاهش می‌دهد که دلیل این کاهش رقابت بین ارقام است (Martin & Alexander, 1986). کشت مخلوط به عنوان یک ابزار ارزیابی افزایش عملکرد دانه که عملکردی بیش از کشت خالص همان ارقام تولید می‌کنند، می‌باشد.

یکی از مهمترین مزایای کشت مخلوط ارقام زراعی افزایش عملکرد در این کشت نسبت به کشت خالص هر رقم به تنهایی است. محققان در گزارشی با بررسی کشت مخلوط ارقام سویا (*Glaysin max* L.) به این نتیجه رسیدند که اختلاط ارقام سویا رشد محدود پاکوتاه با ارقام پابلند رشد نامحدود، موجب افزایش عملکردی به میزان ۱۲ درصد نسبت به حداکثر عملکرد کشت خالص رقم پر محصول شد (Ofosu-budu et al., 1995). در بررسی که توسط چاپمن و همکاران (Chapman et al., 1989) روی مخلوط دو رقم گندم با مقادیر متفاوت بذر انجام شد، عملکرد مخلوط‌ها تغییرات مثبت و معنی‌داری نسبت به عملکردهای پیش‌بینی نشان دادند و در میزان‌های بذر بالاتر عملکردها به صورت معنی‌داری افزایش یافت. گزارش شده است که کشت مخلوط دو یا چند رقم نسبت به کشت خالص آن ارقام باعث ثبات عملکرد، حفاظت خاک و کاهش ریسک زارعت می‌شود (Banik, 1996). در بررسی دیگری مشخص شد که کشت مخلوط ارقام گندم بر کشت خالص آنها برتری دارد (Nazeri et al., 2004). در کشت مخلوط دو رقم گندم طبسی و بیات با میزان‌های متفاوت بذر، عملکرد مخلوط ۷۵ درصد بیات و ۲۵ درصد طبسی به میزان ۶/۵۹ درصد از عملکرد رقم پر محصول بیات در تک کشتی، بیشتر بوده است. چرا که در کشت مخلوط میزان عملکرد تابعی از مقدار بذر مصرفی است، به طوری که مقادیر بیشتر بذر از طریق کاهش رقابت و نیز همیاری دو جانبه نتایج بهتری در بر دارد (Mazaheri et al., 2002)، ولی در ارزیابی رقابت بین گونه‌ای در مخلوط‌های ارقام پابلند و پاکوتاه گندم بهاره مشخص شد که کشت مخلوط نه تنها باعث افزایش عملکرد نشد، بلکه عملکردها را نسبت به کشت خالص کاهش داده است که دلیل این امر کاهش رقابت بین ارقام اعلام شد (Martin & Alexander, 1986). ارزیابی صحیح اثرات متقابل رقابتی بین گونه‌های گیاهی درکشت‌های مخلوط نیازمند طرح‌های مناسب مزرعه‌ای و روش‌های مطلوب تجزیه و تحلیل داده‌ها می‌باشد (Beheshti et al., 2010; Rejmanek et al., 1989;).

نسبت برابری زمین[1] (LER) مرسوم‌ترین و مهم‌ترین شاخصی است که جهت ارزیابی کشت مخلوط بکار می‌رود. این شاخص را که تحت عنوان نسبت برابری زمین معمولی یا سطح معادل نیز می‌نامند، اولین بار توسط انستیتو بین المللی تحقیقات برنج (*Oryza sativa* L.) تعریف شد (Tsubo et al., 2001). نسبت برابری زمین عبارت است از سطح زمین مورد نیاز در کشت خالص جهت حصول عملکرد بدست آمده از یک هکتار کشت مخلوط که در مخلوط‌ها معمولاً این مقدار بیشتر از یک بوده و نشان‌دهنده این است که برای بدست آوردن عملکرد برابر با محصول یک هکتار زراعت مخلوط باید بیش از یک هکتار زراعت خالص مورد کشت قرار گیرد (Lightfoot & Tayler, 1987; Litsinger & Moody, 1983).

بررسی‌ها نشان داده است که معمولاً عملکرد مخلوط بیش از تک کشتی بوده و محاسبه نسبت برابری زمین نشان می‌دهد که میزان اضافه محصول حدود ۲۲ درصد است. چرا که وقتی دو رقم با مشخصات متفاوت به صورت مخلوط کاشته می‌شوند، از عوامل محیطی بیشتر استفاده می‌کنند. به صورت کلی، کشت مخلوط به علت افزایش تنوع باعث بهبود کارایی استفاده از منابع در اکوسیستم زراعی و در نهایت افزایش عملکرد می‌شود (Mazaheri et al., 2002).

هنگامی که LER بیشتر از یک باشد نشان‌دهنده روابط متقابل مثبت بین اعضای گیاهی مخلوط نسبت به خالص بوده و بیان‌کننده برتری کشت مخلوط نسبت به خالص می‌باشد، در شرایطی که LER کمتر از یک باشد، به ویژه چنانچه اعضای مخلوط همگی کمتر از یک باشد، احتمالاً روابط متقابل منفی بوجود آمده است. در این حالت عملکرد مخلوط در مقایسه با تک کشتی کاهش خواهد یافت و بیان‌کننده برتری کشت خالص است و بالاخره هنگامی‌که LER برابر یک باشد، بیان‌کننده این مطلب است که زمین مورد نیاز برای هر دو محصول در کشت مخلوط با کشت خالص برابر است (Rejmanek et al., 1989). ازمزایای نسبت برابری زمین می‌توان به ساده بودن محاسبه و سهولت تغییر (Tapadia et al., 1983)، قابلیت مقایسه عملکرد محصولات (Mead & Wiley, 1980). قابلیت انعطاف پذیری و پاسخ‌گویی به تفسیرهای متفاوت و منطقی از نظر زراعی و همچنین این‌که از طریق این نسبت می‌توان کارایی استفاده از زمین را برآورد کرد (Lightfoot & Tayler, 1987; Rafey & Prasad, 1992).

هدف از اجرای آزمایش بررسی اثر کشت مخلوط ارقام گندم بر روی عملکرد در مقایسه با کشت خالص آنها و در نهایت امکان جایگزینی و دست‌یابی به بهترین نسبت کشت مخلوط بوده است.

1- Land Equivalent Ratio

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی رقابت درون گونه‌ای کشت مخلوط پنج رقم گندم به صورت درهم با کشت خالص آنها آزمایشی در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ در مزرعه شرکت کشاورزی و دامپروری توس داشت شهرستان مه‌ولات واقع در ۲۱۰ کیلومتری جنوب شهرستان مشهد انجام شد. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی شامل نه تیمار با چهار تکرار بود. تیمارها شامل پنج تیمار کشت خالص ارقام غالب و توصیه شده پیشتاز، فلات، شیراز، توس و قدس و چهار تیمارمخلوط فلات با پیشتاز به نسبت ۵۰ درصد از هر کدام، مخلوط فلات، پیشتاز و شیراز به نسبت ۳۳ درصد از هر کدام، مخلوط فلات، شیراز، قدس و توس به نسبت ۲۵ درصد از هر کدام و مخلوط فلات، شیراز، پیشتاز، قدس و توس به نسبت ۲۰ درصد از هر کدام بود. خاک مزرعه لوم شنی و اسیدیته آن ۷/۹ تعیین شد. کاشت در تاریخ نیمه آذر ماه به صورت جوی و پشته و بر اساس ۲۳۰ کیلوگرم در هکتار بذر انجام شد. ابعاد هر کرت آزمایشی شامل شش پشته به فاصله ۵۰ سانتی‌متر (روی هر پشته دو ردیف) و به طول شش متر بود. اولین آبیاری بعد از کاشت و دومین آبیاری نیز ۱۰ روز بعد از کاشت انجام گرفت سومین و چهارمین آبیاری نیز به فاصله یک ماه از یکدیگر انجام شد. از اوایل اسفند ماه به بعد هر ۱۲ روز یک مرتبه تا زمان برداشت در اواخر خرداد آبیاری انجام گردید. کود سرک به میزان ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در دو مرحله پنجه‌دهی و سنبله-دهی مصرف شد. همچنین مبارزه با علف‌های هرز در اسفند ماه با علف کش توفوردی به میزان ۲/۵ کیلوگرم در هکتار انجام شد. سطح برداشت پس ازحذف حاشیه ها، هشت متر مربع بود ضمن اینکه در زمان نمونه‌برداری از تیمارهای مخلوط با توجه به شناخت خصوصیات مورفولوژیک ارقام، تعداد بوته‌های مساوی از هر رقم مورد محاسبه و اندازه گیری برای صفات عملکرد و اجزاء آن (شامل تعداد سنبله بارور در متر مربع، وزن هزاردانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد دانه در گلچه، وزن دانه در سنبله)، شاخص برداشت، ارتفاع بوته و طول سنبله اندازه-گیری و در نهایت نسبت برابری زمین در عملکرد دانه و بیولوژیک تیمارهای مخلوط با استفاده از معادله (۱) انجام شد (Martin & Alexander, 1986).

$$LER = \sum (y_i / y_i'') \qquad \text{معادله (۱)}$$

در این معادله، yi: عملکرد مورد نظر در مخلوط و y_i'': عملکرد رقم i در کشت خالص آن می‌باشد. محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار MSTAT-C و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که کلیه صفات مورد بررسی از نظر آماری معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بودند (جدول ANOVA ارائه نشده است). در مقایسه میانگین‌ها بالاترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار مخلوط سه رقم با میانگین ۱۰۰/۳سانتی‌متر و کمترین آن در تیمار خالص توس با میانگین ۷۵ سانتی‌متر بود (جدول ۱). علت این امر تا حدود زیادی به رقابت بین گیاهان برای تصاحب نور بر می-گردد. در بررسی‌های انجام شده رابطه ارتفاع و عملکرد به صورت درجه دو بوده و بوته‌های بلند به دلیل شاخص برداشت پایین عملکرد کمی داشتند و بوته‌های کوتاه نیز به دلیل کمتر بودن ماده خشک نهایی از عملکرد بیولوژیک پایینی برخوردار بودند. این موضوع در تیمار خالص فلات و تیمار خالص شیراز کاملاً مشهود بود (Richaeds,1992; Fisher & Quail, 1990). بیشترین طول سنبله در تیمار مخلوط چهار رقم با میانگین عددی ۱۱۲ میلی‌متر و کمترین آن در تیمار خالص فلات با میانگین عددی ۸۷/۳ میلی‌متر مشاهده شد. بطور کلی، تیمارهای کشت مخلوط ارتفاع بوته و طول سنبله بیشتری نسبت به کشت خالص ارقام داشتند و از وزن بیولوژیک بالاتری نیز بر خوردار بودند (جدول ۱)، به طوری که تا مخلوط چهار رقم این روند افزایشی وجود داشت، ولی در مخلوط پنج رقم اندکی کاهش اتفاق افتاده است. طول سنبله در ارقام مختلف متفاوت است، معهذا با توجه به تعداد دانه در هر سنبله مشاهده شده است که ارقام دارای سنبله کوتاهتر معمولاً سنبله متراکم‌تری دارند (Rashed Mohassel & Toghi,1988). طول سنبله یکی از مهمترین صفات زراعی است که رابطه قوی و مثبتی با اجزای عملکرد بجز تعداد سنبله بارور در متر مربع دارد (Nazeri et al., 2004). بالاترین تعداد دانه مربوط به تیمار خالص توس با میانگین عددی ۴۴/۵ دانه در سنبله و کمترین آن مربوط به تیمارمخلوط پنج رقم با میانگین عددی ۲۹/۹ دانه در سنبله بود. نکته قابل توجه در این آزمایش بالا بودن تعداد دانه در سنبله در تیمار خالص شیراز بود که حتی از خالص پیشتاز و مخلوط سه رقم نیز بیشتر بود (جدول ۱).

بیشترین تعداد دانه در سنبلچه مربوط به تیمار مخلوط فلات، پیشتاز با میانگین عددی ۲/۶ دانه در سنبلچه و کمترین آن نیز مربوط به تیمار مخلوط پنج رقم با میانگین عددی ۱/۸ دانه در سنبلچه بود (جدول ۱). در این بررسی مشخص شد که تعداد دانه در سنبلچه در تیمارهای خالص و مخلوط اختلاف قابل توجهی نشان نمی‌دهند هرچند تیمار مخلوط فلات و شیراز که بیشترین عمکرد اقتصادی دانه را دارا می‌باشد، در این شاخص نیز بالاترین تعداد دانه در سنبلچه را دارا بود. در بین تیمارهای خالص نیز بالاترین تعداد دانه در سنبلچه مربوط به تیمار خالص توس و کمترین آن نیز مربوط به تیمار خالص شیراز بود.

بیشترین وزن دانه در سنبله مربوط به تیمار خالص توس با میانگین ۱/۲ گرم وزن دانه و کمترین آن در تیمار خالص پیشتاز با میانگین ۰/۶ گرم مشاهده شد که این امر می‌تواند مربوط به درشتی

دانه و خصوصیات ژنتیکی رقم توس باشد. البته تیمارهای مخلوط دو و سه رقم نیز اختلاف کمتری با تیمار خالص توس که به تنهایی در بالاترین سطح از نظر وزن دانه در سنبله است، داشتند. بیشترین وزن هزار دانه مربوط به تیمار خالص پیشتاز با ۳۵/۴ و کمترین آن نیز مربوط به به تیمار خالص شیراز با ۲۴/۶ گرم بود (جدول ۱).

رقم خالص پیشتاز بیشترین تعداد سنبله بارور با میانگین ۴۸۸/۸ سنبله در متر مربع را به خود اختصاص داد و کمترین آن هم مربوط به تیمار مخلوط پنج رقم با میانگین ۳۱۰ سنبله در متر مربع بود(جدول ۱). تیمارهای مخلوط به جز تیمارهای مخلوط چهار رقم و مخلوط پنج رقم تعداد سنبله بارور بیشتری نسبت به تیمارهای خالص داشتند که کاهش این تیمارها (مخلوط چهار رقم و پنج رقم) را می‌توان به رقابت درون گونه‌ای بیشتر بین این تیمارها نسبت داد. در طی یک آزمایش دیگر بیشترین تعداد سنبله بارور در متر مربع مربوط به کشت خالص رقم الموت بود که البته این تفاوت با کشت خالص رقم توس معنی‌دار نبود. نسبت‌های مخلوط دو، سه و چهار رقم با کاهش ناچیز تعداد سنبله بارور در متر مربع در رده‌های بعدی قرار داشتند (Nazeri et al., 2004). تنش خشکی در مرحله ساقه دهی گندم باعث گلدهی زود هنگام، تولید گیاهان کوتاهتر و عملکرد دانه کمتر می‌شود که کاهش عملکرد به خاطر تعداد کمتر سنبله بارور در واحد سطح و تعداد کمتر دانه در سنبله اتفاق افتاده است (Ehdaei & Waines, 1993).

عملکرد دانه یک ارتباط مستقیم با تعداد سنبله باور در متر مربع دارد، اما این روند با افزایش تعداد ارقام در کشت مخلوط کمتر شده است. به طوری که در تیمار مخلوط چهار رقم و تیمار مخلوط پنج رقم شاهد تعداد سنبله در متر مربع کاهش یافت که علت آن را می‌توان این گونه بیان نمود که ارقام موجود در تیمارها به علت رقابت شدید قادر به افزایش تعداد سنبله نبودند و بیشتر مواد غذایی خود را صرف افزایش وزن دانه نمودند که این موضوع نقصان کاهش تعداد سنبله را تا حدودی جبران نمود.

بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمارکشت مخلوط دو رقم، فلات و پیشتاز با میانگین ۵۴۲۵ کیلوگرم در هکتار بود و کمترین آن نیز مربوط به تیمارخالص رقم شیراز با میانگین ۲۳۰۷کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۱). باتوجه به نتایج بدست آمده به جز تیمار مخلوط پنج رقم، تمامی تیمارهای کشت مخلوط ارقام دارای عملکرد دانه بیشتری در مقایسه با تیمارهای خالص ارقام بودند. البته علت کاهش عملکرد دانه در تیمار مخلوط پنج رقم را می‌توان به وجود رقابت درون گونه‌ای در بین این ارقام نسبت داد. هر چند اگر گیاهان مورد استفاده در کشت مخلوط بر اساس اصول صحیحی انتخاب نشوند، رقابت درون گونه‌ای باعث کاهش عملکرد می‌شود.

جدول ۱- میانگین اجزاء عملکرد تیمارهای مختلف کشت خالص و مخلوط ارقام گندم

Table 1- Mean of yield components of different treatments for sole and mixed cropping of wheat varieties

	مخلوط پنج رقم P+F+S+T+Q	فلات شیراز قدس توس F+S+Q+T	فلات شیراز پیشتاز F+P+S	فلات پیشتاز F+P	توس Toss (T)	قدس Qods (Q)	شیراز Shiraz (S)	فلات Falat (F)	پیشتاز Pishtaz (P)
ارتفاع بوته Plant height	87.68 de*	97 ab	100.3 a	91.67 cd	74.86 g	87.61 de	90.89 cd	80.4 f	90.76 cd
طول سنبله Ear length	108.8 ab	112 a	105.2 bc	95.2 d	96.07 d	107.5 ab	104.6 bc	87.28 e	94.82 d
تعداد دانه در سنبله No of kernel per ear	29.85 c	44.75 ab	36.75 abc	44.81 ab	45.45 a	44.45 ab	39.65 ab	40.55 ab	36.75 abc
وزن دانه در سنبله Kernel weight/ear	0.85 cd	1.19 ab	1.05 abc	1.19 ab	1.23 a	0.91 abc	0.63 d	0.87 bcd	1.07 abc
وزن هزار دانه 1ooo-kernel weight	28.74 cde	30.26 bcd	32.96 abc	34.29 ab	31.95 abc	24.54 ef	24.55 f	27.28 de	35.42 a
تعداد دانه در سنبلچه No. of kernel/spiklet	1.82 b	2.43 a	2.19 ab	2.61 a	2.49 a	2.32 ab	2.15 ab	2.36 a	2.34 ab
تعداد سنبله بارور (m^2) No. of mature ear(m^2)	310 d	345 d	454 abc	476 ab	315 d	353 d	416 c	432 bc	488 a
شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	20.9 e	26.7 cd	29 bc	39.8 a	23.4 de	28.1 bcd	22.6 de	32.7 b	30.9 bc

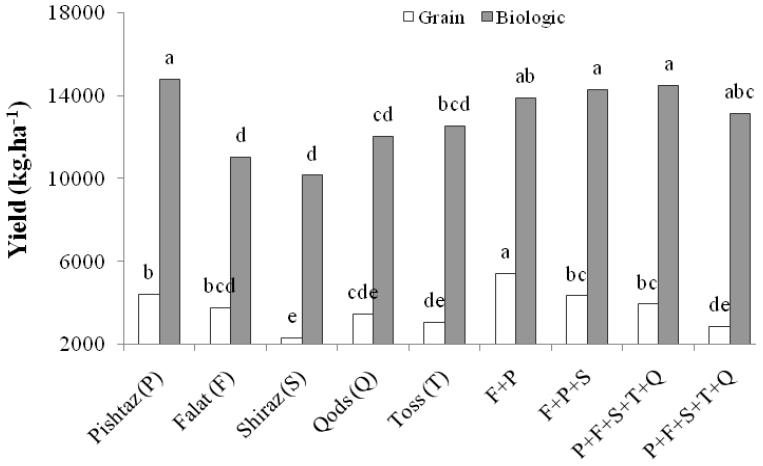
*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌های دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means followed by similar letter(s) in each column are not significantly different at 5% according to Duncan's Multiple Rang Test.

در ارزیابی رقابت بین ارقام در مخلوط‌های ارقام پابلند و پاکوتاه گندم بهاره مشخص شد که کشت مخلوط از طریق کاهش رقابت بین ارقام عملکرد مخلوط‌ها را نسبت به کشت خالص کاهش داد (Martin & Alexander, 1986). در بین عملکرد دانه تیمارهای کشت خالص رقم پیشتاز با میانگین ۴۴۲۵ کیلوگرم در هکتار، از بیشترین عملکرد بر خوردار بوده و کمترین آن در تیمار خالص شیراز مشاهده شد. ارقام بهاره فلات و پیشتاز پتانسیل بهتری در منطقه نشان دادند که این خود نشان از تطابق این ارقام با شرایط اقلیمی منطقه بوده است، ولی ارقام دیررس‌تر (شیراز و توس) نتوانستند به پتانسیل واقعی خود در منطقه دست یابند (جدول ۱ و شکل ۱). احتمالاً کشت تاخیری این آزمایش تاثیر منفی بیشتری بر ارقام دیررس داشته است. ناظری و همکاران (Nazeri et al., 2004) بیان داشتند عملکرد دانه در تیمار مخلوط با میزان بذر مناسب نسبت به کشت خالص در همان میزان بذر ۱۵ تا ۲۳ درصد برتری نشان می‌دهد. در بررسی دیگری روی مخلوط دو رقم گندم با میزان‌های متفاوت بذر و عملکرد مخلوط، تغییرات مثبت و معنی‌داری نسبت به عملکردهای برآورد شده مشاهده گردید و عملکرد مخلوط در میزان های بذر بالاتر به صورت معنی‌داری افزایش یافت (Chapman, 1989). بیشترین عملکرد بیولوژیک مربوط به تیمار مخلوط چهار رقم گندم با میانگین عملکرد بیولوژیک ۱۴۵۳۶ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن مربوط به تیمار رقم خالص شیراز با میانگین عملکرد ۱۰۱۷۷ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۱). اگر چه تیمار کشت مخلوط پنج رقم عملکرد دانه کمتری نسبت به کشت خالص ارقام داشت، ولی عملکرد بیولوژیک بالاتری در حدود ۱۰۵۲ کیلوگرم در هکتار نسبت به میانگین کشت خالص ارقام داشت (شکل ۱). چرا که رقابت درون گونه‌ای تأثیر بیشتری روی عملکرد دانه داشته است، به طوری که باعث کاهش ۲۱ درصدی دانه نسبت به کشت خالص شده است. با توجه به نتایج بدست آمده وجود یک ارتباط مستقیم بین شاخص ارتفاع بوته، طول سنبله و عملکرد بیولوژیک تأیید می‌شود که مربوط به افزایش مقدار کاه و کلش است و در اکثر تیمارها مشهود بود. بخصوص در مورد تیمار مخلوط پنج رقم که اگرچه عملکرد دانه پایین‌تری داشت، ولی عملکرد بیولوژیک بالاتری در مقایسه با تیمارهایی که عملکرد دانه بالایی داشتند، حاصل نمود که علت آن را می‌توان به افزایش ارتفاع بوته در این تیمار نسبت داد. بر این اساس در رقم شیراز که از ارتفاع بیشتری در مقایسه با دیگر ارقام برخوردار است می‌بایستی دارای عملکرد بیولوژیکی بالاتری بود، ولی عکس این موضوع اتفاق افتاد که دلیل آن ساقه ظریف این رقم بود. نتایج بررسی دیگری در کشت مخلوط ارقام گندم نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک از نسبت مخلوط ۷۵ درصد المونت + ۲۵ درصد شهریار حاصل شد. این مخلوط با ۱۹/۴ تن در هکتارعملکرد بیولوژیک بر کشت خالص رقم شهریار حدود ۲/۷ درصد برتری (غیرمعنی‌دار) و بر کشت خالص رقم الموت حدود ۸/۷ درصد برتری معنی‌دار داشت (Nazeri et al., 2004).

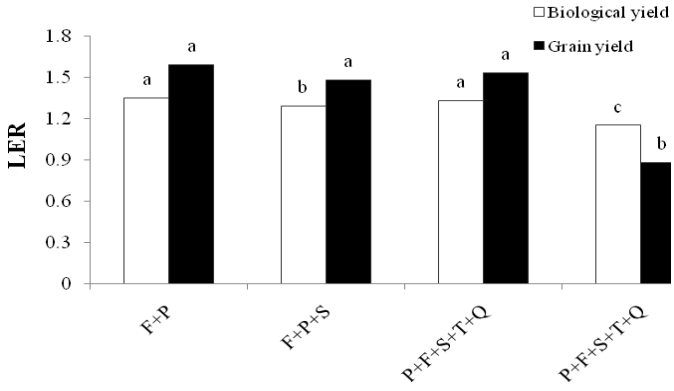
بیشترین شاخص برداشت مربوط به تیمار مخلوط فلات و پیشتاز که دارای بیشترین عملکرد دانه نیز بود و کمترین آن مربوط به تیمارکشت مخلوط پنج رقم بود (جدول ۱). تیمارهای مخلوط به جز دو تیمار مخلوط چهار رقم و مخلوط پنج رقم افزایش قابل قبولی را از خود نشان دادند. تیمارهای مخلوط چهار و پنج رقم به ترتیب ۱۰ و ۳۱ درصد کاهش را نسبت به کشت خالص ارقام داشتند. تیمار کشت مخلوط پنج رقم به دلیل این که رقابت درون گونه‌ای این ارقام تا انتهای مرحله زایشی ادامه داشته و بیشترین تأثیر منفی را روی عملکرد دانه داشته است، ولی عملکرد بیولوژیک کشت مخلوط پنج رقم تولید بیشتری در مقایسه با کشت خالص همه ارقام داشتند، حال آنکه نتایج شاخص برداشت این تیمار نسبت به کلیه تیمارهای کشت خالص ارقام کمتر بود (شکل ۱). در آزمایش اثر میزان بذر و همچنین نسبت‌های مخلوط هیچ گونه تفاوت معنی‌داری از نظر شاخص برداشت نداشت، ولی معنی‌دار شدن اثر متقابل این دو عامل حاکی از روند متفاوت شاخص برداشت در نسبت‌های مختلف مخلوط با کاربرد تیمارهای متفاوت میزان بذر است (Nazeri et al., 2004).

بیشترین LER در تیمار مخلوط دو رقم با ۱/۴ و کمترین آن در تیمار مخلوط پنج رقم با ۰/۹ مشاهده شد. LER همه تیمارهای مخلوط به جز تیمار مخلوط پنج رقم بالاتر از یک بود که این نشان از برتری عملکرد اقتصادی در کشت مخلوط آن تیمارها نسبت به کشت خالص آنها داشت که البته در تیمار مخلوط پنج رقم کمتر از یک بود (شکل ۲). نسبت برابری زمین عملکرد دانه، در تیمار مخلوط دو رقم ۳۹ درصد، تیمار مخلوط سه رقم ۳۲ درصد و در تیمار مخلوط چهار رقم ۳۶ درصد افزایش نسبت به تیمارهای خالص مشاهده شد، در حالیکه تیمار مخلوط پنج رقم در حدود ۱۴ درصد کاهش نشان داد (شکل ۲). نتایج نشان داد که همه تیمارهای کشت مخلوط در عملکرد بیولوژیک LER بالاتر از یک داشتند که این خود نشان از برتری عملکرد بیولوژیک در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص می‌باشد (شکل ۲). طی آزمایشی برای بررسی تأثیر اختلاف دوران رشد گیاهی و مشخصات مرفولوژیکی روی عملکرد کشت مخلوط دو هیبرید ذرت (*Zea mays* L.) مشخص شد عملکرد مخلوط بیش از تک‌کشتی بوده و محاسبه نسبت برابری زمین نشان داد که میزان اضافه محصول حدود ۲۲ درصد بوده است. چرا که وقتی دو رقم با مشخصات متفاوت به صورت مخلوط کاشته می‌شود، از عوامل محیطی بیشتر استفاده می‌کنند. به طور کلی، در کشت مخلوط از طریق افزایش تنوع، شاهد بهبود کارایی استفاده از منابع در اکوسیستم‌های زراعی و در نهایت افزایش عملکرد خواهیم بود (Mazaheri et al., 2002).



شکل ۱- عملکرد دانه و بیولوژیک ارقام مختلف گندم در ترکیب‌های کشت مخلوط

Fig. 1- Grain and biological yield of different wheat cultivars in mixed cropping



شکل ۲- نسبت برابری زمین برای عملکرد دانه و بیولوژیک ارقام مختلف گندم در ترکیب‌های کشت مخلوط

Fig. 2- Land equivalent ratio for grain and biological yield of different wheat cultivars in mixed cropping

بر این اساس، کشت مخلوط ارقام گندم برکشت خالص یک رقم برتری داشت، ولی به منظور اخذ نتیجه مطلوب، بهتر است از اختلاط بیش از دو تا سه رقم خودداری شود.

منابع

1- Banik, P. 1996. Evaluation of wheat (*Triticum aestivum*) and legume intercropping under 1:1 and 2:1 row – replacement series system, Journal of Agronomy and Crop Science 176: 289-294.

2-Beheshti, A.R., Soltanian, B., and Sadrabadi, R. 2010. Investigation of density and different crop rates on grain and biological yield in intercropping of grain sorghum and bean. Iranian Journal of Field Crops Research 8: 1-11. (In Persian with English Summary)

3-Chapman, S. R., All ald, R.W., and Adams, J. 1989. Effect of planting rate and genotypic fregaency on yield and seed size in mixture of two wheat varieties. Crop Science 9: 575 -576.

4- Ehdaie, B., and Waines, J.G. 1993. Variation in Water- use efficiency and its components in wheat. Crop Science 33: 294-299.

5- Fischer, R.A., and Quail, K.J. 1990. The effect of major dwarfing genes on yield potential in spring wheats. Euphytica 46: 51-56.

6- Koocheki, A., and Zand, A. 1996. Ecological Perspective in Agriculture. Jihad Daneshgahi of Mashhad Publication, Iran 125 pp. (In Persian)

7- Lightfoot, C.W.F., and Tayler, R.S. 1987. Intercropping sorghum with cowpea in dryland farming system in Botswana. I. Field experiments and relative advantages of intercropping. Experimental of Agriculture 23: 425-434.
8- Litsinger, J.A., and Moody, K. 1983. Integrated pest management in multiple cropping system. In: Papendick, R.I., Sanchez. P.A and Triplett, G.B. (Eds). Multiple Cropping 293–316.
9-Martin, G.M., and Alexander, W.L. 1986. Intergenotypic competition in biblends of spring wheat. Canadaian Journal of Plant Science 66: 871-876.
10- Mazaheri, D., Pasari, B., and Peighambari, E. 2002. Study of growth analysis in mono culture and mixed cropping of soybean cultivars. Pajouhesh and Sazandegi 54: 37-54. (In Persian)
11- Mead, R., and Wiley, R.W. 1980. The concept of a land equivalent ratio and advantages in yields from intercropping. Experimental of Agriculture 16: 217- 228.
12- Nazeri, M., Beheshti, A., Zarefizabad, A., and Hashemi, H. 2004. Effect of mixed cropping with different seeding rate on yield and agronomic traits of wheat cultivars. Proceeding of 8th Congress of Agronomy and Plant Breeding, University of Guilan, Iran. (In Persian)
13- Ofosu – Budu, K.G., Noumura, K., and Fujita, K. 1995. N_2 fixation, N transfer and biomass production of soybean cv. Bragg or its supernodulating nts1007 and sorghum mixed–cropping at two rates of N fertilizer. Soil Biology and Biochemistry 27: 311-317.
14- Pandey, I.B., Bharati, V., and Mishra, S.S. 2003. Effect of maize (*Zea mays* L.) -based intercropping systems on maize yield and associated weeds under rainfed condition. Indian Journal of Agronomy 48: 30–33.
15- Rafey, A., and Prasad, N.K. 1992. Biological and economic feasibility of maize +pigeonpea intercropping system in dryland. Journal of Agricultural Science, Cambridge 62: 110-113.
16- Rashed Mohassel, M.H., and Toghi, H. 1988. Study on different growth stages and yield comparison of 15 wheat cultivars in dryland condition of Khorasan province. Proceeding of 1th Research Conference on Dryland Challenges, Mashhad, Iran. (In Persian)
17- Rejmanek, M., Robinson, G.R., and Rejmankova, E. 1989. Weed-crop competition: experimental design and models for data analysis. Weed Science 37: 276-284.
18- Richards, R.A. 1992. The effect of dwarfing genes in spring wheat in dry environments. I. Agronomic characteristic. Australian Journal of Agricultural Research 43: 517-522.
19- Sauke, H., and Ackermann, K. 2006. Weed suppression in mixed cropped grain peas and false flax (*Camelina sativa* L.). Weed Research 46: 453–461.
20- Tsubo, M., Walker, S., and Mukhala, E. 2001. Comparisons of radiation use efficiency of mono/intercropping system with different row orientation. Field Crops Research 71: 17-29.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۴، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۱، ص. ۱۵۸-۱۵۱

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 2, Summer 2012, p. 151-158

تجزیه و تحلیل مصرف انرژی در زراعت پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در استان گلستان به منظور ارائه راهکار جهت افزایش بهره‌وری منابع

منصوره احمدی[۱] و مجید آقاعلیخانی [۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۸/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۲/۲۰

چکیده

پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) گیاهی منحصر به فرد در زمینه تولید الیاف طبیعی است و علاوه بر تأمین مواد اولیه صنایع نساجی با تولید دانه روغنی سرشار از روغن و پروتئین، سهم قابل توجهی در تولید روغن خوراکی برای انسان و کنجاله پروتئینی برای دام داشته و به همین دلیل در اشتغال‌زائی بخش‌های کشاورزی، صنعت و بازرگانی نیز نقش مهمی ایفا می‌کند. به منظور تعیین سهم میزان مصرف انرژی مستقیم و غیرمستقیم اعم از سوخت‌های فسیلی، نیروی کارگری و ... در برآورد کارآیی مصرف انرژی در زراعت پنبه در استان گلستان که قطب زراعت پنبه ایران محسوب می‌شود، تحقیقی میدانی در سال ۱۳۸۹ انجام شد. اطلاعات لازم از طریق مصاحبه حضوری با ۲۳ کشاورز پنبه‌کار که سطح فعالیت آنها بین ۰/۵ تا ۵۰ هکتار بود و تکمیل پرسش‌نامه‌های فنی و تخصصی توسط محققین گردآوری شد. بر اساس تجزیه و تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده مقدار کارآیی مصرف انرژی در زراعت پنبه در استان گلستان ۱/۰۹۸۶ برآورد شد. نتایج نشان داد که سهم نهاده‌های مختلف در انرژی مصرفی در تولید پنبه استان متفاوت بود. سوخت تراکتور و سوخت موتور پمپ به ترتیب سهمی برابر با ۲۴ درصد و ۳۰ درصد را به خود اختصاص دادند و به طور کلی، ۵۴ درصد انرژی مصرفی در تولید پنبه مربوط به سوخت گازوییل بود. کودها با ۲۴ درصد و مواد شیمیایی با ۱۳درصد نیز به ترتیب رتبه دوم و سوم را در مصرف انرژی داشتند. برای افزایش بهره‌وری منابع آب، خاک و نهاده‌های شیمیایی و ارتقای کارآیی مصرف انرژی در زراعت پنبه در استان گلستان رعایت توصیه‌های فنی از قبیل ذخیره‌سازی مناسب سوخت، نگهداری و کاربرد صحیح ماشین آلات، بهبود عملیات زراعی و مدیریت کوددهی توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اقتصاد اکولوژیک، توسعه پایدار، کشاورزی کم نهاده، نباتات صنعتی

مقدمه

پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) یکی از گیاهان زراعی ارزشمند و دو منظوره صنعتی است که با تولید مرغوب‌ترین الیاف طبیعی و روغن خوراکی نقش مهمی در صنایع نساجی و روغن‌کشی دارد. پنبه دانه، منبع بسیار غنی از روغن و پروتئین است و در بازار جهانی در میان پنج دانه روغنی مهم یعنی سویا (*Glycine max* L.)، آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)، بادام زمینی (*Arachis hypogeae* L.)، و کلزا (*Brassica napus* L.) در مقام دوم قرار دارد. همچنین پنبه از مهم‌ترین محصولات کشاورزی است که با توجه به کاربرد آن در صنایع نساجی و روغن‌کشی، در اشتغال‌زائی بخش‌های کشاورزی، صنعت و بازرگانی نقش مهمی ایفا می‌کند. کمتر محصول کشاورزی از نظر قابلیت ایجاد ارزش افزوده و تنوع فرآورده‌ها، یارای برابری با پنبه را دارد.

بر طبق آمار فائو (FAO, 2009) چین، هند، آمریکا، پاکستان و ازبکستان بزرگ‌ترین تولیدکنندگان پنبه دانه در دنیا هستند. در ایران نیز کل میزان تولید پنبه‌دانه در سال ۲۰۰۹، معادل ۲۶۵۰۰۰ تن بوده است. در بین مناطق پنبه‌خیز در ایران، کشت این گیاه در استان گلستان دارای سابقه طولانی است و این استان در گذشته به دلیل کشت گسترده پنبه به پایتخت پنبه در کشور و جهان و سرزمین طلای سفید شهره بوده است. استان گلستان در محدوده منطقه معتدل شمالی بین ۳۶ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۴ دقیقه طول شرقی در بخش شمالی کشور واقع شده است (شکل ۱).

با توجه به شرایط اقلیمی، این استان از قدیم‌الایام در تولید پنبه جایگاه ویژه‌ای داشته و به همین دلیل مهم‌ترین مراکز تحقیقات به‌زراعی و به‌نژادی پنبه و همچنین مؤسسه تحقیقات پنبه نیز در این استان واقع شده است.

۱ و ۲ – به ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار گروه زراعت دانشگاه تربیت مدرس
(*- نویسنده مسئول: E-mail: maghaalikhani@modares.ac.ir)

شکل ۱- نقشه استان گلستان

Fig. 1- The map of Golestan province

شایان ذکر است که پنبه تولیدی در استان گلستان بـه دلیـل دارا بودن طول تار موثر بالا، میکرونری یـا ظرافـت مناسـب و مقاومـت و کشش و یکنواختی بالا جزو مرغوب‌ترین پنبه الیاف متوسط مایـل بـه بلند در جهان به‌شمار می‌رود.

مطالعات نشان داده‌اند که طی پنج دهه اخیـر مصـرف انـرژی در کشاورزی شدیداً افزایش پیدا کرده و کشاورزی مدرن در زمینه انـرژی بسـیار پرمصـرف شـده اسـت. بیشـتر انـرژی مصـرفی بـرای تولیـد محصولات کشاورزی بدلیل استفاده از نهاده‌هـایی ماننـد ماشـن‌آلات، سوخت‌های فسیلی، کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها است که اسـتفاده نامناسب از این نهاده‌ها ضمن پایین آوردن کارآیی مصرف انـرژی[1] در تولید، باعث ایجاد مشکلاتی برای سلامتی انسان و محیط زیست نیـز می‌شود. امروزه کشاورزان انرژی بیشتری مصرف می‌کنند تا عملکـرد محصول خود را افزایش دهند، اما بدلیل دانش ناکافی و عدم مدیریت مناسب در مصرف نهاده‌های انرژی، به موفقیتی دست پیدا نمی‌کنند.

تجزیه و تحلیل اقتصادی تولید محصـولات زراعـی بـا اتکـاء بـه دیدگاه‌های بوم‌شناختی، مصرف انرژی و اقتصـاد اکولوژیـک یکـی از روش‌های مناسب برای شناخت علل افزایش یا رکود سطح زیر کشت محصولات در یک منطقه خاص می‌باشد. علاوه بر ایـن بـا تجزیـه و تحلیل مصرف انرژی و تعیین سهم هر یک از انـرژی‌هـای فسـیلی و تجدید شونده که به طور مستقیم یـا غیرمسـتقیم در تولیـد محصـول زراعی نقش دارند می‌توان روش‌های افزایش کارآیی و بهره‌وری منابع آب و خاک و نهاده‌های شیمیایی و امکان استقرار یک سیسـتم تولیـد بوم سازگار را بررسی نمود.

تحقیقات زیادی در سراسر دنیا برای برآورد کارآیی مصرف انرژی و تعیین گلوگاه‌هـای مصـرف انـرژی در گیاهـان مختلـف، شـرایط و سیستم‌های کشت متفاوت انجام شده است. بنا به گزارش داغسـتان و همکاران (Dagistan et al., 2009) کارآیی مصرف انرژی در تولیـد پنبه در ترکیه ۲/۳۶ برآورد شده است. در این مطالعه مهم‌ترین نهاده-های انرژی‌بر به ترتیـب، کـود نیتـروژن (۴۰/۲۸ درصـد)، آب آبیـاری (۲۲/۳۷ درصد) و گازوئیل (۱۷/۰۴ درصد) معرفی شده‌اند. پنبه در بین گیاهانی ماننـد گنـدم (*Triticum aestivum* L.)، ذرت (*Zea mays* L.)، خردل سـفید (*Sinapis alba* L.)، پنبـه و لوبیـا (*Phaseolus vulgaris* L.) بیشترین میزان مصرف انـرژی را بـه خـود اختصـاص می‌دهد (Singh, 2002). در تحقیقی دیگر، کارآیی مصرف انـرژی در تولید پنبـه در منطقـه‌ای دیگـر از ترکیـه ۰/۷۴ گـزارش شـده اسـت (Yilmaz et al., 2005). بر اساس این تحقیق سـوخت گازوئیـل بـا ۳۱/۱ درصد، کودهای شیمیایی بـا ۲۸/۹۷ درصـد و ماشـین آلات بـا ۲۶/۵۶ درصد به ترتیب بیشترین سهم را در مصـرف انـرژی در تولیـد پنبه داشتند. یالدیز و همکاران (Yaldiz, 1993) از کودها و آبیاری به عنوان مهم‌ترین گلوگاه‌های مصرف انرژی در تولید پنبـه یـاد کردنـد. بنا بـه گـزارش اردال و همکـاران (Erdal et al., 2007) مقـدار کـل انرژی مصرفی در تولید چغندرقند ۳۹۶۸۵/۵۱ مگاژول در هکتار بـوده که ۴۹/۳۳ و ۲۴/۱۶ درصد آن به ترتیب مربوط بـه کودهـا و سـوخت بوده است. در این تحقیق نسبت ستانده به نهـاده نیـز ۲/۵۷۵ بـرآورد شد. در تحقیقی دیگر، میزان کارآیی مصرف انرژی در تولید جـو ۲/۸۶ بـرآورد شـد (Ghasemi Mobtaker, 2010). زارع فـیض‌آبـادی و همکاران (Zarefeizabadi et al., 2010) با بررسی تأثیر مدیریت اکولوژیکی کنترل علف‌های هرز بر درآمد اقتصادی، عملکرد و اجـزای عملکرد پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) بیان نمودند تیمارهای دارای وجین دستی همراه با هرس باعث کاهش تراکم و زیست تـوده علف‌های هرز به ترتیب برابر با ۸۰ و ۹۸ درصد شد. بیشترین عملکرد وش و بالاترین هزینه در این آزمایش برای تیمار کنترل کامل علـف-های هرز و وجـین دسـتی + هـرس + سـوزاندن علـف‌هـای هـرز و کمترین درآمد خالص و عملکرد برای شاهد حاصل شد. آنها بـا توجـه

1- EUE= Energy Use Efficiency

به نتایج، تیمار وجین دستی + هرس + سوزاندن را بهترین روش برای کنترل علف‌های هرز معرفی نمودند.

در حال حاضر به دلیل بحران انرژی در جهان، ضرورت مطالعه بیشتر درباره گلوگاه‌های مصرف انرژی و یافتن راهکارهایی برای مصرف هدفمند انرژی بیشتر احساس می‌شود. از این‌رو، با توجه به جایگاه پنبه در جهان و با توجه به موقعیت ممتاز استان گلستان در تولید این محصول راهبردی، شناخت نهاده‌های مختلف انرژی و برآورد کارآیی مصرف انرژی در این محصول یکی از زمینه‌های تحقیقاتی ضروری است که می‌تواند زمینه‌ساز ارایه راهکارهای مدیریتی و بهینه‌سازی مصرف انرژی در این محصول باشد. اهداف اصلی در این تحقیق شامل تعیین کارآیی مصرف انرژی در تولید پنبه در استان گلستان، تعیین سهم نهاده‌های مختلف در مصرف انرژی در تولید پنبه در استان گلستان و ارائه راهکارهای فنی و به‌زراعی برای پایین آوردن مصرف انرژی و افزایش بهره‌وری مصرف نهاده‌های آب، خاک و نهاده‌های شیمیایی در تولید پنبه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری اطلاعات درباره نوع، تعداد و حجم فعالیت‌های متداول در کشت و کار پنبه در استان گلستان، از طریق مصاحبه حضوری با ۲۳ کشاورز پنبه‌کار و تکمیل پرسش‌نامه‌های فنی و تخصصی توسط محققین صورت گرفت. سطح فعالیت کشاورزان منتخب در این تحقیق بین نیم تا ۵۰ هکتار و به طور متوسط ۷/۵ هکتار بود. در این مصاحبه درباره تمامی اقدامات صورت‌گرفته طی مراحل آماده‌سازی مزرعه، کاشت، داشت و برداشت پنبه اعم از نوع عملیات، ابزار مورد استفاده، تعداد دفعات، زمان و میزان سوخت مصرفی برای هر عملیات پرسش‌هایی از کشاورزان به عمل آمد و با توجه به معادل‌های انرژی (جدول ۱)، میزان نهاده انرژی مصرفی برای هر فعالیت در سطح یک هکتار پنبه‌کاری برآورد گردید. علاوه بر این به منظور برآورد کارآیی مصرف انرژی، اطلاعات مربوط به میزان عملکرد در هکتار (ستانده) هر مزرعه نیز جمع‌آوری شد. کلیه داده‌ها در صفحات گسترده برنامه Excel وارد شده و محاسبات لازم انجام گردید. بدین منظور، میانگین کل تعداد ساعت کار نیروی انسانی، کل سوخت مصرفی موتور پمپ، کل سوخت مصرفی تراکتور، تعداد ساعت کار تراکتور، مقدار بذر مصرفی برای کاشت، حجم آب آبیاری، مقدار کود نیتروژن، فسفر، پتاس و کودمایع مصرف شده، میزان علف‌کش، آفت‌کش و هورمون برگ‌ریز[1] مصرفی برای یک هکتار محاسبه گردید. سپس بر اساس معادل‌های انرژی مربوط به نهاده‌ها، جدول (۱)، این داده‌ها به انرژی تبدیل شدند. کارآیی مصرف انرژی با استفاده از معادله یک محاسبه شد (Koocheki & Hosseini,1994):

$$\text{کارآیی مصرف انرژی} = \frac{\text{معادل انرژی ستانده}}{\text{انرژی مصرفی در ساخت و کاربرد نهاده‌ها}}$$

معادله (۱)

جدول ۱- معادل‌های انرژی نهاده‌ها و ستانده در تولید پنبه (با اقتباس از اردال و همکاران (Erdal et al., 2007))

Table 1- Energy equivalents of inputs and output in cotton production (based on values from Erdal et al., 2007)

عنوان Energy source	واحد Unit	معادل انرژی (مگاژول در واحد) Energy equivalent (MJ. unit^{-1})
نهاده‌ها .الف A. Inputs		
نیروی انسانی Human labor	h	2.153
ماشین‌آلات Machinery	h	62.7
سوخت ماشین‌آلات Diesel fuel	L	52.055
سوخت پمپ آبیاری Diesel for irrigation pump	L	52.055
کودها Fertilizers		
نیتروژن(N) Nitrogen	kg	58.106
فسفر(P_2O_5) Phosphate (P_2O_5)	kg	13.971
پتاسیم(K_2O) Potassium (K_2O)	kg	7.947
کودمایع حاوی عناصرکم مصرف Micro elements	L	120.000
مواد شیمیایی Chemicals	kg	
علف‌کش Herbicide	L	267.667
آفت‌کش Insecticide	L	199.733
برگ‌ریز Defoliant	L	120.000
آب آبیاری Water for irrigation	m^3	0.630
ستانده .ب B. Output		
عملکرد Output	kg	11.8

1- Defoliant

نتایج و بحث

خلاصه محاسبات مربوط به مقادیر هر یک از نهاده‌های مصرفی در واحد سطح (هکتار) و میزان انرژی (مگاژول در هکتار) معادل آن‌ها که در زراعت پنبه استان گلستان بکار می‌رود در جدول دو نشان داده شده است. بر این اساس نهاده‌ها شامل نیروی انسانی، ماشین‌آلات، سوخت ماشین‌آلات، سوخت موتور پمپ آبیاری، کودها، سموم شیمیایی و آب آبیاری می‌باشد. کل میزان انرژی مصرفی از طریق بکارگیری نهاده‌های مختلف، برابر با ۳۱۹۰۴/۹۴ مگاژول در هکتار بود. با توجه به متوسط عملکرد وش در استان گلستان (۲۹۷۰/۶۵۲ کیلوگرم در هکتار) و طبق جدول شماره یک که هر کیلوگرم وش معادل ۱۱/۸ مگاژول انرژی در نظر گرفته می‌شود، کل انرژی تولیدی حاصل از عملکرد (ستانده) معادل ۳۵۰۵۳/۶۹۳ مگاژول در هکتار برآورد می‌شود.

سهم هر کدام از نهاده‌ها از کل انرژی مصرفی در تولید پنبه متفاوت بود. همان‌طور که در شکل دو نشان داده شده، سوخت تراکتور و سوخت موتور پمپ به ترتیب سهمی برابر با ۲۴ درصد و ۳۰ درصد از مصرف انرژی برای تولید پنبه در استان گلستان را به خود اختصاص دادند. بنابراین، به طور کلی ۵۴ درصد انرژی مصرفی برای تولید پنبه مربوط به سوخت گازوییل بود. کودها با ۲۴ درصد و مواد شیمیایی با ۱۳ درصد نیز به ترتیب رتبه دوم و سوم را در مصرف انرژی داشتند.

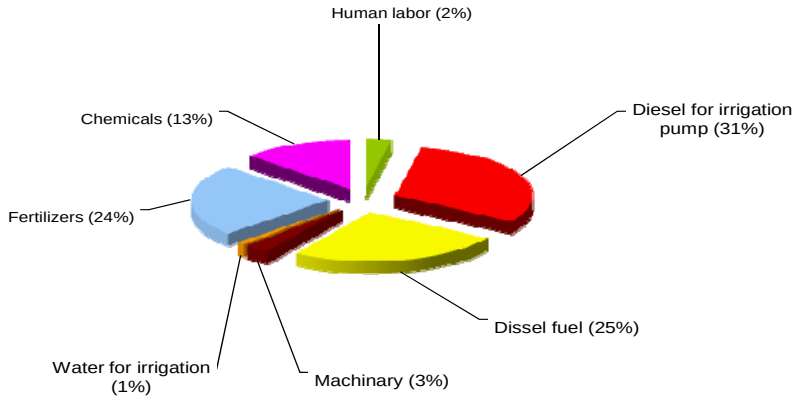
جدول ۲- میانگین مقدار نهاده‌ها و ستانده در تولید پنبه استان گلستان*

Table 2- Mean amounts of inputs and output in cotton production in Golestan province *

نهاده‌ها (واحد) Inputs (unit)	مقدار در واحد سطح (هکتار) Quantity per unit area (ha)	معادل انرژی کل (مگاژول در هکتار) Total energy equivalent ($MJ.ha^{-1}$)	درصد Percentage
نهاده‌ها (الف A) Inputs			
نیروی انسانی (ساعت) Human labor (h)	432.57	931.33	3
ماشین‌آلات (ساعت) Machinery (h)	15.83	992.72	3
سوخت ماشین‌آلات (لیتر) Diesel fuel (l)	145.6	7579.208	25
سوخت موتور پمپ آبیاری (لیتر) Diesel for irrigation pump (l)	182.867	9519.14	31
نیتروژن (N) (کیلوگرم) Nitrogen (kg)	71.09	4130.75	13
فسفر (P_2O_5) (کیلوگرم) Phosphate (P_2O_5) (kg)	100	1397.1	5
پتاسیم (K_2O) (کیلوگرم) Potassium (K_2O) (kg)	162.5	1291.387	4
کود مایع حاوی عناصرکم مصرف (لیتر) Micro elements (l)	5.8	696	2
مواد شیمیایی (کیلوگرم) Chemicals (kg)	19.757	3926.258	13
آب آبیاری (مترمکعب) Water for irrigation (m^3)	700	441	1
کل انرژی نهاده‌ها (مگاژول درهکتار) Total energy input ($MJ. ha^{-1}$)		31904.9413	100
ستانده (ب B) Output			
عملکرد (کیلوگرم) Yield (kg)	2970.652	35053.6936	

* محاسبات با استناد به عملیات زراعی انجام شده در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ صورت گرفته است.

*Calculations performed considering agricultural operations during 2009-2010 growing season.



شکل ۲- سهم هر یک از نهاده‌ها در مصرف انرژی در تولید پنبه استان گلستان

Fig. 2- The share of total mean energy inputs of cotton production in Golestan province

از آن‌جا که سایر نهاده‌ها شامل نیروی انسانی، ماشین‌آلات، بذر و آب آبیاری در مجموع ده درصد از مصرف انرژی برای تولید پنبه را شامل شدند، می‌توان اذعان داشت که این چهار عامل نسبت به دو نهاده سوخت و کودها سهم کوچکتری در انرژی مصرفی برای تولید پنبه داشتند.

جدول ۳ نشان می‌دهد که از کل انرژی که برای تولید پنبه مصرف شده است، ۶۰ درصد آن (۱۸۴۷۰/۶۸۴ مگاژول در هکتار) به طور مستقیم برای نیروی انسانی، سوخت موتور پمپ، سوخت ماشین‌آلات و آب آبیاری مصرف شده است، در حالی که ۴۰ درصد دیگر آن هم به طور غیرمستقیم و از طریق بکارگیری کودها و مواد شیمیایی مصرف گردیده است. به عبارت دیگر، ۱۲۴۴۱/۵۲۸ مگاژول در هکتار از انرژی مصرفی مربوط به کاربرد کودها و سموم شیمیایی بوده است. همچنین این جدول بیانگر آن است که ۹۶ درصد از انرژی مصرفی در تولید پنبه از منابع غیر قابل تجدید (سوخت‌های فسیلی) تامین می‌گردد. در واقع انرژی که به صورت سوخت موتور پمپ، سوخت ماشین آلات، کودها و مواد شیمیایی مصرف می‌شود، همگی از منابع غیرقابل تجدید تامین می‌شوند. نتایج تحقیقات قاسمی مبتکر و همکاران (Ghasemi Mobtaker et al., 2010) نشان داد که کل انرژی مصرفی برای بکارگیری نهاده‌ها در تولید جو، حدود ۲۵۰۲۷ مگاژول در هکتار و سهم انرژی غیرقابل تجدید و تجدیدشونده به ترتیب برابر با ۶۶ و ۳۴ درصد بود. اردال و همکاران (Erdal et al., 2007) نیز نشان دادند که ۸۲ درصد انرژی بکار گرفته شده در تولید چغندرقند از نوع غیرقابل تجدید بوده و تنها ۱۲ درصد آن تجدیدپذیر است.

جدول۳- تقسیم‌بندی نوع انرژی مصرفی در تولید پنبه استان گلستان (۱۳۸۹)

Table 3- Classification of forms for consumed energy of cotton production in Golestan province (2010)

درصد از کل انرژی Percentage from total energy	انرژی مصرفی (مگاژول در هکتار) Consumed energy ($MJ.ha^{-1}$)	عنوان Item
60	18470.684	انرژی مستقیم[۱] Direct energy[1]
40	12441.528	انرژی غیرمستقیم[۲] Indirect energy[2]
4	1372.334	انرژی تجدید شونده[۳] Renewable energy[3]
96	29532.606	انرژی غیر قابل تجدید[۴] Non-renewable energy[4]

۱. انرژی مستقیم شامل: نیروی انسانی، سوخت موتور پمپ، سوخت ماشین‌آلات و آب آبیاری

1. Direct energy includes human labor, diesel oil, electricity and water for irrigation.

۲. انرژی غیرمستقیم شامل: کودها و مواد شیمیایی

2. Indirect energy includes fertilizers, chemical and machinery.

۳. انرژی تجدیدپذیر شامل: نیروی انسانی و آب آبیاری

3. Renewable energy includes human labor and water for irrigation

۴. انرژی غیرقابل تجدید شامل: سوخت موتور پمپ، سوخت ماشین آلات، کودها و مواد شیمیایی

4. Non-renewable energy includes diesel oil, chemical, fertilizers, machinery and electricity.

کارآیی مصرف انرژی

با تقسیم کل انرژی حاصل از عملکرد (۳۵۰۵۳/۶۹۳ مگاژول در هکتار) بر کل انرژی مصرف شده در بکارگیری نهاده‌ها (۳۱۹۰۴/۹۴ مگاژول در هکتار) میزان کارآیی مصرف انرژی ۱/۰۹۸ به‌دست آمد. این عدد بیانگر آن است که در استان گلستان تقریباً به همان اندازه که انرژی در قالب محصول از مزرعه ستانده می شود، برای حصول این عملکرد، نزدیک به همان اندازه باید انرژی هزینه شود. با توجه به این بهره‌وری انرژی چند نکته قابل تأمل می‌باشد. اول اینکه پنبه گیاهی با فصل رشد بسیار طولانی (حدود نه ماه) است و طولانی بودن فصل رشد، دوره مراقبت طولانی‌تری را نیز می‌طلبد. با طولانی شدن فصل رشد تعداد دفعات سمپاشی، تعداد دور آبیاری و دوره کنترل علف‌های هرز بیشتر می‌شود که مسلماً همه آن‌ها نیاز به مصرف انرژی دارند. از طرف دیگر دوری مزارع از منابع آب باعث می‌شود که از ۲۰-۱۲ ساعت قبل از اینکه آب به مزرعه مورد نظر برسد موتور پمپ روشن شود و کار کند. عدم کارآیی مناسب موتور پمپ آبیاری از یک سو و پایین بودن کارآیی انتقال به دلیل نفوذ عمقی و تبخیر آب از سوی دیگر باعث مصرف بیش از حد مطلوب سوخت برای آبیاری می‌شود. شکل دو نیز به خوبی نشان می‌دهد که سوخت موتور پمپ آبیاری بیشترین سهم را از کل انرژی مصرفی برای تولید پنبه دارد.

محققان دیگر نیز مقادیر متفاوتی را برای کارآیی مصرف انرژی در مناطق و گیاهان مختلف گزارش کرده‌اند. داغستان و همکاران (Dagistan et al., 2009) اعلام کردند که کارآیی مصرف انرژی در تولید پنبه در ترکیه ۲/۳۶ است. در حالی که یلماز و همکاران (Yilmaz et al., 2005) کارآیی مصرف انرژی در تولید پنبه در منطقه ای دیگر از این کشور را ۰/۷۴ گزارش کردند. شیخ داوودی و هوشیار (Sheikh Davoodi & Houshyar, 2009) کارآیی مصرف انرژی در تولید کلزا و آفتابگردان در ایران را به ترتیب ۲/۹ و ۲/۱۷ برآورد کردند. یوناکیتان و همکاران (Unakitan et al., 2010) نیز متوسط کارآیی مصرف انرژی در مزارع کلزا با اندازه های مختلف را ۴/۶۸ اعلام کردند. زارع فیض‌آبادی و همکاران (Zarefeizabadi et al., 2010) نیز گزارش نمودند که وجین دستی همراه با هرس باعث کاهش تراکم و زیست توده علف‌های هرز در پنبه شد که این امر بهبود کارایی انرژی را به دنبال داشت.

راهکارهایی برای بهبود کارآیی مصرف انرژی در پنبه

برای افزایش کارآیی مصرف انرژی دو راهکار کلی قابل تصور است: افزایش ستانده‌ها شامل عملکرد الیاف و پنبه‌دانه و کاهش منطقی نهاده‌ها، به طوری که دستیابی به عملکرد قابل قبول را مختل نسازد. به این ترتیب با رعایت برخی نکات فنی و توصیه‌های به‌زراعی در عملیات کاشت، داشت و برداشت محصول به شرح زیر می‌توان بهینه‌سازی مصرف انرژی در زراعت پنبه را مدنظر قرار داد.

رعایت دقیق دستورالعمل‌های فنی در عملیات زراعی موجب افزایش عملکرد و در نتیجه بهبود کارایی مصرف انرژی در پنبه خواهد شد. این دستور العمل‌ها شامل آماده سازی زمین، انتخاب ارقام تجاری مناسب برای مناطق پنبه‌کاری کشور، مصرف سموم علفکش قبل از کاشت و ضد عفونی بذر، رعایت توصیه کودی برای نوع، زمان، مقدار و روش مصرف کودهای شیمیایی و آلی، کاشت در زمان مطلوب، مصرف مقدار مناسب بذر و تراکم مطلوب بوته، وجین و کنترل علف‌های هرز و مبارزه با آفات پنبه در طول فصل زراعی، مدیریت آبیاری، سرزنی[1] پنبه و مصرف مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی، رعایت زمان و روش دقیق برداشت دستی و مکانیزه می‌باشد.

راهکار پیشنهادی دیگری که برای بالابردن کارآیی مصرف انرژی می‌تواند مفید باشد، نشاءکاری پنبه است. موفقیت در نشاءکاری پنبه، امکان صرفه‌جویی در مصرف بذر، حذف عملیات تنک، استفاده از نشاء در واکاری و استفاده بهینه از منابع محدود آب در زمان تداخل آبیاری‌های بهاره در مزارع مجاور را فراهم خواهد نمود. ابوزید و همکارن (Abou-zeid et al., 1997) به این نتیجه رسیدند که نشاءکاری در مقایسه با کشت مستقیم بذر عملکرد پنبه را افزایش داده است. از طرف دیگر با توجه به طولانی بودن طول دوره رشد پنبه، نشاءکاری آن در تناوب یکساله با غلات پاییزه، باعث افزایش بهره‌وری از زمین خواهد شد. تحقیقات مختلف نشان داده‌اند که نشاءکاری بویژه در مواردی که بدلیل بکارگیری تناوب یکساله پنبه و غلات پاییزه، کشت پنبه به تأخیر می‌افتد، می‌تواند مفید باشد. چوی و همکاران (Choi et al., 1992) گزارش کردند که نشاءکاری پنبه پس از برداشت جو در تاریخ ۱۰ ژوئن (۲۰ خرداد-کشت دیر هنگام) عملکرد پنبه را در مقایسه با کشت مستقیم بذر در همان تاریخ افزایش داد، اما در کشت اول می (۱۱ اردیبهشت-کشت به موقع) عملکرد حاصل از نشاءکاری و کشت مستقیم مشابه بود. طهماسبی سروستانی و همکاران (Tahmasebi Sarvestani et al., 2000) نیز نشان دادند که در اراضی شور نشاءکاری پنبه در کشت دیر هنگام برای زودرسی محصول مناسب‌تر از کشت مستقیم بود.

راهکارهای مصرف بهینه انرژی شامل روش‌های مدیریتی کوتاه مدت و دراز مدت می‌باشد. علاوه بر آن، تلفیق استفاده از تجهیزات کارآمدتر و بکارگیری فناوری روز با عملیات زراعی با کارایی انرژی بالاتر برای تولید گیاهان زراعی و استفاده از منابع انرژی جایگزین و یا تجدید شونده به منظور کاهش وابستگی به انرژی سوخت‌های فسیلی نیز پیشنهاد می‌شود. از میان راهکارهای مدیریتی دراز مدت می‌توان،

1- Topping

بکارگیری دستاوردهایی نظیر تجهیزاتی با کارایی انرژی بالاتر، تغییر عملیات زراعی در جهت ثبات و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی، اتخاذ عملیات کشاورزی دقیق (مانند خلبان خودکار، کنترل خودکار بوم سمپاش و کنترل ردیفکار)، کالیبراسیون دقیق و مناسب در مورد مصرف کودها و آفت‌کش‌ها را برشمرد و از این طریق با کاهش مصرف نهاده‌ها بدون اثر منفی بر ستانده‌ها بهبود کارآیی مصرف انرژی را مدنظر قرار داد.

از گروه برنامه‌های مدیریتی کوتاه مدت نیز به نظر می‌رسد، با کاهش مصرف سوخت، تغییر عملیات شخم، کاهش مصرف کود و مدیریت مناسب کوددهی می‌توانند در کاهش مصرف انرژی نقش داشته باشند.

همان‌طور که می‌دانیم بسیاری از عملیات آماده‌سازی زمین، کاشت، داشت (کودپاشی، کاربرد سموم دفع آفات و امراض گیاهی) به طور مکانیزه و با استفاده از ادوات کششی انجام می‌شود. از این‌رو مصرف سوخت یکی از نهاده‌های اصلی است که موجب افزایش انرژی‌های ورودی به سیستم می‌شود. به این ترتیب، رعایت نکاتی به شرح زیر که منجر به کاهش مصرف سوخت در اجرای عملیات فوق‌الذکر گردد، در افزایش کارآیی انرژی مؤثر است.

الف- ذخیره‌سازی مناسب سوخت:

تانکرهای ذخیره سوخت می‌توانند مقادیر قابل توجهی سوخت بواسطه تبخیر و نشت از دست بدهند. برای کاهش مقدار این سوخت مصرفی بواسطه عملیات ذخیره‌سازی می توان مدیریت‌های زیر را اعمال کرد:

۱- نگهداری مخازن سوخت در سایه و دور از آفتاب،
۲- استفاده از تانک‌های آلومینیومی با رنگ‌های روشن (بویژه سفید) برای انعکاس گرمای خورشید،
۳- استفاده از درپوش‌های خلأ[1] به جای استفاده از درپوش‌های عادی،
۴- سرکشی مرتب و اطمینان از بسته بودن درب مخازن برای جلوگیری از نشت احتمالی.

ب- نگهداری و کاربرد صحیح ماشین آلات:

۱- استفاده از سوخت دیزل مناسب، استفاده از سوخت دیزل مناسب هر وسیله باعث صرفه‌جویی در مصرف سوخت بویژه در دراز-مدت خواهد شد.

۲- نصب یک گرم‌کننده الکتریکی و زمان دار روی ماشین آلات در مناطق سردسیر یا فصول سرد، نصب چنین وسیله‌ای باعث گرم کردن موتور وسیله مورد نظر در زمان کمتر و صرف انرژی کمتر خواهد شد.

۳- اطمینان از کارکرد مناسب ترموستات، کار کرد مناسب ترموستات باعث صرفه جویی در مصرف سوخت می‌شود.

۴- کاهش روشن بودن بی‌مورد موتور، تخمین زده شده که این موضوع ۱۵ تا ۲۰ درصد از کل سوخت مصرفی را دربر دارد.

۵- کاهش رفت و آمد غیرضروری و سرعت مناسب تراکتور و یا وسیله نقلیه هنگام کار،

۶- تعمیر و نگهداری بموقع، تعمیر به موقع باعث کاهش مصرف سوخت و استهلاک می‌شود.

۷- اطمینان از سالم بودن و محکم بودن درب مخزن سوخت،

۸- استفاده از تراکتور، متناسب با قدرت موتور آن،

۹- کاهش بار اضافی از روی تراکتور و اجتناب از گذاردن بارهای سنگین و غیرضروری روی وسیله نقلیه،

۱۰- تنظیم باد تایر،

۱۱- تنظیم میزان لغزش تایر، میزان لغزش تایر بایستی بین ۵ تا ۱۰ درصد باشد، در این صورت مصرف سوخت مناسب بوده و موجب کاهش استهلاک و کاهش فشردگی خاک می‌گردد.

۱۲- دنده‌دهی و سرعت کم، مطالعات نشان داد که میزان بار کششی روی تراکتور بایستی فقط به میزان ۵۰ درصد ظرفیت کششی تراکتور باشد.

۱۳- تنظیم مناسب و دقیق تراکتور،

۱۴- تناسب ابزار آلات با نوع کاری که قادر به انجام آن هستند، بطور مثال عدم استفاده از صفحات کوچک یا خیلی بزرگ در دیسک‌ها برای انجام شخم در مزرعه و یا از ماشین آلات با حداکثر ظرفیت برای بذر پاشی، سم پاشی و یا جمع آوری محصول برای کاهش تعداد رفت و آمد در مزرعه استفاده شود.

ج- بهبود عملیات زراعی:

یکی از مهم‌ترین عملیات زراعی که به طور گسترده در مزارع انجام می‌شود و سهم زیادی از مصرف انرژی مستقیم را به خود اختصاص می‌دهد عملیات شخم است. خاک‌ورزی حفاظتی سیستم شخم قابل اجرا برای کاهش مصرف سوخت است و روش‌های متنوعی از قبیل سیستم بدون شخم، کاشت پشته‌ای[2] و کاشت در مالچ را شامل می‌شود.

د- مدیریت کوددهی:

به منظور کاهش میزان مصرف انرژی بصورت نهاده کودی بطور

1 - Pressure-relief

2- Ridge-till

مستقیم در مزرعه چندین راهکار عمده بـه شـرح زیـر پیشـنهاد شـده است:

۱ – مدیریت عناصر غذایی در راستای قرارگیـری کـود بیشـتر در اختیار گیاه هدف، شامل جایگذاری نواری کودها در امتداد ردیف‌هـای کشت، کاربرد محلول‌پاشی کودها روی شاخ و برگ گیاهـان زراعـی و یا در محیط فعالیـت ریشـه گیـاه، کـوددهی در زمـان نیـاز و مراحـل فنولوژیک ویژه در گیاه،

۲- اصلاح و انتخاب گیاهانی با نیاز کودی کمتر،

۳- مدیریت مصرف کود با نمونه‌گیری از خـاک قبـل از کشـت و نمونه‌گیری از گیاه بعد از کشت به منظور کاهش تلفات کودی،

۴- استفاده از بازدارنده‌های نیتریفیکاسیون و تجزیه اوره در خاک،

۵- جایگزینی کودهای شیمیایی با منابع ارگانیک.

انتظار می‌رود با بکارگیری راهکارهای فوق‌الذکر مصـرف سـوخت در مزارع کشت پنبه کاهش یابد و ضمن ممانعـت از هـدرروی منـابع انرژی و حفظ این منابع برای آینـدگان، زمینـه حصـول درآمـد بیشـتر برای کشاورزان نیز فراهم گردد و از این رهگذر انگیزه‌ای برای رونـق هر چه بیشتر کشت و کار این گیاه راهبردی و مهم در کشـور فـراهم گردد.

سپاسگزاری

از همکاری صمیمانه آقای مهندس اسفندیاری‌پور، کارشناس پنبه سـازمان جهـاد کشـاورزی اسـتان گلسـتان بـرای مقایسـه و تطبیـق اطلاعات جمع‌آوری شده از پنبه‌کـاران همچنـین از همکـاری آقایـان مهندس یزدانپرست، مهنـدس حسـینی، مهنـدس دلیجـه و مهنـدس قائمی تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1- Koocheki, A., and Hosseini, M. 1999. Energy Efficiency in Agricultural Ecosystems. Ferdowsi University Publication, Iran. 317 pp. (In Persian)

2- Abou-zeid, M.K., Bishr, M.A., and El-tabbakh, S.S. 1997. Future of Egyption cotton producing in the new desert land of Egypt I. Effect of planting dates and cultivars on cotton yield and quality. Alexandria Journal of Agricultural Research 42: 49-62.

3- Choi, B.H., Kac, B.M., and Chung, K.Y. 1992. Optimum transplanting date, fertilizer application rate and planting density for upland cotton. Korean Journal of Crop Science 37: 217-223.

4- Dagistan, E., Akcaoz, H., Demirtas, B., and Yilmaz, Y. 2009. Energy usage and benefit-cost analysis of cotton production in Turkey. African Journal of Agricultural Research 4(7): 599-604.

5- Erdal, G., Esengun, K., Erdal, H., and Gunduz, O. 2007. Energy use and economical analysis of suger beet production in Tokat province of Turkey. Energy 32: 35-41.

6- Ghasemi Mobtaker, H., Keyhani, A., Mohammadi, A., Rafiee, S., and Akram, A. 2010. Sensitivity analysis of energy inputs for barley production in Hamedan on Iran. Agriculture, Ecosystems and Environment 137: 367-372.

7- Sheikh Davoodi. M.J., and Houshyar, E. 2009. Energy consumption of canola and sunflower production in Iran. American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science 6(4): 381-384.

8- Singh J.M. 2002. On farm energy use pattern in different cropping systems in Haryana, India. Germany: Int. Inst. of Management, University of Flensburg, Master of Science Thesis, Germany.

9- Tahmasebi Sarvestani, Z., Kordi, M., Nemati, N., and Baniani, A. 2000. Evaluation of Cotton transplanting in saline soils. Iranian Journal of Crop Sciences 2(4): 57-66. (In Persian with English Summary)

10- Unakitan. G., Hurma, H., and Yilmaz, F. 2010. An analysis of energy use efficiency of canola production in Turkey. Energy 35: 3623-3627.

11- Yaldiz. O., Ozturk, H.H., Zeren, Y., and Bascetincelik, A. 1993. Energy use in field crops of Turkey. 5th International Congress of Agricultural Machinery and Energy, 12-14 October 1993, Kusadası Turkey.

12- Yilmaz, I., Akcaoz, H., and Ozkan, B. 2005. An analysis of energy use and input costs for cotton production in Turkey. Renewable Energy 30: 145-155.

13- Zarefeizabadi, A., Sareban, G., and Khazaei, H. 2010. Effect of ecological management of weed control on economical income, yield and yield components of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Agroecology 2(1): 37-44. (In Persian with English Summary)

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۴، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۱، ص. ۱۶۹-۱۵۹

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 2, Summer 2012, p. 159-169

ارزیابی بودجهٔ انرژی و بهره‌وری آن در مزارع تولید سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) استان کردستان، مطالعه موردی: دشت دهگلان

فرزاد حسین پناهی[1*] و محمد کافی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۶/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۲/۲۰

چکیده

به منظور مقایسهٔ مزارع تولید تجاری و سنتی سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) استان کردستان از نظر جنبه‌های مختلف مصرف انرژی مطالعه‌ای طی سال‌های زراعی ۸۷-۱۳۸۶ و ۸۸-۱۳۸۷ در دشت دهگلان صورت گرفت. به این منظور ۵۰ مزرعه از مزارع تجاری و ۵۰ مزرعه از مزارع سنتی سیب‌زمینی موجود در دشت دهگلان انتخاب و اطلاعات مربوط به نهاده‌های ورودی و عملکرد سیب‌زمینی در قالب پرسش‌نامه‌هایی از کشاورزان مربوطه استخراج گردید. نتایج نشان داد که مقدار کل انرژی‌های ورودی در مزارع تولید تجاری و سنتی به ترتیب ۹۳۳۳۰/۶۷ و ۴۴۲۷۹/۵۲ مگاژول در هکتار بود. در مزارع تجاری سهم انرژی‌های مربوط به مواد شیمیایی، سوخت‌های فسیلی و ماشین‌آلات، بذر، آب آبیاری، کود دامی و نیروی انسانی به ترتیب ۴۲/۵، ۲۵/۰۶، ۱۵/۴۰، ۱۰/۴۷، ۴/۳۴ و ۱/۷۶ درصد بود و این مقادیر برای مزارع سنتی به ترتیب ۱۸/۲۱، ۲۷/۵۱، ۱۸/۹۶، ۲۶/۲۸، ۱/۸۰ و ۷/۰۵ درصد محاسبه شد. حدود ۲۱/۴۷ درصد از کل انرژی‌های ورودی در مزارع تجاری جزء انرژی‌های تجدیدپذیر شامل (نیروی انسانی، بذر و کود دامی) بود که این میزان در مزارع سنتی به ۲۷/۸۱ درصد افزایش یافت. مقادیر کارایی مصرف انرژی، انرژی ویژه، بهره‌وری انرژی و انرژی خالص در مزارع تجاری به ترتیب ۱/۳۷، ۲/۶۲ مگاژول به ازاء هر کیلوگرم، ۰/۳۸ کیلوگرم به ازاء هر مگاژول و ۳۴۹۱۳/۰۷ مگاژول در هکتار و در مزارع سنتی به ترتیب ۱/۴۱ و ۲/۵۵ مگاژول به ازاء هر کیلوگرم، ۰/۳۹ کیلوگرم به ازاء هر مگاژول و ۱۸۱۷۴/۹۱ مگاژول در هکتار به دست آمد. در مجموع نتایج نشان داد که پایداری تولید سیب‌زمینی در مزارع تجاری علیرغم تولید عملکرد بالاتر در حد پایین‌تری است و این مسئله لزوم تجدید نظر در ارتباط با مصرف نهاده‌های انرژی-بر را ضروری می‌سازد.

واژه‌های کلیدی: انرژی تجدیدپذیر، انرژی غیرقابل تجدید، انرژی مستقیم، انرژی غیرمستقیم

مقدمه

کشاورزی یک فرآیند تبدیل انرژی است که در آن تشعشع خورشیدی و انرژی‌های حاصل از سوخت‌های فسیلی، الکتریسیته و نیروی انسانی به غذا و سایر فرآورده‌های مورد نیاز بشر تبدیل می‌گردد. به عبارت بهتر، کشاورزی هم مصرف کننده انرژی و هم تولید کننده انرژی به شکل انرژی زنده[3] می‌باشد (Alam et al., 2005). در گذشته کشاورزی عمدتاً متکی به نیروی انسانی و دام بود، در حالی که امروزه تولیدات کشاورزی متکی به مصرف انرژی‌های فسیلی غیرقابل تجدید می‌باشند. مصرف بیش از حد سوخت‌های فسیلی منجر به پیامدهای زیانبار محیطی به واسطه افزایش CO_2 و سایر گازهای گلخانه‌ای در هوا خواهد شد (Gundogmus, 2006). ورود ماشین‌آلات، انرژی‌های فسیلی و الکتریسیته که همزمان با پیشرفت در علم و تکنولوژی بود انقلابی در تولید غذا در سرتاسر دنیا به پا کرد. در واقع مصرف انرژی در کشاورزی در پاسخ به افزایش جمعیت، فراهمی محدود زمین‌های قابل کشت و تمایل به افزایش استانداردهای زندگی افزایش یافت (Mohammadi et al., 2008) و در تمام جوامع این عوامل سبب افزایش مصرف انرژی جهت بیشینه کردن عملکرد و کاهش هزینه‌های کارگری شد (Esengun et al., 2007b). اگرچه با توجه به جمعیت رو به رشد دنیا و افزایش روزافزون نیاز بشر به غذا نمی‌توان به سادگی از کنار دستاوردهای کشاورزی رایج گذشت، ولی بدون شک مصرف بی‌رویهٔ مواد شیمیایی در کشاورزی سبب کاهش پایداری بوم نظام‌های زراعی و افزایش مخاطرات زیست محیطی خواهد شد. اتمام انرژی‌های

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی و استاد گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: E-mail: agro_expert@yahoo.com)

3- Bioenergy

فسیلی در آینده مشکلات موجود را دوچندان خواهد ساخت و چنانچه راه‌حلی جدید برای افزایش بهره‌وری بوم نظام‌های زراعی اندیشیده نشود، زندگی نسل‌های آینده در معرض چالش‌های فراوانی قرار خواهد گرفت.

به طور کلی، انرژی‌های مصرفی در حوزه کشاورزی در دو گروه انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم قرار می‌گیرند و در یک تقسیم بندی دیگر به دو صورت انرژی‌های قابل تجدید و غیرقابل تجدید تعریف می‌شوند (Beheshtitabar et al., 2010). انرژی‌های مستقیم شامل تمام انرژی‌هایی است که طی عملیات کاشت، داشت و برداشت محصولات زراعی مستقیماً در مزرعه مصرف شده (Singh, 2000) و انرژی‌های غیرمستقیم شامل از انرژی‌های مصرفی در ساخت، بسته‌بندی و انتقال کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها، ماشین آلات کشاورزی و سایر مواد صنعتی مصرفی در کشاورزی می‌باشد (Ozkan et al., 2004). مصرف انرژی‌های مستقیم در کشاورزی ایران حدود ۲۰۴/۳۷ پتاژول[1] تخمین زده شده که حدود ۳/۵ درصد از کل انرژی‌های فسیلی و الکتریسیته کشور می‌باشد (Ministry of Energy, 2006). با این حال درصد بسیار زیادی از انرژی‌های مصرفی در کشاورزی جزء انرژی‌های غیرمستقیم می‌باشد.

تجزیه و تحلیل انرژی در بوم‌نظام‌های کشاورزی رهیافتی سودمند جهت تحقیق و ارزیابی کارایی مصرف انرژی، مشکلات محیطی و ارتباط آنها با پایداری کشاورزی می‌باشد (Giampietro et al., 1992). تجزیه و تحلیل نظام‌های کشت از نظر ورود و خروج انرژی راه را برای ارائه راه‌حل‌های جایگزین جهت مدیریت گیاهان زراعی که در ایران حدود ۸۳/۴ درصد کل زمین‌های قابل کشت (حدود ۱۳ میلیون هکتار) را در برمی‌گیرد، هموارتر می‌سازد (Ministry of Jihad-e-Agriculture, 2007).

در میان گیاهان زراعی سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) به عنوان چهارمین محصول مهم دنیا، که در گستره‌ی وسیعی از عرض‌های جغرافیایی و شرایط اقلیمی کشت و کار می‌گردد، اهمیت بسیار زیادی از نظر تولید انرژی دارد. کمتر گیاه زراعی پیدا می‌شود که از نظر تولید انرژی و غذا به ازاء واحد سطح با سیب‌زمینی برابری کند (Sieczka & Thornton, 1993). اهمیت سیب‌زمینی در کشورهای در حال توسعه چه به لحاظ معیشت خانوارها و چه به لحاظ درآمدزایی بسیار بیشتر می‌باشد. سالانه حدود ۱۹ میلیون هکتار از اراضی دنیا به کشت و کار سیب‌زمینی اختصاص می‌یابد که منجر به تولید حدود ۳۲۷ میلیون تن سیب‌زمینی می‌شود (Zangeneh et al., 2010). بر اساس آمار فائو میزان نیاز سالانه مردم دنیا به این محصول مهم زراعی نزدیک به ۳۵۰ میلیون تن می‌باشد. در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ تولید سیب زمینی در ایران حدود پنج میلیون تن بوده که از حدود ۱۷۷ هزار هکتار زمین حاصل شده است (Ministry of Jihad-e-Agriculture, 2007). این محصول یکی از زراعت‌های مهم استان کردستان واقع در غرب کشور نیز می‌باشد به گونه‌ای که در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ حدود ۱۷ هزار هکتار از اراضی استان به کشت این گیاه اختصاص پیدا کرده (Ministry of Jihad-e-Agriculture, 2007).

در این استان سیب‌زمینی به دو صورت سنتی و تجاری تولید می‌شود. در مزارع تجاری پرورش‌دهندگان مقادیر زیادی انرژی به شکل مستقیم و غیرمستقیم در قالب ماشین‌آلات، کودهای شیمیایی، حشره‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها، علف‌کش‌ها و سایر مواد شیمیایی بدون توجه به پیامدهای زیست محیطی مصرف می‌کنند. این کشاورزان معمولاً از ارقام جدید مانند آگریا استفاده کرده و با هدف تولید بالا در هر واحد سطح مجبور به استفاده از عملیات رایج کشاورزی و مصرف مواد شیمیایی می‌باشند. از طرف مقابل، در مزارع سنتی، کشاورزان توده بومی سیب‌زمینی که اصطلاحاً پشندی نام دارد را مورد کشت و کار قرار می‌دهند که بسیار سازگار به تغییرات محیطی بوده و مقاومت بالایی به آفات و بیماری‌ها دارد. از طرفی این توده بومی واکنش محدودتری به مواد شیمیایی داشته و نسبت به ارقام جدید نیاز کمتری به کودهای شیمیایی دارد. مجموعه این عوامل سبب می‌شود که در تولید سنتی سیب‌زمینی مصرف مواد شیمیایی تا حد زیادی کمتر از مزارع تجاری باشد. البته عملکرد توده بومی پایین‌تر از عملکرد ارقام جدید بوده، اما سازگاری بالای آن به تغییرات محیطی سبب شده که یک تولید قابل قبول و پایدار در گستره‌ای از شرایط متغیر آب و هوایی داشته باشد. به نظر می‌رسد که تولید سنتی سیب‌زمینی در این استان به لحاظ مصرف انرژی و سلامت زیست محیطی بسیار کاراتر از تولید تجاری آن باشد. هدف از این مطالعه نیز مقایسه تولید سنتی و تجاری سیب‌زمینی استان کردستان از نظر مصرف و تولید انرژی، کارایی مصرف انرژی و بهره‌وری انرژی بود.

مواد و روش‌ها

به منظور برآورد میزان انرژی‌های ورودی و خروجی در مزارع تولید سیب‌زمینی استان کردستان، ۵۰ مزرعه از مزارع تجاری و ۵۰ مزرعه از مزارع سنتی سیب‌زمینی موجود در دشت دهگلان واقع در شرق استان کردستان (عرض جغرافیایی ۳۵ درجه، طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ارتفاع از سطح دریا ۱۹۸۲ متر) انتخاب و اطلاعات مربوط به نهاده‌های ورودی و عملکرد سیب‌زمینی مربوط به سال‌های زراعی ۸۷-۱۳۸۶ و ۸۸-۱۳۸۷ در قالب پرسشنامه‌هایی از کشاورزان مربوطه استخراج گردید. اطلاعات مربوط به عملیات رایج در کشت و کار سیب‌زمینی در جدول ۱ و اطلاعات مربوط به نوع نهاده‌های ورودی و

1- Peta Joule= 1015 J

معادل‌های انرژی[1] برای هر گروه از نهاده‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است.

میزان مصرف انرژی در هر گروه از نهاده‌ها از حاصلضرب مقدار مصرف آن نهاده و معادلِ انرژی آن بر حسب واحد (استخراج از منابع علمی) محاسبه شد. بر اساس انرژی‌های ورودی و خروجی مقادیر کارایی مصرف انرژی[2]، بهره‌وری انرژی[3]، انرژی ویژه[4] و انرژی خالص[5] طبق معادلات (۱) تا (۵) محاسبه شد (Demircan et al., 2006; Ghorbani et al., 2011):

معادله (۱) انرژی ورودی (مگاژول در هکتار)/ انرژی خروجی (مگاژول در هکتار) = کارایی مصرف انرژی

معادله (۲) انرژی ورودی (مگاژول در هکتار)/ عملکرد سیب‌زمینی (کیلوگرم در هکتار) = بهره‌وری انرژی

معادله (۳) عملکرد سیب‌زمینی (کیلوگرم در هکتار)/ انرژی ورودی (مگاژول در هکتار) = انرژی ویژه

معادله (۴) انرژی ورودی (مگاژول در هکتار) – انرژی خروجی (مگاژول در هکتار) = انرژی خالص

همچنین سهم انرژی‌های مستقیم (شامل نیروی انسانی، سوخت‌های فسیلی و آب آبیاری)، غیرمستقیم (شامل بذر، مواد شیمیایی مصرفی، کود دامی و ماشین آلات)، انرژی‌های تجدیدپذیر (نیروی انسانی، بذر و کودهای دامی) و غیرقابل تجدید (سوخت‌های فسیلی، کودها و مواد شیمیایی، آب و ماشین آلات) محاسبه گردید (Mohammadi et al., 2008).

نتایج و بحث

مشخصات کلی مزارع سنتی و تجاری تولید سیب‌زمینی

مزارع سنتی سیستم‌های کم نهاده‌ای هستند که توسط کشاورزان خرده‌پا مدیریت می‌شوند. میانگین وسعت این مزارع ۲/۳۲ هکتار و کل سطح زیر کشت این مزارع حدود ۳۱ درصد تولید سیب‌زمینی دشت دهگلان می‌باشد. کشاورزان سیب‌زمینی را در تناوب با محصولاتی نظیر گندم، یونجه و جو کشت می‌کنند. جدول ۱ عملیات زراعی معمول در این مزارع را نشان می‌دهد. همانند مزارع تجاری عملیات آماده‌سازی زمین و کاشت با تراکتور صورت می‌گیرد اما سایر عملیات زراعی مانند وجین، خاکدهی و برداشت توسط نیروی انسانی انجام می‌شود. در میان مواد شیمیایی فقط نیتروژن (N) و فسفات (P_2O_5) در قالب کودهای شیمیایی و به ترتیب با میانگین ۱۱۰/۲۶ و ۶۵/۳۶ کیلوگرم در هکتار مصرف می‌شود. از آنجا که توده بومی پشندی بسیار سازگار به شرایط آب و هوایی منطقه می‌باشد و مقاومت نسبی خوبی در برابر آفات و بیماری‌ها دارد، لذا در این مزارع قارچ کش و آفت کش مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. این مسئله ضمن اینکه از نظر اقتصادی برای کشاورزان خرده‌پا بسیار مهم بوده، از نظر اکولوژیکی نیز مانع پیامدهای زیست محیطی این مواد می‌شود. بخشی از سیب‌زمینی تولید شده در هر سال به عنوان توده بذری برای سال بعد نگه داشته شده و مابقی جهت فروش روانه بازار می‌گردد. بیشینه عملکرد و میانگین عملکرد در این مزارع به ترتیب ۲۸ و ۱۷ تن در هکتار می‌باشد.

میانگین وسعت مزارع پرنهاده تولید تجاری ۵/۴۱ هکتار و کل سطح زیر کشت این مزارع حدود ۷۰ درصد تولید سیب‌زمینی دشت دهگلان می‌باشد. جدول ۱ عملیات زراعی معمول در مزارع تجاری را نشان می‌دهد. کشاورزان از ارقام پرعملکردی نظیر آگریا استفاده می‌کنند. آماده‌سازی زمین، یک مرحله از وجین علف‌های هرز، خاکدهی، سمپاشی و برداشت توسط تراکتور صورت می‌گیرد به همین دلیل نیاز به نیروی انسانی در این مزارع بسیار کمتر از مزارع سنتی می‌باشد (جدول ۳). مصرف نیتروژن در این مزارع بسیار بالاست (میانگین ۵۱۲/۳۴ کیلوگرم در هکتار) و این مسئله یکی از دلایل کاهش کیفیت سیب‌زمینی تولید شده در مقایسه با مزارع سنتی می‌باشد. مردم منطقه برای مصرف خانوارهای خود از سیب‌زمینی پشندی استفاده کرده و دلیل آن را طعم بهتر و کیفیت بالاتر آن نسبت به ارقام جدید می‌دانند. بیشینه عملکرد و میانگین عملکرد در این مزارع به ترتیب ۵۵ و ۳۵ تن در هکتار می‌باشد. این کشاورزان هزینه زیادی را صرف خرید غده بذری می‌کنند، زیرا زوال ژنتیکی ارقام جدید بسیار بالاست و سیب‌زمینی تولید شده توسط کشاورزان اغلب کیفیت مناسبی برای کشت در سال بعد را ندارد.

تجزیه و تحلیل ورود و خروج انرژی در مزارع تولید تجاری سیب‌زمینی

جدول ۳ مقادیر نهاده‌های ورودی، عملکرد سیب‌زمینی و معادل‌های انرژی آنها را نشان می‌دهد. مقدار کل انرژی‌های ورودی در مزارع تولید تجاری سیب‌زمینی ۹۳۳۳۰/۶۷ مگاژول در هکتار بود. کل مواد شیمیایی مصرفی ۴۲/۵ درصد از کل انرژی را به خود اختصاص دادند (۴۰۱۲۳/۶۶ مگاژول در هکتار) که این میزان معادل ۹۰ درصد کل انرژی‌های ورودی در مزارع تولید سنتی بود. در میان مواد شیمیایی مصرفی کودهای شیمیایی بیشترین میزان انرژی مصرفی (۴۰/۸۵ درصد کل انرژی‌های ورودی) و در میان کودهای شیمیایی کود نیتروژن بیشترین میزان انرژی مصرفی را به خود اختصاص داد

1 - Energy equivalent
2 - Energy use efficiency
3 - Energy productivity
4 - Specific energy
5 - Net energy

(۳۶/۳۱ درصد کل انرژی‌های ورودی). انرژی مصرف شده توسط ماشین آلات و سوخت‌های فسیلی معادل ۲۵/۰۶ درصد کل انرژی-های ورودی بود و بعد از آن بذر (۱۵/۳۹ درصد)، آب آبیاری (۱۰/۴۷ درصد)، کود حیوانی (۴/۳۴ درصد) و نیروی انسانی (۱/۷۶ درصد) قرار داشت. میانگین عملکرد مزارع تجاری و مقدار کل انرژی خروجی محاسبه شده به ترتیب ۳۵۶۲۳/۴۵ کیلوگرم در هکتار و ۱۲۸۲۴۳/۷ مگاژول در هکتار به دست آمد.

جدول ۱- اعمال مدیریتی در تولید سیب‌زمینی استان کردستان، دشت دهگلان

Table 1- Management practices for potato production in Kurdistan Province, Dehgolan plain

Practices/operations	عملیات‌های مدیریتی	commercial farms	مزارع تجاری	Traditional farms	مزارع سنتی
Names of varieties	نام واریته مورد کشت	Mostly Agria	عمدتاً آگریا	Pashandi	پشندی
Land preparation (tractor used: 285 MF)	آماده‌سازی زمین (تراکتور مورد استفاده: فرگوسن ۲۸۵)	Moldboard plow and disc harrows	گاوآهن و دیسک	Moldboard plow and disc harrows	گاوآهن و دیسک
Land preparation time	زمان آماده-سازی زمین	Last decade of May – first tow-decade of June	خرداد ماه	Last decade of May – first tow-decade of June	خرداد ماه
Planting instrument	ادوات کشت	Automatic planting	دستگاه خودکار کشت	Half-automatic planting	دستگاه نیمه خودکار کشت
Planting time	زمان کشت	During June	دو دهه پایانی خرداد تا دهه اول تیر	During June	دو دهه پایانی خرداد تا دهه اول تیر
Ridging	خاکدهی	Mechanically	مکانیکی	Handmade (by labor)	دستی (توسط کارگر)
Ridging time	زمان خاکدهی	During July	دو دهه پایانی تیر تا دهه اول مرداد	During July	دو دهه پایانی تیر تا دهه اول مرداد
Fertilization	کوددهی	Mechanically	مکانیکی	Handmade (by labor)	دستی (توسط کارگر)
Fertilization time	زمان کوددهی	Pre-plant (phosphate + potassium + sulphur + 1/3 Nitrogen), 20-30 days after planting (1/3 nitrogen), 50-60 days after planting (1/3 nitrogen), during season (foliar application of micro-nutrition's)	قبل از کاشت (فسفات + پتاسیم + گوگرد + ۱/۳ کود نیتروژن)، ۲۰ تا ۳۰ روز پس از کاشت (۱/۳ نیتروژن)، ۵۰ تا ۶۰ روز پس از کاشت (۱/۳ نیتروژن)، در طول فصل رشد (محلولپاشی ریزمغذی-ها)	Pre-plant (phosphate), 20-30 days after planting (1/2 nitrogen), 50-60 days after planting (1/2 nitrogen)	قبل از کاشت (فسفات)، ۲۰ تا ۳۰ روز پس از کاشت (۱/۲ نیتروژن)، ۵۰ تا ۶۰ روز پس از کاشت (۱/۲ نیتروژن)
Weeding	وجین علف‌های هرز	Mechanically	مکانیکی	Handmade (by labor)	دستی (توسط کارگر)
Weeding time	زمان وجین علف‌های هرز	Post-planting and pre-emergence (chemically with use of Sencor)	بعد از کاشت و قبل از سبز شدن سیب‌زمینی (کنترل شیمیایی توسط سنکور)	Post-emergence (hand-weeding)	بعد از سبز شدن (وجین دستی)
Pest and disease control	کنترل آفات و بیماری‌ها	Chemically	شیمیایی	Without any chemical control	بدون کنترل شیمیایی
Pest and disease control time	زمان کنترل آفات و بیماری-ها	Pre-plant (seed disinfection with fungicide), during season (fungicide and pesticide)	قبل از کاشت (ضدعفونی بذر با قارچ کش)، در طول فصل رشد (قارچ کش و آفت کش)	-	–
Irrigations	آبیاری	Sprinkler	بارانی	Furrow irrigation	جوی و پشته
Average number of irrigation	میانگین تعداد آبیاری	12.32	۱۲/۳۲	10.47	۱۰/۴۷
Topping	سرزنی	Mechanically	مکانیکی	–	–
Topping time	زمان سرزنی	1 week before harvesting	یک هفته قبل از برداشت	-	–
Harvesting	برداشت	Half-mechanically (cutout with harvest machine, collecting with labor)	نیمه خودکار (استخراج غده‌ها توسط دستگاه و جمع‌آوری توسط کارگر)	Handmade (by labor)	دستی (توسط کارگر)
Harvesting time	زمان برداشت	September - October	دهه آخر شهریور تا پایان مهر	October-November	دهه پایان مهر تا پایان آبان

جدول ۲- معادل‌های انرژی برای نهاده‌های ورودی و خروجی در تولید سیب‌زمینی

Table 2- Energy equivalent of inputs and outputs in potato production

Particulars	مشخصه‌ها	واحد Unit	معادلِ انرژی (مگا ژول بر واحد) Energy equivalent (MJ unit^{-1})
A) Input	**الف) ورودی‌ها**		
Human labor	نیروی انسانی	ساعت h	1.96
Machinery	ماشین آلات	ساعت h	62.7
Diesel fuel	سوخت دیزلی	لیتر L	56.31
Chemical fertilizers	کودهای شیمیایی:	کیلوگرم kg	
Nitrogen (N)	نیتروژن (N)		66.14
Phosphate (P_2O_5)	فسفات (P_2O_5)		12.44
Potassium (K_2O)	پتاسیم (K_2O)		11.15
Sulphur (S)	گوگرد (S)		1.12
Farmyard manure	کود دامی	کیلوگرم kg	0.30
Chemicals	مواد شیمیایی:	کیلوگرم kg	
Herbicide	علف‌کش		238
Fungicide	قارچ‌کش		92
Pesticide	آفت‌کش		199
Micronutritions	ریزمغذی‌ها	کیلوگرم kg	120
Irrigation water	آب آبیاری	مترمکعب m^3	1.02
Seeds (potato)	بذر	کیلوگرم kg	3.6
B) Output	**ب) خروجی**		
Potato	سیب‌زمینی	کیلوگرم kg	3.6

این نتایج نشان می‌دهند که چنانچه کاهش مصرف انرژی در تولید سیب‌زمینی مورد هدف باشد باید روی مصرف مواد شیمیایی مخصوصاً کود شیمیایی نیتروژن که اغلب بدون توجه به اصول صحیح مصرف آن، مورد استفاده قرار می‌گیرد تجدید نظر کرد. محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2008) نشان دادند که کل انرژی‌های ورودی و خروجی در تولید سیب‌زمینی استان اردبیل به ترتیب ۸۱۶۲۴/۹۶ و ۱۰۲۴۳۲/۹۹ مگاژول در هکتار بود. در یک مطالعه دیگر، کل انرژی‌های ورودی و خروجی در تولید سیب-زمینی در ایران به ترتیب ۷۷۳۷۵/۱ و ۷۸۳۶۳/۲۳ مگاژول در هکتار برآورد شد (Haj Seyed Hadi, 2006). در نیوزیلند کل انرژی ورودی در تولید سیب‌زمینی ۶۲۳۰۰ مگاژول در هکتار تخمین زده شد (Barber, 2003). تغییرات موجود بین مقادیر گزارش شده ناشی از تفاوت در عملیات‌های زراعی و مدیریتی می‌باشد. برای مثال، در اردبیل میانگین مقدار مصرف کود نیتروژن در هکتار ۴۰۲ کیلوگرم حاصل شد (Mohammadi et al., 2008)، در حالیکه بر اساس نتایج این مطالعه کشاورزان دشت دهگلان به طور میانگین ۵۱۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مصرف می‌کنند. اختلاف این دو مقدار ۱۱۰ کیلوگرم بوده که معادل ۷۲۷۵/۴ مگاژول انرژی می‌باشد (یعنی ۷/۸ درصد کل انرژی‌های ورودی در این مطالعه).

همچنین محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2008) گزارش کردند که سهم مواد شیمیایی، ماشین آلات و سوخت‌های فسیلی، آب آبیاری، بذر و سایر نهاده‌ها به ترتیب ۴۰/۱۷، ۱۹/۷۳، ۱۳/۹۳، ۱۳/۶۴ و ۱۲/۵۳ درصد از کل انرژی‌های ورودی بود که بسیار نزدیک به نتایج این مطالعه می‌باشد. در یک مطالعه دیگر، پروانچن و همکاران (Pervanchon et al., 2002) سهم کودهای شمیایی، ماشین‌آلات، بذر، سایر مواد شیمیایی و سایر نهاده‌ها را به ترتیب ۴۸، ۳۳، ۶، ۳ و ۱۰ درصد گزارش کردند.

مقدار کارایی مصرف انرژی در مزارع تجاری ۱/۳۷ برآورد شد

(جدول ۴). در شرایط آب و هوایی ایران مقادیر کارایی مصرف انرژی در تولید سیب‌زمینی ۰/۹۸ (Haj Seyed Hadi, 2006)، ۱/۲۵ (Mohammadi et al., 2008) و ۰/۹۵ تا ۱/۱۴ (Zangeneh et al., 2010) گزارش شده است (Ghorbani et al., 2011) این مقدار را برای گندم (*Triticum aestivum* L.) آبی و دیم به ترتیب ۱/۴۴ و ۳/۳۸ محاسبه کردند. اختلاف در مقادیر گزارش شده برای سیب‌زمینی عمدتاً ناشی از اختلاف در عملکرد تولید شده و در نتیجه انرژی خروجی می‌باشد. به عنوان مثال، محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2008) میانگین عملکرد سیب‌زمینی را در شرایط اردبیل ۲۸/۵ تن در هکتار گزارش کردند، در حالی که در این مطالعه ۳۵/۶ تن در هکتار به دست آمد.

مقدار انرژی ورودی به دست آمده در این مطالعه به میزان ۱۱۷۰۶ مگاژول در هکتار بالاتر از منطقه اردبیل بوده (۹۳۳۳۰/۹۶ در مقابل ۸۱۶۲۴/۹۶ مگاژول در هکتار)، در حالیکه اختلاف در انرژی خروجی ۲۵۸۱۱ مگاژول در هکتار می‌باشد (۱۲۸۲۴۳/۷ در مقابل ۱۰۲۴۳۲ مگاژول در هکتار).

میانگین بهره‌وری انرژی مزارع تجاری ۰/۳۸ حاصل شد (جدول ۴). این بدین معنی است که به ازاء هر واحد انرژی مصرفی ۰/۳۸ کیلوگرم غده سیب‌زمینی حاصل می‌شود. مقدار بهره‌وری انرژی در منابع برای گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) یک (Esengun et al., 2007a)، کتان (*Linum usitatissimum* L.) ۰/۰۶ (Yilmaz et al., 2005) و چغندرقند (*Beta vulgaris* L) ۱/۵۳ (Erdal et al., 2007) گزارش شده است. مؤیدی شهرکی و همکاران (Moayedi Shahrali et al., 2010) با بررسی کارایی انرژی زراعت زعفران (*Crocus sativus* L.) در خراسان جنوبی، میزان انرژی تولیدی به مصرفی این گیاه ارزشمند را ۰/۴۱ برآورد نمودند.

جدول ۳- مقادیر ورودی‌ها و خروجی در تولید سیب‌زمینی استان کردستان، دشت دهگلان

Table 3- Amounts of inputs and output in potato production of Kurdistan Province, Dehgolan plain

		مقدار در واحد سطح (هکتار) Quantity per unit area (ha)		معادل انرژی کل (مگاژول در هکتار) Total energy equivalent (MJ. ha^{-1})		درصد از کل انرژی ورودی (٪) Percentage of the total energy input (%)	
		مزارع تجاری Commercial farms	مزارع سنتی Traditional farms	مزارع تجاری Commercial farms	مزارع سنتی Traditional farms	مزارع تجاری Commercial farms	مزارع سنتی Traditional farms
A) Inputs	الف) ورودی‌ها						
Human labor (h)	نیروی انسانی (ساعت)	836.21	1593.19	1638.97	3122.65	1.76	7.05
Machinery (h)	ماشین‌آلات (ساعت)	58.43	32.62	3663.56	2045.27	3.93	4.62
Diesel fuel (L)	سوخت دیزلی (لیتر)	350.27	179.98	19723.70	10134.67	21.13	22.89
Chemicals (kg)	مواد شیمیایی (کیلوگرم)						
Nitrogen (N)	نیتروژن (N)	512.34	110.26	33886.17	7292.60	36.31	16.47
Phosphate (P_2O_5)	فسفات (P_2O_5)	204.36	65.36	2542.24	813.08	2.72	1.84
Potassium (K_2O)	پتاسیم (K_2O)	146.53	-	1633.81	-	1.75	-
Sulphur (S)	گوگرد (S)	61.26	-	68.61	-	0.07	-
Herbicide	علف‌کش	0.72	-	171.36	-	0.18	-
Fungicide	قارچ‌کش	4.46	-	410.32	-	0.44	-
Pesticide	آفت‌کش	2.05	-	407.95	-	0.44	-
Micro-nutrition	ریزمغذی	8.36	-	1003.20	-	1.07	-
Farmyard manure (kg)	کود دامی (کیلوگرم)	13490.35	2653.45	4047.11	796.04	4.34	1.80
Irrigation water (m^3)	آب آبیاری (متر مکعب)	9580.72	11450.35	9772.33	11679.36	10.47	26.38
Seed tuber (kg)	غده بذری (کیلوگرم)	3989.26	2332.18	14361.34	8395.85	15.39	18.96
Total energy input (MJ)	کل انرژی ورودی (مگاژول)			93330.67	44279.52	100	100
B) Outputs	ب) خروجی						
potato (kg)	سیب زمینی (کیلوگرم)	35623.45	17348.3	128243.70	62454.42		
Total energy output (MJ)	کل انرژی خروجی (مگاژول)	35623.45	17348.3	128243.70	62454.42		

آنها همچنین بیان داشتند اگرچه نسبت انرژی تولیدی به مصرفی در زراعت این گیاه ارزشمند نسبتاً پایین است، ولی از آنجا که زعفران زعفران بصورت اکولوژیک کاشته می‌شود و با توجه به کارایی اقتصادی بالای آن نسبت به سایر گیاهان در الگوی کاشت منطقه و اشتغال‌زایی آن برای روستائیان، این گیاه نقش مهمی در اقتصاد و معیشت روستائیان دارد.

جدول ٤- روابط بین انرژی‌های ورودی و خروجی در تولید سیب‌زمینی استان کردستان، دشت دهگلان.

Table 4- Energy input-output relations in potato production of Kurdistan Province, dehgolan plain

Items	گزینه‌ها	(واحد) Unit	مزارع تجاری Commercial farms	مزارع سنتی Traditional farms
Energy input	انرژی ورودی	(مگاژول در هکتار) ($MJ. ha^{-1}$)	93330.67	44279.52
Energy output	انرژی خروجی	(مگاژول در هکتار) ($MJ. ha^{-1}$)	128243.70	62454.42
Yield	عملکرد	(کیلوگرم در هکتار) ($kg. ha^{-1}$)	38623.45	17348.3
Energy use efficiency	کارایی مصرف انرژی	-	1.37	1.41
Specific energy	انرژی ویژه	(مگاژول در هر کیلوگرم) ($MJ. kg^{-1}$)	2.62	2.55
Energy productivity	بهره‌وری انرژی	(کیلوگرم به ازاء هر مگاژول) ($kg. MJ^{-1}$)	0.38	0.39
Net energy	انرژی خالص	(مگاژول در هکتار) ($MJ. ha^{-1}$)	34913.07	18174.91

مقادیر انرژی ویژه و انرژی خالص در مزارع تجاری به ترتیب ۲/۶۲ مگاژول به ازاء هر کیلوگرم و ۳۴۹۱۳/۰۷ مگاژول در هکتار حاصل شد. Canakci et al. (2005) مقدار انرژی ویژه را برای گندم (۵/۲۴)، کتان (۱۱/۲۴)، ذرت (*Zea mays* L.) (۳/۸۸)، کنجد (*Sesamum Indicum* L.) (۱۶/۲۱)، گوجه‌فرنگی (۱/۱۴)، خربزه (*Cucumis melo* L.) (۰/۹۸) و هندوانه (*Citrullus lanatus* L.) (۰/۹۷) گزارش کرده‌اند. در ایران قربانی و همکاران (Ghorbani et al., 2011) مقدار انرژی ویژه را برای گندم آبی و دیم به ترتیب ۱۵/۸۳ و ۸/۹۶ برآورد کردند. همان طور که قبلاً اشاره شد، انرژی ویژه از تقسیم انرژی ورودی به عملکرد گیاه به دست می‌آید. بنابراین، شاخص مناسبی برای مقایسه گیاهان مختلف زراعی با یکدیگر نخواهد بود، زیرا اختلاف عملکرد گیاهان مختلف زراعی در قالب کیلوگرم بسیار بالاست و ممکن است از ۱۰۰۰ کیلوگرم در گیاهی مثل گندم تا ۶۰۰۰۰ کیلوگرم در گیاهانی مثل سیب‌زمینی و هندوانه متغیر باشد. این در حالی است که اختلاف در نهاده‌های مصرفی و در نتیجه اختلاف در کل انرژی ورودی بین گیاهان زراعی مختلف به اندازه اختلاف در عملکرد نخواهد بود.

جدول پنج توزیع انرژی ورودی در قالب انرژی‌های مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و غیرقابل تجدید را نشان می‌دهد که به ترتیب ۳۳/۳۵، ۶۶/۶۵، ۲۱/۴۷ و ۷۸/۵۳ درصد از کل انرژی‌های ورودی را شامل می‌شوند. محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2008) نیز نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند. آنها نیز سهم انرژی‌های نامبرده را به ترتیب ۱۷/۶۵، ۸۲/۳۵، ۲۵/۷۳ و ۷۴/۲۷ درصد محاسبه کردند. در یک مطالعه دیگر، نشان داده شد که سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید سیب‌زمینی ۱۶ تا ۱۷ درصد کل انرژی‌های ورودی بود (Zangeneh et al., 2010). در تولید خیار (*Cucumis sativus* L.) در ایران نیز سهم انرژی‌های تجدیدپذیر ۱۲ درصد گزارش شد (Omid, & Mohammadi et al., 2008). در چندین مطالعه دیگر نیز نشان داده شده است که سهم انرژی‌های غیرمستقیم و غیرقابل تجدید به ترتیب بالاتر از انرژی‌های مستقیم و تجدیدپذیر می‌باشد (Kizilaslan, 2009; Esengun et al., 2007a).

تجزیه و تحلیل ورود و خروج انرژی در مزارع تولید سنتی سیب‌زمینی

مقدار کل انرژی‌های ورودی در مزارع تولید سنتی سیب‌زمینی ۴۴۲۷۹/۵۲ مگاژول در هکتار بود که حدود ۵۳ درصد کمتر از مزارع تجاری می‌باشد (جدول ۳). سوخت‌های فسیلی و ماشین‌آلات (۲۷/۵۱ درصد)، آب آبیاری (۲۶/۳۸ درصد)، بذر (۱۸/۹۶ درصد)، مواد شیمیایی (۱۸/۲۱ درصد) و نیروی انسانی (۷/۰۵ درصد) به ترتیب انرژی‌برترین نهاده‌های مصرفی در این مزارع بودند و کمترین مصرف انرژی مربوط به کود دامی بود که ۱/۸ درصد از کل انرژی‌های ورودی را به خود اختصاص داد.

جدول ۵- مقادیر انرژی‌های مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و غیرقابل تجدید (مگاژول در هکتار) در تولید سیب‌زمینی استان کردستان، دشت دهگلان

Table 5- Total energy input in the form of direct, indirect, renewable, and non-renewable for potato production (MJ ha^{-1}) in Kurdistan Province, Dehgolan Plain

Form of energy (MJ .ha^{-1})	شکل انرژی (مگاژول در هکتار)	مزارع تجاری Commercial farms	درصد از کل انرژی ورودی Percentage of total energy input	مزارع سنتی Traditional farms	درصد از کل انرژی ورودی Percentage of total energy input
Direct energy [a]	انرژی مستقیم[الف]	31135.01	33.35	24936.68	56.31
Indirect energy [b]	انرژی غیرمستقیم[ب]	62195.66	66.64	19342.83	43.69
Renewable energy [c]	انرژی تجدیدپذیر[ج]	20047.41	21.47	12314.54	27.81
Non-renewable energy [d]	انرژی غیرقابل تجدید[د]	73283.26	78.52	31964.98	72.18
Total energy input	کل انرژی ورودی	93330.67		44279.52	

a) Includes human labor, diesel fuel and water of irrigation.

الف) شامل نیروی انسانی، سوخت دیزلی و آب آبیاری

b) Includes seeds, fertilizers and chemical materials, farmyard manure and machinery.

ب) شامل بذر، کودها و مواد شیمیایی، کود دامی و ماشین‌آلات

c) Includes human labor, seeds and farmyard manure.

ج) شامل نیروی انسانی، بذر و کود دامی

d) Includes diesel fuel, fertilizers and chemical materials, water of irrigation and machinery.

د) شامل سوخت دیزلی، کودها و مواد شیمیایی، آب آبیاری و ماشین‌آلات

انرژی مصرفی توسط مواد شیمیایی به میزان ۸۰ درصد کمتر از مزارع تجاری بود که این مسئله در راستای کشاورزی پایدار اهمیت بسیار زیادی دارد، زیرا هم میزان مصرف انرژی سیستم را کاهش داده و هم اثرات زیانبار این مواد در این مزارع کمتر است. همانند مزارع تجاری کود شیمیایی نیتروژن انرژی‌برترین ماده شیمیایی بود به گونه‌ای که ۱۶/۴۷ درصد از کل انرژی ورودی و نزدیک به ۹۰ درصد از انرژی مصرف شده توسط مواد شیمیایی به این نهاده اختصاص یافت.

همچنین انرژی مصرفی توسط ماشین‌آلات و سوخت‌های فسیلی به میزان ۴۸ درصد کمتر از مزارع تجاری بود، در حالیکه انرژی مصرفی توسط نیروی انسانی حدود ۴۷ درصد بیشتر از مزارع تجاری برآورد شد. یکی از مهمترین معایب مزارع سنتی نسبت به مزارع تجاری مصرف بالاتر آب آبیاری است، زیرا در این مزارع از سیستم سنتی جوی و پشته استفاده می‌شود که تلفات آب بالاتری نسبت به آبیاری بارانی در مزارع تجاری دارد. به همین دلیل انرژی مصرفی در این گروه نهاده حدود ۲۰ درصد بالاتر از مزارع تجاری محاسبه شد (۱۱۶۷۹/۳۶ در مقابل ۹۷۷۲/۳۳ مگاژول در هکتار).

میانگین عملکرد مزارع سنتی و مقدار انرژی خروجی محاسبه شده به ترتیب ۱۷۳۴۸/۳ کیلوگرم در هکتار و ۶۲۴۵۴/۴۲ مگاژول در هکتار بدست آمد (جدول ۳). در نتیجه مقدار کارایی مصرف انرژی در مزارع سنتی ۱/۴۱ محاسبه شد که بالاتر از مزارع تجاری می‌باشد. مقادیر انرژی ویژه و انرژی خالص به ترتیب ۲/۵۵ مگاژول به ازای هر کیلوگرم و ۱۸۱۷۴/۹۱ مگاژول در هکتار حاصل شد (جدول ۴).

با مقایسه نتایج حاصل از مزارع تجاری و سنتی مشخص می‌شود که اگر چه پیشرفت در تکنولوژی سبب افزایش عملکرد و درآمد کشاورزان شده که با توجه به افزایش جمعیت و نیاز روزافزون بشر به غذا این مسئله یک مزیت به شمار می‌آید، اما باید در نظر داشت که افزایش مصرف مواد شیمیایی و ماشین‌آلات در مزارع تجاری سبب افزایش فشار به منابع طبیعی، افزایش مصرف انرژی‌های غیرقابل تجدید، آلودگی منابع، افزایش CO_2 محیطی، تغییر اقلیم و سایر اثرات زیان‌بار محیطی خواهد شد (Gundogmus, 2006).

از آنجائی‌که منابع انرژی‌های غیر قابل تجدید بویژه سوخت‌های فسیلی در آینده نزدیک رو به اتمام است، لذا تکیه بر این منابع در جهت تولید محصولات کشاورزی زندگی آیندگان را در معرض خطر قرار خواهد داد. نتایج این مطالعه نشان داد که سهم انرژی‌های تجدید پذیر در مزارع تجاری کمتر از مزارع سنتی می‌باشد (۲۱/۴۷ درصد در مقابل ۲۷/۸۱ درصد). هر چند این مقدار نیز در سیستم‌های سنتی پایین است، اما نتایج حاکی از کاهش درصد این انرژی‌ها در نظام‌های رایج کشاورزی می‌باشد. تولید مواد شیمیایی بویژه کودهای نیتروژنه نیازمند مصرف مقادیر زیادی انرژی است (جدول ۱) که منبع آن نیز اغلب انرژی‌های غیرقابل تجدید است. در مقابل کودهای دامی هم تجدیدپذیر هستند و هم انرژی کمتری برای فراهم ساختن آنها مورد نیاز است. بنابراین، کاربرد کودهای با منشأ طبیعی به جای نوع شیمیایی آنها کمک زیادی به افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در کشاورزی می‌نماید. این هدف نیازمند تغییر نظام‌های کشاورزی از استراتژی‌های تک کارکردی موجود به استراتژی‌های چند کارکردی می‌باشد. نظام‌های دام-مزرعه یکی از بهترین استراتژی‌های چند کارکردی در این زمینه می‌باشد. در کانادا هوئپنر و همکاران (Hoeppner et al., 2005) نشان دادند که انرژی ورودی در نظام‌های ارگانیک که عمدتاً از کودهای دامی استفاده می‌شود تقریباً

۵۰ درصد کمتر از سیستم‌های رایج می‌باشد. آنها همچنین نشان دادند که کاهش در انرژی ورودی بطور عمده به دلیل کاهش در مصرف کود شیمیایی نیتروژن بود.

سهم انرژی‌های مستقیم در مزارع سنتی ۵۶/۳۱ درصد بود، در حالی که این میزان در مزارع تجاری به ۳۳/۳۵ درصد کاهش یافت. مقایسه انرژی بین نظام‌های مختلف کشاورزی در چندین مطالعه صورت گرفته است (Gundogmus, 2006; Kaltsas et al., 2007; Guzman & Alonso, 2008). در ترکیه نشان داده شد که میزان انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید ارگانیک زردآلو (*Prunus armeniaca* L.) بالاتر از تولید رایج آن بود (Gundogmus, 2006). همچنین در آن مطالعه نشان داده شد که سهم انرژی‌های مستقیم در تولید ارگانیک نزدیک به ۶۰ درصد کل انرژی‌های ورودی بود، در حالی که در تولید رایج این میزان به ۴۰ درصد کاهش یافت. در اسپانیا نیز تفاوت در مقدار انرژیهای تجدیدپذیر و مستقیم بین تولید ارگانیک و رایج زیتون (*Olea europaea* L.) گزارش شده است (Guzman & Alonso, 2008). در ایران نیز زنگنه و همکاران (Zangeneh et al., 2010) نشان دادند که مقدار انرژی‌های غیرقابل تجدید در تولید سیب‌زمینی به شکل رایج بسیار بالا و نزدیک به ۸۵ درصد کل انرژی‌های ورودی بود که بسیار نزدیک به نتایج این مطالعه می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در مجموع نتایج این مطالعه و مطالعات دیگری که در ایران روی سیب‌زمینی انجام شده است (Zangeneh et al., 2010; Mohammadi et al., 2008; Haj Seyed Hadi, 2006) نشان می‌دهند که تولید کنونی سیب‌زمینی به لحاظ مصرف انرژی پایدار نیست، زیرا درصد بسیار بالایی از انرژی‌های مصرفی در تولید سیب‌زمینی جزء انرژی‌های غیرقابل تجدید هستند. نسبت بالای کاربرد انرژی‌های غیرقابل تجدید در کشاورزی سبب اثرات منفی روی پایداری تولید خواهد شد. لذا روی آوردن به منابع انرژی‌های تجدیدپذیر از الزامات آینده کشاورزی خواهد بود. انرژی‌های تجدیدپذیر در کشاورزی سبب ارتقاء اقتصاد مردم روستا، بهبود سلامت محیط و افزایش امنیت انرژی خواهد شد. منابع تجدیدپذیر کود از قبیل کودهای دامی سبب افزایش کیفیت و باروری خاک خواهند شد، در حالیکه مصرف نهاده‌های شیمیایی فقط در کوتاه مدت سبب افزایش تولید شده و در بلند مدت سلامت بوم نظام‌های کشاورزی را به خطر خواهند انداخت. جایگزین کردن مدیریت تلفیقی آفات به جای کنترل شیمیایی، استفاده بیشتر از کودهای دامی نسبت به کودهای شیمیایی و در نهایت حرکت به سمت کشاورزی دقیق[1] که کشاورزی مبتنی بر مصرف دقیق و به اندازهٔ نهاده‌هاست راهکارهای مناسبی جهت کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی و در نتیجه کاهش وابستگی تولید به انرژی‌های غیرقابل تجدید می‌باشند. افزایش اتکاء به ماشین‌آلات اگرچه در زمان کنونی کاملاً اجتناب ناپذیر است، اما ادامه این روند سبب مهاجرت بیشتر جوامع روستایی به شهرها شده و ضمن افزایش نرخ بیکاری معضلات اجتماعی فراوانی را نیز به همراه خواهد داشت. ارائه روش‌هایی که ضمن حفظ تولید کنونی سبب افزایش سهم نیروی انسانی در کشاورزی گردد نیز از ضروریات آینده کشاورزی خواهد بود. در این راستا، استفاده از ادوات کشت ترکیبی جهت به حداقل رسانیدن تردد ماشین آلات در زمین و استفاده از سیستم‌های شخم کاهش یافته در برخی از گیاهان راهکار موثری خواهد بود. یکی از مزیت‌های عمده کشاورزی رایج استفاده از تکنولوژی‌های جدید در بخش آبیاری است که با توجه به بحران آب در ایران نقش بسیار زیادی در بهره‌وری کشاورزی خواهند داشت و تداوم آنها در آینده ضروریست. ضمن اینکه تعیین دقیق نیاز آبی گیاهان و ساخت ابزارهایی که مستقیماً در مزرعه وضعیت آبی گیاه را مشخص سازند نیز سبب صرفه‌جویی بیشتر در مصرف آب شده که باید مورد توجه متخصصین امر قرار بگیرد.

منابع

1- Alam, M.S., Alam, M.R., and Islam, K.K. 2005. Energy flow in agriculture: Bangladesh. American Journal of Environmental Science 1(3): 213–220.

2- Barber, A.A. 2003. Case study of total energy and carbon indicators for New Zealand arable and outdoor vegetable production. In: Mohammadi, A., Tabatabaeefar, A., Shahin, S.H., Rafiee, S.H., and Keyhani, A. 2008. Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil Province. Energy Conversion and Management 49: 3566-3570.

3- Beheshtitabar, I., Keyhani, A., and Rafiee, S.H. 2010. Energy balance in Iran's agronomy (1990-2006). Renewable Sustainable Energy Reviews 14: 849–855.

4- Canakci, M., Topakci, M., Akinci, I., and Ozmerzi, A. 2005. Energy use pattern of some field crops and

1- Precision Farming

vegetable production: case study for Antalya region, Turkey. Energy Conversion and Management 46: 655–666.
5- Demircan, V., Ekinci, K., Keener, H.M., Akbolat, D., and Ekinci, C. 2006. Energy and economic analysis of sweet cherry production in Turkey: a case study from Isparta province. Energy Conversion and Management 47: 1761–1769.
6- Erdal, G., Esengun, K., Erdal, H., and Gunduz, O. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. Energy 32: 35–41.
7- Esengun, K., Erdal, G., Gunduz, O., and Erdal, H. 2007a. An economic analysis and energy use in stake tomato production in Tokat province of Turkey. Renewable Energy 32: 1873–1881.
8- Esengun, K., Gunduz, O., and Erdal, G. 2007b. Input–output energy analysis in dry apricot production of Turkey. Energy Conversion and Management 48: 592–598.
9- Ghorbani, R., Mondani, F., Amirmoradi, S.H., Feizi, H., Khorramdel, S., Teimouri, M., Sanjani, S., Anvarkhah, S., and Aghel, H. 2011. A case study of energy use and economical analysis of irrigated and dry-land wheat production systems. Applied Energy 88: 283–288.
10- Giampietro, M., Cerretelli, G., and Pimentel, D. 1992. Energy analysis of agricultural ecosystem management: human return and sustainability. Agriculture Ecosystems and Environment 38: 219–244.
11- Gundogmus, E. 2006. Energy use on organic farming: a comparative analysis on organic versus conventional apricot production on small holdings in turkey. Energy Conversion and Management 47: 3351-3359.
12- Guzman, G.I., and Alonso, A.M. 2008. A comparison of energy use in conventional and organic olive oil production in Spain. Agricultural Systems 98: 167–176.
13- Haj Seyed Hadi, M.R. 2006. Energy efficiency and ecological sustainability in conventional and integrated potato production. Advanced Technology in the Environmental Field 501–534. Available from: www.actapress.Com.
14- Hessel, Z.R. 1992. Energy and alternatives for fertiliser and pesticide use. In: Gundogmus, E. 2006. Energy use on organic farming: a comparative analysis on organic versus conventional apricot production on small holdings in Turkey. Energy Conversion and Management 47: 3351-3359.
15- Hoeppner, J.W., Entz, M.H., McConkey, B.G., Zentner, R.P., and Nagy, C.N. 2005. Energy use and efficiency in two Canadian organic and conventional crop production systems. Renewable Agricultural and Food System 21: 60–67.
16- Kaltsas, A.M., Mamolos, A.P., and Tsatsarelis, C.A. 2007. Energy budget in organic and conventional olive groves. Agricultural and Ecosystems Environment 122: 243–251.
17- Kizilaslan, H. 2009. Input-output energy analysis of cherries production in Tokat province of Turkey. Applied Energy 86: 1354-1358.
18- Mandal, K.G., Saha, K.P., Ghosh, P.K., Hati, K.M., and Bandyopadhyay, K.K. 2002. Bioenergy and economic analysis of soybean-based crop production systems in central India. Biomass Bioenergy 23: 337–345.
19- Ministry of Agriculture of the I.R. of Iran (MAJ). 2007. Planning and Economics Department, Statistics Bank of Iranian Agriculture. http://www.maj.ir/english/Statistic/Default.asp?p=statistic.
20- Ministry of Energy of Iran (MOE). 2006. Electrified wells report. Water Resources Management Institute. (In Persian)
21- Moayedi Shahraki, E., Jami Al-Ahmadi, M., and Behdani, M.A. 2010. Study of energy efficiency of saffron (*Crocus sativus* L.) in Southern Khorasan. Agroecology 2(1): 55-62. (In Persian with English Summary)
22- Mohammadi, A., and Omid, M. 2010. Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. Applied Energy 87: 191-196.
23- Mohammadi, A., Tabatabaeefar, A., Shahin, S.H., Rafiee, S.H., and Keyhani, A. 2008. Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil province. Energy Conversion and Management 49: 3566-3570.
24- Ozkan, B., Akcaoz, H., and Fert, C. 2004. Energy input–output analysis in Turkish agriculture. Renewable Energy 29: 39–51.
25- Pervanchon, F., Bockstaller, C., and Girardin, P. 2002. Assessment of energy use in arable farming systems by means of an agroecological indicator: the energy indicator. Agricultural Systems 72: 149–172.

26- Sieczka, J.B., and Thornton, R.E. 1993. Commercial potato production in North America: potato association of America handbook. Orono, Maine: Potato Association of America.
27- Singh, H., Mishra, D., and Nahar, N.M. 2002. Energy use pattern in production agriculture of a typical village in arid zone India—Part I. Energy Conversion and Management 43: 2275–2286.
28- Singh, J.M. 2000. On farm energy use pattern in different cropping systems in Haryana, India. Germany: In Beheshtitabar, I., Keyhani, A., and Rafiee, S.H. 2010. Energy balance in Iran's agronomy (1990-2006). Renewable Sustainable Energy Reviews 14: 849–855.
29- Yilmaz, I., Akcaoz, H., and Ozkan, B. 2005. An analysis of energy use and input costs for cotton production in Turkey. Renewable Energy 30: 145–155.
30- Zangeneh, M., Omid, M., and Akram, A. 2010. A comparative study on energy use and cost analysis of potato production under different farming technologies in Hamadan province of Iran. Energy 35: 2927-2933.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۴، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۱، ص. ۱۸۲-۱۷۰

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 2, Summer 2012, p. 170-1 82

بررسی اثر سطوح مختلف کود گوگرد بر عملکرد کمّی و کیفی گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* L.) در شرایط تنش خشکی در منطقه بلوچستان

محسن موسوی نیک[۱*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۷/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۲/۱۶

چکیده

مدیریت مصرف انواع کودهای شیمیایی از لحاظ تأثیرات زیست محیطی و عملکرد کمّی و کیفی گیاهان دارویی به ویژه در مناطق خشک و نیمه-خشک ایران حائز اهمیت می‌باشد. بدین منظور، در تحقیقی اثر سطوح مختلف کود گوگرد بر عملکرد کمّی و کیفی گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* L.) در شرایط تنش خشکی در منطقه بلوچستان به اجرا درآمد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی بلوچستان واقع در شهرستان ایرانشهر انجام گردید. در این آزمایش رژیم‌های مختلف آبیاری شامل هشت، پنج و سه بار آبیاری در طول فصل رشد به عنوان تیمار اصلی و چهار سطح گوگرد شامل صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که دور آبیاری بر عملکرد دانه و بیولوژیکی معنی‌دار بود، به طوریکه بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی از تیمار هشت بار آبیاری در طول فصل رشد به دست آمد، همچنین این صفات تحت تأثیر سطوح مختلف کود گوگرد قرار گرفته و بالاترین میزان عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی اسفرزه از تیمار ۲۲۵ کیلوگرم گوگرد حاصل شد. بالاترین شاخص برداشت و بیشترین میزان وزن هزار دانه، تعداد دانه درهر سنبله و تعداد سنبله در بوته به ترتیب از تیمارهای هشت بار آبیاری و مصرف ۲۲۵ کیلوگرم گوگرد در هکتار حاصل شد. بیشترین ارتفاع بوته از تیمار هشت بار آبیاری و تیمار ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت. بیشترین درصد موسیلاژ و غلظت پرولین از تیمار سه بار آبیاری و بیشترین میزان عملکرد موسیلاژ و غلظت کربوهیدرات از تیمار هشت بار آبیاری در طول فصل رشد به دست آمد. در بین تیمارهای کود گوگرد نیز بالاترین مقدار تمامی این صفات از تیمار مصرف ۲۲۵ کیلوگرم کود گوگرد حاصل گردید. عملکرد دانه با تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد موسیلاژ همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت.

واژه‌های کلیدی: دور آبیاری، عملکرد، کود گوگرد، گیاه دارویی، موسیلاژ

مقدمه

تمایل به تولید گیاهان دارویی و معطّر و تقاضا برای محصولات طبیعی در جهان رو به افزایش است. طبق برآورد سازمان بهداشت جهانی[۲] (WHO) ۸۰ درصد مردم دنیا برای مراقبت‌های بهداشتی اولیه به طور سنتی به گیاهان دارویی و تولیدات طبیعی وابسته‌اند. اسفرزه یکی از گیاهان دارویی ارزشمند است که دانه‌های آن دارای موسیلاژ بالا می‌باشد. موسیلاژها آب‌دوست هستند و پس از جذب آب، مواد ژله مانند بی‌رنگی را تشکیل می‌دهند. اسفرزه (*Plantago ovata* L.) با جذب آب اضافی در روده بزرگ توسط موسیلاژ خود، عمل دفع نرمال را تحریک می‌کند. همچنین نتایج بعضی از تحقیقات حاکی از نقش آن در کاهش کلسترول خون می‌باشد (Omid Beygi, 1995).

با توجه به اهمیت گیاهان دارویی در تأمین سلامت جامعه و ایجاد تنوع کشت در سیستم‌های کشاورزی، تحقیق در ارتباط با شناسایی و معرفی گونه‌های قابل کشت از وظایف محققین به ویژه در مناطق دارای شرایط اقلیمی بحرانی می‌باشد که می‌تواند زمینه را برای تهیه داروهای گیاهی از مواد طبیعی و اولیه جهت ساخت دارو برای دست اندرکاران و علاقمندان این رشته فراهم آورد (Omid Beygi, 1995). علیرغم اهمیت و مزایای اسفرزه تحقیقات بسیار ناچیزی روی این محصول در ایران و سایر کشورهای دنیا خصوصاً در ارتباط با مصرف کودهای شیمیایی و مقاومت این گیاه در برابر تنش کم آبی صورت گرفته است و منابع علمی موجود در این زمینه نیز بسیار

۱- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل
(*- نویسنده مسئول: (E-mail: mohsen_372001@yahoo.com.au

2- World Health Organization

محدود است.

لباسچی و شریفی عاشورآبادی (Lebaschi & Asour Abadi, 2004) با بررسی اثر تیمارهای آبیاری ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی روی پسیلیوم (*Plantago psyllium* L.)، بومادران (*Achillea millefolium* L.)، مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.)، همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) و بابونه (*Matricaria chamomila* L.) بیان نمودند که با تشدید تنش خشکی، وزن اندام هوایی و ارتفاع بوته در تمام گیاهان مورد مطالعه کاهش پیدا کرد. پیرزاد و همکاران (Pirzad et al., 2004)، رژیم‌های آبیاری ۵۰، ۷۰، ۸۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی روی بابونه آلمانی را بررسی کرده و نتیجه گرفتند که بیشترین درصد اسانس، عملکرد گل خشک و عملکرد اسانس از تیمار ۸۵ درصد حاصل شد، ولی تفاوت معنی‌داری بین این تیمار و تیمار ۷۵ درصد وجود نداشت. حسنی و همکاران (Hasani et al., 2003) مشاهده کردند با کاهش مقدار آبیاری، ارتفاع بوته، قطر ساقه، سطح برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه و عملکرد گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) کاهش پیدا کرد. رژیم‌های مختلف آبیاری روی گیاه ریحان نشان داد که با افزایش فواصل بین نوبت‌های آبیاری، رشد گیاه کاهش می‌یابد. همچنین دور آبیاری، عملکرد اسانس و ترکیب اجزای تشکیل‌دهنده آن را تغییر داد، به طوریکه با طولانی‌تر شدن دور آبیاری، درصد اسانس افزایش و عملکرد اسانس کاهش پیدا کرد (Refaat & saleh, 1997). همچنین تنش خشکی باعث کاهش عملکرد کمّی در گیاه بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.) (Safikhani et al., 2007)، کاهش رشد و اسانس گیاه نعناع (*Mentha piperita* L.) (Misra & Srivas Tava, 2000)، کاهش ماده خشک و افزایش درصد اسانس ریحان (Omid Beygi, 2003)، کاهش عملکرد و افزایش درصد و عملکرد اسانس بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) (Ardakani et al., 2007) و زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) (Ahmadian et al., 2011) شده است.

مندال و همکاران (Mandal et al., 2003) نشان دادند کاربرد مقادیر مختلف کودهای شیمیایی تأثیر قابل توجهی روی رشد و عملکرد گیاه اسفرزه دارد. مطالعه‌ای روی اثر چهار سطح کود شیمیایی بر روی بارهنگ سرنیزه‌ای (*Plantago lanceolata* L.) طی سه سال متوالی نشان داد که تیمار عدم مصرف کود شیمیایی عملکرد بسیار کمتری نسبت به سایر تیمارها داشت (Kolodziej, 2006). نتایجی مشابه نیز توسط توسلی و همکاران (Tavassoli et al., 2010) روی گیاه بابونه گزارش شد.

با توجه به موقعیت ایران از نظر اقلیمی که در مناطق خشک و نیمه خشک قرار دارد و وجود بحران آب در این مناطق و انتخاب گیاهان سازگار به این شرایط از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. شناخت و توسعهٔ کشت گیاهانی که از ویژگی های مقاومت به خشکی و نیاز کودی پایین بهره‌مند هستند نیز از برنامه های اصولی و لازم در این مناطق می‌باشد. کشت اسفرزه می‌تواند راه گشایی در زمینهٔ تولید و تکثیر این گیاه کمیاب و باارزش باشد و به این وسیله موجب ترویج و گسترش آن در منطقه گردد، از طرفی چون بخش اعظمی از کشور ایران و بویژه استان سیستان و بلوچستان در منطقه اقلیمی با آب و هوای گرم و خشک قرار گرفته است بنابراین، تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر کود سولفور بر عملکرد کمّی و کیفی گیاه دارویی اسفرزه در شرایط تنش خشکی در منطقه بلوچستان انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی بلوچستان، واقع در شهرستان ایرانشهر با طول جغرافیایی ۶۰ درجه و ۲۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی۲۷ درجه و ۱۱ دقیقه شمالی و ارتفاع ۵۲۴ متر از سطح دریا، اجرا شد. این شهر مطابق با اقلیم‌بندی کوپن دارای آب و هوای گرم و خشک می‌باشد. حداقل و حداکثر درجه حرارت آن ۳/۴- و ۴۴/۶+ و میانگین آن ۲۳/۷ درجه سانتی‌گراد و میانگین رطوبت آن ۲۴ درصد می‌باشد. خاک محل آزمایش لومی شنی با pH=۸/۳۸ و EC=۱/۷۵ دسی زیمنس بر متر می‌باشد. سایر خصوصیات شیمیایی خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های خاک مکان آزمایش

Table 1- Soil characteristics of experimental site

هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	نیتروژن (پی‌پی‌ام) N (ppm)	فسفر (پی‌پی‌ام) P (ppm)	پتاسیم (پی‌پی‌ام) K (ppm)	کلسیم (پی‌پی‌ام) Ca (ppm)	کربن (پی‌پی‌ام) C (ppm)	آهن (پی‌پی‌ام) Fe (ppm)	بر (پی‌پی‌ام) B (ppm)	روی (پی‌پی‌ام) Zn (ppm)
1.75	8.38	0.03	5.6	18	10	0.34	5.01	0.9	1.70

آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد، کرت‌های اصلی شامل دور آبیاری در سه سطح، I_1: هشت بار آبیاری در طول دوره رشد، I_2: پنج بار آبیاری در طول دوره رشد و I_3: سه بار آبیاری در طول دوره رشد به عنوان عامل اصلی و کرت‌های فرعی شامل مقادیر مختلف کود گوگرد در چهار سطح، S_1: صفر کیلوگرم در هکتار)، S_2: ۷۵ کیلوگرم در هکتار، S_3: ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و S_4: ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار بود.تیمارها بصورت تصادفی در طرح قرار گرفتند. هر کرت آزمایشی دارای شش ردیف کاشت با فاصله ۳۰ سانتی‌متری به طول چهار متر بود. فاصله بین کرت‌های فرعی ۰/۵ متر فاصله بین کرت‌های اصلی دو متر بود. پس از کرت بندی زمین و قبل از کاشت مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل در موقع کاشت و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در هنگام کاشت به کرت‌های آزمایشی مربوطه اضافه شد و۵۰ کیلوگرم باقی مانده کود اوره به صورت کود سرک یک ماه بعد از کاشت به کرت‌های آزمایشی داده شد.کشت اسفرزه در نیمه مرداد ۱۳۸۹ انجام گردید. فاصله بوته‌ها از یکدیگر روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر بود. بلافاصله پس از کاشت محصول، زمین آبیاری گردید. برای رسیدن به تراکم مورد نظر، تنک در دو مرحله چهار و هشت برگی انجام گردید. وجین نیز در سه مرحله ارتفاع شش، ۱۱ و ۲۴ سانتی‌متری انجام گردید. برداشت پس از رسیدگی فیزیولوژیکی در تاریخ ۲۰ آبان ماه انجام شد. نمونه‌برداری جهت تعیین عملکرد دانه با حذف اثر حاشیه، از چهار ردیف میانی هر کرت به مساحت یک متر مربع بوته‌ها کف بر و برداشت شدند. بعد از آن از بوته‌های برداشت شده ویژگی‌های ارتفاع بوته، طول سنبله اصلی، طول سنبله فرعی، تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. شاخص برداشت محصول نیز با استفاده از رابطه (۱) محاسبه گردید:

$$\text{شاخص برداشت} = \frac{\text{عملکرد دانه}}{\text{عملکرد بیولوژیکی}} \times ۱۰۰ \qquad \text{رابطه (۱)}$$

در نهایت، دانه اسفرزه برای آسیاب کردن جهت تعیین عملکرد و درصد موسیلاژ، غلظت پرولین و کربوهیدرات به آزمایشگاه منتقل گردید.

به منظور تعیین درصد موسیلاژ از هر تیمار ۲ گرم بذر جدا و مقدار موسیلاژ با روش کالنیاسیوندران[1] (Asghari Pour & Rezvani Moghaddam , 2002) اندازه‌گیری شد. در این روش یک گرم بذر خشک با ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال در حال جوش تا تغییر رنگ پوسته بذر حرارت داده شد و محلول موسیلاژی حاصل جدا گردید. سپس بذور با پنج میلی‌لیتر آب جوش شستشو داده شد و محلول‌های حاصل به محلول موسیلاژی اضافه گردید. با افزودن ۶۰ میلی‌لیتر الکل اتیلیک۰/۹۶ درصد به محلول مذکور و قرار دادن آن به مدت پنج ساعت در یخچال رسوب موسیلاژ به دست آمد که پس از صاف کردن و قرار دادن آن در حرارت ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت توزین شد و مقدار موسیلاژ بر حسب گرم در گرم بذر تعیین شد و به صورت صددرصد ثبت گردید (Patel & Patel , 1993). میزان کربوهیدرات‌های محلول گیاه با استفاده از روش فنل اسید سولفوریک اندازه گیری شد (Schlegel, 1956). در این روش به ۰/۱ گرم از ماده خشک گیاه ۰/۱ میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصد اضافه شد و به مدت یک هفته در یخچال نگهداری گردید تا قندها محلول آن جدا شود. پس از یک هفته از محلول رویی نمونه‌ها یک میلی‌لیتر برداشته و حجم آنها با آب مقطر به دو میلی‌لیتر رسانده شد. پس از اضافه کردن یک میلی‌لیتر فنل پنج درصد و پنج میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ میزان جذب به وسیله اسپکتروفتومتر Shimadzu-Uv-160A-Japan در طول موج ۴۸۵ نانومتر خوانده شد و در انتها میزان قند هر نمونه با استفاده از منحنی استاندارد گلوکز محاسبه شد. سنجش پرولین دانه نیز به کمک روش بیتز و همکاران (Bates et al., 1973) صورت گرفت. در این روش ۰/۵ گرم از بذور آسیاب شده با ۱۰ میلی‌لیتر محلول سه درصد اسید سولفوسالیسیلیک ساییده گردید. از مخلوط همگن حاصل پس از صاف کردن دو میلی-لیتر برداشت شد و پس از افزودن دو میلی‌لیتر معرف اسید نین هیدرین و دو میلی‌لیتر اسید استیک خالص در حمام بن ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت قرار داده شد. سپس آنها را در حمام آب یخ گذاشته و پس از اضافه کردن چهار میلی‌لیتر تولوئن مقدار جذب در طول موج ۵۲۰ نانومتر خوانده شد و مقدار پرولین با استفاده از منحنی استاندارد، به دست آمد.

در نهایت، داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 و MSTAT-C تجزیه و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. به منظور تعیین ضرایب همبستگی بین صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد گیاه اسفرزه تحت تأثیر تنش خشکی و گوگرد، همبستگی ساده بین این صفات با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 محاسبه گردید.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

اثر دفعات آبیاری بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). کاهش دفعات آبیاری سبب القای تنش بیشتر و کاهش ارتفاع بوته شد، به طوریکه بیشترین ارتفاع از دفعات آبیاری هشت مرتبه (۳۲/۲۴ سانتی-متر) به دست آمد، ولی کاهش دفعات آبیاری به پنج و سه مرتبه سبب کاهش قابل توجهی در ارتفاع گیاه شد و کمترین ارتفاع از تیمار سه مرتبه آبیاری (۲۲/۲۳ سانتی‌متر) به دست آمد (جدول ۳). تنش آب

1- Kalnyasundaran

اثرات فیزیولوژیکی متعددی را روی گیاهان نظیر کاهش میزان فتوسنتز از طریق بستن روزنه‌ها، کوچک شدن سلول‌ها و فضای بین سلولی و کاهش تقسیم سلول و در نتیجه کاهش رشد و کاهش ارتفاع گیاه دارد (Ghoulam et al., 2002) از طرفی افزایش فواصل آبیاری و تنش ناشی از آن موجب کاهش پتانسیل آب بافت‌های مریستمی در طول روز شده که موجب نقصان پتانسیل فشاری به حدی کمتر از میزان لازم برای بزرگ شدن سلول‌ها می‌گردد و سبب کاهش ارتفاع گیاه خواهد شد (Ghoulam et al., 2002). اکبری نیا و همکاران (Akbari Nia et al., 2005) گزارش کردند که بوته‌های سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) که در شش روز یکبار آبیاری می‌شوند، بالاترین ارتفاع بوته و عملکرد دانه را از خود نشان دادند.

اثر کود گوگرد نیز بر ارتفاع بوته معنی‌دار شد (جدول ۲). با افزایش مصرف مقدار گوگرد ارتفاع گیاه اسفرزه نیز افزایش یافت، به طوریکه بیشترین ارتفاع اسفرزه از مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار (۳۴/۱۸ سانتی‌متر) به دست آمد، اما تفاوت معنی‌داری بین این تیمار با تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار (۳۳/۴۲ سانتی متر) مشاهده نشد. کمترین ارتفاع بوته در تیمار شاهد عدم مصرف گوگرد (۱۹/۰۱ سانتی‌متر) به دست آمد (جدول ۳). گوگرد یکی از عناصر ضروری برای رشد گیاهان محسوب شده و کمبود آن، سبب کاهش تولید کلروفیل در سلول‌های برگ شده که نتیجه آن کاهش رشد گیاه می‌باشد (Ghasemian , 2000).

تعداد سنبله در بوته

تعداد سنبله در بوته تحت تأثیر دفعات آبیاری قرار گرفت (جدول ۲). کاهش دفعات آبیاری سبب کاهش تعداد سنبله اسفرزه شد که می‌تواند به دلیل اثرات سوء ایجاد شده بر رشد اسفرزه در اثر تنش ناشی از کاهش دفعات آبیاری بوده باشد. بیشترین تعداد سنبله در بوته از هشت مرتبه آبیاری (۹/۰۰) و کمترین تعداد آن از سه مرتبه آبیاری (۶/۲۳) به دست آمد (جدول ۳).

اکبری‌نیا و همکاران (Akbari Nia et al., 2005) نتیجه گرفتند که کاهش دور آبیاری باعث افزایش تعداد کپسول در بوته سیاه‌دانه می‌شود و بیشترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری به فاصله یک هفته به دست آمده است. امین‌پور و موسوی (Amin Pour & Mousavi, 1995) نیز اثرات تعداد دفعات آبیاری بر مراحل نمو و عملکرد زیره‌سبز (*Cuminum cyminum* L.) را مطالعه کردند و با اعمال چهار تیمار یکبار، دو بار، سه بار و چهار بار آبیاری بعد از کاشت اظهار داشتند که با افزایش فواصل آبیاری اثر معنی‌داری بر عملکرد و تعداد چتر در بوته داشته است.

اثر مصرف گوگرد نیز بر تعداد سنبله در بوته معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد سنبله در بوته از مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمد، اما تفاوت معنی‌داری بین این تیمار با تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده نشد. کمترین تعداد سنبله در بوته نیز از تیمار شاهد (عدم مصرف گوگرد) به دست آمد (جدول ۳).

تعداد دانه در سنبله

تعداد دانه در سنبله تحت تأثیر دفعات آبیاری معنی‌دار بود (جدول ۲). کاهش دفعات آبیاری و تنش ناشی از آن سبب کاهش تعداد دانه در سنبله شد. بیشترین تعداد سنبله در بوته از هشت بار آبیاری و کمترین تعداد آن از سه مرتبه آبیاری به دست آمد کاهش دفعات آبیاری سبب کاهش چشمگیر درصد تعداد دانه در سنبله در هشت مرتبه آبیاری به سه مرتبه آبیاری در طول دوره رشد گیاه شد (جدول ۳). یاداو و باتاگار (Yadav & Bhathagr, 2001) دریافتند که تنش خشکی عملکرد دانه ارزن مرواریدی (*pennisetum glaucum* L.) را کاهش می‌دهد. این کاهش عملکرد از طریق کاهش سه جزء مهم عملکرد یعنی تعداد پنجه در متر مربع، وزن دانه و تعداد دانه در خوشه بود. نتایج تحقیقات نجفی و رضوانی مقدم (Nadjafi & Rezvai Moghaddam, 2002) نشان داد که بیشترین عملکرد اسفرزه با دور آبیاری هفت روز به دست آمد.

اثر مصرف کود گوگرد نیز بر تعداد دانه در سنبله معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد دانه در سنبله از مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار (۱۷/۲۵ دانه در سنبله) و کمترین میزان آن از تیمار شاهد (عدم مصرف کود گوگرد با ۹/۸۱ دانه در سنبله) به دست آمد (جدول ۳).

در بسیاری از مطالعات گلخانه‌ای و مزرعه‌ای تأکید شده است که اثر کمبود گوگرد ابتدا بر روی تعداد دانه در سنبله است. تاتاری (Tatari, 2004) نیز نتایج مشابهی با این آزمایش گزارش کرد. بر همکنش دفعات آبیاری و مصرف کود گوگرد بر تعداد دانه در سنبله معنی‌دار نشد (جدول ۲).

وزن هزار دانه

تأثیر دفعات آبیاری بر وزن هزار دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) نشان داد که کاهش دفعات آبیاری سبب کاهش وزن هزار دانه شد که می‌تواند به دلیل کاهش فتوسنتز، کاهش رشد و سایر عوامل بازدارنده در اثر ایجاد تنش ناشی از کاهش دفعات آبیاری بوده باشد. بیشترین وزن هزار دانه از هشت بار آبیاری در طول فصل رشد (۱/۵۴ گرم) به دست آمد و کمترین آن از سه مرتبه آبیاری در طول فصل رشد (۱/۴۷ گرم) حاصل شد، اما تفاوت معنی‌داری بین این با تیمار پنج بار آبیاری در طول فصل رشد وجود نداشت (جدول ۳). در شرایط تنش رطوبتی

شدید، میزان ماده خشک انتقال یافته به دانه‌ها کاهش می‌یابد که این امر ناشی از کاهش میزان تولید و تجمع ماده خشک می‌باشد که این نتایج با نتایج تحقیق کاظمی (Kazemi, 2001) که نشان دادند تنش کم آبی بر عملکرد بذر، وزن هزار دانه، تعداد چتر در بوته زیره‌سبز معنی‌دار است و برای حصول حداکثر عملکرد دانه بایستی رطوبت کافی در اختیار گیاه باشد، مطابقت دارد.

تأثیر سطوح مختلف کود گوگرد بر وزن هزار دانه معنی‌دار نشد (جدول ۲). با این وجود مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه از مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد (۱/۶۰ گرم) به دست آمد و کمترین مقدار آن از تیمار عدم مصرف کود گوگرد حاصل شد (۱/۵۶ گرم) (جدول ۳). در مطالعه‌ای افزایش وزن هزار دانه آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) در بالاترین سطح گوگرد به کار رفته نسبت به تیمار شاهد (بدون کود) معنی‌دار بود. کمبود گوگرد با تأثیر بر شکوفایی تعداد گل در گیاه اسفرزه، باعث کاهش تعداد دانه در طبق می شود (Hocking et al., 1987).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی از صفات مرفولوژیکی و اجزای عملکرد اسفرزه

Table 2- Analysis variance (means of squares) of some morphological traits and yield components in psyllium

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد سنبله در بوته Spike number per plant	تعداد دانه در سنبله Seed number per spike	وزن هزار دانه (گرم) 1000- seed weight (g)
تکرار Replication	3	0.0016 ns	172.51 ns	3.72 ns	2.002 ns
تیمار آبیاری Irrigation (I)	2	0.0598**	16514.7**	461.72**	09.18*
اشتباه اصلی Main error	6	0.0019	142.09	2.1	2.15
کود گوگرد Sulphur fertilizer (S)	3	0.098**	2110.34**	15.49*	0.06 ns
آبیاری × کود گوگرد I × S	6	0.0005 ns	233.49 ns	3.18 ns	5.04 ns
اشتباه فرعی Sub error	27	0.0003	49.80	2.79	4.39
کل Total	47	–	–	–	–
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		3.23	6.53	7.03	23.6

*، ** و ns، به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیرمعنی‌دار می‌باشد.

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

جدول ۳- مقایسه میانگین ارتفاع گیاه و اجزای عملکرد اسفرزه

Table 3- Mean comparisons of plant height and yield components in psyllium

تیمارها Treatments	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد سنبله در بوته Spike number per plant	تعداد دانه در سنبله Seed number per spike	وزن هزار دانه (گرم) 1000- seed weight (g)
آبیاری (نوبت) Irrigation (Time)				
8	32.24 a*	9.00 a	16.00 a	1.54 a
5	25.12 b	8.02 b	12.10 b	1.49 b
3	22.23 c	6.23 c	8.11 c	1.47 b
سطح گوگرد (کیلوگرم در هکتار) Sulphur level (kg.ha^{-1})				
0	19.01 c	6.65 c	9.81 c	1.56 a
75	24.51 b	7.09 b	12.29 b	1.59 a
150	33.42 a	7.90 a	15.97 a	1.59 a
225	34.18 a	8.02 a	17.25 a	1.60 a

* حروف مشابه در ستون نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون دانکن است.

* Means with the same letter(s) in each column have not significant difference at 5% probability level based on Duncan's test.

عملکرد بیولوژیکی

تأثیر دفعات آبیاری بر عملکرد بیولوژیکی معنی‌دار شد (جدول ۴). کاهش دفعات آبیاری و تنش رطوبتی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیکی در مقایسه با شاهد گردید. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیکی مربوط به تیمار هشت مرتبه آبیاری در طول فصل رشد با مقدار ۳۱/۱۱ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۵). افزایش عملکرد بیولوژیکی می‌تواند ناشی از افزایش شاخص سطح برگ و در نتیجه افزایش سرعت رشد محصول باشد. کاهش فواصل آبیاری از طریق بهبود شاخص‌های فیزیولوژیکی مذکور موجب افزایش تجمع ماده خشک در اندام‌های رویشی و عملکرد بیولوژیکی گردید. از طرفی، ممکن است که دلیل کاهش عملکرد بیولوژیکی اختصاص شیره پرورده به مکانیزم‌های دفاعی گیاه در برابر کم آبی باشد (Patel et al., 1996). پاتل و همکاران (Patel et al., 1996) دریافتند که گیاه اسفرزه با هشت نوبت آبیاری بالاترین عملکرد بذر و کاه و کلش را تولید نمود. با کاهش دفعات آبیاری از عملکرد بیولوژیکی کاسته شد، به طوریکه در تیمار سه مرتبه آبیاری در طول فصل رشد به کمترین میزان خود (۲۲/۸۶ کیلوگرم در هکتار) رسید (جدول ۵).

اثر سطوح مختلف کود گوگرد نیز بر عملکرد بیولوژیکی اسفرزه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۶). بیشترین عملکرد بیولوژیکی از مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد (۱۶/۱۱ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد و کمترین مقدار آن از تیمار عدم مصرف کود گوگرد حاصل شد (۱۷/۸۹ کیلوگرم در هکتار) (جدول ۵). تحقیقات نشان داده است که در اثر کمبود گوگرد فتوسنتز شدیداً کاهش می‌یابد و موجب جلوگیری از طویل شدن ریشه‌ها، افزایش قطر ریشه‌های انتهایی و ریشه‌های موئین می‌گردد، که نتیجه نهایی آن کاهش رشد زایشی و رویشی و در نهایت کاهش عملکرد اقتصادی و بیولوژیکی گیاه است (Piri et al., 2011 a,b). در آزمایشی با کاربرد ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد، بالاترین عملکرد ماده خشک و تر در ذرت (*Zea mays* L.) به دست آمد (Khan et al., 2006). پونیا (Poonia, 2000) با کاربرد ۲۵ کیلوگرم در هکتار گوگرد، افزایش معنی‌داری را در ماده خشک گیاه ارزن مشاهده نمود.

بر همکنش دفعات آبیاری و مصرف کود گوگرد نیز بر عملکرد بیولوژیکی اسفرزه معنی‌دار شد (جدول ۵)، به طوریکه بیشترین عملکرد بیولوژیکی اسفرزه از تیمار هشت بار آبیاری در طول فصل رشد همراه با مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد به دست آمد و کمترین میزان آن نیز از تیمار سه بار آبیاری و عدم مصرف کود حاصل شد (جدول ۶).

دلیل افزایش عملکرد بیولوژیکی در تیمار هشت بار آبیاری در طول فصل رشدهمراه با مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد بهبود وضعیت رطوبتی خاک است که تا حدودی از ایجاد خشکی فیزیولوژیکی جلوگیری کرده و سبب افزایش ماده‌سازی و بهبود پتانسیل آب در گیاه و همچنین رشد رویشی شده است که در نتیجه آن عملکرد بیولوژیکی افزایش یافته است و همچنین مصرف کود گوگرد باعث افزایش سطوح سبزگیاه، افزایش فتوسنتز و در نهایت باعث افزایش رشد رویشی و افزایش وزن خشک گیاه و عملکرد بیولوژیکی می‌گردد (Piri et al., 2011 a,b).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر دفعات آبیاری بر عملکرد دانه از لحاظ آماری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که بیشترین مقدار عملکرد دانه در تیمار هشت بار آبیاری در طول فصل رشد و به میزان ۱۲/۳ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. با کاهش دفعات آبیاری از عملکرد دانه کاسته شده، و در تیمار سه مرتبه آبیاری به کمترین میزان (۵۰/۲ کیلوگرم در هکتار) رسید که اختلاف معنی‌داری از نظر آماری با سایر تیمارهای آبیاری داشت (جدول ۵). علت بالاتر بودن عملکرد دانه در تیمار هشت مرتبه آبیاری در طول فصل رشد را می‌توان به اثرات مثبت میزان آب قابل دسترس بر رشد رویشی و زایشی گیاه و قابلیت جذب بالای عناصر غذایی نسبت داد. به نظر می‌رسد که در تیمار سه بار آبیاری در طول فصل رشد، تجمع املاح در محیط ریشه، باعث کاهش پتانسیل اسمزی محیط ریشه و بروز سمیت ویژه یونی و کمبود یون‌های غذایی می‌شود (Ghoulam et al., 2002). گیاه جهت مقابله با اثرات کم آبی بخشی از مواد پرورده را به ریشه جهت توسعه سیستم ریشه منتقل نموده و در نتیجه سهم اختصاص یافته به تولید دانه کاسته می‌شود. نتایج تحقیقات نجفی و رضوانی مقدم (Nadjafi & Rezvai Moghdam, 2002) نشان داد افزایش تعداد دفعات آبیاری منجر به بهبود رشد رویشی گیاه اسفرزه شده که در نتیجه افزایش تولید مواد فتوسنتزی و افزایش عملکرد اقتصادی را باعث می‌گردد. پاتل و همکاران (Patel et al., 1996) گزارش کردند که گیاه اسفرزه با هشت نوبت آبیاری بالاترین عملکرد بذر را تولید می‌نماید.

مصرف سطوح مختلف کود گوگرد نیز بر عملکرد دانه اسفرزه معنی‌دار بود (جدول ۴). بیشترین عملکرد دانه از مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار (۴۲/۳ سانتی‌متر) به دست آمد، اما تفاوت معنی‌داری بین این تیمار با تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار (۱۶/۳ سانتی‌متر) مشاهده نشد. کمترین عملکرد دانه نیز در تیمار شاهد یا عدم مصرف گوگرد (۱۹/۲ سانتی‌متر) مشاهده شد (جدول ۵). وجود گوگرد در گیاه باعث

افزایش فتوسنتز و از این طریق باعث افزایش کربوهیدرات‌ها و مواد پروتئینی می‌شود و از آنجایی که در نهایت ذخیره این مواد در دانه صورت می‌گیرد می‌توان اظهار داشت که مصرف کود گوگرد باعث افزایش عملکرد دانه شود (Sangale et al., 1998).

بر همکنش دفعات آبیاری و مصرف کود گوگرد بر عملکرد دانه اسفرزه معنی‌دار شد (جدول ۴)، به طوریکه بیشترین عملکرد دانه اسفرزه از تیمار هشت بار آبیاری در طول فصل رشد همراه با مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد به دست آمد و کمترین مقدار آن نیز از تیمار سه بار آبیاری و عدم مصرف کود به دست آمد (جدول ۶).

شاخص برداشت اسفرزه

اثر دفعات آبیاری و سطوح مختلف کود گوگرد بر شاخص برداشت معنی‌دار بود اما بر همکنش دور آبیاری و محلول پاشی بر شاخص برداشت اسفرزه معنی‌دار نشد (جدول ۴). کاهش دفعات آبیاری سبب کاهش شاخص برداشت شد، به طوریکه بالاترین مقدار شاخص برداشت از هشت بار آبیاری در طول فصل رشد به دست آمد (جدول ۵). کاهش شاخص برداشت اسفرزه در اثر کاهش دفعات آبیاری ممکن است به دلیل اثر تنش ناشی از تاخیر در آبیاری بر عملکرد دانه باشد. دلیل این مساله را می‌توان با توجه به آنچه از تجزیه و آنالیز داده‌های مربوط به عملکرد بیولوژیکی و دانه به دست آمد، مشخص کرد. با توجه به آنکه مقدار شاخص برداشت در واقع تناسبی میان عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیکی است، به نظر می‌رسد از آنجایی که مقدار این دو پارامتر تحت تأثیر دفعات آبیاری قرار گرفته‌اند، شاخص برداشت گیاه را نیز تحت تأثیر قرار داده‌اند. پاندی و همکاران (Pandey et al., 2010) دلیل کاهش شاخص برداشت در شرایط تنش شدید خشکی را حساسیت بیشتر رشد زایشی نسبت به شرایط نامطلوب در مقایسه با رشد رویشی تشخیص دادند. این کاهش شاخص برداشت بر اثر کاهش تخصیص مواد پرورده به دانه در داخل خوشه ایجاد شده است.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین مقدار شاخص برداشت از تیمار مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد حاصل شد و کمترین میزان آن از تیمار شاهد (عدم مصرف کود گوگرد) به دست آمد (جدول ۵). به طور کلی، شاخص برداشت متأثر از عوامل مختلفی از قبیل مقدار آب، کود، تراکم و تاریخ کاشت می‌باشد، که عوامل فوق می‌توانند باعث تغییر یا نوسان در مقدار یا هر دو اجزای تشکیل شاخص برداشت یعنی عملکرد دانه و ماده خشک کل شود.

جدول ٤- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و شاخص برداشت اسفرزه تحت تأثیر تنش خشکی و سطوح گوگرد

Table 4- Analysis variance (means of squares) of yield and harvest index in psyllium affected by drought stress and sulphur levels

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
تکرار Replication	3	33.33 ns	798.26 ns	132.01 ns
تیمار آبیاری Irrigation (I)	2	11336**	102670.7**	5943.03**
اشتباه اصلی Main error	6	42.36	20143.71	178.83
کود گوگرد Sulphur fertilizer (S)	3	578.48**	54060.1**	2932.22**
آبیاری × کود گوگرد I × S	6	163.52 **	3914.42**	71.16 ns
اشتباه فرعی Sub error	27	117.86	879.9	89.84
کل Total	47	-	-	-
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	47	7.8	3.9	5.93

*، ** و ns، به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیرمعنی‌دار می‌باشد.

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

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات ساده تنش خشکی و سطوح گوگرد برعملکرد و شاخص برداشت اسفرزه

Table 5- Means comparisons of simple effects of drought stress and sulphur level yield and biological yield in psyllium

شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	عملکرد دانه (کیلوگرم درهکتار) ($kg.ha^{-1}$) Seed yield	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم درهکتار) ($kg.ha^{-1}$) Biological yield	تیمارها Treatments
	آبیاری (نوبت) Irrigation (time)		
26.81 a	300.12 a	1119.31 a*	8
23.33 b	233.06 b	998.64 b	5
23.31 b	191.50 c	861.22 c	3
	سطح گوگرد (کیلوگرم در هکتار) Sulphur level ($kg.ha^{-1}$)		
22.35 b	199.19 c	891.17 c	0
22.49 b	221.65 b	985.32 b	75
24.61 a	276.16 a	1121.91 a	150
24.77 a	282.42 a	1140.16 a	225

* حروف مشابه در ستون نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است.

* Means with the same letter(s) in each column have not significant difference at 5% probability level based on Duncan's test.

جدول ٦- مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و سطوح گوگرد برعملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه اسفرزه

Table 6- Means comparisons of interaction between drought stress and sulphur level on biological and seed yields in psyllium

عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	تیمار Treatment
4.217 bc	6.1003 ab*	I_1S_1
3.263 ab	0.993 ab	I_1S_2
7.289 a	3.1032 a	I_1S_3
8.291 a	1.1127 a	I_1S_4
6.217 bc	9.993 ab	I_2S_1
5.229 b	7.987 ab	I_2S_2
9.254 ab	0.1054 a	I_2S_3
4.247 b	2.1030 a	I_2S_4
2.194 c	6.877 b	I_3S_1
3.216 bc	4.912 b	I_3S_2
6.239 b	4.963 ab	I_3S_3
7.203 c	8.1070 a	I_3S_4

I_1، I_2 و I_3: به ترتیب نشاندهنده هشت، پنج و سه نوبت آبیاری در طول دوره رشد و S_1، S_2، S_3 و S_4: به ترتیب نشاندهنده صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم گوگرد در هکتار هستند.

I_1 ،I_2 and I_3 are: 8, 5 and 3 times irrigation during growing season and S_1 ،S_2 ،S_3 and S_4: are 0, 75, 150 and 225 kg sulphur per ha, respectively.

* حروف مشابه در ستون نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون دانکن است.

* Means with the same letter(s) in each column have not significant difference at 5% probability level based on Duncan's test.

غلظت گوگرد در دانه

تأثیر دفعات آبیاری بر غلظت گوگرد دانه اسفرزه معنی‌دار نشد (جدول ۷). با این وجود مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین غلظت گوگرد در تیمار هشت بار آبیاری در طول فصل رشد (۱/۲۲ppm) و کمترین میزان آن از تیمار سه بار آبیاری در طول دوره رشد (۷/۲۱۹ppm) به دست آمد، اما در مجموع اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد (جدول ۸).

تأثیر سطوح مختلف تیمارهای کود گوگردی بر غلظت گوگرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۷). مصرف کود گوگرد باعث افزایش معنی‌دار غلظت این عنصر نسبت به تیمار شاهد گردید، به طوریکه بیشترین غلظت گوگرد از مصرف ۲۲۵ کیلوگرم کود گوگرد در هکتار به دست آمد و با سایر تیمارهای مصرف کود گوگرد تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین غلظت گوگرد دانه نیز از تیمار شاهد (عدم مصرف گوگرد) بدست آمد (جدول ۸). این موضوع حاکی از کمبود این عنصر در خاک

مزرعه می‌باشد.

درصد موسیلاژ

درصد موسیلاژ تحت تأثیر دفعات آبیاری معنی‌دار شد (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۸) نشان داد که افزایش فواصل آبیاری سبب افزایش درصد موسیلاژ شد، به گونه‌ای که کمترین درصد موسیلاژ در تیمار هشت بار آبیاری در طول فصل رشد (۶۷.۱۱ درصد) و به تدریج با افزایش فاصله آبیاری درصد آن به طوری معنی-داری افزایش یافت که بیشترین درصد موسیلاژ در تیمار سه بار آبیاری (۷/۱۶ درصد) به دست آمد (جدول ۸). افزایش فواصل آبیاری سبب القای تنش خشکی به گیاه شده که موجب افزایش غلظت و درصد موسیلاژ خواهد شد. امیدبیگی و همکاران (Omidbaigi et al., 2003) گزارش داد عملکرد اسانس ریحان با کاهش رطوبت خاک کاهش می‌یابد، ولی درصد اسانس آن افزایش پیدا می‌کند. اردکانی و همکاران (Ardakani et al., 2007) مشاهده کردند بیشترین عملکرد اندام هوایی، ارتفاع، طول برگ و عرض برگ در گیاه بادرنجبویه از تیمار بدون تنش حاصل شد، ولی بیشترین عملکرد اسانس از تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی و بیشترین درصد اسانس از تیمار ۲۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد. رژیم‌های مختلف آبیاری روی گیاه ریحان نشان داد که با افزایش فواصل بین نوبت‌های آبیاری، رشد گیاه کاهش می‌یابد. همچنین دور آبیاری، عملکرد اسانس و ترکیب اجزای تشکیل دهنده آن را تغییر داد، به طوریکه با طولانی‌تر شدن دور آبیاری، درصد اسانس افزایش یافت، ولی عملکرد اسانس کاهش پیدا کرد (Refaat & Saleh, 1997).

درصد موسیلاژ تحت تأثیر سطوح مختلف کود گوگرد قرار گرفت و در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۷). مصرف ۲۲۵ کیلوگرم کود گوگرد سبب به دست آمدن بیشترین درصد موسیلاژ (۱۵/۰۹ درصد) شد و کمترین میزان آن برای تیمار عدم مصرف کود گوگرد (۹/۴۱ درصد) به دست آمد. مصرف ۲۲۵ کیلوگرم کود گوگرد سبب افزایش ۶۱ درصدی درصد موسیلاژ نسبت به تیمار عدم مصرف کود گوگرد (شاهد) شد و اختلاف معنی‌داری با این تیمار داشت (جدول ۸). مواد مؤثره اگرچه اساساً با هدایت فرآیندهای ژنتیکی ساخته می‌شوند، اما سنتز آنها به طور بارزی تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد، به طوریکه عوامل محیطی سبب تغییراتی در رشد و نمو گیاهان دارویی و نیز کمّیت و کیفیت مواد مؤثره آنها می-شود (Omidbaigi, 1995).

عملکرد موسیلاژ

عملکرد موسیلاژ تحت تأثیر دور آبیاری قرار گرفت (جدول ۷). با افزایش فواصل آبیاری و توأم با افزایش شدت تنش کم آبی از میزان عملکرد موسیلاژ کاسته شد. بیشترین میزان عملکرد موسیلاژ در تیمار هشت بار آبیاری (۵/۸۵ کیلوگرم در هکتار) و کمترین میزان آن نیز در تیمار سه بار آبیاری (۱۲/۳کیلوگرم در هکتار) به دست آمد (جدول ۸). این کاهش می‌تواند احتمالاً به دلیل تجمع املاح نمک در اثر آبیاری دیر هنگام باشد که سبب اختلال در جذب و انتقال عناصر غذایی به اندام‌های هوایی و در نهایت کاهش سنتز اسانس در گیاه می‌شود (Ahmadian et al., 2011).

اثر سطوح مختلف کودهای گوگرد نیز بر میزان عملکرد موسیلاژ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۷). مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد موسیلاژ (۹۱/۵ کیلوگرم در هکتار) را تولید کرد. کاربرد ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار سبب افزایش عملکرد موسیلاژ به میزان ۱/۰۳ کیلوگرم نسبت به تیمار عدم مصرف کود گوگرد (شاهد) شد، ولی اختلاف معنی‌داری با تیمار ۱۷۵ کیلوگرم در هکتار نداشت. کمترین میزان عملکرد موسیلاژ در تیمار عدم مصرف کود گوگرد (۳/۸۸کیلوگرم در هکتار) بدست آمد (جدول ۸). ایوانس (Evans, 1996) گزارش کرده است که در گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) با کاربرد کودهای شیمیایی، تعداد غدد ترشح کننده اسانس بیشتر می‌شود و به تبع آن، میزان موسیلاژ در گیاه نیز افزایش می‌یابد.

غلظت پرولین در دانه

غلظت پرولین دانه تحت تأثیر دور آبیاری قرار گرفت (جدول ۷). با افزایش شدت تنش (از هشت دور آبیاری به سه دور آبیاری در طول فصل رشد)، غلظت پرولین گیاه ۶۲ درصد افزایش یافت (جدول ۸). بر اساس نتایج تحقیقات هیوئر (Heuer, 1994) در طی بروز تنش خشکی بر میزان تجمع ترکیبات آلی همانند پرولین درتمام اندام‌های گیاهان افزوده می‌شود. بر اساس نظر گوود و زاپلاچینیسکی (Good & Zaplachiniski, 1994) تجمع ترکیباتی همانند پرولین و اسیدهای آمینه در بافت سبز گیاه کلزا (*Brassica napus* L.) تحت تنش خشکی می‌تواند تا حدی شرایط لازم برای ادامه جذب آب از محیط ریشه را برای گیاه فراهم آورد، اما اتکای گیاهان به این ترکیبات آلی برای تنظیم اسمزی هزینه‌بر بوده و گیاه این هزینه را از طریق کاهش عملکرد جبران می‌کند. افزایش پرولین تحت شرایط تنش خشکی توسط غولام و همکاران (Ghoulam et al., 2002)، اسلاما و همکاران (Slama et al., 2006) و اشرف و فولاد (Ashraf & Foolad, 2007) نیز گزارش شده است.

در بین تیمارهای سطوح مختلف کود گوگرد نیز بالاترین غلظت پرولین گیاه از مصرف ۲۲۵ کیلوگرم کود گوگرد در هکتار بدست آمد اما تفاوت معنی‌داری با تیمار ۱۷۵ کیلوگرم کود گوگرد وجود نداشت. کمترین میزان غلظت پرولین نیز برای تیمار عدم مصرف کود گوگرد

حاصل شد (جدول ۸).

غلظت کربوهیدارت دانه

غلظت کربوهیدرات دانه تحت تأثیر دور آبیاری قرار گرفت (جدول ۷). برخلاف غلظت پرولین گیاه با افزایش سطح تنش خشکی از میزان کربوهیدرات گیاه بطور معنی‌داری کاسته شد، به طوریکه تنش شدید (سه بار آبیاری در طول فصل رشد) کمترین غلظت کربوهیدرات (۱۱/۷ میکروگرم گلوکز در گرم وزن تر) را به خود اختصاص داده بود (جدول ۸). از آنجا که آبیاری مطلوب باعث بهبود رشد رویشی گیاه خصوصاً بافت‌های فتوسنتزی شده است، بنابراین می‌توان یکی از عوامل افزایش غلظت کربوهیدرات را به این موضوع مرتبط دانست.

مصرف سطوح مختلف کود گوگرد در این آزمایش باعث افزایش غلظت کربوهیدرات دانه اسفرزه نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۷). با توجه به اثر مثبت کود گوگرد بر افزایش رشد رویشی خصوصاً بافت‌های فتوسنتزی گیاه می‌توان افزایش غلظت کربوهیدرات را به این عامل نسبت داد. این موضوع با نتیجه سایر محققین مطابقت دارد (Serraj & Sinclair, 2002; Loggoini et al., 1999).

جدول ۷- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تنش خشکی و سطوح گوگرد بر صفات کیفی اسفرزه

Table 7- Analysis variance (means of squares) of effects of drought stress and sulphur levels of qualitative characteristics in psyllium

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	محتوی گوگرد دانه Sulphur content of seed	درصد موسیلاژ Mucilage percent	عملکرد موسیلاژ Mucilage yield	محتوی پرولین Prolin content	محتوی کربوهیدرات Carbohydrate content
تکرار Replication	3	0.0032 ^{ns}	12523.16 ^{ns}	0.049^{ns}	159.51 ^{ns}	3.73 ^{ns}
تیمار آبیاری Irrigation (I)	2	0.0597**	397064.63**	39.72**	16619.7**	378.72**
اشتباه اصلی Main error	6	0.0019	5320.24	0.29	119/09	2.1
کود گوگرد Sulphur fertilizer (S)	3	0.01150**	252800.99**	3**	2211.34**	21.49*
آبیاری × کود گوگرد I × S	6	0.0002^{ns}	1364.39*	0.05 ^{ns}	196.49*	1.19 ^{ns}
اشتباه فرعی Sub error	27	0.0003	4181.62	0.19	58.80	4.96
کل Total	47	-	-	-	-	-
ضریب تغییرات (%) CV (%)		17.4	21.5	52.6	55.6	13.9

*، ** و ns، به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیرمعنی‌دار می‌باشد.

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

جدول ۸- مقایسه میانگین اثرات ساده تنش خشکی و سطوح گوگرد بر خصوصیات کیفی اسفرزه

Table 8- comparison of means for simple effects of drought stress and sulphur levels on qualitative characteristics in psyllium

تیمار Treatment	محتوی گوگرد دانه (میلی گرم در لیتر) Sulphur content of seed (ppm)	درصد موسیلاژ Mucilage percent	عملکرد موسیلاژ (کیلوگرم‌درهکتار) Mucilage yield ($kg.ha^{-1}$)	محتوی پرولین (درصد) Proline content (%)	محتوی کربوهیدرات (درصد) Carbohydrate content (%)
آبیاری (نوبت) Irrigation (time)					
8	220.1 a*	11.67 c	5.85 a	3.01 c	10.71 a
5	220.0 a	12.42 b	5.01 b	4.10 b	8.45 b
3	219.7 a	16.71 a	3.12 c	4.81 a	7.11 c

					سطح گوگرد (کیلوگرم در هکتار) Sulphur level kg.ha^{-1})
9.13 c	3.92 b	3.88 b	9.41 c	215.3 c	0
10.09 b	4.19 ab	4.01 b	10.52 b	220.2 b	75
11.87 a	4.97 a	5.52 a	14.78 a	225.1 a	150
12.14 a	4.97 a	5.91 a	15.09 a	226.5 a	225

* حروف مشابه در هر ستون، نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون دانکن است.

* Means with the same letter(s) in each column have not significant difference at 5% probability level based on Duncan's test.

همبستگی ساده بین صفات کمی اسفرزه

نتایج همبستگی ساده بین عملکرد و اجزای عملکرد گونه دارویی اسفرزه تحت تأثیر سطوح مختلف گوگرد و تنش خشکی در جدول نه ارائه شده است. بین عملکرد بیولوژیکی با ارتفاع بوته، تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد. این امر به خوبی ارتباط بین کارآیی فتوسنتز و عملکرد دانه را نشان می‌دهد گیاهانی دارای عملکرد دانه بالایی خواهند بود که مواد فتوسنتزی بیشتری را در اندام‌های خود تجمع کنند. علاوه بر این، رابطه عملکرد دانه با صفات تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیکی مثبت و معنی‌داری بود. همچنین عملکرد دانه با صفت ارتفاع بوته همبستگی مثبت اما غیر معنی‌داری داشت (جدول ۹).

جدول ۹- ضرایب همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد اسفرزه تحت تأثیر تنش خشکی و سطوح گوگرد

Table 9- Correlation coefficients between yield and yield components of psyllium affected by drought stress and sulphur level

صفات Traits	ارتفاع بوته Plant height	تعداد سنبله در بوته No. of spike per plant	تعداد دانه در سنبله No. of seed per spike	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	عملکرد دانه Seed yield
ارتفاع بوته Plant height	1					
تعداد سنبله در بوته No. of spike per plant	0.54*	1				
تعداد دانه در سنبله No. of seed per spike	0.89**	0.63*	1			
وزن هزار دانه 1000-seed weight	0.29	0.78**	-0.16 ns	1		
عملکرد بیولوژیکی Biological yield	0.83 **	0.66**	0.56**	0.66**	1	
عملکرد دانه Seed yield	0.22ns	0.68**	0.54**	0.70**	0.47 *	1

*، ** و ns، به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیرمعنی‌دار می‌باشد.

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

همبستگی ساده بین عملکرد دانه و خصوصیات کیفی

همانطور که مشاهده می‌شود عملکرد دانه در بیشتر موارد همبستگی مثبت و معنی‌داری با اجزاء کیفی دانه اسفرزه داشت. عملکرد دانه بالاترین همبستگی را با عملکرد موسیلاژ (r=۰/۷۱) نشان داد. بدین ترتیب، هرچه عملکرد دانه بیشتر باشد، به تبع آن عملکرد موسیلاژ نیز افزایش می‌یابد. علاوه بر این، همبستگی عملکرد دانه با سایر صفات کیفی نیز مثبت اما غیرمعنی‌دار بود (جدول ۱۰). در بین سایر صفات کیفی نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری بین درصد موسیلاژ و عملکرد موسیلاژ مشاهده شد (r = ۰/۸۸). نوروزپور و همکاران (Norozpoor et al., 2005) در آزمایشی گزارش کردند که درصد موسیلاژ و عملکرد دانه اسفرزه از همبستگی مثبت بالایی برخوردارند و با توجه به اینکه با افزایش فواصل آبیاری عملکرد دانه کاهش یافته این امر متعاقباً کاهش عملکرد موسیلاژ در واحد سطح را به دنبال دارد.

جدول ۱۰- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه و خصوصیات کیفی اسفرزه تحت تأثیر تنش خشکی و سطوح گوگرد

Table 10-Correlation coefficients between seed yield and qualitative characteristics in psyllium affected by drought stress and sulphur levels

محتوی کربوهیدرات Carbohydrate content	محتوی پرولین Prolin content	عملکرد موسیلاژ Mucilage yield	درصد موسیلاژ Mucilage percent	عملکرد دانه Seed yield	صفات Traits
				1	عملکرد دانه Seed yield
			1	0.37^{ns}	درصد موسیلاژ Mucilage percent
		1	0.88^{**}	0.71^{**}	عملکرد موسیلاژ Mucilage yield
	1	0.12^{ns}	0.14^{ns}	0.52^{ns}	محتوی پرولین Prolin content
1	-0.23^{ns}	0.12^{ns}	0.19^{ns}	0.33^{ns}	محتوی کربوهیدرات Carbohydrate content

*، ** و ns، به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیرمعنی‌دار می‌باشد.

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

منابع

1- Ahmadian, Tavassoli, A., and Amiri, E. 2011. The interaction effect of water stress and manure on yield components, essential oil and chemical compositions of cumin (*Cuminum cyminum* L.). African Journal of Agricultural Research 6(10): 2309-2315.

2- Amin Pour, R., and Mousavi, S.F. 1995. Effects of irrigation times on developments stages, yield and yield components in cumin. Agricultural Sciences and Natural Resources 1(1): 1-7. (In Persian with English Summary)

3- Ardakani, M.R., Abbas Zadeh, B., Sharifi Ashour Abadi, A., Lebaschi, M.H., and Pak Nejad, F. 2005. Evaluation of effects of water deficit on quality and quantity of mellisa (*Melissa officinalis* L.). Journal of Iranian Medicinal and Aromatic Plants 23(2): 251-261. (In Persian with English Summary)

4- Asghari Pour, M. 2002. Effects of planting time and different seed rates on quality of psyllium. MSc Thesis of Agronomy, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Summary)

5- Ashraf, M., and Foolad, M.R. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environ. and Exp. Botany 59: 206-216.

6- Bates, L.S.,Waldren, S.P., Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free prolin for water-stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.

7- Evans, W.C. 1996. Trease and Evans. Pharmacognosy. 14th Edition, Chapter 21, "Volatile oils and resins", Wiley, New York, 450 pp.

8- Ghasemian, V. 2000. Study of micronutrients elements such as iron, zinc and manganese on the quantity and quality of seed soybean under West Azarbaijan. MSc Thesis of Agronomy, College of Agriculture, Tarbiat Modarres. (In Persian with English Summary)

9- Ghoulam, C., Foursy, A., and Fares, K. 2002. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beets cultivars. Environmental and Experimental Botany 47: 39-50.

10- Good, A., and Zaplachiniski, S. 1994. The effects of drought on free amino acid accumulation and protein synthesis in *Brassica napus*. Physiologia Plantarum 90: 9-14

11- Hasani, A., Omid Baigi, R., Heydari Sharif Abad, H. 2003. Effects of different Soil moisture content on growth, yield and accumulation of adaptative metabolites in basil. Journal of Water and Soil Sciences 17(2): (In Persian with English Summary)

12- Heuer, B. 1994. Osmoregulatory role of proline in water stress and salt-stressed plants. P. 363-481. In: M. Pessarkli (Ed), Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker pub. New York.

13- Hocking, P.J., Randal, P.J., and Pinkerton, A. 1987. Sulphur nutrition of sunflower as affected by nitrogen supply: effects on vegetative growth, the development of yield component and seed yield and quality. Field Crops Research 16: 157-175

14- Kazemi, F. 2000. Effects of different methods of drying and oil formation on the amount and essential oil ingredients of Roman chamomile flower (Flore Pleno). MSc Thesis of Horticulture, College of Agriculture,

Tarbiat Modarres. (In Persian with English Summary)
15- Khan, M.J., Khan, M.H., and Khattak, R.A. 2006. Response of Maize to Different Levels of Sulphur. Communications in Soil Science and Plant Analysis 37: 41–51.
16- Kolodziej, B. 2006.Effect of mineral fertilization on Ribwort plantation *(Plantago lanceolata* L.*)* yielding. Acta Agrophysica 8(3): 637-647.
17- Lebaschi, M., and Sharifi Ashour Abadi, A. 2004. Growth indices of some medicinal plants under different drough Stress conditions. Journal of Iranian Medicinal and Aromatic Plants 20(3): 249-261. (In Persian with English Summary)
18- Loggini, B., Scartazza, A., Brugnoli, E., and Navari-Izzo, F. 1999. Antioxidative defense system, pigment composition, and photosynthetic efficiency in two Wheat cultivars subjected to drought. Plant Physiology 119: 1091-1099.
19- Mandal, K., Saravanan, R., and Maiti, S. 2008. Effect of different levels of N, P and K on downy mildew (*Peronospora plantaginis* L.) and seed yield of *Plantago ovata*. Crop Protection 27(6): 988-995.
20- Misra, A., and Srivastava, N.K. 2000. Influence of water stress on Japanese mint. Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants 7(1): 51-58.
21- Nadjafi, F., and Rezvan Moghaddam, P. 2002. Effects of different irrigation regimes and density on yield and Agronomic characteristics of psyllium (*Plantago ovate*). Journal of Agricultural Sciences and Technologies. (In Persian with English Summary)
22- Norozpoor, G., and Rezvani Moghaddam, P. 2005. Effect of different irrigation intervals and plant density on yield and yield component of black cumin (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 3: 305-315. (In Persian with English Summary)
23- Omidbaigi, R., Hassani, A., and Sefidkon, F. 2003. Essential oil content and composition of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) at different irrigation regimes. Journal of Essential Oil Bearing Plant s6: 104-108.
24- Pandey, R.K., Marienville, J.W., and Adum, A. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effect on maize in an aphelia environment. I. Grain yield components. Agriculture Water Management 46: 1-13.
25- Patel, B.S., Patel, J.C., and Sadaria, S.G. 1996. Response of blond psyllium (*Plantago ovate* L.) to irrigation and phosphorus. Indian Journal of Agronomy 41: 311-314.
26- Patel, N.C., and Patel, Z.G. 1993. Performance of safflower under different irrigation scheduling in sought Gujarat. Annual Agric Research 14: 109-110.
27- Piri, I., Moussavi Nik, M., Tavassoli, A., Rastegaripour, F., and Babaeian, M. 2011b. Effect of irrigation frequency and application levels of sulphur fertilizer on water use efficiency and yield of Indian mustard (*Brassica juncea*). African Journal of Biotechnology 10(55): 11459-11467.
28- Piri, I., Moussavi Nik., M., Tavassoli, A., and Rastegaripour, F. 2011a. Effect of irrigation intervals and sulphur fertilizer on growth analyses and yield of *Brassica juncea*. African Journal of Microbiology Research 5(22): 3640-3646.
29- Pirzad, A., Alyari, H., Shakiba, M.R., Zehtab Salmasi, S., and Mohammadi, A. 2006. Essential oil content and composition of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) at different irrigation regimes. Journal of Agronomy 5(3): 451-455.
30- Poonia, K.L. 2000. Effect of planting geometry, nitrogen and sulphur on growth and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Journal of Eco-Physiology 3: 59–71.
31- Refaat, A.M., and Saleh, M.M. 1997. The combined effect of irrigation intervals and foliar nutrition on sweet Basil plants. Bulletin of Faculty of Agriculture University of Cairo 48: 515-527.
32- Safi Khani, F., Heydari Sharifi Abad, H., Siadat, A., Sharifi Ashour Abadi, A., Seyyed Nejad, M., and Abbas Zadeh, B. 2007. Effects of drough stress on yield and morphological characteristics of (*Dracocephalum moldavica*). Journal of Iranian Medicinal and Aromatic Plants 23(2): 183-194. (In Persian with English Summary)
33- Sangale, P.B., Palil, G.D., and Daftardar, S.Y. 1998. Effect of foliar application of zinc, iron and boron on yield of safflower. Journal of Moharashtra Agricultural Universities 6: 65-66.
34- Schlegel, H.G. 1956. Die verwertung organischer sauren durch chlorella in lincht. Plata 47: 510-515.
35- Serraj, R., and Sinclair, T.R. 2002. Osmolyte accumulation: can it really help increase crop yield under drought conditions? Plant, Cell and Environment 25: 333-341.
36- Slama, I., Messedi, D., Ghnaya, T., Savoure, A., and Abdelly, C. 2006. Effect of water deficit on growth and proline metabolism in *Sesuvium portulacastrum* L.. Envi. and Exper. Botany, 56: 231-238.
37- Tatari, M. 2004. Effects of different salinity levels and irrigation times on growth and yield of Cumin growth and yield under Mashhad conditions. MSc Thesis of Agronomy, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
38- Tavassoli, A., Ghanbari, A., Amiri, E., and Paygozar,Y. 2010. Effect of different rates of fertilizer, manure and micronutrients on chamomile. International Journal of Ecology, Environment and Conservation 16(1): 99-104.
39- Yadav, O.P., and Bhathagar, S.K. 2001. Evaluation of indices for identification of pearl millet cultivars adapted to stress and non stress condition. Field Crops Science 70: 201-208.
40- Zhao, F.J., Hawkesford, M.J., and McGrath, S.P. 1999. Sulphur assimilation and effects on yield and quality of wheat. Journal of Cereal Science 30: 1–17.

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 2, Summer 2012, p. 183

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 4، شماره 2، تابستان 1391، ص. 183

The effects of soil chemical characteristics on weed species diversity in eastern Mashhad region wheat (*Triticum aestivum* L.) fields

M. Jahani-Kondori[1*], A. Koocheki[2], M. Nassiri Mahalati[2] and P. Rezvani Moghaddam[2]

Submitted: 09-12-2010
Accepted: 24-06-2011

Abstract

In order to investigate the effects of soil chemical characteristics on weed species diversity in eastern Mashhad region wheat (*Triticum aestivum* L.) fields, an investigation was held in the year 2009. Wheat fields were classified based on the acreage from 3-5, 5-10 and higher than 10 ha. Five random soil samples were taken using a 5 cm diameter auger from the soil of each experimental field and were analyzed in the laboratory to measure carbon, nitrogen, phosphorus, potassium and pH levels. The results indicated that there is a significant correlation between carbon, organic matter, nitrogen, phosphorus, potassium and pH with field area. With increasing field area decreased soil carbon, nitrogen, phosphorus and potassium levels and increased soil pH. A significant negative correlation was found between C/N ratio and field area (a decreased C/N ratio correlated with increased area and vice versa). A significant correlation was found between increasing soil carbon, nitrogen, phosphorus, potassium levels, decreasing soil pH and an increasing shannon index of weeds. The shannon index for weeds was increased with increasing soil carbon, nitrogen, phosphorus and potassium and a decreasing soil pH. Significant correlation was found between increased soil carbon and nitrogen levels and increased weed species richness.

Keywords: Fields area, Shannon index, Species richness

1 and 2- Graduated PhD student in Crop Ecology and Prof., College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author E-mail: mrkondori@yahoo.com)

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 2, Summer 2012, p. 184

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 4، شماره 2، تابستان 1391، ص. 184

The effects of soil conditioners on water retention content at different matric suctions in a saline-sodic soil

H. Emami[1]*, A.R. Astaraei[2], M. Mohajerpour[3], and A. Farahbaksh[4]

Submitted: 19-02-2011
Accepted: 24-06-2011

Abstract

Application of soil conditioners for remediation of saline- sodic soils is one of the common methods for improving soil properties in arid and semi-arid regions. In order to study the effect of soil conditioners on retention of soil moisture content, an experiment was carried out based on randomized complete block design with three replications in a saline-sodic sandy clay loam soil. The treatments of this research were consisted of control (B), 10 $t.ha^{-1}$ gypsum powder (G), 10 $t.ha^{-1}$ municipal compost (C), 0.05, 0.1, and 0.2% of vinylalcoholacrylic acid super absorbent (S_1, S_2 and S_3), and mixtures of different levels of absorbent with compost, and or gypsum powder. After four months, gravimetric water contents in each treatment were measured at nine matric suctions, then available water content (AWC) was calculated. The results showed that experimental treatments incresed water content in all matric suctions significantly ($p\leq0.05$). The amounts of soil moisture in S_1 treatment at 0 (θ_s) and 5 bar matric suctions were 90.67 and 94% more than B treatment, respectively, which they were the highest contents among experimental treatments. At field capacity (0.3 bar suction), CS_1, S_1 and CS_2 treatments had the most effect on soil moisture retention, and the amounts of soil moisture in these treatments were about 73% higher than of B treatment. Also, at permanent wilting point (PWP) S_1 and CS_3 treatments increased soil moisture by 1.6 and 1.42 times more than B treatment. In addition, when mixture of 10 $t.ha^{-1}$ compost, 0.2% of absorbent was applied to soil, the highest amounts of AWC was obtained and it was 63% more than of B treatment. In addition, application of soil conditioner increased air capacity significantly up to critical limit (0.10 $m^3 m^{-3}$). According to the results of this study it can be concluded the mixture of super absorbent in combination with gypsum powder is a suitable solution for retaining more soil moisture content and reducing the evaporation in arid and semi arid area.

Keywords: Air capacity, Available water content, Conditioners, Retention curve

1, 2, 3 and 4- Assistant Prof., and Associated Prof., MSc Student in Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, PhD Student in Water Engineering, Agriculture Faculty, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author E-mail: hemami@um.ac.ir)

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 2, Summer 2012, p. 185

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 4، شماره 2، تابستان 1391، ص. 185

Environmental impact study of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) production using life cycle assessment (Case study: South Khorasan region)

H. Mirhaji[1], M. Khojastehpour[2], M.H. Abbaspour-Fard[3]* and S. M. Mahdavi Shahri[1]
Submitted: 29-05-2011
Accepted: 20-08-2011

Abstract

The importance of environmental protection in modern communities is vital, the action and implementation of any program requires the sufficient knowledge and understanding of environment. One of the methods to preserve natural resources and achieving sustainable development, especially sustainable agriculture, is the environmentally evaluation of agriculture production processes. Life cycle assessment approach is an accepted method for determining the side effects of a production process on environment during its complete life cycle. In this research, the impacts of global warming, acidification, fossil resources depletion and water resources depletion of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) production on environment is investigated using life cycle assessment method in Khezri Farming Company, one of the major production areas in South Khorasan province. The final environmental indices for global warming, acidification, fossil resource depletion and water resources depletion were 0.0003, 0.002, 0.025 and 0.073, respectively. In other words, the effect of water resources depletion has the greatest damaging potential on environment among others in sugar beet production in this region.

Keywords: Acidification, Global warming, Resource depletion

1, 2 and 3- MSc student in Mechanization, Assistant Prof., and Associate Prof., Department of Agricultural (Machinery Eng.), College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author E-mail: abaspour@um.ac.ir)

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 2, Summer 2012, p. 186

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 4، شماره 2، تابستان 1391، ص. 186

Analysis of parametric approaches in qualitative land Suitability evaluation for irrigated wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivation at Neyshabur plain

H.R. Bagherzadeh[1], A. Bagherzadeh[2*] and H. Moeinrad[2]

Submitted: 27-06-2011
Accepted: 10-03-2012

Abstract

Using parametric approaches for qualitative assessment of land suitability is a useful method for diagnosis of land capability and potential in optimum crop production. By using such methods will hope that to achieve sustainability in based on FAO land evaluation frame works and the presented tables of soil and climate requirements for agronomic crops. We studied qualitative land suitability for irrigated wheat (*Triticum aestivum* L.) at Neyshabur plain. An interpolation function was used to map values to scores in terms of land qualities/characteristics for wheat cultivation and the evaluation was carried out according to parametric approaches of Storie, Square root and Kalogirou. The interpolation technique by GIS functions helped in managing the spatial data and visualizing the results. The land suitability degree for wheat at Neyshabour plain by Storie method ranged from 1.53–33.22, while Square root method fluctuated from 1.35 to 38.72 corresponds to N_2 to S_3 classes. Based on Kalogirou method Land degrees varied from 24.51 to 60.19 corresponds to N_1 – S_2 land suitability classes. Our results indicated that the most important limiting factor for irrigated wheat is soil physical properties. It was demonstrated that using Kalogirou method gives more reliable and realistic results compared to other parametric approaches.

Keywords: Kalogirou, Land utilization, Square root, Storie

1 and 2- MSc student in Agroecology and Assistant Prof., Department of Agriculture, Islamic Azad University, Mashhad Branch, Iran, respectively.
(*- Corresponding author E-mail: abagher_ch@yahoo.com)

Journal of Agroecology1
Vol. 4, No. 2, Summer 2012, p. 187

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 4، شماره 2، تابستان 1391، ص. 187

Effect of various corn (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropping densities on crop yield and weed biomass

S. Fotohi- chianeh[1], A. Javanshir[2], A. Dabbagh Mohammadi Nassab[3], E. Zand[4], F. Razavi [5] and E. Rezaei-Chianeh[1*]

Submitted: 30-08-2011
Accepted: 10-03-2012

Abstract

In order to study the intercropping effects of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and evaluating effect of intercropping on weed biomass, a field experiment was conducted at the Agricultural Research Station, Payamenoor University of Nagadeh,West- Azarbayjan, Iran during growing season of 2009-2010. The experiment was laid out as randomized complete block design with three replications and 15 treatments. Treatments were including mono-cropping of maize densities (5, 7 and 9 plant.m^{-2}) and bean densities (45, 55 and 65 plant.m^{-2}) and nine treatments of intercropping included combination of densities. Two plant species intercropped as additive series. Results showed that the biological and grain yield of maize and bean were significantly affected by maize and bean densities. The effect of cropping system on weed biomass was significant. The lowest weed biomass was obtained in intercropping and the highest in sole crop. Maximum land equivalent ratio (1.41) and standard land equivalent ratio (1.41) were obtained by five maize plant.m^{-2} with 55 plants.m^{-2} of bean intercropping combinations. Maximum relative total value (1.31) was obtained in maize and bean intercropping with 7 plants maize and 55 plants bean plant.m^{-2} showed the highest profitability. Intercropping monetary advantage in comparison with mono cropping was 58 percent.

Keyword: Intercropping, Land equivalent ratio, Relative value total, Standard land equivalent ratio, Weed

1, 2, 3, 4 and 5- Payamenoor University of Nagadeh West- Azarbayjan, Iran, Associate Prof., Department of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Tabriz-Iran, Prof., of Department of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Tabriz- Iran, Scientific Member of Weed Research Department, Plant Pest and Diseases Institute, Tehran, Iran and PhD student in Horticulture, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Tabriz-Iran, respectively.
(*- Corresponding author E-mail: Ismaeil.rezaei@gmail.com)

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 2, Summer 2012, p. 188

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 4، شماره 2، تابستان 1391، ص. 188

Effect of mixed cropping on yield and agronomic characteristics of wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.)

A. Zare Feizabadi[*1] and A.G. Emamverdian[2]

Submitted: 30-08-2011
Accepted: 10-03-2012

Abstract

In order to evaluation the effect of mixed cropping on yield and agronomical characteristics of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties, a field experiment based on a randomized complete block design with four replications was carried out at city of Mahvelat in Khorasan Razavi province, Iran, during growing season of 2007-2008. Treatments including five sole cultures of conventional wheat cultivars viz: Pishtaz (P), Falat (F), Shiraz (S), Qods (Q) and Toss (T), mixed cropping of (F+P), mixed cropping of (F+P+S), mixed cropping of (F+S+T+Q) and mixed cropping of (P+F+S+T+Q) with equal ratio of each cultivar. Traits under study were including grain and biological yield, yield components, harvest index, plant height, ear length and Land equivalent ratio for grain and biological yield of wheat. Results showed that mixed cropping had significant effect on all investigated traits. Maximum grain yield was obtained in (F+P) mixed cropping treatments with 5425 kg.ha^{-1}. Average of mixed cropping treatments had an increasing trend in grain and biological yield as 55% and 32%, respectively. Five mixed cultivars treatment had 21% grain yield less than mean of sole crops. Maximum and minimum LER in grain and biological yield were obtained in mixed cropping treatments in (F+P) and (P+F+S+T+Q), respectively. Based on result of this study, yield of wheat cultivar in mix cropping were superior to sole crops.

Keywords: Inter specific, Land equivalent ratio, Sole culture

1 and 2- Associate Prof., of Agricultural Natural Resources Research Center of Khorasan Razavi and MSc of Agronomy of Azad University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author E-mail: azarea.2002@yahoo.com)

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 2, Summer 2012, p. 189

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 4، شماره 2، تابستان 1391، ص. 189

Energy use analysis of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) production in Golestan Province and a few strategies for increasing resources productivity

M. Ahmadi[1] and M. AghaAlikhani[2*]

Submitted: 29-10-2011
Accepted: 10-03-2012

Abstract

Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) as a unique crop in natural fiber production has an important role in texture industry. It has also a large share in oil production for human nutrition and as a protein concentrate for animal feeding. Therefore, cotton role in job opportunities in agriculture, industry and business divisions are undeniable. In order to determine the share of each direct and indirect energy inputs (consisted of fossil fuels, human labore and ...) in energy use efficiency (EUE) of cotton production in Golestan Province (cotton pole of Iran) a field survey was conducted during 2010. Necessary information has been collected via technical questionnaire and face to face interview with 23 farmers who produced cotton in 0.5 to 50 ha. According to data analysis EUE of cotton production in Golestan province estimated as amount of 1.0968. Results showed that the share of variant inputs for cotton production were different. Fuel for tractor and irrigation pump have 24 and 30% of energy input, respectively and in overall 54% of input energy in cotton production was devoted to diesel fuel. Fertilizers and chemicals with 24 and 13% have second and third share of energy use. For improvising productivity of resources (water, soil and chemical inputs) and increment of EUE in cotton production at Golestan province a few technical and management strategy could be recommended. Our top recommendation have been focused on suitable fuel storage, correct operation and maintenance of machines, improvement of cultural practices and fertilizing management.

Keywords: Ecological economics, Industrial crops, Low input agriculture, Sustainable development

1 and 2- PhD Student and Associate Prof., Agronomy Department, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, respectively.
(*- Corresponding author E-mail: maghaalikhani@modares.ac.ir)

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 2, Summer 2012, p. 190

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 4، شماره 2، تابستان 1391، ص. 190

Evaluation of energy budget and productivity of potato (*Solanum tuberosum* L.) farm of Kurdistan province; case study: Dehgolan Plain

F. Hosseinpanahi[1*] and M. Kafi[2]
Submitted: 19-09-2011
Accepted: 10-03-2012

Abstract

The purpose of this study was to determine used energy input and output analysis in commercial and traditional potato (*Solanum tuberosum* L.) production, in Kurdistans, Iran. For this purpose, the data were collected from 50 commercial and 50 traditional potato farms. Farms were selected based on random sampling methods and inquiries were conducted in a face-to-face interviewing from May 2008 up to August 2009. The results indicated that the total energy inputs for commercial and traditional farms were 93330.67 and 44279.52 MJ ha^{-1}, respectively. In commercial system the share of agrochemicals, diesel fuel plus machinery, seed, irrigation water, farmyard manure, and human labor were 42.5, 25.06, 15.40, 10.47, 4.34 and 1.76%, respectively; while in traditional system the amount of mentioned items were 18.21, 27.51, 18.96, 26.28, 1.80 and 7.05%, respectively. About 21.47% of the used total energy inputs in commercial potato production were renewable energy (such as human labor, seeds and farmyard manure) that is increased up to 27.81% for traditional system. Mean energy use efficiency, specific energy, energy productivity and net energy of commercial system were 1.37, 2.62 $MJ.kg^{-1}$, 0.38 $kg.MJ^{-1}$ and 34913.07 $MJ.ha^{-1}$, respectively and in traditional system the rate of mentioned parameters were 1.41, 2.55 $MJ.kg^{-1}$, 0.39 $kg.MJ^{-1}$ and 18174.91 $MJ.ha^{-1}$, respectively.

Keywords: Direct Energy, Indirect Energy, Nonrenewable Energy, Renewable Energy

1 and 2– PhD student of Crop Physiology and Prof., Faculty of Agriculture, Department of Agronomy, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author E-mail: agro_expert@yahoo.com)

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 2, Summer 2012, p. 191

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 4، شماره 2، تابستان 1391، ص. 191

Effect of drought stress and sulphur fertilizer on quantity and quality yield of psyllium (*Plantago ovata* L.) in Baluchestan

M. Mousavi Nik[1*]

Submitted: 20-10-2011
Accepted: 05-05-2012

Abstract

Management of chemical fertilizers application is very important issues on environment and plant yield especially in arid and-semi arid region. In order to determine the effects of drought stresses and fertilizer levels on quantity and quality yields of psyllium (*Plantago ovata* L.), a study was conducted as split plot based on randomized complete block design with four replications at the Natural Resources and Agriculture Researches Center of Balouchestan, Iran, during growing season of 2009-2010. Treatments included different irrigation regimes (three, five and eight times irrigation during the growing season) as main plots and four levels of sulphur fertilizer (0, 75, 150 and 225 kg.ha^{-1} sulphur) as sub plot. The results showed that the irrigation regimes and sulphur fertilizer had significant effects on seed and biological yield of psyllium, so the highest seed and biological yields obtained in eight times irrigation. Also, the maximum of these factors were achieved in 225 kg.ha^{-1} sulphur. The highest harvest index and 1000- seed weight, No. seed per spike and No. spike per plant were observed in eight times irrigation and 225 kg.ha^{-1} sulphur. The highest plant height was obtained in eight times irrigation and 225 kg.ha^{-1} sulphur and the maximum mucilage percentage and proline content were obtained in three times irrigation. The maximum mucilage yield and carbohydrate content were achieved in eight times irrigation. Among sulphur fertilizer, the highest amounts for all factors were achieved in 225 kg.ha^{-1} sulphur. There was positive and significant correlation between seed yield with spike No. per plant, Seed No. per spike, 1000-Seed, biological yield and mucilage yield.

Keywords: Irrigation regime, Medicinal plant, Mucilage, Sulphur fertilizer, Yield

1- Assistant Professor, Agronomy and Plant Breeding Department, College of Agriculture, Zabol University, Iran.
(*-Corresponding author E-mail: mohsen_372001@yahoo.com.au)