نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۱، ص. ۱۱-۱

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 1, Spring 2012, p. 1-11

بررسی اکولوژیک الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)

علیرضا کوچکی[۱]، جواد شباهنگ[۲]، سرور خرم دل[۳*] و افسانه امین غفوری[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۱/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۵/۲۹

چکیده

بمنظور بررسی تعیین بهترین عرض نوار در کشت مخلوط لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) و گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) از نظر ویژگی‌های اکولوژیکی از جمله تنوّع، ترکیب و تراکم علف‌های هرز و حشرات و عملکرد، آزمایشی در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار الگوی کشت مخلوط ردیفی (یک ردیف لوبیا و یک ردیف گاوزبان (۱:۱)، دو ردیف لوبیا و دو ردیف گاوزبان (۲:۲)، سه ردیف لوبیا و سه ردیف گاوزبان (۳:۳) و چهار ردیف لوبیا و چهار ردیف گاوزبان (۴:۴)) و کشت خالص دو گیاه بود. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد اقتصادی لوبیا و گاوزبان در کشت خالص به ترتیب با ۴/۴۶ و ۰/۱۲ تن در هکتار و کمترین مقدار آن در الگوی ۴:۴ به ترتیب با ۲/۳۰ و ۰/۰۵ تن در هکتار حاصل شد. با افزایش تنوّع، تراکم و وزن خشک علف‌های هرز بطور معنی‌داری تحت تأثیر قرار گرفت، بطوریکه تیمارهای مخلوط کمترین وزن خشک علف‌های هرز را داشتند. کمترین و بیشترین و تراکم و وزن خشک علف‌های هرز به ترتیب در الگوی ۲:۲ و کشت خالص لوبیا مشاهده شد. بیشترین جمعیّت شکارگرهای طبیعی در کشت مخلوط دو ردیف لوبیا+ دو ردیف گاوزبان با ۲۰/۳ درصد و بیشترین جمعیت آفات در کشت خالص لوبیا با ۲۰/۵ درصد از کل جمعیّت حشرات بدست آمد. بطور کلی نتایج نشان داد که کشت مخلوط ردیفی لوبیا با گاوزبان باعث افزایش نسبت برابری زمین شد، بطوریکه بالاترین نسبت در عرض نوار ۲:۲ (۱/۵۵) مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: تنوّع، شاخص شانون، علف هرز

مقدمه

تمایل به تولید گیاهان دارویی و تقاضا برای این محصولات طبیعی در جهان روز به روز در حال افزایش می‌باشد. از اواسط قرن بیستم و به دنبال مشخص شدن پیامدهای منفی ناشی از مصرف داروهای شیمیایی، گیاهان دارویی در بسیاری از موارد جایگزین داروهای شیمیایی شدند (Carruba et al., 2002). ایران نیز به واسطه داشتن تنوّع اقلیمی و سابقهٔ زیاد در استفاده و فرآوری گیاهان دارویی، توانمندی‌های بالایی در تولید این گیاهان دارد، اما تنها سهم بسیار اندکی را در بازار جهانی گیاهان دارویی به خود اختصاص داده است (Omid Beigi, 2000; Anonymous, 2006)، با توجه به احتمال بروز اثرات منفی ناشی از مصرف انواع مواد شیمیایی روی کمیّت و کیفیّت ترکیبات مؤثره گیاهان دارویی نیاز به بهره‌گیری از اصول اکولوژیک مانند کشت مخلوط در تولید این گیاهان امری ضروری می‌باشد. از طرف دیگر، چنین بنظر می‌رسد که کشت مخلوط گیاهان دارویی با گیاهان زراعی بدلیل خاصیت آللوپاتی گیاهان دارویی، قادر به کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز باشد. امروزه اهمیت کشت مخلوط بسیار زیاد است و نتایج برخی از تحقیقات (Liebman, 1988; Zimdahl, 2007) نیز نشان داده است که در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص از منابع به طور مؤثرتری استفاده شده و به همین دلیل مقدار منبع قابل دسترس برای علف‌های هرز کاهش می‌یابد. از طرف دیگر، کشت مخلوط با سایه اندازی، خفه کردن و خواص آللوپاتیک از رشد و گسترش گونه‌های مختلف علف‌های هرز جلوگیری می‌کند.

فرناندز آپاریکو و همکاران (Fernandez-Aparicio et al., 2008) با مقایسه جمعیت گل جالیز در کشت مخلوط تعدادی از گیاهان با شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) بیان نمودند که اثرات آللوپاتیکی ریشه شنبلیله روی جوانه‌زنی و در نتیجه رشد گل جالیز (*Orobanche* sp.) باعث کاهش جمعیت این علف هرز سمج شد. رائو (Rao, 2002) گزارش کرد که کشت مخلوط

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استاد، دانشجوی دکتری اگرواکولوژی و استادیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: E-mail: su_khorramdel@yahoo.com)

شمعدانی (*Pelargonium* sp.) و نعناع (*Mentha arvensis* L. f. Piperascens Malinv) منجر به کاهش رشد و زیست توده علف‌های هرز شد. رودریگوئز و همکاران (Rodrigues-Gomez et al., 2003) گزارش کردند که کشت مخلوط جعفری (*Petroselinum sativum* L.) و گوجه فرنگی (*Lycopersicum esculentum* L.) بدلیل اثرات آللوپاتیکی جعفری بر جوانه‌زنی کنیدی‌های بلایت، تأثیر جعفری بر تغییر میکروکلیمای اطراف بوته گوجه فرنگی و در نتیجه ایجاد محدودیت رطوبتی در اطراف گیاه و ایجاد مانعی فیزیکی در جلوگیری از انتشار کنیدی‌های بلایت باعث کاهش معنی‌دار بلایت گوجه فرنگی در شرایط مخلوط با جعفری در مقایسه با تک‌کشتی این گیاه شد. مافی و موسیارلی (Maffei & Mucciarelli, 2003) با بررسی کشت مخلوط سویا (*Glycine max* L.) و نعناع (*Mentha piperita* L.) بر عملکرد و کیفیت اسانس نعناع گزارش نمودند که عملکرد کمّی و کیفی نعناع در کشت مخلوط بالاتر از کشت خالص بود. خرمی‌وفا و همکاران (Mohammad Abadi et al., 2011) نیز بدلیل تأثیرات مثبت کشت مخلوط کدو پوسته کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) در شرایط همراهی با گونه‌های لگومینوزه همچون نخود (*Cicer arietinum* L.) و عدس (*Lens esculenta* Moench.)، بهره‌گیری از این الگوهای کاشت را برای این گیاه توصیه نمودند. راجساوارا رائو (Rajsawara Rao, 1999) با بررسی کشت مخلوط نعناع و گوجه فرنگی نیز گزارش نمودند که کشت مخلوط موجب بهبود عملکرد اقتصادی و در نتیجه نسبت برابری زمین در مقایسه با کشت خالص شد. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2010) با مقایسه ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط مرزنجوش (*Origanum vulgare* L.) و زعفران (*Crocus sativus* L.) گزارش کردند که کشت مخلوط زعفران با مرزنجوش احتمالاً بدلیل سایه اندازی بر سطح خاک و در نتیجه مساعدتر شدن شرایط محیطی برای رشد بنه باعث بهبود تولید گل و عملکرد اقتصادی زعفران شد.

نتایج برخی از بررسی‌ها نشان داده است که اگرچه کشت مخلوط باعث کاهش قدرت رقابت علف‌های هرز می‌شود، ولی این کاهش رقابت به میزان زیادی به تراکم، الگوی کاشت و نوع گونه‌های همراه بستگی دارد (Pilbeam et al., 1994). نتایج بررسی انجام شده بر روی تأثیر کشت مخلوط ردیفی و نواری لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) و ریحان بذری (*Ocimum basilicum* L.) نشان داد که کشت مخلوط باعث کاهش تراکم زیست توده علف‌های هرز شد، بطوریکه بالاترین نسبت برابری زمین (۱/۳۶) در کشت ردیفی بدست آمد (Alizadeh et al., 2009).

تا سالیان اخیر، اغلب مطالعات انجام شده روی کشت مخلوط بر افزایش تولید و سودمندی اقتصادی تمرکز یافته بود، در حالیکه مطالعات اخیر بر درک روابط متقابل بین گونه‌ها و مکانیسم‌هایی که منجر به سودمندی کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص می‌شود، استوار است (Altieri, 1994; Connolly et al., 2001). کشت مخلوط از طریق کاهش تراکم گیاه میزبان و علف‌های هرز، تغییر کیفیّت میزبان از طریق اثرات متقابل گیاه- گیاه و افزایش جمعیت دشمنان طبیعی باعث کاهش بیماری‌ها و آفات می‌شود (Finck & Karpenstein-Machan, 2002). در همین راستا برخی از محققین (Speight, 1983; Bukovinszky et al., 2005) معتقدند که کشت مخلوط با افزایش جمعیّت دشمنان طبیعی باعث کاهش جمعیت حشرات آفت می‌شود. بوکاوینزکی و همکاران (Bukovinszky et al., 2005) بیان داشتند که دلیل کاهش نوسان جمعیت دشمنان طبیعی در کشت مخلوط به علت کاهش تنوّع گونه‌های شکار و گیاه میزبان و همچنین ایجاد پناهگاهی برای شکار می‌باشد. سینگ و کوتاری (Singh & Kothari, 1997) با بررسی اثر کشت مخلوط خردل (*Brassica juncea* L.) با رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) گزارش نمودند که در کشت مخلوط جمعیت شته به طور معنی-داری کمتر از کشت خالص بود.

بورن ساید و همکاران (Burnside et al., 1998) ضمن تأکید بر ارزش اقتصادی لوبیا بیان داشتند که سهم زیادی از نوسانات تولید این محصول به دلیل رقابت آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز می‌باشد. بنابراین بنظر می‌رسد که کشت گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) به عنوان گیاه دارویی و لوبیا به عنوان یک گیاه زراعی می‌توانند اثرات ترکیبی مطلوبی از نظر تأمین عناصر غذایی و کنترل علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها داشته باشد.

این آزمایش با هدف بررسی تعیین بهترین عرض نوار در کشت مخلوط ردیفی لوبیا و گاوزبان اروپایی از نظر ویژگی‌های اکولوژیکی از جمله جمعیت، تراکم و تنوّع حشرات و علف‌های هرز و عملکرد در شرایط آب و هوایی مشهد اجرا شد.

مواد و روش‌ها

بمنظور مقایسه الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی لوبیا و گاوزبان اروپایی از نظر تنوّع، ترکیب و تراکم علف‌های هرز و حشرات و عملکرد به منظور تعیین بهترین عرض نوار، آزمایشی در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد (با طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۲۳ دقیقه طول شرقی و ۳۶ عرض جغرافیایی درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۹۸۵ متر) انجام شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار تیمار مخلوط (یک ردیف لوبیا و یک ردیف گاوزبان (۱:۱)، دو ردیف لوبیا و دو ردیف گاوزبان (۲:۲)، سه ردیف لوبیا و سه ردیف گاوزبان (۳:۳) و چهار ردیف لوبیا و چهار ردیف گاوزبان (۴:۴)) و کشت خالص دو گیاه بود.

عملیات کاشت دو گیاه بصورت همزمان در نیمه اردیبهشت ماه بر روی هشت ردیف با طول سه متر و فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر انجام شد. اولین آبیاری پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی به فاصله

هر هفت روز یکبار تا آخر فصل رشد انجام شد. برای دستیابی به تراکم‌های مورد نظر (برای لوبیا و گاوزبان به ترتیب ۲۰ و ۳۰ بوته در متر مربع) گیاهان در مرحله ۶-۴ برگی تنک شدند. لازم به ذکر است که در طول دوره رشد، از هیچگونه ماده شیمیایی از جمله کودها و سموم برای بهبود رشد گیاهان استفاده نشد.

نمونه‌برداری از جمعیت علف‌های هرز بعد از تعیین تراکم دو گیاه و به فاصله هر ۱۴ روز یکبار تا پایان فصل رشد با کوادراتی به ابعاد ۰/۷۵×۰/۷۵ متر مربع انجام شد. سپس علف‌های هرز هر کوادرات به تفکیک نوع گونه شمارش شدند. بعد از آن نمونه‌ها در دمای ۷۵°c در آون به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد و وزن خشک آن‌ها اندازه گیری گردید. برای تعیین تنوّع علف‌های هرز از شاخص شانون ('H) طبق معادله (۱) استفاده شد (Gliessman, 1997).

معادله (۱) $H'=-\Sigma ni/N\times Ln\ ni/N$

در این رابطه، ni: تعداد گونه افراد i ام و N: تعداد کل افراد می‌باشد.

به منظور اندازه گیری جمعیت حشرات در الگوهای مختلف کشت مخلوط، نمونه‌برداری در زمان بسته شدن کانوپی بوسیله قرار دادن تله در خاک (بمنظور بررسی تنوع حشرات بدون بال و متحرک بر سطح خاک) و همچنین با استفاده از تور حشره‌گیری (برای بررسی تنوع حشرات بالدار بالای سطح خاک) انجام شد. سپس حشرات موجود جمع‌آوری و جهت شناسایی و ثبت تراکم هر گونه به آزمایشگاه منتقل شدند.

عملیات برداشت در زمان زرد شدن گیاه و با حذف اثرات حاشیه-ای انجام شد. برای ارزیابی کشت مخلوط گاوزبان اروپایی و لوبیا در مقایسه با کشت خالص شاخص نسبت برابری زمین[1] (بر اساس عملکرد اقتصادی) طبق معادله (۲) محاسبه گردید (Gliessman, 1997).

معادله (۲) $LER=\sum \frac{Ypi}{Ymi}$

در این معادله، *Ypi*: عملکرد هر گیاه در کشت مخلوط و *Ymi*: عملکرد هر گیاه در کشت خالص بود.

بمنظور تجزیه و مقایسه میانگین داده‌ها (آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد) از نرم افزار MSTAT-C و برای رسم شکل‌ها از Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر کشت مخلوط ردیفی لوبیا و گاوزبان بر عملکرد

نتایج تجزیه واریانس عملکرد بیولوژیکی و اقتصادی لوبیا و گاوزبان و درصد گل و برگ از کل عملکرد بیولوژیکی گاوزبان در الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی در جدول ۱ نشان داده است.

اثر کشت مخلوط بر عملکرد بیولوژیکی لوبیا و گاوزبان معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۱). بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیکی لوبیا به ترتیب در کشت خالص با ۷/۱۳ تن در هکتارماده خشک و الگوی چهار ردیفی با ۳/۳۰ تن در هکتار ماده خشک مشاهده شد. بیشترین عملکرد بیولوژیکی گاوزبان در کشت خالص با ۰/۵۳ تن در هکتار ماده خشک و کمترین میزان آن در الگوی چهار ردیفی با ۰/۲۰ تن در هکتار حاصل شد. در بین الگوهای کشت مخلوط نیز بالاترین عملکرد بیولوژیکی لوبیا و گاوزبان در الگوی دو ردیفی لوبیا و گاوزبان به ترتیب با ۵/۷۵ و ۰/۴۴ تن در هکتار بدست آمد (شکل ۱- الف و ب).

همانگونه که در جدول ۱ ملاحظه می‌گردد، تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط لوبیا و گاوزبان اروپایی بر عملکرد اقتصادی دو گیاه معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. بیشترین و کمترین عملکرد اقتصادی لوبیا به ترتیب در کشت خالص و الگوی چهار ردیفی با ۴/۴۶ و ۲/۳۰ تن در هکتار مشاهده شد. بیشترین عملکرد دانه گاوزبان نیز در تیمار خالص با ۰/۱۲ تن در هکتار و کمترین آن در الگوی چهار ردیف لوبیا و چهار ردیف گاوزبان با ۰/۰۵ تن در هکتار بدست آمد. در بین الگوهای مختلف مخلوط نیز بیشترین عملکرد اقتصادی لوبیا و گاوزبان در الگوی دو ردیف لوبیا و دو ردیف گاوزبان به ترتیب با ۳/۱۸ و ۰/۱۰ تن در هکتار حاصل شد (شکل ۱). بررسی‌های مختلف نشان داده است که در صورت انتخاب آرایش کاشت و تراکم مناسب در کشت مخلوط، جذب آب و مواد غذایی بدلیل تفاوت در توانایی رقابت بین گیاهان مختلف افزایش می‌یابد (Hauggard-Nielson et al., 2001). بدین ترتیب چنین بنظر می‌رسد که در بین الگوهای مختلف کشت مخلوط لوبیا و گاوزبان اروپایی، الگوی دو ردیف لوبیا+ دو ردیف گاوزبان، دارای رقابت بین گونه‌ای کمتری در مقایسه با رقابت درون گونه‌ای بوده و باعث شده است تا گیاهان همراه در این الگو برای نیچ‌های اکولوژیکی یکسان رقابت نکرده که در نهایت منجر به افزایش عملکرد در این شرایط، در مقایسه با سایر الگوهای مخلوط شده است. از طرف دیگر، چنین بنظر می‌رسد که کاهش عملکرد بیولوژیکی و اقتصادی در الگوی چهار ردیفی احتمالاً به دلیل بالا بودن رقابت بین گونه‌ای در مقایسه با رقابت درون گونه‌ای بین بوته‌های دو گونه باشد.

اثر الگوهای کشت مخلوط لوبیا و گاوزبان بر درصد گل و برگ گاوزبان از کل عملکرد بیولوژیکی معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۱). بطوریکه بیشترین درصد برگ و گل در الگوی دو ردیفی (به ترتیب با ۵۱/۷۳ و ۲۱/۵۳ درصد) و کمترین میزان آن نیز در کشت خالص (به ترتیب با ۳۳/۰۷ و ۱۰/۱۰ درصد) مشاهده شد (شکل ۲). چنین بنظر می‌رسد که وجود شرایط مناسب برای رشد بوته‌های گاوزبان از جمله فراهمی نیتروژن در شرایط مخلوط با لوبیا باعث بهبود رشد و فتوسنتز و به تبع آن افزایش درصد برگ و گل در مقایسه با کشت خالص شده است.

1- Land Equivalent Ratio (LER)

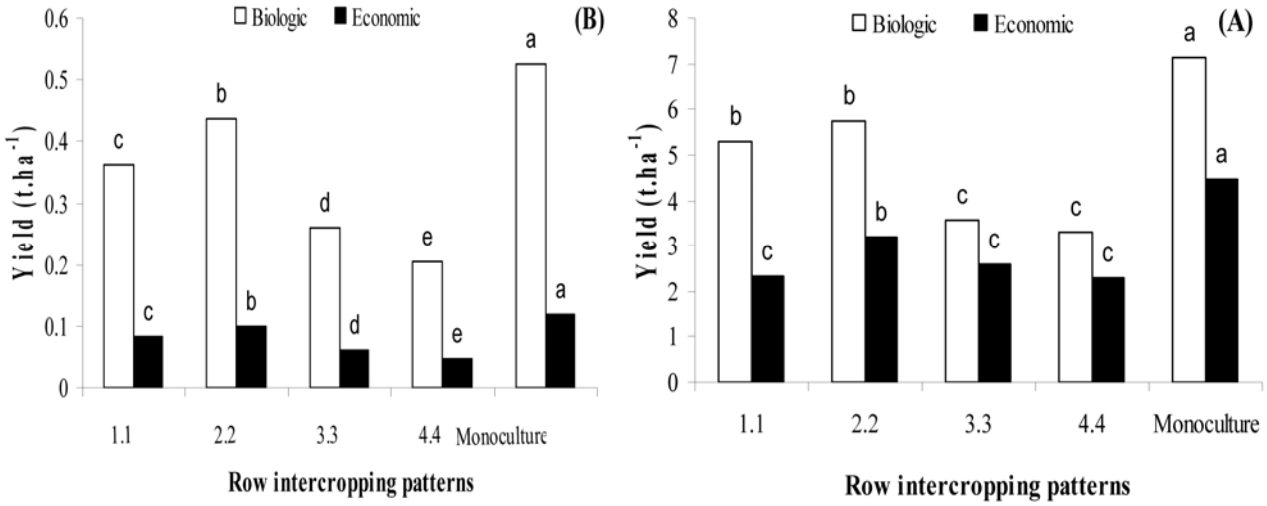
جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس عملکرد بیولوژیکی و اقتصادی و درصد گل و برگ گاوزبان از کل عملکرد بیولوژیکی در شرایط مخلوط ردیفی با لوبیا

Table 1- Analysis of variance for seed and biological yields and flower and leaf percentage of borage in row intercropping with bean

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی DF	عملکرد بیولوژیکی Biologic yield		عملکرد اقتصادی Economic yield		درصد گل Flower percentage	درصد برگ Leaf percentage
		لوبیا Bean	گاوزبان Borage	لوبیا Bean	گاوزبان Borage		
تکرار Replication	2	0.0079	0.0019	0.0211	0.00008	13.8740	11.4500
تیمار Treatment	4	7.5722**	0.0511**	2.4822**	0.0027	52.1580**	142.0976**
خطا Error	8	0.0798	0.000093	0.0370	0.000022	4.8510	4.004
کل Total	14	-	-	-	-	-	-

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

** is significant at 1% probability level.



شکل ۱- اثر الگوهای کشت مخلوط ردیفی (۱:۱، ۲:۲، ۳:۳، ٤:٤ و کشت خالص) بر عملکرد بیولوژیکی و عملکرد اقتصادی (الف) لوبیا و (ب) گاوزبان

Fig. 1- The effect of row intercropping patterns of (A) borage with (B) bean (1:1, 2:2, 3:3, 4:4 and monoculture) on the biological and economical yield

میانگین‌های دارای حروف مشترک برای هر جزء، در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

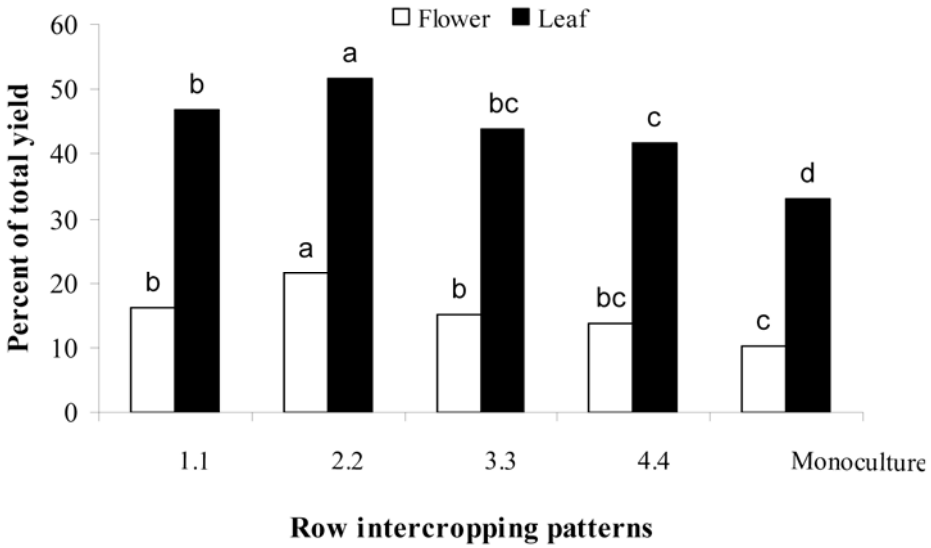
Means with the same letters for each component haven't significant difference at 5% probability level according to Duncan`s test.

نتایج بررسی‌های علیزاده و همکاران (Alizadeh et al., 2009) نیز بهبود رشد ریحان را در شرایط مخلوط با لوبیا نشان داده است.

اثر کشت مخلوط ردیفی لوبیا و گاوزبان بر نسبت برابری زمین

الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی لوبیا و گاوزبان از نظر نسبت برابری زمین تفاوت معنی‌داری داشتند. تمام الگوهای کشت مخلوط ردیفی لوبیا و گاوزبان بجز الگوی ۴:۴، LER بزرگتر از یک داشتند که این امر نشاندهنده برتری کشت مخلوط نسبت به تک-کشتی در این الگوها می‌باشد. بیشترین میزان LER برای ترکیب دو ردیف لوبیا و دو ردیف گاوزبان با ۱/۵۵ بدست آمد. عملکرد نسبی لوبیا در تمامی الگوهای مخلوط بالاتر از گاوزبان بود (شکل ۳).

بنابراین می‌توان چنین استنباط نمود که در الگوهـای مختلـف کشـت مخلوط، لوبیا به دلیل تأثیر بیشتر از همراهی گاوزبان اثر مثبت پذیرفته که این امر باعث بهبود LER جزئی آن در مقایسه بـا گاوزبـان شـده اسـت. کـوچکی و همکـاران (Koocheki et al., 2010) نیـز بیـان داشتند که بیشترین نسبت برابری زمین در ترکیب یک ردیف زعفـران و یک ردیف مرزنجوش (۱/۲۱) و کمتـرین مقـدار آن در ترکیـب سـه ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش ردیفی (۰/۸۷) بدست آمد.

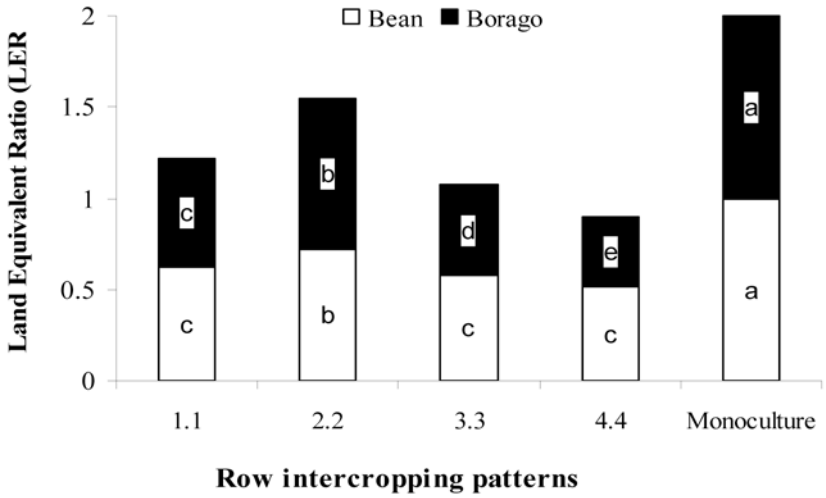


شکل ۲- اثر الگوهای کشت مخلوط (۱:۱، ۲:۲، ۳:۳، ٤:٤ و کشت خالص) با لوبیا بر درصد برگ و گل گاوزبان

Fig. 2- The effect of intercropping patterns with bean (1:1, 2:2, 3:3, 4:4 and monoculture) on the flower and leaf percentage of borage

میانگین‌های دارای حروف مشترک برای هر جزء، در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means with the same letters for each component haven't significant difference at the 5% level based on Duncan`s test.



شکل ۳- اثر الگوهای کشت مخلوط ردیفی (۱:۱، ۲:۲، ۳:۳، ٤:٤ و کشت خالص) لوبیا و گاوزبان بر نسبت برابری زمین

Fig. 3- The effect of row intercropping patterns of borage with bean (1:1, 2:2, 3:3, 4:4 and monoculture) on the land equivalent ratio

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

Means with the same letters haven't significant difference at 5% probability level according to Duncan`s test.

جدول ۲- تراکم نسبی گونه‌های علف هرز در مراحل مختلف نمونه‌برداری در الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی لوبیا و گاوزبان

Table 2- The effect of row intercropping patterns of borage with bean (1:1, 2:2, 3:3, 4:4 and monoculture) on weed relative frequency in different sampling dates

گونه‌های علف هرز Weed species	خانواده Family	سیکل رویشی Life Cycle	الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی Row intercropping patterns					
			1-1	2-2	3-3	4-4	کشت خالص لوبیا Bean monoculture	کشت خالص گاوزبان Borage monoculture
مرحله اول نمونه‌برداری First sampling date								
Amaranthus blitoides	Amaranthaceae	AB	16.67	18.18	18.75	25.00	10.26	4.88
A. retroflexus	Amaranthaceae	AB	25.00	9.09	6.25	-	5.13	12.20
Chenopodium album	Chenopodiaceae	AB	16.67	27.27	25.00	18.75	17.95	21.95
Convolvulus arvensis	Convulvulaceae	PB	-	-	-	6.25	7.69	21.95
Cyperus rotundus	Cyperaceae	PG	12.50	18.18	18.75	12.50	-	-
Digitaria sanguinalis	Poaceae	AG	-	-	-	-	20.51	9.76
Echinochloa crus-galli	Poaceae	AG	8.33	-	18.75	18.75	12.82	9.76
Portulaca oleracea	Portulaceae	AB	16.67	18.18	12.50	18.75	17.95	19.51
Solanum nigrum	Solanaceae	AB	-	-	-	-	7.69	-
مرحله دوم نمونه‌برداری Second sampling date								
Amaranthus blitoides	Amaranthaceae	AB	26.32	18.18	13.79	20.69	11.36	15.00
A. retroflexus	Amaranthaceae	AB	-	-	-	-	4.55	15.00
Chenopodium album	Chenopodiaceae	AB	10.53	22.73	24.14	17.24	25.00	22.50
Convolvulus arvensis	Convulvulaceae	PB	-	-	-	10.34	18.18	-
Cyperus rotundus	Cyperaceae	PG	21.05	18.18	13.79	21.34	-	7.50
Digitaria sanguinalis	Poaceae	AG	15.79	-	-	-	6.82	-
Echinochloa crus-galli	Poaceae	AG	5.26	-	10.34	17.24	11.36	15.00
Portulaca oleracea	Portulaceae	AB	15.79	40.91	13.03	24.14	18.18	17.50
Solanum nigrum	Solanaceae	AB	-	-	6.90	-	4.55	17.50
مرحله سوم نمونه‌برداری Third sampling date								
Amaranthus blitoides	Amaranthaceae	AB	12.50	15.38	15.79	5.88	15.15	7.41
A. retroflexus	Amaranthaceae	AB	12.50	-	5.26	-	18.18	11.11
Chenopodium album	Chenopodiaceae	AB	31.25	7.69	21.05	17.65	12.12	18.52
Convolvulus arvensis	Convulvulaceae	PG	-	-	-	5.88	12.12	-
Cyperus rotundus	Cyperaceae	PG	-	15.38	-	-	15.15	-
Digitaria sanguinalis	Poaceae	AG	12.50	-	5.26	5.88	12.12	7.41
Echinochloa crus-galli	Poaceae	AG	18.75	15.38	15.79	47.06	6.06	18.52
Linum usitatissimum	Linaceae	AB	6.25	-	-	-	-	7.41
Portulaca oleracea	Portulaceae	AB	-	23.08	26.32	17.65	12.12	11.11
Solanum nigrum	Solanaceae	AB	6.25	-	3.45	-	12.12	18.52
مرحله چهارم نمونه‌برداری Fourth sampling date								
Amaranthus blitoides	Amaranthaceae	AB	20.00	15.38	7.69	10.00	50.00	14.29
A. retroflexus	Amaranthaceae	AB	20.00	-	15.38	-	10.00	14.29
Chenopodium album	Chenopodiaceae	AB	20.00	7.69	15.38	10.00	30.00	14.29
Convolvulus arvensis	Convulvulaceae	PG	-	15.38	-	-	10.00	-
Cyperus rotundus	Cyperaceae	PG	-	-	-	-	-	7.14
Digitaria sanguinalis	Poaceae	AG	-	7.69	15.38	10.00	10.00	14.29
Echinochloa crus-galli	Poaceae	AG	20.00	-	15.38	30.00	10.00	7.14
Portulaca oleracea	Portulaceae	AB	-	23.08	15.38	20.00	15.00	21.43
Solanum nigrum	Solanaceae	AB	20.00	-	15.38	20.00	10.00	14.29

(چندساله پهن برگ: PB، چند ساله باریک برگ: PG، یکساله باریک برگ:AG و یکساله پهن برگ: AB)

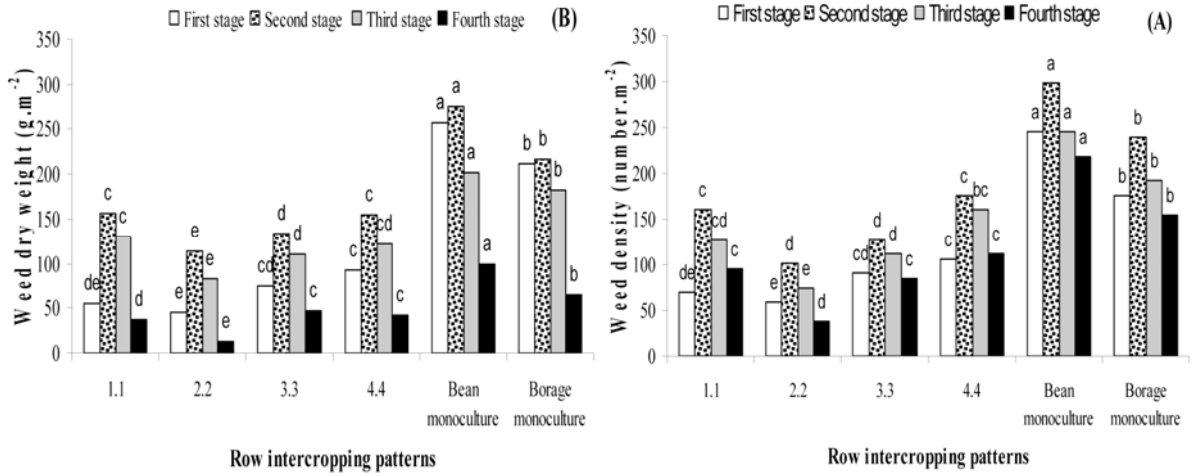
(PB: Perennial broad leaves, PG: Perennial grasses, AG: Annual grasses and AB: Annual broad leaves)

اثر کشت مخلوط ردیفی لوبیا و گاوزبان بر تراکم نسبی، تراکم کل، وزن خشک و تنوّع علف‌های هرز

تراکم نسبی گونه‌های مختلف علف هرز مشاهده شده در الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی لوبیا و گاوزبان اروپایی در چهار مرحله نمونه‌برداری در جدول ۲ نشان داده شده است.

همانگونه که ملاحظه می‌شود در الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی لوبیا و گاوزبان اروپایی مجموعاً ۱۰ گونه علف هرز مشاهده شد که شامل تاج خروس ایستاده (*Amaranthus retroflexus* L.)، تاج خروس خوابیده (*Amaranthus blitoides* L.)، تاجریزی سیاه (*Solanum nigrum* L.)، خرفه (*Portulaca oleracea* L.)، سلمه (*Chenopodium album* L.) و کتان روغنی از علف‌های هرز یکساله پهن برگ، سوروف (*Echinochloa crus-galli*) و علف خرچنگ (*Digitaria sanguinalis* L.) از علف‌های هرز یکساله باریک برگ، پیچک (*Convolvulus arvensis* L.) از علف‌های هرز چندساله پهن برگ و اویار سلام (*Cyperus rotundus* L.) از علف‌های هرز چندساله باریک برگ بودند. در مرحله اول، دوم و سوم نمونه‌برداری سلمه تره با دامنهٔ تراکم نسبی به ترتیب ۲۷/۲۷–۱۶/۶۷، ۲۵/۰۰–۱۰/۵۳ و ۳۱/۲۵–۷/۶۹ درصد بیشترین فراوانی نسبی را در مقایسه با سایر گونه‌ها داشت. در مرحله چهارم نمونه‌برداری نیز خرفه با دامنه ۲۳/۰۸–۱۵/۰۰ درصد فراوان‌ترین گونه مشاهده شده در مقایسه با سایر گونه‌های علف هرز بود (جدول ۲).

از نظر تعداد گونه مشاهده شده در الگوهای مختلف کشت، لوبیا خالص و کشت مخلوط دو ردیف لوبیا+ دو ردیف گاوزبان به ترتیب با میانگین پنج و هشت گونه علف هرز در طول فصل رشد، بیشترین و کمترین تعداد گونه را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). همچنین با مقایسه تعداد گونه علف هرز در مراحل مختلف نمونه‌برداری در کشت خالص لوبیا و گاوزبان چنین بنظر می‌رسد که گاوزبان اروپایی احتمالاً به دلیل دارا بودن خاصیت آللوپاتیک قابلیت بالاتری در کنترل علف هرز در مقایسه با لوبیا دارد (Reddiex et al., 2001; Ehyaee et al., 2010). چنین بنظر می‌رسد که کشت مخلوط با افزایش تنوّع، آشیان‌های کمتری را در اختیار علف‌های هرز قرار داده که این امر منجر به کاهش تعداد گونه علف هرز در واحد سطح شده است. نتایج بررسی‌های تعداد زیادی از محققین نیز کاهش تعداد گونه علف هرز را در شرایط کشت مخلوط نسبت به خالص را تأیید کرده است (Liebman, 1988; Rajsawara Rao, 2002; Zimdahl, 2007; Fernandez-Aparicio et al., 2008). الگوی کاشت ردیفی لوبیا و گاوزبان اثر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) بر تراکم و وزن خشک علف‌های هرز در مراحل مختلف نمونه‌برداری داشت. کمترین و بیشترین تراکم علف‌های هرز در مرحله اول، دوم، سوم و چهارم نمونه‌برداری به ترتیب در الگوی دو ردیف لوبیا+ دو ردیف گاوزبان (۵۸/۷، ۱۰۱/۳، ۷۴/۷ و ۳۷/۳ بوته در متر مربع) و کشت خالص لوبیا (۲۴۵/۳، ۲۹۸/۷، ۲۴۵/۳ و ۲۱۸/۷ بوته در متر مربع) مشاهده شد (شکل ۴-الف). همانگونه که بیان شد کشت مخلوط با افزایش تنوّع باعث کاهش تراکم نسبی و تعداد گونه علف هرز شد (جدول ۲) و به تبع آن تراکم آن‌ها در واحد سطح کاهش یافت. فرناندزآپاریکو و همکاران (Fernandez-Aparicio et al., 2008) نیز گزارش کردند که کشت مخلوط شنبلیله با سایر گیاهان باعث کاهش تعداد و تراکم علف‌های هرز در مقایسه با کشت خالص شد.



شکل ٤- اثر الگوهای کشت مخلوط (۱:۱، ۲:۲، ۳:۳، ٤:٤ و کشت خالص) لوبیا و گاوزبان بر (الف) تراکم و (ب) وزن خشک علف‌های هرز در مراحل مختلف نمونه‌برداری

Fig. 4- The effect of intercropping patterns of borage with bean (1:1, 2:2, 3:3, 4:4 and monoculture) on (A) weed density and (B) dry weight in different sampling dates

میانگین‌های دارای حروف مشترک برای هر مرحله در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

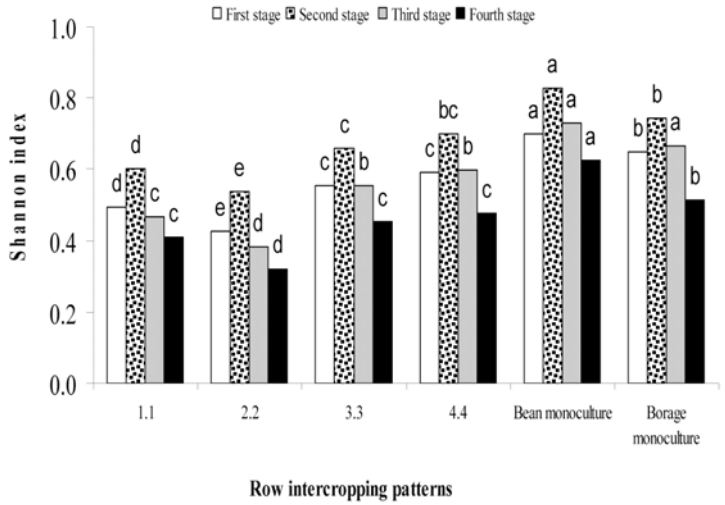
Means with the same letters in each shape haven't significant difference at 5% probability level according to Duncan`s test.

بیشترین وزن خشک علف‌های هرز در مرحله اول، دوم، سوم و چهارم نمونه‌برداری در کشت خالص لوبیا (به ترتیب ۲۵۷/۸، ۲۷۴/۷، ۲۰۲/۱ و ۹۹/۵ گرم در مترمربع) و کمترین میزان آن در الگوی دوردیفی (به ترتیب ۴۵/۰، ۱۱۳/۵، ۸۲/۹ و ۱۳/۲ گرم در متر مربع) بدست آمد (شکل ۴-ب). با توجه به کاهش تعداد (جدول ۲) و تراکم گونه‌های مختلف علف هرز (شکل ۴- الف) در شرایط مخلوط در مقایسه با کشت خالص، کاهش وزن خشک علف‌های هرز منطقی بنظر می‌رسد. همچنین کمتر بودن تعداد (جدول ۲) و تراکم گونه‌های علف هرز (شکل ۴- الف) در مراحل مختلف نمونه‌برداری در کشت خالص گاوزبان در مقایسه با کشت خالص لوبیا باعث کاهش وزن خشک آن‌ها در مراحل مختلف نمونه‌برداری شد. چنین بنظر می‌رسد که تفاوت در تراکم و زیست توده علف‌های هرز در الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی لوبیا و گاوزبان به دلیل ایجاد حالت مکمّلی در جذب عناصر غذایی توسط گیاهان، پویایی بیشتر پوشش گیاهی و نوسانات آن در طی فصل رشد باشد. پوگیو (Poggio, 2005) نیز گزارش کرد که افزایش تعداد گونه باعث کنترل علف‌های هرز و به تبع آن کاهش زیست توده آن‌ها شد.

اثر الگوهای کشت ردیفی لوبیا و گاوزبان بر شاخص شانون در مراحل مختلف نمونه‌برداری معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. دامنه شاخص شانون برای علف‌های هرز در تیمارهای مخلوط به ترتیب ۰/۷۰- ۰/۴۳، ۰/۸۳-۰/۵۴، ۰/۷۳-۰/۳۸ و ۰/۶۲-۰/۳۲ بود. بطوریکه بیشترین و کمترین شاخص شانون به ترتیب برای کشت خالص لوبیا و الگوی دو ردیفی بدست آمد (شکل ۵). چنین بنظر می‌رسد که با افزایش تنوّع، تخصیص منابع و توزیع آن‌ها بین گونه‌ها با کارایی بیشتری صورت گرفت و این امر منجر به کاهش تعداد و تنوّع علف‌های هرز و به تبع آن کاهش شاخص شانون شده است. بومان و همکاران (Baumann et al., 2001) نیز بیان داشتند که در کشت مخلوط تره فرنگی (*Allium porrum* L.) و کرفس (*Apium graveolens* L.)، افزایش جذب نور توسط پوشش گیاهی باعث سرکوبی و کاهش تعداد علف‌های هرز شد.

اثر کشت مخلوط لوبیا و گاوزبان بر تراکم نسبی و جمعیت حشرات

همانگونه که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود، در الگوهای مختلف کشت مخلوط لوبیا و گاوزبان در مجموع، نه گونه حشره مشاهده شد که شامل (*Acridella* sp.)، شته (*Aphis* sp.)، ملخ (*Dociostaurus* sp.)، *Hymneptera* sp. و *Lycaena boetica* از آفات و *Chrysoptera carnea*، کفشدوزک هفت نقطه‌ای (*Coccinella sepetmpunctata*) و *Mesochorus* sp. و *Trichogramma* sp. از شکارچیان بودند. در بین گونه‌های مختلف آفات مشاهده شده بیشترین دامنه تراکم نسبی را شته (۳۰/۴۳-۶/۶۷ درصد) در کشت خالص لوبیا به خود اختصاص داد. چنین بنظر می‌رسد که کشت مخلوط از طریق افزایش شکارگرهای طبیعی از جمله کفشدوزک هفت نقطه‌ای باعث کاهش جمعیت شته و سایر آفات شده است.



شکل ۵- اثر الگوهای کشت مخلوط (۱:۱، ۲:۲، ۳:۳، ٤:٤ و کشت خالص) لوبیا و گاوزبان بر شاخص شانون علف‌های هرز در مراحل مختلف نمونه‌برداری

Fig. 5- The effect of intercropping patterns of borage with bean (1:1, 2:2, 3:3, 4:4 and monoculture) on Shannon index of weeds different sampling dates

میانگین‌های دارای حروف مشترک برای هر مرحله در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means with the same letters in each shape haven't significant difference at 5% probability level according to Duncan`s test.

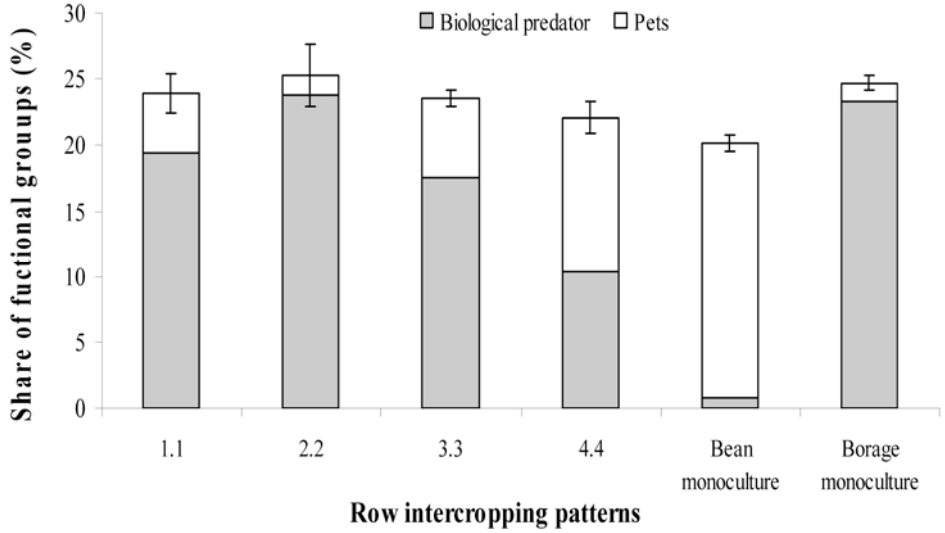
بیشترین دامنه تراکم نسبی شکارگرهای طبیعی برای کفشدوزک هفت نقطه‌ای (۳۷/۳۱-۱/۵۶ درصد) و در الگوی کشت دو ردیفی مشاهده شد (جدول ۳). بنظر می‌رسد که کاهش جمعیت حشرات در شرایط مخلوط به دلیل وجود گونه‌های همراه باشد که چرخه زندگی حشرات را تحت تأثیر قرار داده است. هوکس و جانسون (Hooks & Johnson, 2003) گزارش نمودند که از جمله دلایل تغییر جمعیت حشرات در الگوهای کشت مخلوط، کاهش ساکن شدن حشرات آفت و تداخل در تخمگذاری آنها می‌باشد.

سهم گروه‌های کارکردی حشرات از کل حشرات مشاهده شده در شکل ۶ نشان داده شده است. بطور کلی، کشت مخلوط باعث افزایش جمعیت دشمنان طبیعی و کاهش جمعیت آفات در مقایسه با کشت خالص شد. بطوریکه بیشترین جمعیت دشمنان طبیعی در الگوی مخلوط دو ردیف لوبیا+ دو ردیف گاوزبان با ۲۰/۳ درصد و بیشترین جمعیت آفات در کشت خالص لوبیا با ۲۰/۵ درصد از کل حشرات مشاهده شد.

جدول ۳- تراکم نسبی گونه‌های حشرات در الگوهای مختلف کشت مخلوط لوبیا و گاوزبان

Table 3- The effect of row intercropping patterns of borage with bean (1:1, 2:2, 3:3, 4:4 and monoculture) on insect relative frequency

گونه‌های حشرات Insect species	خانواده Family	الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی Row intercropping patterns					
		1-1	2-2	3-3	4-4	کشت خالص لوبیا Bean monoculture	کشت خالص گاوزبان Borage monoculture
Acridella sp.	Acrididae	0.00	0.00	2.13	8.70	12.50	0.00
Aphis sp.	Aphididae	22.22	7.46	19.15	30.43	39.06	6.67
Chrysoptera carnea	Chrysopidae	8.33	13.43	10.64	6.52	0.00	16.67
Coccinella septmpunctata	Coccinellidae	22.22	37.31	25.53	15.22	1.56	16.67
Dociostaurus sp.	Acrididae	0.00	0.00	2.13	6.52	17.19	0.00
Hymneptera sp.	Vespidae	0.00	0.00	4.26	8.70	17.19	0.00
Lycaena boetica	Lycaenidae	0.00	0.00	2.13	4.35	10.94	0.00
Mesochorus sp.	Ichneumonidae	33.33	31.34	25.53	15.22	0.00	36.67
Trichogramma sp.	Trichogrammatidae	13.89	10.45	8.51	4.35	1.56	23.33



شکل ٦- اثر الگوهای کشت مخلوط (۱:۱، ۲:۲، ۳:۳، ٤:٤ و کشت خالص) لوبیا و گاوزبان بر سهم گروههای کارکردی از کل حشرات

Fig. 6- The effect of intercropping patterns of borage with bean (1:1, 2:2, 3:3, 4:4 and monoculture) on share of the total functional groups of insects

میانگین‌های دارای دامنه همپوشانی مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the range overlap haven't significant different at 5% probability level according to Duncan`s test.

گیانولی و همکاران (Gianoli et al., 2006) با مقایسه فراوانی حشرات و دشمنان طبیعی ذرت و لوبیا در شرایط مخلوط و خالص دو گیاه اظهار داشتند که اگرچه فراوانی کل حشرات در بین تیمارهای مختلف کشت مخلوط اختلاف معنی‌داری نداشت، ولی کشت مخلوط باعث کاهش جمعیت دو گونه *Arpophilus* و *Pagiocerus* که جزو حشرات آفت بودند، شد.

نتیجه گیری

بطور کلی، با افزایش تنوّع گیاهان در بوم نظام‌های زراعی آشیان‌های کمتری در اختیار علف‌های هرز قرار گرفته که این امر باعث کاهش تعداد و تراکم گونه‌های مختلف علف‌های هرز می‌شود. همچنین کشت مخلوط از طریق افزایش شکارگرهای طبیعی از جمله کفشدوزک هفت نقطه‌ای باعث کاهش جمعیت آفات می‌گردد. بطور کلی، نتایج نشان داد که ویژگی‌های اکولوژیکی بوم نظام از جمله تنوّع، ترکیب و تراکم علف‌های هرز و حشرات و عملکرد لوبیا و گاوزبان تحت تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی و بعبارت دیگر، عرض نوار قرار گرفت، بطوریکه بیشترین مقدار در عرض نوار دو ردیف لوبیا و دو ردیف گاوزبان مشاهده شد.

سپاسگذاری

اعتبار این پژوهه از محل طرح شماره ۱۵۰۳۹/۲ مصوب ۱۳۸۹/۳/۲۰ معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تامین شده است که بدین وسیله سپاسگذاری می‌شود.

منابع

1- Alizadeh, Y., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2010. Yield, yield components and potential weed control of intercropping bean (*Phaseolus vulgaris*) with sweet basil (*Ocimum basilicum*). Iranian Journal of Field Crops Research 7(2): 541-553. (In Persian with English Summary)
2- Altieri, M.A. 1994. Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems. Haworth Press, New York, 214 pp.
3- Anonymous. 2006. Take on the status of medicinal plants. Unpublished report, Office of Flowers and Ornamental Plants, Medicinal and Edible Fungi, Ministry of Agriculture.
4- Baumann, D.T., Bastiaans, I., and Kropff, M.J. 2001. Composition and crop performance in a leek- celery intercropping system. Crop Science 41: 764-774.
5- Bukovinszky, T., van Lenteren, J.C., and Vet, L.E.M. 2005. Functioning of Natural Enemies in Mixed Cropping Systems. Encyclopedia of Pest Management. www.Informaworld.com
6- Burnside, O.C., Wiens, M.G., Weins, B.J., Holders, B.J., Weibery, S., Ristau, V.E.A., Johnson, M.M., and Cameron, J.H. 1998. Critical periods for weed controlling in dry bean (*Phaseolus vulgaris*). Weed Science 18: 149-159.
7- Carruba, A., La Torre, R., and Matranga, A. 2002. Cultivation trials of aromatic and medicinal plants in semiarid Mediterranean environment. Proceeding of International Conference on MAP. Acta Horticulture (ISHS) 576: 207-216.
8- Connolly, J., Goma, H.G., and Rahim, K. 2001. The information content of indicated in intercropping research. Agriculture, Ecosystems and Environment 87: 191-207.
9- Ehyaee, H., Fallahpour, F., Ghaemi, M., and Chitband, A.A. 2010. Allelopathic effects of fennel, borage and artemisia on growth properties of wild oat (*Avena sativa*) in the greenhouse. 22nd Asia-Pacific Weed Science Society Conference Government College University, Lahore, Pakistan March 8-12.
10- Fernandez-Aparicio, M., Emeran, A.A., and Rubiales, D. 2008. Control of *Orobanche crenata* in legumes intercropped with fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*). Crop Protection 27: 653-659.
11- Finck, M.R., and Karpenstein-Machan, M. 2002. Intercropping for Pest Management. Encyclopedia of Pest Management. www.Informaworld.com
12- Gianoli, E., Ramos, I., Alfaro-Tapia, A., Valdez, Y., Echegaray, E.R., and Yabar, E. 2006. Benefits of maize-bean- weeds mixed cropping system in Urubamba Valley, Peruvian Andes. International Journal of Pest Management 52: 283-289.
13- Gliessman, S.R. 1997. Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture. Arbor Press 357 pp.
14- Hauggard-Nielson, H., Ambus, P., and Jensen, E.S. 2001. Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea barley intercropping. Field Crops Research 70: 101-109.
15- Hooks, G.R.R., and Johnson, M.W. 2003. Impact of agricultural diversification on the insect community of cruciferous crops. Crop Protection 22: 223-238.
16- Khoramivafa, M., Eftekharinasab, N., Sayyadian, K., and Najaphy, A. 2011. Water use efficiency in medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L. var. *styriac*)/ chickpea (*Cicer arietinum* L.)-lentil (*Lens esculenta* Moench.)

intercropping system associated with several nitrogen levels. Agroecology 3(2): 245-253. (In Persian with English Summary)
17- Koochecki, A., Shabahang J., Khorramdel, S., and Azimi, R. 2010. The effect of irrigation intervals and intecropped marjoram (*Origanum vulgare*) with saffron (*Crocus sativus*) on possible cooling effect of corms for climate change adaptation. Iranian Journal of Field Crops Research x: xx-xx. (In Persian with English Summary)
18- Liebman, M. 1988. Ecological suppression of weed in intercropping system: a review. In: Altieri, M.A., and Liebman, M. (Eds.), Weed Management in ASgroecosystems. Ecological Approaches, CRC Press, Boca Raton, pp. 197-212.
19- Maffei, M., and Mucciarelli, A. 2003. Essential oil yield in peppermint/soybean strip intercropping. Field Crops Research 84: 229-240.
20- Omid Beigi, R. 2000. Production and Processing of Medicinal Plants (V. I). Astan Quds Razavi Publication, Iran 347 pp. (In Persian)
21- Pilbeam, C.G., Okaiebo, J., Simmond, L.P., and Gathua, K.W. 1994. Analysis of maize common bean intercropps in semiarid Kenya. Journal of Agricultural Science Cambridge 123: 129-198.
22- 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.
23- Rajsawara Rao, B.R. 1999. Biomass and essential oil yields of cornmint (*Mentha arvensis* L. f. piperasescens Malinaud ex Holmes) planted in different month in semi arid tropical climate. Crop Products 10: 107-113.
24- Rajsawara Rao, B.R. 2002. Biomass yield, essential oil yield and essential oil composition of rose-scented geranium (*Pelargonium* species) as influenced by row spacing and intercropping with cornmint (*Mentha arvensis* L. f. piperasescens Malinaud ex Holmes). Crop Products 16: 133-144.
25- Rao, B.R.R. 2002. Biomass yield, essential oil composition of rose-scented geranium (*Pelargonium* species) as influenced by row spacing and intercropping with cornmint (*Mentha arvensis* L. f. Piperascens Malinv). Industrial Crops and Products 16: 133-144.
26- Reddiex, S.J., Wratten, S.D., Hill, G.D., Bourdot, G.W., and Frampton, C.M. 2001. Evaluation of mechanical weed management techniques on weed and crop populations. Arable Weeds, Pests and Diseases 54: 174-174.
27- Rodrigues-Gomez, O., Zavaleta-Mejia, E., Gonzales-Hernandes, V.A., Livera-Munoz, M., and Cardenas-Soriano, E. 2003. Allelopathy and microclimatic modification of intercropping with marigold on tomato early blight disease development. Field Crops Research 83(1): 27-34.
28- Singh, D., and Kothari, S.K. 1997. Intercropping effects on mustard aphid (*Lipaphis erysimi* Kaltenbach.) populations. Crop Science 37: 1263-1264.
29- Speight, M.R. 1983. The potential of ecosystem management for pest control. Agriculture, Ecosystems and Environment 10: 183-193.
30- Zimdahl, R.H. 2007. Fundamentals of Weed Sciences. Academic Press, New York 666 pp.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۱، ص. ۱۹-۱۲

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 1, Spring 2012, p. 12-19

تأثیر فسفر و ماده‌آلی بر فراهمی و جذب آهن در گیاه ذرت (*Zea mays* L.)

لیلی السادات قرشی[1*]، غلامحسین حق نیا[2]، امیر لکزیان[3] و رضا خراسانی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۱/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۵/۲۹

چکیده

آهن عنصری ضروری برای رشد همه گیاهان است.کمبود مواد آلی خاک و کاربرد بیش از اندازه فسفات در خاک از عوامل محدودکننده بر فراهمی آهن است. از این‌رو در یک آزمایش گلخانه‌ای اثر آهن، فسفر و ماده آلی بر رشد و جذب آهن در گیاه ذرت (*Zea mays* L.) بررسی شد. تیمارهای آزمایش شامل دو سطح کود گاوی (صفر، یک درصد)، سه سطح فسفر (صفر، ۲۰۰، ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل) و سه سطح آهن (صفر، ۲۰ و ۴۰ کیلوگرم در هکتار سکوسترین ۱۳۸) به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو تکرار بود. گیاهان به مدت هشت هفته در یک خاک لوم شنی رشد کردند. نتایج نشان داد که کود گاوی سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک شاخساره، غلظت و جذب کل آهن در گیاه ذرت شد. کاربرد فسفر و کاربرد آهن در سطح ۲۰ کیلوگرم در هکتار، سبب افزایش وزن خشک شاخساره گردید، اما کاربرد سطح بیشتر آهن آن را کاهش داد. غلظت و جذب کل آهن با کاربرد آهن افزایش، اما با کاربرد فسفر کاهش یافت. بررسی برهمکنش تیمارهای آزمایشی نشان داد که کاربرد کود آلی می‌تواند اثر منفی ناشی از مصرف زیاد فسفر را بهبود بخشد.

واژه‌های کلیدی: تغذیه گیاه، کود گاوی، عناصر کم مصرف، برهمکنش فسفر و آهن

مقدمه

آهن یکی از عناصر ضروری کم مصرف برای رشد گیاهان است و گیاه آن را به شکل دو ظرفیتی (Fe^{2+}) جذب می‌کند. این عنصر برای بسیاری از فرایندهای فیزیولوژی و زیست‌شیمیایی از جمله ساخت کلروفیل، واکنش‌های اکسایش وکاهش، فتوسنتز، تنفس و سیستم‌های آنزیمی ضروری است. با اینکه مقدار کل این عنصر در خاک زیاد است، لیکن برخی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک‌ها از جمله pH قلیایی،کمبود مواد آلی، مصرف بیش از مقدار کودهای فسفردار، تغذیه آهن به وسیله گیاهان را زیر تأثیر قرار داده و فراهمی آن را کاهش می‌دهد (Malakoti et al., 1999; Ronaghi et al., 2002). در اراضی خشک و نیمه خشک مقدار مواد آلی خاک بسیار کم است. استفاده از کودهای آلی یکی از مهمترین راه‌های حفظ بیلان کربن آلی خاک، چرخش طبیعی مواد و عناصر در بوم‌نظام‌های کشاورزی است. ماده آلی نه تنها منبع بزرگی از عنصرهای غذایی است بلکه با تشدید فعالیت زیستی در خاک به چرخش بهتر مواد غذایی کمک می‌کند (Lumpwayi & Itaque I., 1999; Walen et al., 2001).

افزودن ماده آلی به خاک از جمله کود دامی افزون بر اینکه موجب بهبود وضعیت فیزیکی خاک می‌شود دارای عناصر غذایی پر مصرف مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم و گوگرد و همچنین عناصر کم مصرف از جمله آهن، روی و مس می‌باشد (Lumpwayi & Itaque I., 1999; Ronaghi et al., 2002).

میرلوحی و همکاران (Mirlohi et al., 2003) گزارش کردند که کاربرد تیمار کود گاوی سبب کاهش pH، افزایش EC، کربن آلی، نیتروژن کل، فسفر، پتاسیم، آهن و روی قابل دسترس در خاک گردید. در یک مطالعه آنتونیو و همکاران(Antonio et al., 2006) بهبود جذب آهن را به وسیله افزودن مواد هومیکی گزارش کردند. آنها نشان دادند کاربرد همزمان ترکیب‌های آلی و کلات سکوسترین، تغذیه آهن را در گیاه انگور(*Vitis vinifera* L.)، به خوبی بهبود می‌بخشد. همچنین جایگزینی بخشی از کلات به وسیله مواد هومیکی موجب افزایش مقدار Fe و P در برگ شد. بررسی‌های انجام شده، به وسیله مکویاک و همکاران (Mackowiak et al., 2001) نشان دادکه جذب فسفر و آهن به وسیله فرآورده‌های هومیکی افزایش می‌یابد.

برهمکنش منفی میان فسفر و سایر عناصر غذایی در مقدار و چگونگی محصول در پژوهش‌های بسیاری گزارش شده است. مصرف بی‌رویه کودهای فسفردار موجب کاهش جذب، انتقال و متابولیسم

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد، دانشیار و استادیار گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: E-mail: leili.ghorashi@gmail.com)

بعضی از عناصر کم مصرف و از جمله آهن می‌شود و در نهایت اثر نامطلوبی روی رشد گیاه دارد (Ronaghi et al., 2002; Sarhadi sardoui et al., 2003). متن و آمبرگر (Mathan & Amberger, 1975) نشان دادند که در مقادیر زیاد فسفر قابل حل، جابه‌جایی آهن از ریشه به ساقه گیاه ذرت (*Zea mays* L.) کاهش می‌یابد که بیانگر حالت غیر فعال شدن درونی آهن توسط فسفر است. بررسی تأثیر فسفر و آهن بر رشد و ترکیب شیمیایی شاخساره ذرت و سویا (*Glycine max* L.) نشان داد که غلظت و جذب کل آهن با کاربرد آهن افزایش لیکن با کاربرد فسفرکاهش یافت (Chakerol-Hosseini, 1999). کاشی راد و همکاران (Kashirad et al., 1977)حساسیت بیشتر ذرت به کمبود آهن در مقایسه با آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) را به انباشتگی مقدار زیاد فسفر در ساقه نسبت داده‌اند و دلیل کاهش جذب آهن را پیامد تأثیر فسفر در ایجاد رسوب آهن و کاهش آن بیان می‌کنند. بنابراین، هدف اصلی از انجام این آزمایش بررسی برهمکنش فسفر و آهن و تأثیر افزودن ماده‌آلی بر رشد و جذب آهن در گیاه ذرت می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش خاک کافی از منطقه‌ای واقع در ۴۰ کیلومتری شمال شهر مشهد و از عمق (صفر تا ۳۰ سانتی‌متری) سطح خاک برداشت شد و پس از هوا خشک کردن و عبور از الک دو میلی‌متری برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن مانند بافت به روش هیدرومتری (Bouyoucos, 1936)، کربنات‌کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با اسید، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع با هدایت سنج الکتریکی، فسفر فراهم به روش اولسن (Olsen et al., 1954)، pH در گل اشباع، درصد کربن و ماده‌آلی به روش اکسایش با دی کرومات (Walkley & Black, 1934)، نیتروژن کل با استفاده از هضم کجلدال (Gupta, 1999)، پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم، آهن فراهم خاک به روش DTPA_TEA (Lindsay et al., 1978) تعیین گردید.

آزمایش در شرایط گلخانه و به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار و دو تکرار اجرا شد. تیمارهای مورد استفاده دربرگیرنده ماده‌آلی به شکل کود گاوی پوسیده در دو سطح (صفر: CM_0 و یک: CM_1 درصد)، فسفر از منبع کود سوپر فسفات تریپل در سه سطح (صفر: P_0، ۲۰۰: P_1 و ۴۰۰: P_2 کیلوگرم در هکتار) و آهن از منبع کود سکوسترین ۱۳۸ در سه سطح (صفر: F_0، ۲۰: F_1 و۴۰: F_2 کیلوگرم در هکتار) تأمین شد. در ابتدا تیمار کود گاوی به نمونه‌های خاک اعمال شد و برای رسیدن به تعادل شیمیایی، در گلخانه و در رطوبت ۷۰ درصد زراعی به مدت دو ماه نگهداری شد. دیگر تیمارها پیش از کاشت به خاک افزوده شد. برای این هدف، پنج کیلوگرم خاک روی ورقه‌های پلاستیکی با مقدار لازم از کود سوپر فسفات به شکل جامد و کود سکوسترین آهن به شکل محلول به خوبی مخلوط گردید. با توجه به آزمون خاک و نیاز گیاه ذرت، عناصر پر مصرف نیتروژن، پتاسیم و محلولی از عناصر کم مصرف به مقدار ضروری، به خاک مورد نظر افزوده شد و پس از یکنواخت شدن به گلدان‌هایی با گنجایش شش کیلوگرم، منتقل گردید. سپس پنج عدد بذر جوانه‌دار شده ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ در فاصله‌های منظم و در عمق دو سانتی‌متری از سطح خاک کشت شد. رطوبت گلدان‌ها در حد ظرفیت زراعی، به روش توزین گلدان‌ها تا پایان آزمایش حفظ شد. دو هفته پس از کاشت شمار بوته‌ها به دو عدد کاهش داده شد. پس از هشت هفته گیاهان از محل طوقه جدا شدند و پس از شستشو در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۶ ساعت خشک شدند. سپس وزن خشک شاخساره تعیین شد. اندام هوایی گیاه آسیاب و پس از عبور از الک نیم میلی‌متری در ظرف‌های در بسته نگهداری شدند. برای انجام آزمایش شیمیایی نمونه‌های گیاهی با استفاده از روش تر (Waling et al., 1989) هضم شدند. غلظت آهن نمونه‌های گیاهی با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. وزن خشک اندام هوایی گیاه، غلظت آهن، جذب کل آهن در هر گلدان (حاصل ضرب وزن ماده خشک در غلظت عنصر غذایی) به وسیله روش‌های آماری با استفاده از نرم افزار MSTAT-C و JMP7 مورد تجزیه واریانس قرار گرفت و میانگین‌های مربوط به اثر اصلی هر یک از تیمارها و برهمکنش آنها استخراج و با آزمون توکی در سطح اطمینان پنج درصد مقایسه شد.

نتایج و بحث

نتایج برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های خاک قبل از آزمایش

Table 1- Soil properties before the start of experiment

بافت خاک Soil texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	آهک $CaCO_3$	کربن آلی OC	نیتروژن کل Total N	فسفر P	پتاسیم K	آهن Fe
			(درصد) (%)			(میلی‌گرم بر کیلوگرم) ($mg.kg^{-1}$)		
لوم شنی Sandy loam	7.6	1.2	3	0.4	0.035	10	100	4

جدول ۲- ویژگی‌های کود گاوی

Table 2- Chemical properties of cattle manure

آهن Fe	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن کل Total N (درصد) (%)	کربن آلی Organic carbon	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
2.1	3.2	0.75	4.04	29	12.8	8.6

جدول ۳- اثر سطوح آهن، کود گاوی و برهمکنش آنها بر وزن خشک شاخساره، غلظت و جذب کل آهن در ذرت

Table 3- Effect of cattle manure, iron and interaction effect of these treatments on shoot dry weight, concentration and uptake of iron in corn plant

میانگین Mean	سطح آهن (کیلوگرم در هکتار سکوسترین) Levels of iron ($kg.ha^{-1}$ of sequestrene)			سطح کود گاوی (درصد) Levels of cattle manure (%)
	40(F_2)	20(F_1)	0(F_0)	
	وزن خشک شاخساره (گرم در گلدان) Shoot dry weight ($g.pot^{-1}$)			
40.43 B	38.91 d	43.22 c	39.15 d *	0 (CM_0)
53.54 A	50.70 b	56.35 a	53.57 ab	1 (CM_1)
	44.80 B	49.78 A	46.36 B	میانگین Mean
	غلظت آهن (میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک) Iron concentration ($mg.kg^{-1}$)			
170.65 B	201.08 b	182.33 c	128.54 d	0 (CM_0)
213.23 A	241.55 a	230.01 a	168.13 c	1 (CM_1)
	221.31 A	206.17 B	148.33 C	میانگین Mean
	جذب کل آهن (میلی‌گرم در گلدان) iron uptake ($mg.pot^{-1}$)			
7.31 B	7.63 c	7.89 bc	4.90 d	0 (CM_0)
11.33 A	12.22 a	12.88 a	8.89 b	1 (CM_1)
	9.92 A	10.39 A	6.90 B	میانگین Mean

* برای هر یک از پاسخ‌های گیاهی، میانگین‌هایی که در هر ردیف یا در هر ستون در یک حرف بزرگ و یا میانگین‌هایی که در متن جدول در یک حرف کوچک مشترک هستند، طبق آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Averages with the capital letters belong to the main effects, and they belong to the interactions when they have small letters. Means followed by same letter are not significantly different at 5% level of probability using Tukey test.

وزن خشک شاخساره

با افزودن کود گاوی وزن کل خشک شاخساره افزایش معنی‌داری یافت، به‌گونه‌ای که وزن خشک شاخساره با کاربرد کود گاوی افزایشی برابر با ۳۲/۴۳ درصد را نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۳).

عملکرد بیشتر در تیمار کود گاوی به دلیل وجود مقادیر زیاد عناصر غذایی ضروری می‌باشد. دلیل مهم دیگر معدنی شدن تدریجی این عناصر از شکل آلی و فراهمی آنها به مقدار کافی، در هنگام نیاز گیاه به آنها، به نظر می‌رسد. عزیز و همکاران (Aziz et al., 2010) گزارش کردند که کاربرد کود دامی عملکرد و اجزای عملکرد ذرت را به طور معنی‌داری افزایش داد. افزایش عملکرد همراه با کاربرد کود گاوی به وسیله دیگر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Ouda & Mahadeen, 2008; Abebe et al., 2005).

کاربرد آهن در سطح ۲۰ کیلوگرم بر هکتار سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک شاخساره ذرت شد، اما کاربرد ۴۰ کیلوگرم بر هکتار، وزن خشک شاخساره را کاهش داد (جدول ۳). کاهش در عملکرد ماده خشک در غلظت‌های زیاد آهن، می‌تواند ناشی ازبرهمکنش منفی آهن با فسفر و همین طور عدم توازن یونی به دلیل آهن زیاد باشد (Singh & Dahiya, 1976). نتایج مشابه در پژوهش چاکرالحسینی (Chakerol-Hosseini, 1999) نیز گزارش شده است.

با افزایش سطح فسفر، از صفر تا ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار، میانگین وزن خشک شاخساره به‌طور معنی‌داری افزایش داشت (جدول ۴). با توجه به اینکه غلظت فسفر در خاک مورد آزمایش کمتر از حد بحرانی فسفر برای ذرت (۱۵ ppm) است (Malakoti et al., 1999) پاسخ

گیاه به افزودن فسفر قابل انتظار است. کریمیان و قنبری (Karimian & Ghanbari, 1990) گزارش کردند که مصرف ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم فسفر در کیلو گرم خاک وزن خشک شاخساره ذرت را به‌طور معنی‌داری افزایش داده است، ولی میزان افزایش در خاک‌هایی که فسفر بومی زیادتری داشته‌اند، کمتر بوده است.

اثر برهمکنش فسفر و آهن بر وزن خشک شاخساره گیاه ذرت در جدول ۴ نشان داده شده است به نظر می‌رسد که کاهش در محتوای فسفر در کاهش عملکرد ماده خشک بازتاب یافته است. بررسی این برهمکنش نشان می‌دهد که در وضعیت بدون کاربرد آهن، بیشترین وزن خشک، مربوط به بیشترین سطح فسفر (P_2F_0) می‌باشد، در حالی که با کاربرد آهن تیمارهای (P_2F_1) و (P_2F_2) تأثیر کمتری بر وزن خشک شاخساره نشان داده‌اند که ممکن است ناشی از برهمکنش منفی آهن و فسفر باشد. بررسی برهمکنش فسفر و کود گاوی، بر میانگین وزن خشک شاخساره (جدول ۵) نشان می‌دهد که کاربرد همزمان این دو تیمار، نسبت به شاهد و در مقایسه با کاربرد جداگانه هر عنصر، معنی‌دار است و تأثیر مثبت بر وزن خشک شاخساره گیاه ذرت داشته است به‌گونه‌ای که بیشترین تأثیر مربوط به تیمار (CM_1P_2) که افزایشی برابر با ۹۸/۶۰ درصد را نسبت به شاهد نشان می‌دهد. از آنجا که کودهای آلی منبعی با ارزش از عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف‌اند، در شرایط کاربرد همزمان با کودهای شیمیایی، تعادل تغذیه‌ای مناسبی را برای گیاه ایجاد می‌کنند و منجر به پاسخ‌های عملکردی مشخص، در گیاه می‌شوند (Schoenau, 2006).

غلظت و جذب آهن

مقایسه میانگین غلظت آهن بیانگر این حقیقت است که با افزایش مقدار آهن مصرفی، غلظت آهن در گیاه ذرت به‌شکل معنی‌داری افزایش یافته است (جدول ۳). افزایش غلظت آهن در گیاه به دلیل کاربرد آهن به وسیله پژوهشگران بسیاری گزارش شده است. (Salardini &Murphy,1978; Singh & Yedva, 1980). سینگ و یداو (Singh &Yedav, 1980) نیز افزایش معنی‌داری در غلظت و جذب کل آهن در گیاه سورگوم (*Sorghum biocolar* L.) در اثر کاربرد پنج و ده میلی‌گرم آهن در خاک را گزارش کرده‌اند. کاربرد کود گاوی به‌طور معنی‌دار غلظت و جذب کل آهن در شاخساره گیاه ذرت را افزایش داد (جدول ۳). برهمکنش کود آهن و کود گاوی نیز بر غلظت آهن در شاخساره ذرت تفاوت معنی‌داری را نشان داد، چنانکه بیشترین غلظت آهن با افزایش ۸۷/۹ درصد نسبت به شاهد، مربوط به تیمار کود گاوی همراه با بیشترین سطح آهن ($CM_1 F_3$) و کمترین مقدار، مربوط به شاهد است (جدول ۳).

برهمکنش آهن و کود گاوی بر جذب کل آهن نیز تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۳) و تیمار (CM_1F_2) نسبت به شاهد افزایشی برابر با ۱۶۲/۸۵ درصد را نشان داد که با تیمار (CM_1F_3) تفاوت معنی‌داری نداشت و این مقدار از اثرکود گاوی و آهن به‌طور جداگانه بیشتر است. اثر کودهای آلی به‌ویژه کود گاوی روی جذب آهن می‌تواند ناشی از این باشد که کود آلی به جز اینکه خود دارای عناصر کم مصرفی مانند آهن می‌باشد به شکل یک منبع انرژی برای ریزجانداران خاک بوده و در طی فرایند معدنی‌شدن با آزادسازی اسیدهای آلی سبب کاهش موضعی pH خاک شده و جذب آهن به‌وسیله گیاه را افزایش می‌دهد (Ouda &Mahadeen, 2008). رفعتی (Rafati, 2004) اثر مثبت برهمکنش آهن و ماده آلی بر غلظت آهن در گیاه سورگوم را گزارش کرد و نشان داد که بیشترین اثر مربوط به ترکیب کود حیوانی همراه با بیشترین سطح آهن بود. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که ترکیب‌های آلی نقش مهمی در فراهمی آهن گیاه دارند، مواد هومیکی با تشکیل کمپلکس‌های آلی محلول از رسوب اکسیدهای آهن جلوگیری کرده و موجب افزایش پخشیدگی آهن به سمت ریشه گیاه می‌شوند (Santiyago & Delgado, 2007; Barness & Chen, 1991).

کاربرد فسفر به‌گونه‌ای معنی‌دار سبب کاهش غلظت آهن در گیاه ذرت شده است که می‌تواند نتیجه کاهش انتقال آهن از ریشه به شاخساره گیاه باشد (جدول ۴). سینگ و همکاران (Singh et al., 1993) دریافتند که در یک سطح معین آهن با افزایش سطوح فسفر غلظت آهن در گیاه کاهش می‌یابد. جورج و لوچی (George & Lauchi, 1985)دلیل کاهش غلظت آهن در گیاه ذرت به وسیله فسفات را پیامد اثر بازدارندگی فسفر بر جذب آهن به‌وسیله ریشه و یا بر انتقال آهن از ریشه به ساقه بیان کرده‌اند. این پژوهشگران گزارش کردند که فسفر به دلیل رقابت با سیترات که وظیفه آن انتقال آهن به آوندهاست مانع انتقال آهن می‌شود. متن و آمبرگر (Mathan & Amberger, 1975) دریافتند که با افزایش مقدار فسفر فراهم، مقدار آهن در ریشه‌ها افزایش، اما در شاخساره گیاه ذرت کاهش می‌یابد. این موضوع، نشان دهنده انباشتگی آهن در ریشه‌ها به شکل فسفات آهن است. رونقی و همکاران (Ronaghi et al., 2002) به نقل از ونکاتا و مهاتا تشکیل فسفات آهن در خاک را دلیل کاهش غلظت آهن به دنبال مصرف فسفر در گیاه برنج (*Oryza sativa* L.) بیان کرده‌اند.

مقایسه میانگین جذب کل آهن نشان می‌دهد که با مصرف فسفر در سطح ۲۰۰ کیلوگرم، جذب کل آهن به گونه‌ای معنی‌دار نسبت به شاهد افزایش یافته است که به دلیل افزایش وزن خشک گیاه می‌باشد، لیکن با افزایش سطح فسفر مصرفی جذب کل آهن کاهش می‌یابد (جدول ۴). چاند و همکاران (Chand et al., 1995) گزارش کردند که کاربرد ۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم فسفر، جذب آهن در سورگوم علوفه‌ای را کاهش داد.

جدول ٤- اثر سطوح فسفر، آهن و برهمکنش آنها بر وزن خشک شاخساره، غلظت و جذب کل آهن در ذرت

Table 4- Effect of phosphorus, iron and interaction effect of these treatments on shoot dry weight, concentration and uptake of iron in corn plant

میانگین Mean	سطح فسفر Levels of phosphorus (کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات) (kg.ha^{-1} of super phosphate) 400(P_2)	200(P_1)	0(P_0)	سطح آهن Levels of iron (کیلوگرم در هکتار سکوسترین) (kg.ha^{-1} of Sequestrene)
		وزن خشک شاخساره (گرم در گلدان) shoot dry weight (g.pot^{-1})		
46.36 B	56.47 a	47.92 cd	34.69 e *	0(F_0)
49.78 A	51.42 bc	52.93 ab	45.00 d	20(F_1)
44.80 B	47.45 cd	50.44 bc	36.52 e	40(F_2)
	51.78 A	50.43 A	38.74 B	میانگین Mean
		غلظت آهن (میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک) Iron concentration (mg.kg^{-1})		
148.33 C	132.05 g	146.36 fg	166.60ef	0(F_0)
206.17 B	182.70 de	219.65 b	216.15 bc	20(F_1)
221.31 A	196.20 cd	220.15 b	247.60 a	40(F_2)
	170.31 C	195.38 B	210.11 A	میانگین Mean
		جذب کل آهن (میلی‌گرم در گلدان) Iron uptake (mg.pot^{-1})		
6.90 B	7.63 d	7.14 de	5.93 e	0(F_0)
10.38 A	9.62 c	11.65 a	9.88 bc	20(F_1)
9.92 A	9.47 c	11.13 ab	9.18 c	40(F_2)
	8.91 B	9.97 A	8.33 B	میانگین Mean

* برای هر یک از پاسخ‌های گیاهی، میانگین‌هایی که در هر ردیف یا در هر ستون در یک حرف بزرگ و یا میانگین‌هایی که در متن جدول در یک حرف کوچک مشترک هستند، طبق آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Averages with the capital letters belong to the main effects, and they belong to the interactions when they have small letters. Means followed by same letter are not significantly different at 5% level of probability using Tukey test.

مطالعه برهمکنش فسفر و آهن بر میانگین جذب کل آهن نشان داد که کاربرد همزمان فسفر و آهن بر میانگین جذب کل آهن در مقایسه با کاربرد جداگانه هر عنصر دارای اثر مثبت است (جدول۴). بیشترین افزایش مربوط به کاربرد همزمان فسفر در سطح ۲۰۰ و آهن در سطح ۲۰ کیلوگرم در هکتار (P_1F_1) می‌باشد که سبب افزایشی برابر با ۹۷ درصد، در جذب آهن، نسبت به شاهد (P_0F_0) شده است. براون و جونز (Brown & Jones,. 1974) گزارش کردند که با کاربرد فسفر غلظت و جذب کل آهن به‌وسیله برنج کاهش یافت و بر این باورند که فسفر، آهن انتقال یافته از ریشه به شاخساره را کاهش می‌دهد. برهمکنش آهن وفسفات به‌طور رایج هم در درون گیاه و هم در محیط خاک رخ می‌دهد. میل ترکیبی بین Fe^{3+} و $H_2PO_4^-$ به خوبی شناخته‌شده است و از این‌رو، رسوب هیدروکسی فسفات آهن در شرایط مساعد رخ می‌دهد. از سوی دیگر، آنیون‌های فسفات با گیاه برای جذب آهن رقابت می‌کنند و بنابراین فسفات در جذب آهن و انتقال درونی آهن دخالت می‌کند (USEPA, 2003).

بررسی برهمکنش کود گاوی و فسفر بر میانگین غلظت و جذب آهن نشان می‌دهد که کاربرد همزمان این تیمارها یعنی (CM_1P_1, CM_1P_2) نسبت به شاهد (CM_0P_0) و کاربرد جداگانه فسفر، یعنی (CM_0P_1, CM_0P_2) معنی‌دار است (جدول ۵).

بررسی این برهمکنش نشان می‌دهد که در وضعیت استفاده از کود گاوی، با افزایش سطوح فسفر، غلظت آهن نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری دارد، در حالی که در وضیت بدون کود گاوی، با افزایش سطوح فسفر غلظت آهن نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری یافته است. امباتا (Embatha, 2008) غلظت بیشتر آهن را در سبزی‌هایی که تیمار کود آلی نیز، دریافت کرده‌اند نسبت به آنهایی که تنها با کود شیمیایی تیمار شده‌اند، گزارش کرده است. برهمکنش مثبت بین دو تیمار کود گاوی و فسفر، نشان می‌دهد که توقف آهن به دلیل اثر منفی ناشی از فسفر، می‌تواند با کاربرد منابع آلی کاهش یابد. کودهای آلی به دلیل اینکه تعادل تغذیه‌ای را برای گیاه فراهم می‌سازند، از اثرات منفی ناشی از زیادی عناصر ویژه‌ای مانند فسفر

جلوگیری می‌کنند (Elamin & Elagib, 2001). درواقع چنین به نظر می‌آید که کاربرد کود گاوی و فسفراثر منفی ناشی از زیادی فسفر را تا حدی بهبود می‌بخشد. با بررسی برهمکنش بین تیمارهای آزمایشی (جدول ۶) چنین به نظر می‌رسد که کاربرد همزمان فسفر، آهن و کود گاوی شرایط مناسبی را از نظر تعادل تغذیه‌ای برای گیاه در خاک فراهم کرده که به رشد و افزایش جذب عنصر منجر شده‌است.

نتیجه‌گیری

کاربرد فسفر در هر دو سطح و آهن تا سطح ۲۰ کیلوگرم در هکتار، سبب افزایش وزن خشک شاخساره شد، اما کاربرد مقدار بیشتر آهن وزن خشک شاخساره را کاهش داد. اثر برهمکنش آهن و فسفر نیز بر وزن خشک شاخساره گیاه منفی بود. با مصرف فسفر غلظت آهن در گیاه ذرت به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. استفاده از کود گاوی اثر مثبت بر رشد و در نتیجه غلظت و جذب آهن در گیاه ذرت داشت که نشان می‌دهد مواد آلی طبیعی به عنوان یک عامل مهم برای فراهمی آهن و ایجاد تعادل بین عناصر محسوب می‌شوند. با بررسی برهمکنش فسفر و کود گاوی چنین به نظر می‌رسد که کاربرد کود گاوی می‌تواند اثر منفی ناشی از مصرف زیاد فسفر را بهبود بخشد.

جدول ۵- اثر سطوح فسفر، کود گاوی و برهمکنش آنها بر وزن خشک شاخساره، غلظت و جذب کل آهن در گیاه ذرت

Table 5- Effect of cattle manure, phosphorus and their interaction on shoot dry weight, concentration and uptake of iron in corn plant

میانگین Mean	سطح فسفر Levels of phosphorus (کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات) (kg.ha^{-1} of super phosphate) 400	200	0	سطح کود گاوی (٪) Levels of cattle manure (%)
	وزن خشک شاخساره (گرم در گلدان) shoot dry weight (g.pot^{-1})			
40.43 B	44.26 d	47.16 cd	29.86 e *	0
53.54 A	59.30 a	53.70 b	47.61 c	1
	51.78 A	50.43 A	38.74 B	میانگین Mean
	غلظت آهن (میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک) Iron concentration (mg.kg^{-1})			
170.65 B	144.08 d	174.55 c	193.31 b	0
213.23 A	196.55 b	216.22 a	226.91 a	1
	170.31 C	195.38 B	210.11 A	میانگین Mean
	جذب کل آهن (میلی‌گرم در گلدان) Iron uptake (mg.pot^{-1})			
7.31 B	6.30 c	8.36 b	5.75 c	0
11.33 A	11.51 a	11.58 a	10.90 a	1
	8.9 B	9.97 A	8.32 B	میانگین Mean

* برای هر یک از پاسخ‌های گیاهی، میانگین‌هایی که در هر ردیف یا در هر ستون در یک حرف بزرگ و یا میانگین‌هایی که در متن جدول در یک حرف کوچک مشترک هستند، طبق آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

* Averages with the capital letters belong to the main effects, and they belong to the interactions when they have small letters, means followed by same letter are not significantly different at 5% level of probability using Tukey test.

جدول ٦- اثر برهمکنش تیمارهای آزمایشی بر غلظت و جذب کل آهن در ذرت

Table 6- Interaction effect of treatments on concentration and total uptake of iron in corn

تیمارکود گاوی (٪) Levels of cattle manure (%)	سطح فسفر (کیلوگرم‌در هکتار) Levels of phosphorus ($kg.ha^{-1}$)	سطح آهن (کیلوگرم- در هکتار) Levels of iron ($kg.ha^{-1}$)	غلظت آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک گیاه) Iron concentration ($mg.kg^{-1}$)	جذب کل آهن (میلی‌گرم در گلدان) Iron uptake ($mg.pot^{-1}$)	وزن خشک شاخساره (گرم در گلدان) Shoot dry weight ($g.pot^{-1}$)
		0	147.35 g*	4.03 g	27.34 h
	0	20	196.55 cde	7.22 def	36.74 g
		40	236.05 ab	6.02 efg	25.50 h
		0	128.57 gh	5.29 fg	41.05 fg
0	200	20	189.25 def	9.86 cd	52.1 bc
		40	205.85 bcd	9.96 bc	48.32 bcde
		0	109.70 h	5.38 fg	49.05 bcd
	400	20	161.19 efg	6.59 ef	40.82 g
		40	161.35 efg	6.93 def	42.9 defg
		0	185.85 def	7.82 cde	42.04 efg
	0	20	235.75 ab	12.55 a	53.26 bc
		40	295.15 a	12.34 a	47.46 cdef
		0	164.15 efg	9.00 cd	54.8 b
1	200	20	250.05 a	13.44 a	53.75 bc
		40	234.45 ab	12.01 a	52.56 bc
		0	154.40 fg	9.88 bc	63.88 a
	400	20	204.22 bcd	12.66 a	62.03 a
		40	231.05 abc	12.01 ab	52 bc

* میانگین‌هایی که در هر ستون در یک حرف مشترک هستند، طبق آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

* Averages with same letter are not significantly different at 5% level of probability using Tukey test.

منابع

1- Abebe, G., Hattar, B., and Al-Tawaha, A.R.M. 2005. Nutrient availability as affected by manure application to cowpea (*Vigna unguiculate* Walp.) on calcareous soils. Journal of Agricultural of Social Science 1: 1-6.

2- Antonio, S.S., Jua, S.A., Margarita, J., Juana, J., and Dolores, B. 2006. Improvement of iron uptake in Table Grape by addition of humic substances. Journal of Plant Nutrition 30(1): 1-7.

3- Aziz, T., Ullah, S., Sattar, A., Farooq, M., and Mujtaba khan, M. 2010. Nutrient availability and mays (*Zea mays* L.) growth in soil amended with organic manure. International Journal of Agriculture and Biology 12: 621-624.

4- Barness, E., and Chen, Y. 1991. Manure and peat based iron-organo complexes. Journal of Plant and Soil 130: 35-43

5- Bouyoucos, G.J. 1936. Direction for making mechanical analysis of soils by the hydrometer method. Journal of Soil Science 41: 225-228.

6- Brown, J.C., and Jones, W.E. 1974. Phosphorus efficiency as related to iron inefficiency in sorghum. Journal of Agronomy 62: 4 68-472.

7- Chakrol-hosseini, M. 1999. Effect of phosphorus and iron on growth and chemical composition of corn and soybean. MSc Thesis, College of Agriculture, Shiraz University, Iran. (In Persian with English Summary)

8- Chand, K., Dixit, M.L., and Gupta, V.K. 1995. Influence of phosphorus fertilization on Fe and Zn in forage sorghum. Journal of Annals of Arid Zone 34(4): 313-315.

9- Elamin, A., and Elagib, M.A. 2001. Comparative study of organic and inorganic fertilizers on forage corn (*Zea mays* L.) grown on two soil types. Qatar Universal Science Journal 21: 47-54.

10- George, C.E., and Lauchi, A. 1985. Phosphorus efficiency and phosphate-iron interaction in maize. Journal of Agronomy 77: 399-403.

11- Gupta, P.K. 1999. Soil, Plant, Water and Fertilizer Analysis. Published by Agrobios (INDIA).

12- Karimian, N., and Ghanbari, A. 1990. Evaluation of different extractants for prediction of Plant response to applied P fertilizer in highly calcareous soils. Abstract, p. 25, 10th Word fertilizer congress, CIEC, Nicosia, Cyprus.

13- Kashirad, A., Bassiri, A., and Kheradnam, M. 1977. Response of cowpeas to application of P and Fe in calcareous soils. Journal of Agronomy 70: 67-70.

14- Lindsay, W.L., and Norvell, W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society of American Journal 42: 421-428.
15- Lumpwayi, N.Z., and Itaque, I. 1999. Leucaena hedgerow intercropping and cattle manure application in the Ethiopian high lands II. Nutrient balance. Journal of Biology and Fertility of Soils 28: 204-211.
16- Lumpwayi, N.Z., and Itaque, II. 1999. Leucaena hedgerow intercropping and cattle manure application in the Ethiopian high lands I. Decomposition and release. Journal of Biology and Fertility of Soils 28: 182-195.
17- Mackowiak, C., Grossl, P., and Bugbee, B. 2001. Beneficial effects of humic acid on micronutrient availability to wheat. Soil Science Society of American Journal 65: 1744-1750.
18- Malakoti, M.J. 1999. Effects of Micronutrients on the Yield and Quality of Agricultural Products. Tarbiyat Modares University Publication Iran (In Persian)
19- Mathan, K.K., and Amberger, A. 1975. Influence of iron on the uptake of phosphorus by maize. Journal of Plant and Soil 46(2): 413-422.
20- Mirlohi, A., Noorbakhsh, F., and Razavi, J. 2003. Effect of addition of farmyard manure in rice-barley, maize-barley on some chemical and physical properties. 2003. Proceedings of the 8th Soil Science Congress. 9-12 September, Rasht, Iran. (In Persian)
21- Mbatha, A.N. 2008. Influence of organic fertilizers on the yield and quality of cabbage and carrots. MSc Thesis, College of Natural and Agricultural Sciences, University of the Free State Bloemfontein, Germany.
22- Olsen, S.R., Cloe, V., Watnebe, F.S., and Pean, L.A. 1954. Estimation of available phosphorous in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA, 939 USA.
23- Ouda, B.A., and Mahadeen, A.Y. 2008. Effect of fertilizers on growth, yield, yield components, quality and certain nutrient contents in broccoli (*Brassica oleracea*). International Journal of Agriculture and Biology 10: 627–32.
24- Rafati, F., 2004. The effect of different additives on iron availability in calcareous soils in sorghum. MSc Thesis, College of Agriculture, Gilan University, Iran. (In Persian with English Summary)
25- Ronaghi, A., Chakrol-hosseini, M., and Karimian, N. 2002. Growth and chemical composition of corn as affected by phosphorus and iron. Journal of Science and Technology of Agricultural and Natural Resources 6: 91-102.
26- Salardini, A.A., and Murphy, L.S. 1978. Grain sorghum responses to organic iron on calcareous soil. Journal of Plant and Soil 149: 57-70.
27- Santiyago, A., and Delgado, A. 2007. Effects of humic substances on iron nutrition of lupin. Journal of Biology and Fertility of Soils 43: 829-836.
28- Sarhadi-Sardoui, J., Ronagashi, A., Maftoun, M., Karimian, N. 2003. Growth and chemical composition of corn in three calcareous sandy soil of Iran as affected by applied phosphorus and manure. Journal of Agricultural Science and Technology 5: 77-84.
29- Schoenau, J.J. 2006. Benefits of long-term application of manure. Journal of Advances in Pork Production 17: 153-158.
30- Singh, M., and Yedva, D. 1980. Effects of copper, iron and liming on the growth, concentration and uptake of Cu, Fe, Mn and Zn in sorghum. Journal of Indian Society of Soil Science 28: 113-118.
31- Singh, M., and Dahiya, S.S. 1976. Effect of calcium carbonate and iron on the availability and uptake of iron, manganese, phosphorus and calcium in pea. Journal of Plant and Soil 44: 511-520.
32- Singh, V., Singh, R., and Khan, N. 1993. Effect of P and Fe application on the yield and nutrient contents in chickpea. Journal of Indian Society Soil Science 4: 186-187.
33- USEPA. 2003. Ecological soil screening level for iron. USEPA, Washington. DC 24460. Available at http://www.epa.gov/ecotox/ecossl.
34- Waling, I., Van Vark, W., Houba, V.J.G., and Der Lee, J.J. 1989. Soil and Plant Analysis, a Series of Syllabi. Part 7, Plant Analysis Procedures. Wageningen Agriculture University.
35- Walkley, A., and Black, A.I. 1934. Examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and organic matter and a proposed modification of the chromic and titration method. Journal of Soil Science 34: 29-38.
36- Whalen, J.K., Chi Chang, and Olsen, B.M. 2001. Nitrogen and phosphorous mineralization potentials of soil receiving repeated annul cattle manure applications. Journal of Biology and Fertility of Soils 34: 334-341.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۱، ص. ۳۲-۲۰

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 1, Spring 2012, p. 20-32

به‌گزینی برای تحمل به شوری در کنجد (*Sesamum indicum* L.) تحت شرایط مزرعه: ۱- خصوصیات فنولوژیک و مورفولوژیک

سید فاضل فاضلی کاخکی*[۱]، احمد نظامی[۲]، مهدی پارسا[۳] و محمد کافی[٤]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۲/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۵/۲۹

چکیده

تنش شوری یکی از مهمترین محدودیت‌های رشد گیاهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک است که تولید بسیاری از گیاهان زراعی از جمله کنجد (*Sesamum indicum* L.) را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به منظور مطالعه خصوصیات فنولوژیک و مورفولوژیک ۴۳ لاین و اکوتیپ کنجد تحت تنش آبیاری با آب شور (۵/۲ دسی‌زیمنس بر متر) آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقات شوری قطب علمی گیاهان زراعی ویژه، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ اجرا شد. نتایج نشان داد که چهار نمونه کنجد قادر به سبز شدن در این شرایط نبودند و ۱۴ نمونه نیز علیرغم سبز شدن و رشد تا اوایل مرحله زایشی، از بین رفتند و تنها ۵۸ درصد از نمونه‌های مورد بررسی قادر به تداوم رشد خود تا رسیدگی بودند. نمونه‌های کنجد از نظر طول مدت هرکدام از مراحل فنولوژی اختلاف معنی‌داری داشتند. در بین اکوتیپ‌های کنجد، دوره رشد رویشی از ۶۴ تا ۸۱ روز و دوره رشد زایشی از ۶۰ تا ۶۵ روز متفاوت بود. از نظر ارتفاع بوته، تعداد و طول شاخه‌های جانبی در کنجدهای مورد مطالعه نیز تفاوت معنی‌داری وجود داشت. بیشترین و کمترین ارتفاع بوته به ترتیب برای اکوتیپ‌های MSC43 و MSC12 مشاهده شد، تعداد شاخه جانبی از یک تا هشت عدد متفاوت و طول شاخه‌های جانبی ۳۲ درصد اکوتیپ‌ها نیز بیش از ۱۰۰ سانتی‌متر بود. همبستگی قابل ملاحظه‌ای بین وزن دانه با دوره رشد زایشی ($r=0/38^{**}$) و پس از آن با ارتفاع گیاه ($r=0/25$) وجود داشت. در مجموع واکنش نمونه‌های کنجد به شوری آب آبیاری متفاوت بود و بیشتر بودن برخی شاخص‌های مورفولوژیکی در تعدادی از نمونه‌ها، احتمالاً بیانگر تحمل بهتر این نمونه‌ها به شوری مورد مطالعه می‌باشد. برای شناسایی و به‌گزینی منابع متحمل به شوری کنجد مطالعات تکمیلی ضروری به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع، درجه روز رشد، رویشی، زایشی، شاخه

مقدمه

ایران جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا محسوب می‌شود. در این مناطق مقدار کم و پراکنده بودن نزولات جوی و تبخیر زیاد سبب تجمع املاح در لایه سطحی خاک می‌شود (Kafi et al., 2009). علاوه بر این، عملیات فشرده کاشت، داشت و برداشت محصولات زراعی، مدیریت ضعیف آبیاری و انجام عملیات آبیاری بدون وجود سیستم زهکشی مناسب نیز سبب گسترش اراضی شور شده است (Qureshi et al., 2007)؛ به طوریکه شوری خاک ازجمله مهمترین عوامل محدودکننده رشد و تولید گیاهان زراعی در مناطق مذکور به شمار می‌رود. علاوه بر این، محدودیت منابع آب شیرین در این مناطق سبب شده است تا کشاورزان کاربرد آب‌های نامتعارف را در برنامه آبیاری خود قرار دهند (Kafi et al., 2009). بنابراین، تنش شوری همواره تولید محصولات زراعی را درکشاورزی فاریاب ایران تهدید می‌کند (Qureshi et al., 2007).

از جمله راهکارها برای کاهش اثرات تنش شوری، شناسایی و کشت گیاهان زراعی متحمل به شوری می‌باشد و در بین ژنوتیپ‌های یک گونه شناسایی گیاهان متحمل به شوری از اهمیت خاصی برخوردار است (Flowers & Yeo., 1995). در همین راستا، جهت ارزیابی تحمل به شوری در برخی گیاهان زراعی مانند ذرت (*Zea mays* L.) (Khan et al., 2003) و گندم (*Triticum aestivum* L.) (Postini, 2002) ژنوتیپ‌های زیادی مورد مطالعه قرار گرفته است، با این وجود، موفقیت در این گونه ارزیابی‌ها مستلزم درک صحیح پاسخ گیاهان به تنش شوری است (Munns, 1993).

واکنش خصوصیات فنولوژیکی گیاه به شرایط محیطی از این جهت که بر بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی آن (مانند تسهیم مواد فتوسنتزی و ....) تأثیر می‌گذارد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی دکترای فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشیار، استادیار و استاد گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: E-mail: sf_fazeli@yahoo.com)

(Zavareh et al., 2008). نتایج مطالعات نشان داده است که شوری سبب تغییر الگوی رشد و نمو در گیاهان شده و تداوم شوری سبب تغییر در فنولوژی گیاه می‌گردد (Volkmar et al., 1997). به عنوان مثال، در گوجه فرنگی (*lycopersicum esculeutum* L.) شوری سبب افزایش دوره کاشت تا سبز شدن گیاه شده است (Cuartero & Fernandez, 1999). در حالیکه گریو و همکاران (Grieve et al., 1994) گزارش کردند که شوری ۱۴۰ میلی‌مولار NaCl سبب تسریع در نمو گندم به مدت ۱۸ روز شده است. با وجود این تسریع در فنولوژی گیاه در پاسخ به شوری ممکن است لزوماً یک پاسخ عمومی در بین همه گیاهان نباشد (Rawson, 1986)، به طوریکه در جو (*Hordeum vulgare* L.) تا شوری ۱۵۰ میلی مولار NaCl هیچ تغییری در فنولوژی گیاه دیده نشده است. در همین راستا، پوستینی (Postini, 2002) گزارش کرد که شوری ۱۶ دسی زیمنس بر متر تأثیر ی بر طول مراحل کاشت تا گلدهی دو رقم حساس گندم نداشت، ولی طول دوره پر شدن دانه را شدیداً کاهش داد.

نتایج نشان داده است که در گیاهان زراعی با افزایش شوری خصوصیات مورفولوژیک آنها نیز تغییر می‌یابد. مطالعه بایبوردی (Bybordi, 2006) بر روی کلزا (*Brassica napus* L.) نشان‌دهنده تفاوت حدود ۲۰ سانتی‌متر کاهش ارتفاع ارقام کلزا نسبت به شاهد در شوری ۲۰ دسی زیمنس بر متر بود. بررسی هیگبی و همکاران (Higbie et al., 2010) نیز نشان از کاهش ۲۱ تا ۴۶ درصد ارتفاع بوته پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) نسبت به شاهد در شوری ۲۰۰ میلی مولار NaCl بوده است. گزارشات همچنین حاکی از وجود تنوع در تحمل به شوری بین ارقام کنجد (*Sesamum indicum* L.) می‌باشد (Yahya, 1998). به عنوان مثال، مطالعه کوکا و همکاران (Koca et al., 2007) نشان داد که تا شوری پنج دسی زیمنس بر متر تفاوت چندانی بین خصوصیات مورفولوژیکی دو واریته کنجد نسبت به شاهد وجود ندارد، ولی با افزایش شوری تا ۱۰ دسی زیمنس بر متر ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک اندام هوایی، طول ریشه و وزن تر و خشک ریشه کاهش یافت. در صورتیکه در بررسی گابالا و همکاران (Gaballah et al., 2007) مشاهده شد رشد گیاه کنجد تا شوری ۲/۳ دسی زیمنس بر متر تحت تأثیر قرار نگرفت، ولی با افزایش شوری به ۴/۷ دسی زیمنس بر متر، ارتفاع و وزن خشک ساقه به ترتیب ۴۳ و ۷۶ درصد نسبت به شوری ۲/۳ دسی زیمنس بر متر کاهش یافت. از سوی دیگر، گزارش محمود و همکاران (Mahmood et al., 2003) در مورد کنجد نشان داد که سطوح پایین شوری تا ۶۰ میلی مولار NaCl رشد را افزایش داد، در حالی که با افزایش سطح شوری به بالاتر از آن، ارتفاع گیاه، تعداد برگ، وزن خشک اندام هوایی، عملکرد و اجزاء آن کاهش یافت. در مجموع اعتقاد بر این است که تنش شوری از طریق کاهش آب قابل جذب، ایجاد عدم تعادل در جذب عناصر غذایی و اثرات سمی برخی یون‌ها سبب تغییر در متابولیسم گیاهان شده و رشد آنها را کاهش می دهد (Sandhu & Quereshi, 1986).

کنجد به دلیل داشتن روغن با کیفیت، پروتئین و آنتی اکسیدان بطور گسترده در تهیه غذا، دارو و صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد. این گیاه یک محصول نسبتاً خاص مناطق خشک و نیمه خشک است و بدلیل وجود ریشه‌های منشعب و عمیق، نسبتاً به خشکی مقاوم است (Weiss, 2000). بررسی‌ها نشان‌دهنده کشت مستمر و طولانی این گیاه در مناطق شور کشور بویژه در جنوب خراسان می‌باشد و شواهدی مبنی بر وجود تحمل به شوری در این گیاه وجود دارد (Mahmood et al., 2003). این گیاه در کشاورزی معیشتی مردم این منطقه نقش مهمی را ایفاء می‌کند و در همین راستا، به دلیل نیاز به بهبود تولید روغن در کشور، ضروری است بر روی جنبه‌های مختلف این گیاه از جمله بهبود سازگاری آن به مناطق تحت تنش تحقیقات بیشتری صورت پذیرد. لذا این مطالعه با هدف ارزیابی خصوصیات فنولوژیک و مورفولوژیک ۴۳ اکوتیپ کنجد تحت شرایط تنش شوری در شرایط آب و هوایی مشهد انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقات شوری قطب علمی گیاهان زراعی ویژه، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۲۳ کیلومتری شرق مشهد، با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا با استفاده از ۴۳ نمونه کنجد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد (جدول ۱).

قبل از اجرای طرح، آزمایش خاک از زمین مورد نظر صورت گرفت (جدول ۲) و بر اساس آن کود مورد نیاز به میزان ۱۵۰، ۱۲۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب از کود های آمونیوم، سوپر فسفات و سولفات پتاس به زمین داده شد. تمام کود سوپر فسفات و سولفات پتاس و نیمی از کود اوره قبل از کاشت و نیمه دیگر اوره ۳۵ روز پس از کاشت به زمین داده شد. هر کرت شامل دو ردیف به طول سه متر با فاصله ردیف ۵۰ بود و فاصله گیاهان روی ردیف پنج سانتی‌متر در نظر گرفته شد. گیاهان با آب دارای شوری ۵/۲ دسی زیمنس بر متر (تهیه شده از چاه آب موجود در منطقه) با فاصله هشت روز یک بار در طول فصل رشد آبیاری شدند. عملیات وجین در دو نوبت هنگامی که گیاهان دارای ۱۰ و ۱۵ سانتی‌متر ارتفاع بودند انجام گرفت. در طول فصل رشد زمان وقوع هر یک از مراحل فنولوژی (سبز شدن، کاشت تا گلدهی (دوره رشد رویشی)، گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک (دوره رشد زایشی) و کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک (کل دوره رشد)) بر اساس وقوع هر مرحله در ۵۰ درصد از گیاهانی که پیشتر از طریق نصب کوادرات در یک متر مربع مشخص شده بودند، ثبت گردید. درجه روزهای رشد (GDD)[1] نیز بر اساس معادله (۱) محاسبه شد:

1- Growth Degree Days

$$GDD=((T_{max} + T_{min})/2) - T_b \quad (۱)$$

که در این معادله، T_{max}: حداکثر درجه حرارت روزانه، T_{min}: حداقل درجه حرارت روزانه و T_b: درجه حرارت پایه ۱۵ درجه سانتی-گراد در نظر گرفته شد. در پایان فصل رشد، جهت اندازه گیری خصوصیات مورفولوژیکی از هر کرت پنج بوته بطور تصادفی انتخاب و پس از برداشت به آزمایشگاه انتقال یافت. در آزمایشگاه ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی و طول کل شاخه‌های جانبی اندازه‌گیری و ثبت شد.

علیرغم دقت در تنظیم تراکم و به دلیل حساسیت متفاوت نمونه-های کنجد به شوری آب آبیاری، در زمان برداشت در برخی کرت‌ها تعداد بوته کمتر از تراکم مورد نظر بود و لذا جهت تجزیه داده‌ها ابتدا کوواریانس بر اساس تعداد بوته و سپس تجزیه واریانس انجام شد. جهت انجام تجزیه‌های آماری از نرم افزارهای Minitab ver. 14 و جهت ترسیم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد و نرم افزار Mstat-C مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که از بین ۴۳ نمونه کنجد فقط ۲۵ اکوتیپ و لاین قادر به سبز شدن و تداوم رشد تا پایان مرحله رشد زایشی در شرایط این آزمایش بودند.

جدول ۱- نام و منشاء نمونه‌های کنجد مورد بررسی

Table 1- Name and source of sesame ecotypes

اکوتیپ Ecotype	منشاء Source	اکوتیپ Ecotype	منشاء Source
*MSC1	گناباد ۱ (زرد محلی) Gonabad 1 (native yellow)	MSC16	داراب ۲ Darab 2
MSC2	گناباد ۲ (سیاه محلی) Gonabad 2 (native black)	MSC17	داراب ۱۴ Darab 14
MSC3	سبزوار ۱ Sabzevar 1	MSC18	لاین ورامین ۲۸۲۲ (والد پدری) × رقم چینی Line Varamin 2822 (male parent) × Chini Variety
MSC4	سبزوار ۲ Sabzevar 2	MSC19	TN2381
MSC5	درگز Daregaz	MSC20	TN2382 (سیستان) Sistan
MSC6	فردوس ۱ Ferdows 1	MSC21	محلی سیستان Sistan native
MSC7	فردوس ۲ Ferdows 2	MSC22	کرج ۱ × ورامین ۲۹۲۲ Karaj 1× Varamin 2922
MSC8	خواف ۱ Khaf 1	MSC23	رقم چینی × محلی دزفول Chini Variety × Dezfol native
MSC9	خواف ۲ Khaf 2	MSC24	رقم صفی آبادی Safiabadi Variety
MSC10	رشتخوار Roshtkhar	MSC25	محلی جیرفت Giroft native
MSC11	اسفراین Esfaraien	MSC26	محلی کلات ۲ Kalat native 2
MSC12	کلات ۱ Kalat 1	MSC27	TS3
MSC13	خلیل آباد Khalil-abad	MSC28	ورامین ۲۸۲۲ Varamin 2822
MSC14	کاشمر Kashmar	MSC29	yellow-white
MSC15	اولتان Oltan	MSC30	محلی دزفول × رقم فلسطین اشغالی Dezfol native×Occupied Palestin Variety

ادامه جدول ۱- نام و منشاء نمونه‌های کنجد مورد بررسی

Table 1 continued- Name and source of sesame ecotypes

اکوتیپ Ecotype	منشاء Source	اکوتیپ Ecotype	منشاء Source
MSC31	رقم چینی × رقم ورامین ۲۸۲۲ (والد مادری) Chini variety × Varamin 2822 as female parent	MSC38	ساری ۳ Sari 3
MSC32	کارداب × رقم فلسطین اشغالی Kardarb × Occupied Palestin Variety	MSC36	شیراز Shiraz
MSC33	محلی دزفول ۱ Dezfol native 1	MSC40	محلی دزفول ۳ Dezfol native 3
MSC34	محلی دزفول ۲ Dezfol native 2	MSC41	محلی دزفول ۴ Dezfol native 4
MSC35	بردسکن Bardaskan	MSC42	دامغان Damghan
MSC36	ساری ۱ Sari 1	MSC43	دشتستان ۲ Dashtestan 2
MSC37	ساری ۲ Sari 2		

(* مجموعه بانک بذر دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران)

(* Seed Collection Bank, College of Agriculture, Ferdowsi University of MashhadT Iran)

جدول ۲- نتایج تجزیه خاک مزرعه و آب آبیاری

Table 2- Results of soil and water analysis

نمونه Sample	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	نسبت جذب سطحی سدیم SAR	سدیم Na	منیزیم Mg	کلسیم Ca	کلسیم + منیزیم Ca+Mg
خاک Soil	8.3	3.4	6.8	17.9	8.2	5.8	14
آب Water	7.3	5.2	-	-	-	-	-

چهار اکوتیپ و لاین سبز نشدند و ۱۴ اکوتیپ و لاین دیگر نیز پس از سبز شدن و پیش از مرحله زایشی از بین رفتند (جدول ۳). بررسی سینگ و همکاران (Singh et al., 2008) نشان داد که واکنش ۱۲۷ ژنوتیپ بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) به شوری آب آبیاری تا هشت دسی زیمنس بر متر در طول دوره رشد (۱۳۰-۱۲۰ روز) متفاوت بود، به طوریکه در ۹۱ روز پس از کاشت ۵۰ درصد ژنوتیپ‌ها از بین رفتند (گروه حساس)، در ۱۱۲ روز پس از کاشت تعداد ۳۱ ژنوتیپ دیگر از بین رفت و این گروه در دسته با تحمل متوسط قرار گرفتند و تنها پنج درصد ژنوتیپ‌ها تا پایان دوره رشد زنده ماندند (گروه متحمل). این تعداد نیز هر چند غلاف تولید کردند، ولی غلاف آنها فاقد دانه بود. آنها اظهار داشتند که درجه حرارت و تبخیر و تعرق بالا سبب تجمع نمک در لایه سطحی خاک شده و افزایش جذب نمک توسط گیاه در نهایت منجر به مرگ آن شده است. در آزمایش حاضر نیز هر چند شوری خاک مزرعه در ابتدای کاشت حدود ۳/۴ دسی زیمنس بر متر بود (جدول ۲)، ولی با تجمع نمک در طول فصل رشد، شوری خاک افزایش یافت و به بیش از ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر رسید که باعث مرگ گیاه شد. سوریا اورنج و همکاران (Suriya-Arunroj et al., 2005) با مطالعه واکنش نه رقم برنج (*Oryza sativa* L.) به تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی (شوری شش دسی زیمنس بر متر) و رشد رویشی (شوری هشت دسی زیمنس بر متر) گزارش کردند که در مرحله اول، یک رقم و در مرحله رویشی هشت رقم به تنش شوری حساس بودند. در مطالعه‌ای دیگر، پوستینی (Postini, 2002) گزارش کرد که میزان تحمل ارقام گندم به شوری ۱۶ دسی زیمنس بر متر متفاوت است، به طوریکه ۱۷ رقم از ۳۰ رقم مورد مطالعه بیشترین میزان دانه و وزن خشک را تولید کردند و در گروه متحمل به شوری قرار گرفتند. همچنین جانسون و همکارن (Johansen et al., 1990) گزارش کردند که تنوع ژنتیکی در تحمل به شوری در باقلا (*Faba vulgaris* L.) در دامنه کوچکی

از سطوح شوری وجود دارد، به طوریکه شوری‌های خارج از این دامنه سبب حذف برخی ارقام می‌شود. مقاومت گونه‌های گیاهی در مراحل مختلف رشد به شوری متفاوت است و میزان تحمل آنها وابسته به مکانیسم‌هایی است که در گیاهان بصورت ژنتیکی کنترل می‌گردد (Blum, 1988). همچنین سن گیاه نقش مهمی در مقاومت به شوری آن ایفاء می‌کند (Berstein & Hayward, 1958). در این مطالعه مشاهده شد که تعدادی از اکوتیپ‌های کنجد پس از سبز شدن و پیش از مرحله زایشی از بین رفتند. مانس (Munns, 2002) گزارش کرد که گونه‌های حساس به شوری قادر به جلوگیری از ورود نمک به داخل جریان آوندی نیستند و لذا نمک در برگ‌های مسن تجمع یافته و غلظت آن به حد سمیت می‌رسد و به دنبال آن از بین می‌روند. در این حالت چنانچه مرگ برگ‌های پیر سریع‌تر از تولید برگ‌های جدید باشد، نسبت برگ‌های صدمه دیده افزایش می‌یابد و بنابراین برگ کافی برای تأمین فتوسنتز، رشد و تولید مواد لازم برای بقاء گیاه وجود نخواهد داشت (Munns, 2002).

اختلاف اکوتیپ‌های کنجد از نظر تعداد روز و درجه روز رشد تجمعی از کاشت تا سبز شدن معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) بود (جدول ۴)، به طوریکه از نظر دوره کاشت تا سبز شدن اکوتیپ MSC12 با ۲۳ روز و ۲۴۱ درجه روز طولانی‌ترین و اکوتیپ‌های MSC31 و MSC27 با ۱۲ روز و ۵۶ درجه روز کمترین دوره را داشتند (جدول ۵). در ۵۲ درصد از اکوتیپ‌ها تعداد روز مورد نیاز برای سبز شدن بیشتر از ۱۶ روز بود، در حالی که در ۱۰ اکوتیپ تعداد روز و درجه روز تا سبز شدن به ترتیب کمتر از ۱۴ روز و ۱۰۰ درجه روز بود. مطالعه سینگ و همکاران (Singh et al., 2008) نشان دادند که تعداد روز برای سبز شدن در شوری چهار دسی زیمنس بر متر بین ژنوتیپ‌های بادام زمینی بین ۱۰ تا ۳ روز متفاوت بود. قربانی و همکاران (Ghorbani et al., 2005) نیز نشان دادند که تعداد روز تا سبز شدن در دو واریته گندم مورد مطالعه در شرایط شور تا پنج روز با هم اختلاف داشتند. به نظر می‌رسد که با ورود نمک به بافت‌های داخلی بذر پتانسیل آب درون بذر کاهش و میزان جذب املاح افزایش می‌یابد و در اثر عدم تعادل یونی بخصوص با افزایش جذب Na^+ و بروز سمیت یون‌ها در بافت‌ها رشد گیاه کاهش می‌یابد (Tobe et al., 1999). با توجه به این مطلب که بیشترین تجمع نمک در لایه سطحی خاک می‌باشد، بذرها پس از کاشت در محلی قرار می‌گیرند که غلظت املاح بیشتر است و در این شرایط افزایش املاح و نمک‌ها موجب کند شدن جذب آب توسط بذر شده در نتیجه آن درصد سبز شدن کاهش می‌یابد (Katembe et al., 1998). به نظر می‌رسد که علت تفاوت اکوتیپ‌ها مربوط به تفاوت در توانایی آنها در تحمل به شوری بوده که بصورت ژنتیکی کنترل می‌گردد و در این راستا گیاهانی که توانایی تولید ریشه طویل و گسترده هستند، احتمالاً نسبت به گیاهان فاقد این قابلیت موفق‌تر خواهند بود (Kayani et al., 1990).

از نظر طول دوره و درجه روز رشد تجمعی از کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی بین اکوتیپ‌ها تفاوت معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) وجود داشت (جدول ۴). در مجموع دوره رشد رویشی اکوتیپ‌های کنجد بین ۶۴ تا ۸۱ روز (به ترتیب با ۸۳۴ و ۱۰۲۷ درجه روز) متفاوت بود و دو اکوتیپ MSC36 و MSC31 بیشترین تعداد روز و درجه روز رشد تجمعی و اکوتیپ‌های MSC13 و MSC2 کمترین تعداد روز و واحد گرمایی لازم را تا ۵۰ درصد گلدهی داشتند (جدول ۵). یساری و همکاران (Yasari et al., 2004) گزارش کردند که اختلاف ژنوتیپ‌های گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) مورد مطالعه از نظر طول دوره کاشت تا گلدهی حدود ۵۰ روز است. آنها اظهار داشتند که کوتاه کردن طول دوره رشد در شرایط نامساعد (تنش خشکی) یکی از راه‌های اجتناب از تنش بوده و برخی ژنوتیپ‌ها در این مسیر تکامل حاصل کرده‌اند.

از نظر طول دوره زایشی بین اکوتیپ‌های کنجد اختلاف معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) وجود داشت (جدول ۴). طول این دوره بین ۶۰ تا ۶۵ روز در بین اکوتیپ‌ها اختلاف داشت، بطوریکه اکوتیپ MSC35 با ۶۵ روز و ۵۴۹ درجه روز بیشترین و اکوتیپ‌های MSC17 و MSC31 به ترتیب با ۶۰ روز و ۴۶۷ و ۴۶۵ درجه روز کمترین تعداد روز را داشتند.

جدول ۳- وضعیت اکوتیپ‌های کنجد از نظر سبز و استقرار در شرایط آبیاری شده با آب شور (۵/۲ دسی‌زیمنس بر متر)

Table 3- Situation of sesame ecotypes for emergence and establishment in irrigated condition with saline water (EC=5.2 $dS.m^{-1}$)

وضعیت استقرار Establishment situation	نام اکوتیپ Name of ecotype
عدم سبز شدن Not emergence	MSC19, MSC29, MSC32, MSC33
سبز شدن مناسب- مرگ قبل از رشد زایشی Appropriate emergence- Died before reproductive growth stage	MSC18, MSC20, MSC21, MSC22, MSC23 MSC25, MSC26, MSC28, MSC30, MSC34, MSC36, MSC38, MSC40, MSC41
استقرار تا تکمیل مرحله رشد زایشی Establishment and alive until maturity	MSC1, MSC2, MSC3, MSC4, MSC5, MSC6, MSC7, MSC8, MSC9, MSC10, MSC11, MSC12, MSC13, MSC14, MSC15, MSC16, MSC17, MSC24, MSC27, MSC31, MSC35, MSC37, MSC39, MSC42, MSC43

قربانی و همکاران (Ghorbani et al., 2005) گزارش کردند که در دو رقم گندم در شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر از نظر طول دوره زایشی یک روز با هم اختلاف داشتند. اسلام و همکاران (Aslam et al., 1993) نیز دریافتند که تنش شوری به مدت ۱۰ روز سبب کاهش طول دوره رویشی و زایشی بوته‌های برنج شد و واریته‌های مورد آزمایش اختلاف معنی‌داری با هم داشتند. به نظر می‌رسد که افزایش سدیم قابل جذب از طریق کانال تعرق که همراه با افزایش دما است، سبب تسریع در پیری برگ‌ها شده که باعث ایجاد تنوع بین اکوتیپ‌ها شده است (Munns et al., 2002). مانس و همکارن (Munns et al., 2006) گزارش کردند که شوری با کاهش طول دوره گلدهی در بوته‌های جو سبب ایجاد اختلاف در مرحله زایشی بین آنها شده و عملکرد آنها را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

بیشترین عملکرد دانه در بوته از اکوتیپ MSC6 با طول دوره زایشی ۶۲ روز مشاهده شد (جدول‌های ۵ و ۷). نتایج مطالعه یساری و همکاران (Yasari et al., 2004) در گلرنگ نشان داد که همبستگی بین عملکرد با طول دوره پر شدن دانه ($r=۰/۰۵$) مثبت بود. زنگ و همکاران (Zheng et al., 1993) نیز با بررسی طول مرحله گلدهی در ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ بهاره گزارش کردند که بین طول دوره گلدهی و عملکرد دانه رابطه مثبت و معنی دار وجود دارد.

بین اکوتیپ‌های کنجد از نظر تعداد روز و درجه روز رشد تجمعی از سبز شدن تا رسیدگی فیزیولوژیک اختلاف معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) وجود داشت (جدول ۴). بیشترین تعداد روز و درجه روز رشد در اکوتیپ‌های MSC31 و MSC36 و کمترین آن در اکوتیپ‌های MSC2 و MSC13 مشاهده شد. دامنه تغییرات تعداد روز تجمعی از سبز شدن تا رسیدگی فیزیولوژیکی بین ۱۲۶ تا ۱۴۱ روز بود (جدول ۵). نتایج گریو و همکاران (Grieve et al., 1994) نشان داد که اختلاف واحد گرمایی از کاشت تا رسیدگی در دو واریته گندم ۲۴ درجه روز در شوری ۱۵/۱ دسی زیمنس بر متر بود و نسبت به شاهد حدود ۲۵۰ واحد گرمایی کمتر بود. مطالعه فرانکویس و همکاران (Francois et al., 1986) نیز نشان داد که گندم‌های کشت شده تحت تنش شوری ۲- ۱هفته زودتر آماده برداشت می‌شوند و بین ارقام تفاوت وجود داشت. بررسی لانگهام (Langham, 2007) نشان می‌دهد که در شرایط بدون تنش تعداد روز از کاشت تا رسیدگی کنجد ۱۵۰ روز است و بین ارقام کنجد از نظر این صفت تفاوت وجود دارد. با توجه به قرارگیری بخش زیادی از فصل رشد کنجد در شرایط گرمای زیاد به نظر می‌رسد که در این شرایط تداوم شوری سبب افزایش اثرات سمی یونی و اسمزی در گیاه شده و برای اجتناب از شرایط تنش گیاه زودتر می‌رسد، زیرا بر طبق اظهارات گاردنر و همکاران (Gardner et al., 1985) یکی از راه‌های اجتناب از تنش در گیاهان، پدیده زودرسی و کوتاه شدن دوره رشد می‌باشد و پاسخ اکوتیپ‌ها در تحمل به این شرایط متفاوت و وابسته به توانایی ژنتیکی آنها است (Neumann, 1997).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین اکوتیپ‌های کنجد از نظر ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) وجود دارد (جدول ۶). ارتفاع گیاهان کنجد بسته به اکوتیپ در گستره‌ای از ۵۳ تا ۲۲ سانتی‌متر بود و بیشترین و کمترین ارتفاع بوته به ترتیب در اکوتیپ‌های MSC43 و MSC12 مشاهده شد (جدول ۷). ارتفاع ساقه در ۲۸ درصد اکوتیپ‌ها بیشتر از ۴۰ سانتی‌متر بود. نتایج مطالعه محمود و همکاران (Mahmood et al., 2003) نشان داد ارتفاع بوته در ارقام کنجد مورد مطالعه تا شوری ۶۰ میلی‌مولار NaCl اختلاف معنی‌داری نداشت، ولی با افزایش شوری افت شدیدی در ارتفاع گیاهان دیده شد. در شرایط شور، سلول‌ها آب خود را از دست داده و کوچک می‌شوند، این فرآیند سرعت طویل شدن آنها را کاهش داده و سبب کاهش رشد می‌شود (Munns, 2002). به همین دلیل شوری بالاتر از آستانه تحمل، میزان رشد و اندازه گیاه را در بسیاری از گونه‌ها کاهش داده است (Maas & Hoffman, 1977).

اکوتیپ‌های کنجد از نظر تعداد شاخه در بوته اختلاف معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) داشتند (جدول ۶). در ۴۸ درصد از اکوتیپ‌ها تعداد شاخه در بوته کمتر از چهار شاخه در بوته بود. مطالعه منسا و همکاران (Mensah et al., 2006) نشان داد که تعداد شاخه در بوته در ارقام بادام زمینی (*Arachis hypogeal* L.) در ۵۶ روز پس از کاشت در شوری ۱۷ میکرو زیمنس بر سانتی‌متر به تعداد حدود ۴/۴ رسید که نسبت به تیمار ۰/۰۱۵ میکروزیمنس بر سانتی متر ۲۳ درصد کاهش یافت. کاهش تعداد شاخه در اثر شوری در تعدادی از دانه‌های روغنی دیگر نیز گزارش شده است (Narash et al., 1993; Sadat-Noori et al., 2006). به نظر می‌رسد که تفاوت اکوتیپ‌ها در این شرایط وابسته به پتانسیل ژنتیکی آنها در تولید شاخه جانبی و دسترسی به مواد غذایی باشد (Langham, 2007).

از نظر طول شاخه‌های جانبی بین اکوتیپ‌های کنجد اختلاف معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) مشاهده شد (جدول ۶)، به طوریکه دامنه طول شاخه‌های جانبی از حدود ۳ تا ۱۳۱ سانتی‌متر بین اکوتیپ‌ها متفاوت و در ۳۲ درصد اکوتیپ‌ها طول شاخه‌های جانبی بیش از ۱۰۰ سانتی‌متر بود (جدول ۷). در کنجد شاخه‌ها در تولید تعداد کپسول مؤثر هستند و برای رشد شاخه‌ها نیاز به سطح برگ مناسب جهت جذب نور و تأمین مواد فتوسنتزی می‌باشد (Langham, 2007). به نظر می‌رسد که شوری از طریق برهم زدن تعادل مواد غذایی و بروز سمیت یونی، سبب کاهش سطح برگ شده و در نتیجه رشد شاخه‌ها را کاهش داده است (Gaballah et al., 2007).

جدول٤- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تعداد روز و درجه روز تجمعی از کاشت تا رسیدگی اکوتیپ‌های کنجد

Table 4- Analysis of variance (Mean of square) for number of days and Growth Degree Days of sesame ecotypes to maturation

درجه روز – رشد تجمعی Accumulation growth - degree day				تعداد روز Number of day					
کل دوره رشد Total growth period	دوره رشد زایشی Reproductive growth period	دوره رشد رویشی Vegetative growth period	کاشت تا سبز شدن Sowing to emergence	کل دوره رشد Total growth period	دوره رشد زایشی Reproductive growth period	دوره رشد رویشی Vegetative growth period	کاشت تا سبز شدن Sowing to emergence	درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
99.4^{ns}	8.2^{ns}	165^{ns}	1218^{ns}	1.47^{ns}	0.0072^{ns}	1.68^{ns}	3.907^{ns}	1	کواریانس تعداد بوته Covariation of plant number
4063.0*	1942.4^{ns}	10707*	7072*	86.82*	1.1411^{ns}	88.69*	22.402*	2	بلوک Block
1989.1*	1841.7*	7343*	6533*	42.97*	1.9274*	56.54*	20.620*	24	اکوتیپ Ecotype
740.1	684.3	2640	1591	17.36	0.9096	20.84	5.052	27	خطا Error
-	-	-	-	-	-	-	-	54	کل Total

^{ns} و *: به ترتیب غیر معنی‌داری و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد.

^{ns} and * are non significant and significant at the 5% probability level, respectively.

جدول ۵- مقایسه میانگین تعداد روز و درجه روز رشد تجمعی مراحل فنولوژی در اکوتیپ‌های کنجد آبیاری شده با آب شور (۵/۲ دسی‌زیمنس بر متر)

Table 5- Mean comparisons of number of days and Growing Degree Days (GDD) of phonological stages in sesame ecotypes, irrigated with saline water (EC=5.2 dS.m^{-1})

مراحل نموی گیاه Stage of plant development								
کل دوره رشد Total growth period		دوره رشد زایشی Reproductive growth period		دوره رشد رویشی Vegetative growth period		کاشت تا سبز شدن Sowing to emergence		
درجه روز GDD	روز Day	درجه روز GDD	روز Day	درجه روز GDD	روز Day	درجه روز GDD	روز Day	اکوتیپ Ecotype
1466.3	137.2	511.1	62.0	955.2	75.2	148.6	17.4	MSC1
1384.1	126.4	540.4	62.0	833.7	64.4	247.2	22.1	MSC2
1461.7	136.5	515.0	62.0	946.7	74.5	101.8	14.7	MSC3
1439.5	133.7	523.9	62.0	916.3	71.7	90.8	14.1	MSC4
1423.3	131.1	535.2	62.0	888.1	69.1	78.6	13.4	MSC5
1410.0	129.0	548.6	62.3	861.4	66.7	89.3	14.0	MSC6
1434.0	133.4	512.7	61.3	921.3	72.1	100.8	14.7	MSC7
1465.9	138.1	498.1	61.4	967.8	76.7	131.2	16.4	MSC8
1440.4	133.8	523.8	62.0	916.6	71.8	91.6	14.2	MSC9
1399.7	128.8	540.0	62.3	859.7	66.5	84.4	13.7	MSC10
1469.1	137.9	497.1	61.3	972.0	76.6	95.4	14.4	MSC11
1437.9	133.2	526.9	62.0	911.0	71.2	241.4	22.6	MSC12
1400.9	126.6	556.9	62.3	843.3	64.3	87.0	13.9	MSC13
1413.9	129.5	547.6	62.3	866.3	67.2	102.5	14.8	MSC14
1466.7	138.0	487.4	60.9	979.3	77.1	96.1	14.4	MSC15
1479.2	141.6	468.2	62.0	1011.0	79.6	159.5	17.4	MSC16
1482.0	140.2	467.3	60.1	1015.0	80.1	232.3	23.0	MSC17
1463.2	136.4	519.7	62.4	943.5	74.0	198.2	20.2	MSC24
!408.2	129.4	543.7	62.4	864.5	67.0	56.2	12.2	MSC27
1491.7	141.1	464.7	60.1	1027.0	81.0	56.2	12.2	MSC31
1437.4	133.9	549.2	64.7	888.2	69.2	149.8	17.4	MSC35
1481.0	140.5	460.0	59.9	1021.0	80.6	239.8	22.4	MSC36
1459.6	137.8	503.0	61.7	956.6	76.1	234.8	22.2	MSC37
1401.4	128.8	540.4	62.0	861.0	66.8	178.3	19.0	MSC42
1465.1	137.4	495.6	61.2	969.5	76.2	221.8	21.5	MSC43
45.6	7.0	43.8	1.6	86.1	7.6	66.3	3.8*	LSD (0.05)

* میانگین‌هایی که تفاوت بین آنها کمتر از میزان LSD می‌باشد، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Means, that the difference between them is lower than the amount of LSD, are not significantly different at α=0.05 by LSD test.

نتایج این مطالعه نشان داد که از نظر وزن دانه در بوته، اکوتیپ‌های کنجد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) داشتند (جدول ۶)، به طوریکه بیشترین و کمترین مقدار آن به ترتیب دراکوتیپ‌های MSC6 وMSC12 مشاهده شد (جدول ۷). دامنه عملکرد تک بوته از حدود ۰/۰۴ تا ۵/۶۵ گرم متفاوت بود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که پاسخ وزن دانه در بوته ارقام کنجد در شرایط تنش متفاوت است (Mahmood et al., 2003; Golestani & Pakneiat, 2007). نتایج مطالعه افیونی و محلوجی (Afioni & Mahloji, 2003) نیز نشان داد که تفاوت عملکرد ۴۲ لاین و رقم گندم کشت شده در شرایط مزرعه در شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر در دامنه‌ای از حدود ۴۶۰ تا ۴۲۳۱ کیلوگرم در هکتار قرار دارد. بررسی روابط مراحل فنولوژیک و صفات مورفولوژیک نشان داد که بین وزن دانه در بوته با طول دوره رشد زایشی همبستگی مثبت و معنی‌داری (r=۰/۳۸**) وجود داشت، ضمن اینکه همبستگی مثبتی نیز بین وزن دانه و ارتفاع گیاه (r=۰/۲۵) مشاهده شد. بین ارتفاع گیاه با سایر اجزاء رویشی مانند تعداد و طول شاخه در گیاه (به ترتیب r=۰/۲۷* و r=۰/۴۸*) نیز همبستگی خوبی وجود داشت (جدول ۸).

جدول ٦- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) خصوصیات مورفولوژیک و وزن دانه در بوته، در اکوتیپ‌های کنجد آبیاری شده با آب شور (۵/۲ دسی‌زیمنس بر متر)

Table 6- Analysis of variance (Mean of square) for morphological traits and plant seed weight in sesame ecotypes, irrigated with saline water (EC=5.2 dS.m^{-1})

وزن دانه در بوته Seed weight per plant	طول شاخه در بوته Branch length per plant	متوسط طول شاخه Branch length mean	تعداد شاخه در بوته Branch number per plant	ارتفاع بوته Plant height	درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
0.5375^{ns}	7554*	34.03^{ns}	9.393*	71.53^{ns}	1	کواریانس تعداد بوته Covariation of plant number
0.6138^{ns}	4330*	225.90*	1.818^{ns}	118.95^{ns}	2	بلوک Block
3.345**	2454*	66.06*	5.568*	149.25*	24	اکوتیپ Ecotype
0.3434	1141	33.74	1.758	58.42	26	خطا Error
–	–	–	–	–	53	کل Total

^{ns}، * و **: غیر معنی‌داری، معنی دار،به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد

^{ns}, ** and *: are non- significant and significant at the 1 and 5% probability level, respectively.

جدول ۷- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک در اکوتیپ‌های کنجد آبیاری شده با آب شور (۵/۲ دسی‌زیمنس بر متر)

Table 7– Mean comparison of morphological traits and plant seed weight in sesame ecotypes, irrigated with saline water (EC=5.2 dS.m^{-1})

وزن دانه در بوته (گرم) Seed weight per plant (g)	طول شاخه در بوته (سانتی‌متر) Branch length per plant (cm)	متوسط طول شاخه (سانتی‌متر) Mean branch length (cm)	تعداد شاخه در بوته Branch number per plant	ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant height (cm)	اکوتیپ Ecotype
0.32	23.9	5.6	4.3	26.4	MSC1
0.40	71.3	18.8	3.8	39.0	MSC2
1.95	64.0	22.7	2.8	46.2	MSC3
0.47	38.2	13.7	2.8	32.4	MSC4
0.82	66.4	14.3	4.6	24.7	MSC5
5.65	67.7	18.1	3.7	40.9	MSC6
1.34	45.2	17.4	2.6	38.2	MSC7
1.20	40.0	11.3	3.5	28.7	MSC8
1.00	80.7	16.1	5.0	27.4	MSC9
2.63	94.2	22.6	4.2	36.4	MSC10
1.07	8.9	8.9	1.0	51.1	MSC11
0.04	2.9	2.2	1.3	22.3	MSC12
1.20	74.9	18.0	4.2	35.1	MSC13
1.22	26.4	11.8	2.2	26.9	MSC14
0.64	51.8	9.6	5.4	33.5	MSC15
1.14	125.7	15.6	8.1	49.0	MSC16
0.66	120.7	16.8	7.2	40.8	MSC17
0.10	114.6	21.2	5.4	46.5	MSC24
3.16	130.8	24.2	5.4	38.5	MSC27
0.99	109.9	32.2	3.4	36.5	MSC31
3.36	115.9	20.6	5.6	38.1	MSC35
0.40	110.0	16.3	6.7	36.8	MSC36
0.42	60.0	22.1	2.7	24.5	MSC37
1.27	82.2	21.6	3.8	30.0	MSC42
1.15	125.2	20.9	6.0	52.9	MSC43
0.98	56.59	8.99	2.22	12.80*	LSD (0.05)

* میانگین‌هایی که تفاوت بین آنها کمتر از میزان LSD می‌باشد، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Means, that the difference between them is lower than the amount of LSD, are not significantly different at α=0.05 by LSD test.

جدول ۸- همبستگی بین مراحل فنولوژی (بر اساس درجه‌روز رشد)، مورفولوژی و وزن دانه در بوته در اکوتیپ‌های کنجد آبیاری شده با آب شور (۵/۲ دسی‌زیمنس بر متر)

Table 8- Correlation between phenology (base on growth degree day (GDD)), morphology stages and seed weight per plant in sesame ecotypes, irrigated with saline water (EC=5.2 dS.m^{-1}).

9	8	7	6	5	4	3	2	1	
								1	۱- کاشت تا سبز شدن 1-Sowing to emergence
							1	0.30*	۲- دوره رشد رویشی 2-Vegetative growth period
						1	-0.97**	-0.35*	۳- دوره رشد زایشی 3-Reproductive growth period
					1	-0.89**	0.97**	0.25 ^{ns}	۴- کل دوره رشد 4-Total growth period
				1	0.12 ^{ns}	-0.16 ^{ns}	0.14 ^{ns}	-0.03 ^{ns}	۵- ارتفاع بوته 5-Plant height
			1	0.27*	0.20 ^{ns}	-0.33*	0.27 ^{ns}	0.28*	۶- تعداد شاخه در بوته 6-Branch number per plant
		1	0.35**	0.49**	-0.06 ^{ns}	-0.02 ^{ns}	-0.02 ^{ns}	0.01 ^{ns}	۷- میانگین ارتفاع شاخه در بوته 7-Branch height mean per plant
	1	0.74**	0.83**	0.48**	0.09 ^{ns}	-0.20 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.19 ^{ns}	۸- طول شاخه در بوته 8-Branch length per plant
1	0.31*	0.02 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.25^{ns}	-0.36**	0.38**	-0.38**	-0. 16	۹- عملکرد دانه در بوته 9-Seed weight per plant

^{ns}، * و ** به ترتیب غیر معنی‌داری و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

^{ns}, *and ** are non- significant and significant at the 5 and 1% probability level, respectively.

افزایش ارتفاع و طول شاخه‌های جانبی درگیاه کنجد از طریق افزایش تعداد گره، تعداد برگ و طول ناحیه کپسول‌دهی سبب افزایش تعداد کپسول در بوته بعنوان یکی از اجزای مهم عملکرد می‌شود (Langham, 2007; Weiss, 2000). به نظر می‌رسد که توانایی اکوتیپ‌ها در حفظ اجزای رویشی (از طریق سمیت‌زدایی و جایگذاری نمک در سلول‌ها) متفاوت باشد. کاهش تجمع نمک در سلول سبب افزایش توسعه سلولی و رشد می‌شود (Neumann, 1997) و در این شرایط اکوتیپ‌های متحمل (Mahmood et al., 2003) با تنظیم اسمزی بهتر و جذب آب بیشتر، فشار آماس بالاتری را ایجاد کرده در نتیجه رشد بافت‌های آنها در محیط شور نسبت به سایر اکوتیپ‌ها افزایش می‌یابد. بنابراین اکوتیپ‌های متحمل در اثر رشد بهتر بخش-های هوایی ماده خشک بیشتری تولید می‌کنند و به دنبال آن مواد فتوسنتزی بیشتری از بخش‌های رویشی به اجزاء زایشی انتقال یافته و باعث رشد بیشتر آنها شده و در نتیجه میزان تولید دانه در این اکوتیپ‌ها بهبود می‌یابد (Jeddi Hosseni et al., 2008).

در همین راستا تو (Tu, 1981) گزارش کرد که شوری در سویا (*Glycine max* L.) از طریق کاهش سطح برگ موجب کاهش میزان دریافت نور و در نتیجه کاهش فتوسنتز خالص، تجمع ماده خشک و عملکرد می‌شود. بنابراین اکوتیپ‌هایی که در شرایط تنش قادر به رشد نسبتاً مناسبی باشند نسبت به سایر اکوتیپ‌ها متحمل‌تر خواهند بود (Mensah et al., 2006). به نظر می‌رسد که در اثر توسعه مکانیسم‌های تحمل به تنش در گیاهان، به مرور زمان صفات مؤثر بر رشد گیاه در حالت تنش به صورت ژنتیکی گسترش یافته است (Reddy et al., 2010).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که تحمل اکوتیپ‌های کنجد به آبیاری با شوری ۵/۲ دسی زیمنس بر متر در طول دوره رشد در شرایط مزرعه متفاوت است (جدول ۳)، به طوریکه از ۴۳ اکوتیپ و لاین مورد بررسی، تنها ۲۵ اکوتیپ و لاین طول دوره رشد را کامل کردند و بقیه قبل از دوره رشد زایشی از بین رفتند که این تفاوت را می‌توان به عدم حضور و یا مؤثر نبودن مکانیسم‌های تحمل به شوری در آنها نسبت داد که احتمالاً ناشی از اختلاف اقلیمی و شوری خاک مناطقی است که این گیاهان در آنجا طی مدت طولانی رشد کرده و سازگار شده‌اند. بررسی مراحل فنولوژی نشان داد که حداقل طول دوره رویشی حدود ۶۴ روز و حداکثر آن ۸۱ روز بود و طول دوره کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیکی نیز از حداقل ۱۲۶ روز تا ۱۴۱ روز بین اکوتیپ‌ها متفاوت بود. بیشترین ارتفاع و تعداد شاخه جانبی در اکوتیپ‌های MSC43 و MSC16 مشاهده شد. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین وزن دانه در بوته و ارتفاع و طول شاخه در بوته مشاهده شد که نشان‌دهنده تأثیر این صفات در افزایش عملکرد از طریق افزایش طول ناحیه کپسول‌دهی می‌باشد. در همین راستا، اکوتیپ‌های MSC35، MSC27 و MSC6 با ارتفاع و طول شاخه جانبی بیشتر، از عملکرد تک بوته بالاتری برخوردار بودند. به نظر می-رسد که بررسی بیشتر درخصوص میزان تحمل واکنش اکوتیپ‌های کنجد به شوری ضروری باشد، زیرا این اکوتیپ‌ها با توجه به مناطق رشد خود، دارای صفات منحصر به فردی هستند که حاصل سازگاری طولانی مدت آنها به شرایط متفاوت محیطی است که بتوان از این ویژگی‌ها در بهبود عملکرد کنجد در شرایط شور استفاده کرد.

منابع

1- Afioni, D., and Mahloji, M. 2007. Correlation analysis in some agronomy traits in wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) in salt stress. Plant and Seed Journal 22(2): 186-197.
2- Aslam, M., Qureshi, R.H., and Ahmad, N. 1993. A rapid screening technique for salt tolerance in rice (*Oryza sativa* L.). Plant and Soil 150: 99-107.
3- Berstein, L., and Hayward, H.E. 1958. Physiology of salt tolerance. Annual Review Plant Physiology 6-25.
4- Blum, A. 1988. Plant Breeding for Stress Environments. CRC Press, Boca Raton, FL. USA. 165- 175.
5- Bybordi, A. 2010. Effect of salinity on yield and component characters in canola (*Brassica napus* L). Notulae Scientia Biologicae 2(1): 81-83.
6- Cuartero, J., and Fernandez, R. 1999. Tomato and salinity. Scientia Horticulturae 78: 83- 125.
7- Flowers, T.J., and Yeo, A.R. 1995. Breeding for salinity tolerance in crop plants-where next. Australian Journal of Plant Physiology 22: 875-884.
8- Francois, L.E., Maas, E.V., Donovan, T.J., and Youngs, V.L. 1986. Effect of salinity on grain yield and quality, vegetative growth and germination of semi-dwarf and durum wheat. Agronomy Journal 78: 1053-1058.
9- Gaballah, M.S., Abou Leila, B., El-Zeiny, H.A., and Khalil, S. 2007. Estimating the performance of salt-stressed sesame plant treated with antitranspirants. Journal of Applied Sciences Research 3(9): 811-817.
10- Gardner, F.P., Brent, R., and Mitchell, R.L. 1985. Physiology of Crop Plants. Iowa State University Press. Amrs, IA, USA.

11- Ghorbani, M., Ebrahimi, Z., Soltani, A., and Galeshi, S. 2005. Effect salt stress on seed yields of two wheat genotypes. Iranean Journal of Technical and Science Agriculture and Natural Resources 10(4): 1-13. (In Persian)
12- Golestani, M., and Pakneyat, H. 2007. Evaluation drought tolerance indices in sesame (*Sesamum indicum* L). Iranian Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resource, Water and Soil Science 41(A): 141-149. (In Persian with English Summery)
13- Grieve, C.M., Francois, L.E., and Maas, E.V. 1994. Salinity affects the timing of phasic development in spring wheat. Crop Science 34: 1544–1549.
14- Higbie, S., Wang, F., Stewart, J.M., Sterling, T.M., Lindemann, W.C., Hughs, E., and Zhang, J. 2010. Physiological response to salt (NaCl) stress in selected cultivated tetraploid cottons. Hindawi Publishing Corporation International Journal of Agronomy 1-12.
15- Jeddi Hosseni, S.M., Galeshi, S., Soltani, A., and Akram Ghaderi, F. 2008. Evaluation of physiological characteristics in salt sensitive and tolerance genotype of cotton. Journal Agriculture Nature Resource 14(6): 63-71. (In Persian with English Summary)
16- Johansen, C., Saxena, N.P., Chauhan, Y.S., Subbarao, G.V., Pundir, R.P.S., Kumar Rao, J.V.D.K., and Jana, M.K. 1990. Genotypic variation in salinity response of chickpea and pigeon-pea. International Congress of Plant Physiology New Dehli, India.
17- Kafi, M., Borzoei, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masomi, A., and Nabati, J. 2009. Environmental Stress on Plant Physiology. Jihad Daneshgahi Publication, Iran (In Persian)
18- Kayani, S.A., Nagiv, H., and Ting, I.P. 1990. Salinity effects on germination and mobilization of reserves in jojoba seed. Crop Science 30: 704-708.
19- Khan, A.A., Rao, S.A., and McNilly, T.M. 2003. Assessment of salinity tolerance base upon seedling root growth response function in maize (*Zea mays* L.). Euphytica 131: 81- 89.
20- Katembe, W.J., Ungar, I., and Mitchell, J. 1998. Effect of salinity on germination and seedling growth of two *Atriplex* Species (Chenopodiaceae). Annual Botany 82: 167-175.
21- Koca, H., Bor, M., Ozdemir, F., and Turkan, I. 2007. The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars. Environmental and Experimental Botany 60: 344–351.
22- Langham D.R. 2007. Phenology of sesame. New crops and new uses. ASHS Press. Alexandria. VA 144-182.
23- Mahmood, S., Iram, S., and Athar, H. 2003. Intra-specific variability in sesame (*Sesamum indicum* L.) for various quantitative and qualitative attributes under differential salt regimes. Journal of Research Science 14(2): 177-186.
24- Maas, E.V., and Hoffman, G.J. 1977. Crop salt tolerance- Current assessment. Journal of the Irrigation and Drainage Division 103: 115-134.
25- Mensah, J.K., Akomeah, J.K., Ikhajiagbe, P.A., and Ekpekurede, E.O. 2006. Effects of salinity on germination, growth and yield of five groundnut genotypes. African Journal of Biotechnology 5(20): 1973-1979.
26- Munns, R. 1993. Physiological processes limiting plant growth in saline soil: some dogmas and hypothesizes. Plant Cell Environment 16: 15-24.
27- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment 25: 239-250.
28- Munns, R., James, K.A., and Lauchli, A. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. Journal of Experimental Botany 57(5): 1025-1043.
29- Narash, R.K., Minhas, S.K., Goyal, A.K., Chauhan, C.P.S., and Guptha, R.K. 1993. Production potential of cyclic irrigation and mixing of saline and canal water in Indian mustard (*Brassica juncea* L.) and pearl millet (*Pennisetum typhoides* L.) rotation. Arid Soil Research and Rehabilitation 7(2): 103-111.
30- Neumann, P. 1997. Salinity resistance and plant growth revisited. Plant, Cell and Environment 20: 1193-1198.
31- Postini, K. 2002. Evaluation 30 varieties of wheat in saline stress. Iranian Journal of Agriculture Science 33(1): 57-64. (In Persian with English Summary)
32- Qureshi, A.S., Qadir, M., Heydari, N., Turral, H., and Javadi, A. 2007. A review of management strategies for salt-prone land and water resources in Iran. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute 30 pp.
33- Rawson, H.M. 1986. Gas exchange and growth in wheat and barley grown in salt. Australian Journal Plant Physiology 13: 475-489.
34- Reddy, B.V.S., Ashok Kumar, A., Sanjana Reddy, P., Ibrahim, M., Ramaiah1, B., Dakheel, A.J., Ramesh, S., and Krishnamurthy, L. 2010. Cultivar options for salinity tolerance in sorghum. Journal of SAT Agriculture Research 8: 1-5.
35- Sandhu G.R., and Qureshi R.H., 1986. Salt-affected soils of Pakistan and their utilization. Reclamation and Revegegetation Research 5: 105-113.
36- Sadat-Noori, S.A., Mottaghi, S., and Lotfifar, O. 2008. Salinity tolerance of maize in embryo and adult stage. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 3(5): 717- 725.
37- Shannon, M.C., Mc Creight, J.D., and Draper, J.H. 1983. Screening test for salt tolerance in lettuce. Journal of American Horticulture Science 108: 225-230.
38- Singh, A.L., Hariprassana, K., and Solanki, R.M. 2008. Screening and selection of groundnut genotype for tolerance of salinity. Australian Journal of Crop Science 1(3): 69-77.

39- Suriya-arunroj, D., Supapoj, N., Vanavichit, A., and Toojinda, T. 2005. Screening and selection for physiological characters contributing to salinity tolerance in rice. Kasetsart Journal National Science 39: 174-184.
40- Tavusi, M. 2007. Evaluation of effects of intervals irrigation on yield and seed oil content of spring safflower cultivar in Isfahan region. MSc Thesis, college of Agriculture. Azad Islamic University of Khorasghan, Iran. (In Persian with English Summary)
41- Tobe, K., Zhang, L., and Omasa, K. 1999. Effects of NaCl on seed germination of five non halophytic species from a Chinese desert environment. Seed Science and Technology 27: 851-863.
42- Tu, J.C. 1981. Effect of salinity on Rizobium-root-hair interaction, nodulation and growth of soybean. Canada Journal of Plant Science 231-239.
43- Volkmar, K.M., Hu, Y., and Steppuhn. 1997. Physiological responses of plants to salinity: review. Canadian Journal of Plant Science 19-27.
44- Weiss, E.A. 2000.Oilseed Crops. Blackwell Science Publications Limited, London pp. 131-164.
45- Yahya A. 1998. Salinity effects on growth, uptake and distribution of sodium and some essential mineral nutrient in sesame. Journal of Plant Nutrition 21(7): 1439-51.
46- Yasari, T., Shasavari, M.R., Barzegar, A.B., and Omidi, A.H. 2004. Study of growth stages and relation between it with seed yield in 10 genotypes of safflower. Journal Pajouhesh and Sazandegi in Agriculture and Horticulture 68: 75-83. (In Persian with English Summary)
47- Zavareh, M., Hoogenboom, G., Rahimian Mashhadi, H., and Arab, A. 2008. A decimal code to describe the growth stages of sesame (*Sesamum orientale* L.). International Journal of Plant Production 2(3): 193-206.
48- Zheng, N., Futang, C., Xinchun, S., and Yanaci, W. 1993. Path analysis of correlated characters on flower yield of safflower. Third International Safflower Conference Biging, China 582-588.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۱، ص. ۴۰-۳۳

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 1, Spring 2012, p. 33-40

بررسی غلظت عناصر معدنی پرمصرف در ذرت علوفه‌ای (*Zea mays* L.) (رقم سینگل کراس ۷۰٤) تحت تأثیر تلقیح قارچ میکوریزی و *Azotobacter chroococcum* در سطوح مختلف نیتروژن

محسن امیرآبادی[1*]، محمد سیفی[1]، فرهاد رجالی[2] و محمد رضا اردکانی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۴/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۵/۲۹

چکیده

نیتروژن و فسفر دو عنصر مورد نیاز و ضروری برای گیاهان می‌باشند که رشد و عملکرد گیاه ذرت علوفه‌ای (*Zea mays* L.) را تحت تأثیر قرار می‌دهند. کمبود این مواد معدنی در خاک در حال حاضر معمولاً با کاربرد کودهای شیمیایی جبران می‌شود. تحقیق حاضر به منظور ارزیابی کاربرد باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم* و قارچ میکوریزی به عنوان کودهای بیولوژیک و نیتروژن (اوره) به عنوان کود شیمیایی انجام شد. اثر سه عامل شامل باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم* (تلقیح شده و نشده)، قارچ میکوریزی (تلقیح شده و نشده) و نیتروژن (اوره) (صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) بر غلظت عناصر معدنی نیتروژن، فسفر، سدیم، پتاسیم،کلسیم، درصد پروتئین در اندام‌های هوایی گیاه و عملکرد ماده خشک با استفاده از یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی (اراک) در سال زراعی ۸۴-۱۳۸۳ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کاربرد باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم* به جز پتاسیم به طور معنی‌داری سایر صفات مطالعه شده را تحت تأثیر قرار داد. تأثیر کاربرد قارچ میکوریزی فقط در مورد افزایش میزان عناصر پتاسیم، سدیم، نیتروژن و پروتئین معنی‌دار بود. اثرات متقابل عوامل باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم* و قارچ میکوریزی (کاربرد توأم دو ترکیب) بیشترین تأثیر افزایشی را روی صفات نیتروژن، سدیم، پروتئین و عملکرد ماده‌خشک داشت. به همین دلیل می‌توان به منظور جلوگیری از آلایندگی خاک‌های کشاورزی و منابع آبی به کودهای شیمیایی نیتروژنه و سلامت محیط زیست، کاربرد باکتری ازتوباکترکروکوکوم به تنهایی ویا توأم با قارچ میکوریزی و همچنین به همراه مصرف ۱۵۰کیلوگرم نیتروژن از منبع اوره را توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: تغذیه گیاه، جذب، کود بیولوژیک، مایه تلقیح

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) همانند سایر گیاهان برای رشد مطلوب و عملکرد مناسب نیازمند به جذب عناصر معدنی مختلفی می‌باشد. نیتروژن در گیاهان به منظور ساختن اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، آنزیم‌ها و به دام انداختن نور توسط کلروفیل، فسفر در ساختمان RNA و DNA برای ساختن سلول‌های زنده موجود و برای انتقال انرژی، پتاسیم برای انتقال قندها و کربوهیدرات‌ها در گیاه وکلسیم نیز برای ساختمان دیواره سلولی گیاهان و رشد ریشه نیاز می‌باشند (Meyer & Wood, 1994). کمی کارایی نیتروژن به دلیل هدررفت آن از طریق نیترات زدایی، آبشویی، خروج نیتروژن از گیاه و تصعید آمونیوم می‌باشد. این هدررفت منجر به کاهش کارایی استفاده از نیتروژن می‌گردد. از دیدگاه اقتصادی لازم است تا کارایی نیتروژن افزایش یابدکه در آن صورت حفظ محیط زیست نیز حاصل خواهد شد. یکی از راه‌های تأمین عناصر مورد نیاز گیاه، تلفیق استفاده از کودهای شیمیایی و کودهای بیولوژیک می‌باشد. از معروف‌ترین کودهای بیولوژیک می‌توان به مایه تلقیح‌های حاوی *ازتوباکتر* و فراورده‌های بیولوژیک حاوی قارچ میکوریز آرباسکولار اشاره کرد (Amirabadi et al., 2006). بِهل و همکاران (Behl et al., 2006) گزارش نمودند که کاربرد *ازتوباکتر* عملکرد دانه، تعداد پنجه،

۱، ۲ و ۳- به ترتیب کارشناس ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، گروه زراعت، اراک، ایران، استادیار پژوهشی موسسه تحقیقات خاک و آب کشور و استاد دانشگاه آزاد اسلامی، گروه زراعت، کرج، ایران.
(*- نویسنده مسئول: E-mail: amirabadimohsen@yahoo.com)

عملکرد ماده خشک، جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم را در گندم (*Triticum aestivum* L.) به طور معنی‌داری افزایش داد. در تحقیق دیگری، نقش اصلی قارچ‌های میکوریزی، تأمین فسفر برای ریشه گیاه عنوان شده است، زیرا فسفر در خاک عنصری فوق العاده کم تحرک است. قارچ‌های میکوریزی در افزایش جذب مواد معدنی به ویژه فسفر و تجمع زیست توده بسیاری از محصولات در خاک‌هایی با فسفر کم، تأثیر مثبت دارند (Turk et al., 2006). عناصری چون مس، روی، گوگرد، کلسیم، پتاسیم، فسفر، نیتروژن، توسط قارچ‌های میکوریزی از خاک جذب و به گیاه میزبان انتقال می‌یابد (Smith et al., 1997). در آزمایشی که روی ذرت صورت گرفت مشخص شد که در اندام هوایی گیاهان میکوریزی رشد یافته بر روی خاک اسیدی در مقایسه با خاک قلیایی، غلظت‌های فسفر، کلسیم، منیزیم، پتاسیم، مس و سیلیسیم کمتر بوده و غلظت‌های منگنز، آهن، و روی بیشتر بودند (Clark & Zeto, 1996). موهانداس (Mohandas, 1987) گزارش نمود که گوجه فرنگی‌هایی (*lycopersicum esculeutum* L.) که با باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم* و قارچ های میکوریزی تلقیح شده بودند در مقایسه با تیمارهایی که با هر یک از این دو میکروارگانیسم به تنهایی تلقیح شده بودند رشد بیشتری داشتند و از نظر ذخیره فسفر و نیتروژن غنی‌تر بودند. استفاده از قارچ میکوریزی سرعت رشد گیاه را افزایش داده و بر تخصیص و انتقال عناصر غذایی بین ریشه و ساقه اثر داشت، به طوری که با افزایش جذب عناصر غذایی، وزن خشک اندام‌های هوایی افزایش یافته است (Ortus & Harris, 1996). اثر متقابل بین قارچ میکوریزی *Glomus mosseae* و باکتری‌های *Azotobacter chroococcum* و *Azospirillum brasilense* بر رشد و تغذیه گیاه زیتون تلخ (*Azadirachat indicia* L.) نشان داد که تلقیح با قارچ میکوریزی به همراه *ازتوباکتر* موجب افزایش زیست توده و جذب نیتروژن و فسفر شد (Sumana & Bagyaraj, 2002). قارچ‌های میکوریزی به دلیل دارا بودن هیف‌ها ومیسیلیوم‌های خود نواحی جذب مواد غذایی را در سیستم ریشه‌ای افزایش می‌دهند (Hernandes et al., 1994).

بدین ترتیب، هدف از این تحقیق بررسی اثرات کاربرد کودهای بیولوژیک تولید شده در داخل کشور، شامل قارچ میکوریزی و کود زیستی *ازتوباکتر*، به تنهایی و یا همراه با هم در سطوح مختلف نیتروژن، در مقیاس مزرعه‌ای بر عملکرد کمی و جذب برخی از عناصر معدنی توسط ذرت علوفه‌ای بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در زمینی به مساحت ۲۵۰۰ متر مربع به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ۴۸ کرت آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی و منابع طبیعی اراک در سال زراعی ۸۴-۱۳۸۳ به اجرا در آمد. در این آزمایش اثر عوامل قارچ میکوریزی *Glomus intraradices* در دو سطح (با و بدون استفاده از مایه تلقیح قارچ)، *ازتوباکتر Azotobacter chroococcum* در دو سطح (با و بدون استفاده از کودزیستی *ازتوباکتر*) و نیتروژن از منبع (اوره) در چهار سطح (صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم اوره درهکتار)، روی غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، سدیم، درصد پروتئین و عملکرد ماده خشک ذرت علوفه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۴ مورد بررسی قرار گرفت. مایه تلقیح‌های استفاده شده در این تحقیق، از بخش تحقیقات بیولوژی خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شد. بذرها قبل از کاشت با ترکیبات بیولوژیک مذکور تلقیح شدند. جهت باقی نگهداشتن اندام‌های فعال قارچ و سلول باکتری روی بذرها از محلول ۲۰ درصد شکر غلیظ شده و صمغ عربی به نسبت چهار به یک استفاده شد. اندام‌های فعال قارچ شامل اسپورها، هیف و قطعات ریشه‌ای حاوی وزیکول بودند که به طریقه کشت درون شیشه‌ای (Rejali et al., 2006) و با استفاده از تکثیر ریشه‌های القایی به همراه قارچ *Glomus intraradices* تهیه و با استفاده از روش شمارش با بیشترین احتمال صحت[1]، جمعیّت فعال قارچ محاسبه (Norris et al., 1992) شد. مایه تلقیح قارچ میکوریزی به صورتی که به ازای هر بذر ۲۰۰ الی ۲۵۰ اندام فعال قارچی وجود داشته باشد، تهیّه شد. بر اساس توصیه مؤسسه تحقیقات خاک وآب کشور مقدار دو کیلوگرم در هکتار مایه تلقیح *ازتوباکتر* مصرف گردید. مایه تلقیح *ازتوباکتر* حاوی 10^8 سلول باکتری در هرگرم ماده حامل بود که تیمارها به صورت تصادفی درکرت‌ها و بلوک‌ها اختصاص داده شدند. عملیات آماده‌سازی قطعه زمین آزمایش، بایک مرحله شخم بدون برگردان خاک و دو مرحله دیسک عمود بر هم شروع و بازدن فارو (ایجاد جوی و پشته) و ایجاد نهرهای اصلی جهت ورود آب آبیاری برای هر تکرار و نهرهای فرعی جهت خروج آب اضافی هر تکرار به صورت جداگانه پایان یافت. آزمون خاک مزرعه (جدول ۱) قبل از کشت، به منظور اطلاع از ویژگی‌های خاک و همچنین برای محاسبه مقدار کود فسفر (سوپرفسفات تریپل)، نیتروژن (اوره) و پتاسیم (سولفات پتاسیم) مورد نیاز گیاه بر روی نمونه‌های مرکب تهیه شده از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک انجام شد. کود نیتروژن (اوره) را پس از محاسبه میزان مصرف در هر کرت آزمایشی، در دو مرحله استفاده گردید. یک سوم آن را به همراه میزان کود فسفره (سوپرفسفات تریپل) و پتاس (سولفات پتاسیم) محاسبه شده به اندازه هر کرت آزمایشی توزین و درسطح کرت پخش و زیر خاک گردید، دو سوم دیگر آن نیز تا قبل از رسیدن به مرحله گلدهی به صورت سرک و به روش نواری در ردیف‌ها پخش شد.

1- Most probable number

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی وشیمیایی خاک محل انجام آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of soil experimental site

عمق (سانتی متر) Depth (cm)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	آهن Fe	روی Zn	مس Cu	منگنز Mn	فسفرقابل-دسترس P_{ava}	فسفرقابل-دسترس K_{ava}	نیتروژن-کل N_t	T.N.V	کربن آلی O.C	رس Clay	لای Loam	شن Sand	بافت خاک Soil texture
			(میلی گرم در کیلوگرم خاک) ($mg.kg^{-1}$ soil)								(درصد) (%)				
30	0.9	8.2	5.48	0.72	1.58	16.1	8.8	245	0.03	16	0.35	30	20	50	لومی رسی شنی sandy/clay/loam

در هر کرت چهار خط کاشت و یک خط نکاشت بین کرت‌ها در نظر گرفته شد که طول هر خط کاشت هشت متر بود. فواصل خطوط کاشت ۷۵ سانتی‌متر و فواصل بوته‌ها روی خط کاشت ۱۵ سانتی‌متر با تراکم ۸۸۰۰۰ بوته در هکتار در نظر گرفته شد. عملیات کاشت پس از تلقیح بذرها با مایه تلقیح (باکتری *ازتوباکتر*کروکوکوم و قارچ میکوریزی) انجام پذیرفت. تنک کردن طی یک مرحله (مرحله ۵-۴ برگی) انجام پذیرفت و در مرحله ۸-۷ برگی نیز ضمن مبارزه مکانیکی با علف‌های هرز پای بوته‌ها نیز خاک داده شد. نمونه-برداری‌ها به صورت تصادفی بعد از حذف اثرات حاشیه‌ای کرت در مرحله خمیری دانه‌ها با برداشت ده بوته کف برشده، شامل ساقه، برگ، بلال و تاسل از هر کرت صورت پذیرفت. اندام‌های هوایی پس از توزین به مدت ۱۰ روز در سایه قرار داده شدند. پس از این مدت بوته‌ها مجدداً برای تعیین وزن هوا خشک توزین و سپس به طور کامل آسیاب شدند. پس از تهیه و مخلوط کردن نمونه‌های متوالی (جهت یکنواخت سازی نمونه انتخابی) در نهایت یک نمونه پنج گرمی از هر کرت برداشته و در آون با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت قرار داده شد. پس از خارج نمودن نمونه‌ها از آون مجدداً توزین انجام گرفت. میزان مادهٔ خشک، با تصحیح وزن نمونه اولیه، نمونه هوا خشک و نمونه آون خشک محاسبه گردید و عملکرد بر اساس واحد سطح (تن در هکتار) گزارش شد. میزان عناصر نیتروژن بر اساس روش میکروکجلدال، فسفر بر اساس روش رنگ‌سنجی با دستگاه اسپکتروفتومتر، پتاسیم و سدیم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر و کلسیم بر اساس روش تشکیل کمپلکس با EDTA، (Anonymus, 1990) در مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور اندازه-گیری و تعیین شد. داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS 9.1- تجزیه و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

درصد نیتروژن

نتایج حاصل از تجزیه واریانس درصد نیتروژن (در کل اندام های هوایی) نشان داد که (جدول ۲) عوامل *ازتوباکتر*، میکوریزی و نیتروژن تأثیر معنی‌داری ($p<0/01$) در میزان نیتروژن اندام هوایی گیاه داشت. بین کاربرد و عدم کاربرد *ازتوباکتر* از نظر تأثیر بر درصد نیتروژن (جدول۲)، اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p\leq0/01$) مقایسه میانگین تیمارها نشان داد (جدول ۳) که کاربرد *ازتوباکتر* بیشترین درصد نیتروژن را (۰/۹۰۲ درصد) به خود اختصاص داده و نسبت به عدم کاربرد آن در گروه برتر قرار گرفت. خان و زیدی (Khan & Zaidi, 2007) گزارش نمودند که کاربرد انفرادی *ازتوباکتر* سبب افزایش غلظت نیتروژن (به میزان ۳۵ درصد) در اندام‌های هوایی گندم نسبت به شاهد شد. در خصوص کاربرد و عدم کاربرد قارچ میکوریزی از نظر تأثیر بر درصد نیتروژن (جدول ۲) نیز اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($p\leq0/01$). در دو آزمایشی که به طور جداگانه در شرایط مزرعه روی گیاهان گوجه فرنگی و نعناع (*Mentha arvensis* L.) صورت گرفت، مشخص شد که گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزی دارای عملکرد و جذب عناصر غذایی بالاتری بودند (Gupta et al., 2002). اثر متقابل *ازتوباکتر* و قارچ میکوریزی از نظر تأثیر بر درصد نیتروژن (جدول۲)، اختلاف معنی‌دار را نشان داد ($p<0/01$). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد توأم ترکیبات بیولوژیک (*ازتوباکتر* و قارچ میکوریزی) بیشترین درصد نیتروژن (۹۳۳ /۰درصد) و کاربرد قارچ میکوریزی به تنهایی کمترین میزان درصد نیتروژن (۰/۸۳۴ درصد) را به خود اختصاص دادند. به نظر می‌رسد که کاربرد قارچ میکوریزی کارایی استفاده از *ازتوباکتر* را افزایش داده که این امر باعث تثبیت بیشتر نیتروژن و جذب آن توسط گیاه گردیده است. کاربرد قارچ میکوریزی به تنهایی و یا همراه با باکتری *ازتوباکتر* کروکوکوم، میزان نیتروژن، فسفر، پتاس و کلروفیل را در گونه‌های توت(*Morus* spp.) به نحو معنی‌دار افزایش دادند (Reddy et al., 2003). محققین دلیل آن را افزایش سطح جذب ریشه‌ها، از طریق نفوذ میسیلیوم‌های قارچ به لایه‌های زیرین خاک دانسته‌اند. بین سطوح مختلف نیتروژن از نظر تأثیر بر درصد نیتروژن (جدول۲) اختلاف معنی‌دار ($p\leq0/01$) وجود داشت. مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد (جدول ۳) که اختلاف معنی‌دار بین کاربرد سطوح مختلف نیتروژن وجود داشت و همه تیمارها از لحاظ آماری در گروه‌های متفاوت قرار گرفتند. اثر متقابل *ازتوباکتر* و نیتروژن از نظر تأثیر بر درصد نیتروژن (جدول ۲) اختلاف معنی‌دار

نشان نداد، ولی روند تغییرات درصد نیتروژن یک روند افزایشی بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول ۳) که بین کاربرد *ازتوباکتر* به همراه سطوح مختلف نیتروژن (صفر، ۷۵، ۱۵۰ و۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) نسبت به عدم‌کاربرد *ازتوباکتر* به همراه سطوح مختلف نیتروژن در گروه برتر قرار گرفت.

غلظت فسفر

نتایج حاصل از تجزیه واریانس غلظت فسفر نشان داد که (جدول ۲) عوامل *ازتوباکتر* و نیتروژن تأثیر معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بر غلظت فسفر در اندام‌های هوایی گیاه داشت. بین کاربرد و عدم‌کاربرد *ازتوباکتر* از نظر تأثیر بر غلظت فسفر تأثیر معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) وجود داشت. این نتیجه بیان‌گر این مطلب است که کاربرد *ازتوباکتر* از طریق تولید هورمون‌های محرک رشد، رشد گیاه را افزایش داده و با افزایش رشد کلی گیاه، رشد و توسعه ریشه نیز افزایش یافته و غلظت فسفر جذب شده توسط گیاه نسبت به عدم کاربرد *ازتوباکتر* در گیاه، کاهش یافته است (Manske et al., 2000). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد (جدول ۳) که با کاربرد سطوح مختلف نیتروژن، غلظت فسفر در گیاه تغییر پیدا کرده است ($p\leq$۰/۰۱). به طوریکه بیشترین غلظت فسفر را تیمار شاهد (۳۷ گرم در کیلوگرم ماده خشک) و کمترین میزان غلظت فسفر را تیمار ۲۴ گرم در کیلوگرم ماده خشک به خود اختصاص داده است. هر چه میزان نیتروژن افزایش یابد رشد رویشی گیاه و پیکره گیاه افزایش یافته و در نتیجه با افزایش میزان نیتروژن غلظت فسفر در گیاه کاهش می یابد (Waterer & Coltman, 1988). اثر متقابل قارچ میکوریزی و نیتروژن نشان داد (جدول۲) که اختلاف معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۵) از نظر تأثیر بر غلظت فسفر در گیاه وجود دارد. مقایسه میانگین تیمارها (جدول ۳) که بین کاربرد و عدم‌کاربرد قارچ میکوریزی در سطوح مختلف کاربرد نیتروژن (صفر، ۷۵، ۱۵۰ و۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار وجود دارد، به این صورت که بیشترین میزان غلظت فسفر مربوط به تیمار شاهد (۳/۹ گرم در کیلوگرم ماده خشک) و کمترین میزان غلظت فسفر مربوط به تیمار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار (۲/۳ گرم در کیلوگرم ماده خشک) بدون حضور قارچ میکوریزی می‌باشد و آن به این معنی است که افزایش نیتروژن باعث رشد بیشتر گیاه می‌شود و افزایش رشد گیاه نیز باعث رقیق شدن عناصر جذب شده در گیاه می‌گردد (Sharma et al., 1998; Amirabadi et al., 2010).

درصد پتاسیم

نتایج حاصل از تجزیه واریانس درصد پتاسیم (در کل اندام‌های هوایی) نشان داد که عوامل میکوریزی و نیتروژن تأثیر معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) در میزان پتاسیم اندام هوایی گیاه داشت (جدول ۲). کاربرد وعدم‌کاربرد *ازتوباکتر* تأثیر معنی دار بر میزان پتاسیم نداشت. مقایسه میانگین تیماری کاربرد *ازتوباکتر* نسبت به عدم کار برد آن یک روند نزولی را نشان داد (جدول ۳). نتایج بررسی اثرات *ازتوباکتر کروکوکوم* و قارچ میکوریزی در سطوح مختلف فسفر بر خصوصیات کیفی ذرت علوفه‌ای نشان داد که کاربرد انفرادی *ازتوباکتر* نه تنها تأثیر معنی‌دار بر میزان پتاسیم نداشت، بلکه سبب کاهش میزان پتاسیم در اندام های هوایی نیز شده است (Amirabadi et al., 2010) بین کاربرد و عدم‌کاربرد قارچ میکوریزی از نظر تأثیر بر درصد پتاسیم (جدول ۲) اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($p<$۰/۰۱). مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) نشان داد که درصد پتاسیم با کاربرد قارچ میکوریزی (۰/۷۶۹ درصد) نسبت به عدم‌کاربرد قارچ میکوریزی (۰/۷۱۳ درصد) افزایش یافته است. امیرآبادی و همکاران (Amirabadi et al., 2010) گزارش نمودند که کاربرد قارچ میکوریزی تأثیر معنی‌دار بر میزان پتاسیم در اندام‌های هوایی ذرت داشت، به نحوی که کار برد آن سبب افزایش غلظت پتاسیم در اندام‌های هوایی گیاه شد. بین سطوح مختلف نیتروژن از نظر تأثیر بر درصد پتاسیم (جدول۲) اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($p\leq$۰/۰۱). مقایسه میانگین ها (جدول۳) نشان داد که با افزایش سطوح مختلف نیتروژن درصد پتاسیم کاهش پیدا کرده است. دلیل این امر می‌تواند ناشی از تأثیر مثبت کاربرد سطوح مختلف نیتروژن در رشد گیاه باشد به نحوی که با افزایش رشد گیاه درصد پتاسیم کاهش پیدا نموده است. اثر متقابل *ازتوباکتر* و نیتروژن از نظرتأثیر بر درصد پتاسیم (جدول ۲) اختلاف معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) را نشان داد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول ۳) که بین کاربرد و عدم‌کاربرد *ازتوباکتر* و کاربرد سطوح مختلف نیتروژن اختلاف معنی‌دار وجود داشت، به این صورت که بیشترین درصد پتاسیم مربوط به کاربرد *ازتوباکتر* با تیمار شاهد (۰/۹۲۰ درصد) وکمترین مقدار درصد پتاسیم مربوط به کاربرد *ازتوباکتر* همراه با تیمار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار (۰/۶۰۹ درصد) گزارش گردید. اثر متقابل قارچ میکوریزی و نیتروژن از نظر تأثیر بر درصد پتاسیم (جدول ۲) اختلاف معنی داری نشان داد ($p\leq$۰/۰۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین کاربرد و عدم کاربرد قارچ میکوریزی با کاربرد سطوح مختلف نیتروژن اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول ۳) به طوریکه در عدم‌کاربرد قارچ میکوریزی با شاهد بیشترین درصد پتاسیم (۰/۹۱۰ درصد) و کمترین درصد پتاسیم برای ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار (۰/۵۶۲ درصد) می‌باشد.

درصد کلسیم

از بین فاکتورهای مورد بررسی تنها کاربرد *ازتوباکتر* و کاربرد توأم قارچ میکوریزی با سطوح مختلف نیتروژن بر میزان کلسیم اثر معنی-دار ($p\leq$۰/۰۱) داشت، *به نحوی که* کاربرد *ازتوباکتر* توانست درصد کلسیم را افزایش دهد.

جدول ۲ - تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده در اندام‌های هوایی ذرت.

Table 2 – Analysis of variance (mean of squares) of measured characteristics in shoot tissues of corn.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	نیتروژن N	پتاسیم K	کلسیم Ca	فسفر P	سدیم Na	پروتئین خام Crude protein	عملکرد ماده خشک Dry matter yield
بلوک (R) Replication (R)	2	0.002^{ns}	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.053 ^{ns}	2.504^{ns}
ازتوباکتر (A) *Azotobacter* (A)	1	0.047**	0.000 ^{ns}	0.183**	0.011**	0.003*	2.006**	13.892**
قارچ میکوریزی (M) Mycorrhiza fungi (M)	1	0.008**	0.038**	0.006 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.005*	0.025*	6.925 ^{ns}
نیتروژن(N) Nitrogen (N)	3	0.016**	0.006**	0.005 ^{ns}	0.002**	0.004 ^{ns}	0.532**	9.322**
A×M	1	0.38**	0.0135 ^{ns}	0.028 ^{ns}	0.035 ^{ns}	0.003*	1.506**	0.790*
A×N	3	0.001^{ns}	0.011*	0.006 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.041 ^{ns}	2.730*
M ×N	3	0.004*	0.025**	0.106**	0.003*	0.010 ^{ns}	0.166*	5.226 ^{ns}
A × M × N	3	0.004^{ns}	0.008 ^{ns}	0.006 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.005 ^{ns}	0.186 ^{ns}	0.952 ^{ns}
خطا Error	30	0.001	0.030	0.135	0.001	0.021	0.039	0.949
کل Total	47	-	-	-	-	-	-	-
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	3.66	7.83	13.76	10.05	23.34	3.62	9.55

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

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

در بررسی‌های امیرآبادی و همکاران (Amirabadi et al., 2010) گزارش شده است که کاربرد تنهایی و یا توأم *ازتوباکتر* با قارچ میکوریزی تأثیر معنی‌دار داشته است، به طوریکه سبب افزایش میزان کلسیم نسبت به عدم کار برد آن شده است. اثر متقابل قارچ میکوریزی و نیتروژن از نظر تأثیر روی کلسیم (جدول ۲) اختلاف معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) نشان داد. همچنین کاربرد قارچ میکوریزی با سطوح مختلف نیتروژن یک روند افزایشی را روی درصد کلسیم نشان داد (جدول ۳).

غلظت سدیم

بین کاربرد و عدم‌کاربرد *ازتوباکتر* در خصوص تأثیر بر غلظت سدیم (جدول ۲)، اختلاف معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) وجود داشت. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد (جدول ۳) که کاربرد *ازتوباکتر* بیشترین میزان غلظت سدیم (۰/۱۲ میلی‌گرم برکیلوگرم ماده خشک) را به خود اختصاص داده است و نسبت به عدم‌کاربرد آن در گروه برتر قرار گرفت. بین کاربرد و عدم کاربرد قارچ میکوریزی از نظر تأثیر بر میزان غلظت سدیم (جدول ۲) نیز اختلاف معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) مشاهده گردید مقایسه میانگین بین کاربرد و عدم کاربرد قارچ میکوریزی نشان داد که کاربرد قارچ میکوریزی (۰/۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) بیشترین میزان غلظت سدیم را به خود اختصاص داده و در گروه برتر قرار گرفته است (جدول ۳). اثر متقابل *ازتوباکتر* و قارچ میکوریزی از نظر تأثیر بر میزان غلظت سدیم (جدول ۲)، اختلاف معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) را نشان داد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول ۳) که کاربرد توأم ترکیبات بیولوژیک *ازتوباکتر* و قارچ میکوریزی بیشترین میزان غلظت سدیم (۰/۱۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) را به خود اختصاص داده است. بِهل و همکاران (Behl et al., 2003) گزارش نمودند که کاربرد هم‌زمان باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم* و قارچ میکوریزی اثرات مثبت و سینرژیستی روی گیاه گندم (*Triticum aestivum* L.) داشت. آنها دلایل آن را تأثیر *ازتوباکتر* در افزایش رشد ریشه‌های مویی (وجود ریشه‌های مویی فراوان که زمینه مناسبی را جهت نفوذ قارچ به درون سلول‌های ریشه فراهم می‌آورد) و افزایش رشد طولی میسیلیوم‌های قارچ و نفوذ آنها به لایه‌های زیرین خاک دانسته‌اند که این امر امکان دسترسی گیاه به عناصر غذایی را افزایش می‌دهد. پارسامطلق و همکاران (Parsa Motlagh et al., 2011) نیز گزارش نمودند که قارچ‌های میکوریزا بدلیل افزایش جذب عناصر غذایی، بهبود غلظت عناصر را در اندام-

های هوایی لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) به دنبال داشت.

درصد پروتئین

مقایسه میانگین بین کاربرد و عدم‌کاربرد *ازتوباکتر* و تأثیر آن روی درصد پروتئین (جدول ۳) اختلاف معنی‌دار ($p<۰/۰۱$) را نشان داد، به نحوی که *ازتوباکتر* درصد پروتئین را از ۵/۲۴۴ درصد به ۵/۶۵۳ درصد افزایش داد. کاربرد و عدم کاربرد قارچ میکوریزی و تأثیر آن روی درصد پروتئین نیز (جدول ۲) نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) بود، به طوریکه کاربرد قارچ میکوریزی درصد پروتئین را از ۵/۳۷۶ درصد به ۵/۵۲۱ درصد افزایش داد (جدول ۳). اثر متقابل قارچ میکوریزی و *ازتوباکتر* تأثیر معنی‌داری را روی درصد پروتئین نشان داد (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که تیمار کاربرد توأم *ازتوباکتر* و قارچ میکوریزی بیشترین درصد پروتئین را به خود اختصاص داد و از لحاظ آماری در گروه اول قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین بین سطوح مختلف نیتروژن نشان داد (جدول ۲) که بین سطوح مختلف نیتروژن از نظر تأثیر بر درصد پروتئین اختلاف معنی‌دار ($p\leq۰/۰۱$) وجود داشت، به طوریکه بیشترین درصد پروتئین برای ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن مشاهده شد (۵/۸۶۲ درصد). اثر متقابل قارچ میکوریزی و نیتروژن از نظر تأثیر بر روی درصد پروتئین (جدول ۲) اختلاف معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) را نشان داد. مقایسه میانگین تیمارها (جدول ۳) نشان داد که کاربرد قارچ میکوریزی در سطوح مختلف نیتروژن از نظر درصد پروتئین سیر صعودی داشت، ولی بیشترین درصد پروتئین مربوط به تیمار۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بدون کاربرد قارچ میکوریزی بود (۵/۹۰۷ درصد) و کمترین مقدار درصد پروتئین برای سطح اول کاربرد نیتروژن (شاهد) و عدم‌کاربرد قارچ میکوریزی حاصل شد.

عملکرد ماده خشک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس عملکرد ماده خشک (جدول ۲) نشان داد که عوامل ازتوباکتر، نیتروژن، اثر متقابل کاربرد توأم *ازتوباکتر* و قارچ میکوریزی و اثر متقابل نیتروژن و *ازتوباکتر* تأثیر معنی‌داری روی میزان عملکرد ماده خشک داشته است. بین کاربرد و عدم کاربرد *ازتوباکتر* از نظر تأثیر بر عملکرد ماده خشک (جدول ۲)، اختلاف معنی‌دار ($p\leq۰/۰۱$) وجود داشت. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد (جدول ۳) که کاربرد *ازتوباکتر* بیشترین مقدار تولید ماده خشک را (۱۳/۸۰۰ تن در هکتار) به خود اختصاص داد و نسبت به عدم کاربرد آن در گروه برتر قرار گرفت. بِهل و همکاران (Behl et al., 2006) اظهار داشتند که *ازتوباکتر* از طریق تولید فاکتورهای مؤثر در رشد باعث افزایش رشد، درصد جوانه‌زنی و توسعه تارهای کشنده ریشه در گندم شد، از این‌رو، *ازتوباکتر* نه تنها در تثبیت نیتروژن سهیم شد، بلکه با تولید تنظیم‌کننده‌های رشد مانند جیبرلین، اکسین و سیتوکینین تأثیرات سودمندی را روی رشد و افزایش عملکرد گندم اعمال نمود. نتایج مطالعه وانی و همکاران (Wani et al., 2007)، افزایش قابل توجه رشد گیاهان و عملکرد دانه در بقولات توسط باکتری‌های افزاینده رشد مانند حل‌کننده‌های فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن مولکولی را تأیید می‌نماید. در این بررسی به نظر می‌رسد که *ازتوباکتر* از طریق مکانیسم‌های ذکرشده موجب افزایش جذب برخی از عناصر و توسعه سطوح فتوسنتزکننده شده و گیاه مواد پرودهٔ تولید شده را به اندام‌های زایشی اختصاص داده و در نهایت عملکرد افزایش پیدا کرده است. بین سطوح مختلف نیتروژن از نظر تأثیر بر عملکرد ماده خشک (جدول ۲) اختلاف معنی‌دار ($p\leq۰/۰۱$) وجود داشت. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد (جدول ۳) که با افزایش سطح کود نیتروژن مصرف شده عملکرد ماده خشک نیز افزایش یافته است، به طوریکه کاربرد ۳۰۰ کیلو گرم نیتروژن (اوره) بیشترین عملکرد ماده خشک را به خود اختصاص داد و از نظر آماری در گروه برتر قرار گرفته است. به نظر می‌رسد که با تغذیه مناسب کودی گیاه توانسته است با افزایش سطوح فتوسنتز کننده خود و با استفاده بهینه از شرایط محیط تولید مواد فتوسنتزی را بالا ببرد و در نهایت در اندام‌های هوایی گیاه ذخیره شده و عملکرد ماده خشک افزایش یابد. اثر متقابل *ازتوباکتر* و قارچ میکوریزی از نظر تأثیر بر درصد نیتروژن (جدول ۲)، اختلاف معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) را نشان داد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد توأم ترکیبات بیولوژیک (*ازتوباکتر* و قارچ میکوریزی) بیشترین عملکرد ماده خشک (۱۵/۱۳۵ تن در هکتار) نسبت به شاهد و یا کاربرد انفرادی *ازتوباکتر* و قارچ میکوریزی به خود اختصاص داد. به نظر می‌رسد که کاربرد قارچ میکوریزی کارایی استفاده *ازتوباکتر* را افزایش داده و باعث تثبیت بیشتر نیتروژن و جذب آن توسط گیاه گردیده است (Amirabadi et al., 2010). فارس (Fares, 1997) طی مطالعه خود گزارش نمود که تلقیح گندم با سه نوع کود بیولوژیک *ازتوباکتر*، ریزوبیوم و قارچ میکوریزی به همراه کاربرد کود فسفر (سوپر فسفات تریپل) موجب بیشترین عملکرد بیولوژیکی و دانه شد. خان و زیدی (Khan & Zaidi, 2007) اظهار داشتند که کاربرد همزمان مایه تلقیح *ازتوباکتر* و قارچ میکوریزی *گلوموس فاسیکولاتوم* (*Glomus fasciulatum*) سبب افزایش جمعیت فعال باکتری *ازتوباکتر* در ریزوسفر ریشه و همچنین سبب افزایش رشد گیاه، عملکرد دانه، آلودگی ریشه، میزان ماده خشک، میزان پروتئین دانه، جذب نیتروژن و فسفر در گندم شد. اثر متقابل *ازتوباکتر* و نیتروژن از نظر تأثیر بر عملکرد ماده خشک اختلاف معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) را نشان داد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین کاربرد و عدم‌کاربرد *ازتوباکتر* و کاربرد سطوح مختلف نیتروژن (صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۳) به این صورت که بیشترین عملکرد ماده خشک مربوط به کاربرد *ازتوباکتر* با مصرف ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار و کمترین عملکرد

ماده خشک به شاهد اختصاص داشت. هرچند کاربرد *ازتوباکتر* وسطوح چهارم کودی (مصرف ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) بیشترین مقدار ماده خشک را تولید نموده است، امّا اختلاف معنی‌دار با تیمار کاربرد *ازتوباکتر* و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار ندارد و از نظر آماری در یک گروه قرار گرفته است. به همین دلیل می‌توان به منظور جلوگیری از آثار مخرب زیست محیطی کودهای شیمیایی نیتروژن و سلامت محیط زیست کاربرد *ازتوباکتر* به همراه مصرف ۱۵۰ کیلو گرم نیتروژن (اوره) را توصیه نمود.

نتیجه‌گیری

کاربرد *ازتوباکتر* بر غلظت عناصر معدنی مانند سدیم، درصد نیتروژن، درصد پروتئین و درصد کلسیم در اندام‌های هوایی و عملکرد ماده خشک معنی‌دار بود. قارچ میکوریزی با توجه به کمک در جذب و تسریع در تثبیت نیتروژن توسط گیاه در بالا بردن غلظت عناصر معدنی همچون سدیم، درصد پتاسیم، درصد نیتروژن و درصد پروتئین در اندام‌های هوایی تأثیر معنی‌داری داشت. کاربرد سطوح مختلف نیتروژن توانست بر غلظت عناصر معدنی مانند فسفر و درصد پتاسیم، درصد پروتئین و درصد نیتروژن و عملکرد ماده خشک اثر معنی‌دار داشته باشد. با توجه به مصرف بی رویه کودهای نیتروژن و نیز با توجه به آلاینده بودن آبی و خاکی کودهای شیمیایی نیتروژنه و نیز محدود بودن منابع نیتروژن، می‌توان توصیه نمود که جهت استفاده از منابع نیتروژن غیر قابل دسترس گیاه در سیستم‌های زراعی، کاربرد باکتری *ازتوباکتر* و قارچ میکوریزی مد نظر قرار گیرد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات اصلی و متقابل سطوح نیتروژن و تلقیح با میکوریزا برای غلظت عناصر معدنی فسفر، سدیم، نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، درصد پروتئین و عملکرد ماده خشک در اندام‌های هوایی ذرت

Table 3– Comparing mean of main and interaction effects of nitrogen levels and inoculation with mycorrhiza on concentration of P, Na, N, K, Ca, percent crude protein and dry mater yield in corn shoot tissues

عملکرد ماده خشک Dry matter yield	فسفر P	سدیم Na	پروتئین خام Crude protein	کلسیم Ca	پتاسیم K	نیتروژن N	تیمار Treatment
(تن در هکتار) (t. ha^{-1})	(گرم در کیلو گرم مادهٔ خشک) (g. kg^{-1} dry matter)				(درصد) (%)		
12.630 b	0.320 a	0.100 b	5.244 b	0.425 b	0.743 a	0.839 b*	A_0
13.800 a	0.290 b	0.120 a	5.653 a	0.549 a	0.738 a	0.902 a	A_1
12.925 a	0.280 a	0.100 b	5.376 b	0.498 a	0.713 b	0.858 b	M_0
13.135 a	0.290 a	0.120 a	5.521 a	0.476 a	0.769 a	0.884 a	M_1
12864 d	0.32 a	0.100 b	5.277 c	0.569 a	0.704 c	0.84 c	A_0M_0
13.212 c	0.320 a	0.110 b	5.211 c	0.528 a	0.783 a	0.834 c	A_0M_1
13.926 b	0.310 a	0.100 b	5.276 b	0.426 b	0.722b c	0.871 b	A_1M_0
15.135 a	0.28 b	0.140 a	5.830 a	0.424 b	0.755 ab	0.933 a	A_1M_1
12.500 cd	0.370 a	0.130 a	5.059 d	0.524 a	0.877 a	0.810 d	N_0
12.970 c	0.330 b	0.110 a	5.272 c	0.489 ab	0.768 b	0.844 c	N_1
13.565 b	0.290 c	0.110 a	5.601 e	0.477 ab	0.686 c	0.891 b	N_2
14.410 a	0.240 d	0.110 a	5.862 a	0.458 b	0.633 d	0.938 a	N_3
12.220 ef	0.370 a	0.120 ab	4.820 e	0.574 a	0.834 b	0.772 e	A_0N_0
13.400 cd	0.340 ab	0.090 b	5.107 d	0.550 ab	0.783 bc	0.817 d	A_0N_1
13.705 c	0.320 b	0.100 ab	5.333 cd	0.533 ab	0.700 de	0.854 cd	A_0N_2
14.110 b	0.270 c	0.110 ab	5.716 b	0.537 ab	0.658 ef	0.915 b	A_0N_3
12.312 d	0.370 a	0.140 a	5.298 cd	0.473 bc	0.920 a	0.848 cd	A_1N_0
13.780 c	0.320 b	0.120 ab	5.437 c	0.429 cd	0.753 cd	0.870 c	A_1N_1
14.650 ab	0.260 c	0.120 ab	5.869 ab	0.420 cd	0.672 ef	0.929 ab	A_1N_2
15.350 a	0.220 d	0.110 ab	6.007 a	0.379 d	0.609 f	0.961 a	A_1N_3
12.720 ef	0.390 a	0.120 ab	4.861 f	0.596 a	0.910 a	0.778 f	M_0N_0
12.925 e	0.350 b	0.120 ab	5.128 e	0.525 ab	0.745 cd	0.821 e	M_0N_1
13.432 cd	0.290 cd	0.090 b	5.610 bc	0.463 bc	0.633 e	0.888 c	M_0N_2
13.902 b	0.230 e	0.090 b	5.907 a	0.407 c	0.562 f	0.945 a	M_0N_3
13.309 cd	0.350 b	0.140 a	5.258 de	0.452 bc	0.843 e	0.842 de	M_1N_0
13.650 c	0.310 bc	0.090 ab	5.416 cd	0.453 bc	0.790 bc	0.867 cd	M_1N_1
14.000 ab	0.290 cd	0.130 a	5.592 bc	0.490 b	0.738 cd	0.895 bc	M_1N_2
14.450 a	0250 de	0.130 a	5.816 ab	0.509 b	0.705 d	0.931 ab	M_1N_3

A_1 و A_2: به ترتیب با و بدون تلقیح با *ازتوباکتر* — M_1 و M_2: به ترتیب با و بدون تلقیح با میکوریزا

A_1 and A_2 are with *Azotobacter* inoculation — A_1 and A_2 are with Mycorrhiza inoculation

N_0، N_1، N_2 و N_3: به ترتیب صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار

N_0, N_1, N_2 and N_3 are application of 0, 75, 150 and 300 kg.ha^{-1}

*میانگین های دارای که حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، فاقد اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

*Means in each a column with no common superscript differ significantly (P≤0.05).

منابع

1- Amirabadi, M., Ardakani, M.R., Rejaji, F., and Mohsen, B. 2006. Determinate of efficiency of mycorrhiza and *Azotobacter chroococcum* under different levels of phosphorus on quantitative and qualitative characteristics of forage maize (SC 704). MSc Dissertation, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Brojerd Branch, Iran. (In Persian with English Summary)

2- Amirabadi, M., Ardakani, M.R., Rejaji, F., and Mohsen, B. 2010. Effects of *Azotobacter chroococcum* and mycorrhizal fungus at different levels of phosphorus on qualitative and morphological characteristics of forage maize (K S C 704). Iranian Journal of Soil and Water Research 41(1): 49- 56. (In Persian with English Summary)

3- Anonymus. 1990. AOAC. Official Method of Analysis. Fifteenth edition. Association of Official Analytical Chemists. Washington. DC 201 pp.

4- Behl, R.K., Narula, N., Vasudeva, M., Sato, A., Shinano, T., and Osaki, M. 2006. Harnessing wheat genotype x *Azotobacter* strain interactions for sustainable wheat production in semi arid tropics. Tropics 15(1): 123-133.

5- Behl, R.K., Sharma, H., Kumar, V., and Singh, K.P. 2003. Effect of dual inoculation of VA mycorrhiza and *Azotobacter chroococcum* on above flag leaf characters in wheat. Archives of Agronomy and Soil Science 49: 25–31.

6- Clark, R.B., and Zeto, S.U. 1996. Mineral acquisition by mycorrhizal maize grown on acid and alkaline soil. Soil Biology. Biochemical 28(10–11): 1495–1503.

7- Fares, C.N. 1997. Growth and yield of wheat plants as affected by biofertilization with associative, symbiotic N2-fixers and endomycorrhizae in the presence of different P-fertilizers. Annals of Agricultural Science Cairo 42(1): 51–60.

8- Gupta, M.L., Prasad, A., Ram, M., and Kumar, S. 2002. Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus fasciculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. Bioresource Technology 81(2): 77-79.

9- Hernandez, M., Pereira, M., and Tang, M. 1994. Use of microorganisms as biofertilizers in tropical crops. Pastos-y-Forrajes 17(2): 183-192.

10- Khan, M.S., and Zaidi, A. 2007. Synergistic effects of the inoculation with plant growth promoting rhizobacteria and an Arbuscular mycorrhizal fungus on the performance of wheat. Agricalture and Forestry 31(6): 355-362.

11- Manske, G.B., Luttger, A., Behl, R.K., Vlek, P.G., and Cimmit, M. 2000. Enhancement of mycorrhiza (VAM) infection, nutrient efficiency and plant growh by *Azotobacter chroococcum* in wheat. Plant Breeding 13(2): 78–83.

12- Meyer, J.H., and Wood, R.A. 1994. Nitrogen management of sugar cane in south Africa. Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technolgists 93-104 pp.

13- Mohandas, S. 1987. Field response of tomato *(Lycopericon esulentum* Mill. "Pusa Ruby") to inoculation with a VA mycorrhizal fungus *Glomns fasiculatum* with *Azoiobacler vinelandii.* Plant and Soil 98(2): 295-297.

14- Norris, J., Read, D., and Varma, A. 1992. Techniques for the study of mycorrhiza. Academic Press, New York 933 pp.

15- Ortus, I., and Harris, P.J. 1996. Enhancement uptake of phosphorus by mycorrhizal sorghum plant as influenced by forms of nitrogen. Plant and Soil 184(2): 225-264.

16- Parsa-Motlagh, B., Mahmoodi, S., Sayyari-Zahan, M.H., and Naghizadeh, M. 2011. Effect of mycorrhizal fungi and phosphorus fertilizer on concentration of leaf nutrients and photosynthetic pigments of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under salinity stress condition. Agroecology 3(2): 233-244. (In Persian with English Summary)

17- Reddy, P.S., Rao, T.V.S.S., Venkataramana, P., and Suryanarayana, N. 2003. Response of mulberry varieties to Vesicular arbusclar mycorrhizal and *Azotobacter* biofertilizers inoculation. Indian Journal of Plant Physiology 8(2): 171–174.

18- Rejali, F., Alizadeh, A., Salehrastin, N., Malakouti, M.J., Khavazi, K., and Asgharzadeh, A. 2006. In vitro preparation and reproduction of inoculant of *Glomus intraradices*. Iranian Journal of Soil and Water Sciences 20(2): 273-283.

19- Sharma, S.D., and Bhutan, V.P. 1998. Response of apple seedlings to VAM. *Azotobacter* and inorganic fertilizers. Horticultural Journal 11(1): 1-8.

20- Smith, S.E., Nicholas, D.J.D., and Smith, A.F. 1997. Effect of early mycorrhizal infection on nodulation and nitrogen fixation in *Trifolium subterraneum*. Australin Journal in Plant Physiology 6(2): 305-316.

21- Sumana, D.A., and Bagyaraj, D.J. 2002. Interaction between VAM fungus and nitrogen fixing bacteria and their influence on growth and nutrition of neem (*Azadirachta indica* and *A. Juss*). Indian Journal of Microbiology 42(4): 295–298.

22- Turk, M.A., Assaf, T.A., Hameed, K.M., and Tawaha, A.M. 2006. Significance of Mycorrhizae. World Journal Agriculture Science 2(1): 16–20.

23- Wani, P.A., Khan, M.S., and Zaidi, A. 2007. Synergistic effects of the inoculation with nitrogen fixing and phosphate-solubilizing rhizobacteria on the performance of field grown chickpea. Journal Plant Nutrition. Soil Science 170(2): 283-287.

24- Waterer, D.R., and Coltman, R.R. 1988. Phosphorus concentration and application interval influence growth and mycorrhizal infection of tomato and onion transplants. Journal of the American Soceieti for Horticaltuher Sciences 113(5): 704 –708.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۱، ص. ۵۱-۴۱

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 1, Spring 2012, p. 41-51

ارزیابی کیفی تناسب اراضی دشت نیشابور برای کشت گندم (*Triticum aestivum* L.)، ذرت (*Zea mays* L.) و پنبه (*Gossypium herbaceum* L.) با استفاده از GIS

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

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۴/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۵/۲۹

چکیده

در مسیر توسعه پایدار کشاورزی و کاربرد الگوهای صحیح کشت، استفاده صحیح و علمی از خاک بعنوان منبعی پایدار در تولید محصولات کشاورزی و جلوگیری از فرسایش و تخریب آن امروزه بیش از هر زمان دیگری نظر محققین را بخود معطوف کرده است. در این راستا، در تحقیق حاضر با استناد به دستورالعمل‌های ارزیابی تناسب اراضی توسط سازمان فائو و جداول نیازهای خاکی و اقلیمی ارائه شده برای هر محصول و بر اساس روش پارامتریک کالوگیرو و استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) اقدام به ارزیابی کیفی تناسب اراضی دشت مرکزی نیشابور برای محصولات گندم (*Triticum aestivum* L.)، ذرت (*Zea mays* L.) و پنبه (*Gossypium herbaceum* L.) گردید. ارزیابی کیفی تناسب اراضی برای کشت آبی محصولات منتخب در منطقه مورد مطالعه نشان داد که اولویت کشت محصولات به ترتیب برای گندم و ذرت بیش از پنبه می‌باشد. نتایج نشان داد که مهمترین عامل محدودیت برای کشت گندم خصوصیات فیزیکی خاک می‌باشد، در حالیکه تولید ذرت و پنبه به طور عمده توسط شرایط اقلیمی محدود شده است. نتایج نشان داد که ۱۰۰ درصد دشت نیشابور برای کشت گندم دارای کلاس تناسب S_3 و S_2 است، در حالیکه این دو کلاس برای محصول ذرت مجموعاً ۶۹/۱۵ درصد محاسبه شده است. همچنین کلاس تناسب اراضی برای محصول پنبه عمدتاً N_1 و N_2 برآورد می‌شود. به نظر می‌رسد که کشت گندم و حتی ذرت در دشت نیشابور با انجام اقدامات اصلاحی و بهبود خواص فیزیکی خاک راندمان بهتر و تناسب بالاتری را برای محصولات رقم بزند، 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.

واژه‌های کلیدی: روش‌های پارامتریک، ریشه دوم، کاربری اراضی،کالوگیرو

مقدمه

ارزیابی کیفی تناسب اراضی، اطلاعات مفیدی را در خصوص میزان بازدهی کشت محصولات مختلف و مناسب‌ترین مکان برای تولید هر محصول، جهت مدیریت متمرکز منابع و برنامه‌ریزی الگوی کشت مناسب منطقه، در اختیار ما قرار می‌دهد. به کمک ارزیابی تناسب اراضی می‌توان رابطه بین قابلیت و توان سرزمین با نوع بهره-برداری از آن را مشخص کرد و سپس برآوردی از نهاده‌های لازم و ستانده‌های حاصل را بدست آورد. به منظور یکپارچه سازی روش‌های مورد مطالعه در ارزیابی اراضی، سازمان خواروبار و کشاورزی جهانی (فائو) در سال‌های۱۹۷۶،۱۹۸۳ و ۱۹۸۵ مبانی و چارچوب ارزیابی اراضی را منتشر کرد. از نکات بارز این روش‌ها می‌توان به رویکرد استفاده از مدل‌های ساده و کلاسیک اشاره نمود، موضوعی که منجر به توسعه استفاده از سیستم ارزیابی فائو گردید. بر این اساس در مطالعات مختلف، سایس و همکاران (Sys et al.,1991a; Sys et al.,1991b; Sys et al., 1993) دستورالعمل‌هایی را برای ارزیابی قابلیت کشت محصولات مختلف بر اساس نیازهای خاکی و اقلیمی هر محصول منتشر کردند. امروزه ارزیابی کیفی تناسب اراضی در اکثر کشورهای در حال توسعه محور اصلی روش‌های ارزیابی اراضی می-باشد. برای این منظور می‌توان به مطالعات ارزیابی تناسب و توانایی بالقوه تولید وکشت محصول سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) درآرژانتین (Caldiz et al., 2001) طبقه‌بندی تناسب اراضی برای محصولات یونجه (*Medicago sativa* L.)، ذرت آبی (*Zea*

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

(*Daucus carota* L.) و گوجه‌فرنگی (*Lycopersicum esculentum* L.) در کنیا (Shepande, 2002)، ارزیابی تناسب اراضی برای محصولات گندم (*Triticum aestivum* L.)، جو (*Hordeum vulgare* L.)، ذرت، چغندر (*Beta vulgaris* L.) و پنبه (*Gossypium herbaceum* L.) در زمین‌های مرکزی یونان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی[1] (Kalogirou, 2002)، مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی در یوگسلاوی برای کلاسه‌بندی واحدهای ارضی (Hangle et al., 2003)، مطالعات منطقه‌ای ارزیابی اراضی برای محصولات کشاورزی ذرت، سورگوم (*Sorghum bicolor* Moench.) و نخود (*Cicer arietinum* L.) در سنگال (Francesco et al., 2003)، پروژه ارزیابی زمین در منطقه‌ای از چین برای کشت محصولات ذرت، سویا (*Glycine max* L.)، سیب زمینی، آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) و گندم (Njiki et al., 2005)، مطالعات ارزیابی تناسب کشاورزی اراضی در زمین‌های ایالت اوتارپرادش هند با استفاده از GIS (Sicat et al., 2005)، مطالعات بررسی تناسب اراضی برای محصولات کشاورزی در استان سیچوان چین با استفاده از سیستم ارزیابی پارامتریک (Dunshan et al., 2006) و مطالعه ارزیابی تناسب اراضی خاکهای تحت رده‌های مختلف برای محصولات زیتون (*Olea europaea* L.)، ذرت، آفتابگردان در مصر (Wahba et al., 2007) اشاره کرد. در ایران هم برای مطالعات ارزیابی تناسب اراضی محصولات زراعی می‌توان به تحقیقات افرادی چون ایوبی و همکاران (Ayoubi et al., 2002) برای ارزیابی کمّی تناسب اراضی کشت آبی، گندم، جو، ذرت و برنج (*Oryza sativa* L.) در منطقه برآن شمالی اصفهان، قائمیان و همکاران (Qaemyan et al., 2002)، جهت ارزیابی تناسب اراضی برای گندم، چغندرقند و یونجه به روش پارامتریک در منطقه پیرانشهر آذربایجان غربی، بامری و همکاران (Bameri et al., 2003) برای ارزیابی کیفی تناسب اراضی کشت آبی گندم، جو و یونجه در دشت چاه شور ایرانشهر سیستان و بلوچستان، شهبازی و جعفرزاده (Shahbazi & Jafarzadeh, 2004)، برای ارزیابی کیفی تناسب اراضی برای محصولات زراعی گندم، جو، یونجه، پیاز (*Allium cepa* L.)، چغندر قند و ذرت در منطقه بناب آذربایجان شرقی، جلالیان و همکاران (Jalalian et al., 2006)، برای ارزیابی کمّی و کیفی تناسب اراضی کشت محصولات گندم، ذرت و کنجد (*Sesamus indicum* L.) در دشت مهران ایلام، فرج نیا (Faraj Nia, 2007)، برای ارزیابی تناسب اراضی و تعیین پتانسیل تولید چغندرقند در دشت یکانات مرند آذربایجان شرقی، 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 شهرکیان چهار محال و بختیاری اشاره کرد. همچنین برخی فعالیت‌های صورت گرفته در موضوع ارزیابی زمین با رویکردها و به منظورهای مختلف نیز مورد توجه بوده است از قبیل مطالعاتی که ایوبی و علیزاده (Ayoubi & Alizadeh, 2006)، برای ارزیابی کیفی تناسب اراضی به منظور چرای دام در حوضه آبریز مهر سبزوار استان خراسان، شاکری و همکاران (Shakeri et al., 2007) برای طبقه بندی تناسب اراضی با استفاده از مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی به روش ژئوپدولوژیک در منطقه آق‌قلای استان گلستان و نیز فلاح‌میری و همکاران (Fallah Miri et al., 2008)، برای پهنه‌بندی توان اکولوژیک به منظور کشاورزی با استفاده از GIS در حوضه آبریز کسیلیان استان مازندران انجام داده‌اند که نشان‌دهنده اهمیت و توسعه روش های ارزیابی زمین در فرآیند برنامه‌ریزی ناحیه‌ای و منطقه‌ای در شرایط طبیعی و اقلیمی ایران می‌باشد. اقلیم ایران به دلیل موقعیت طبیعی و توپوگرافی آن خشک و نیمه خشک است. بسیاری از نقاط کشور نظیر دشت نیشابور با میانگین بارش سالانه حدوداً ۲۵۰ میلی‌متر در طبقه‌بندی اقلیمی نیمه خشک قرار می‌گیرند و لذا برنامه‌ریزی توسعه کشت و زرع، مناسب با اقلیم و خاک در آنها اهمیتی حیاتی پیدا می‌کند. با توجه به شرایط مذکور در این مطالعه به ارزیابی کیفی تناسب اراضی دشت نیشابور برای توسعه کشت محصولات گندم، ذرت و پنبه با استفاده از روش پارامتریک کالوگیرو اقدام شد.

مواد و روش‌ها

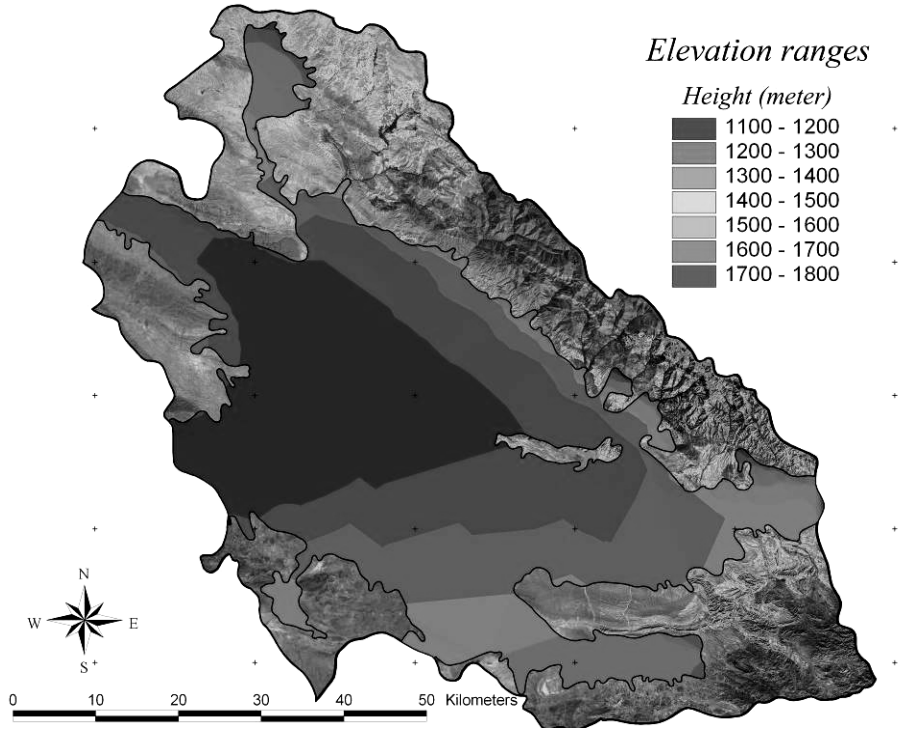
محدوده مورد مطالعه

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 روی تصویر ماهواره‌ای نیز تطبیق شده است (شکل ۲).

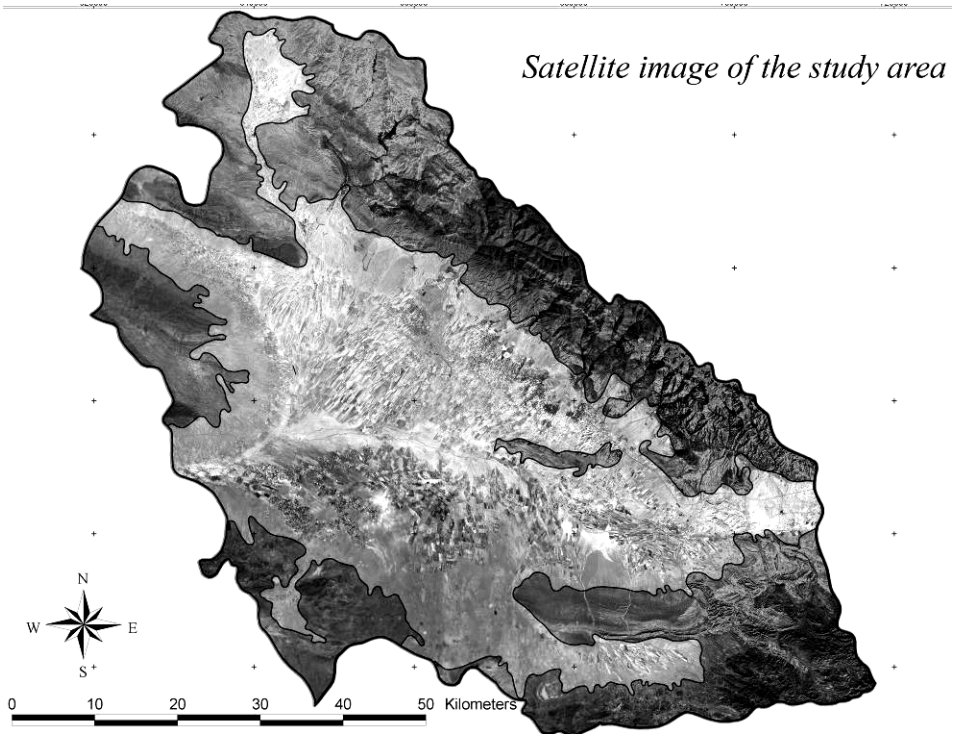
این منطقه بر اساس تحلیل آمار اقلیمی ایستگاه سینوپتیک نیشابور در دوره ۱۵ ساله (۲۰۰۵-۱۹۹۱) دارای اقلیم نیمه‌خشک با میانگین بارندگی ۲۳۹/۸ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت سالانه ۱۴/۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

1- Geographic Information Systems (GIS)



شکل۱– موقعیت ارتفاعی دشت نیشابور

Fig. 1- Altitude of Neyshabour plain



شکل۲– موقعیت دشت نیشابور در تصویر ماهواره ای

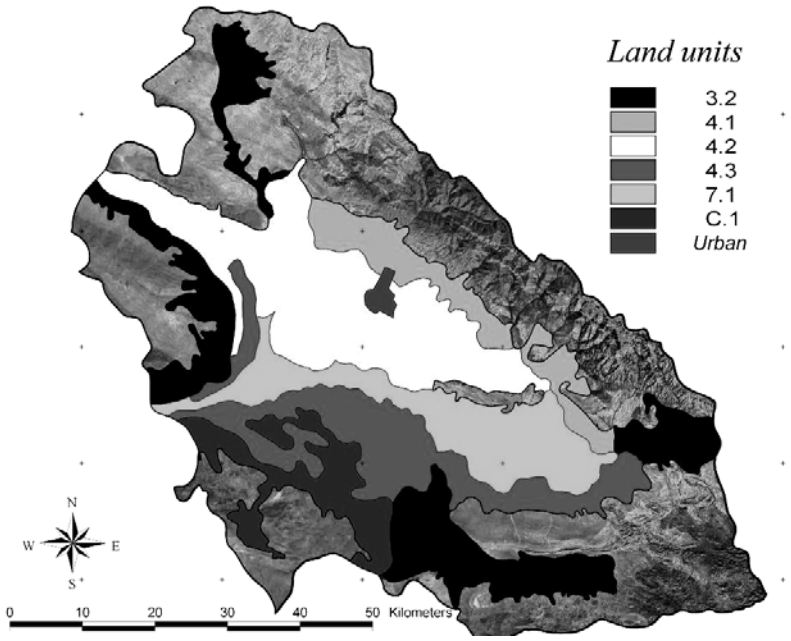
Fig. 2- Neyshabour plain position in Satellite image

با تطبیق نقشه واحدهای ارضی و تصاویر ماهواره‌ای 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 ۴ 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 آنتی سول 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 بیشه زارهای پراکنده می‌شود (شکل ۵).

روش پارامتریک به کارگرفته شده در این تحقیق برای ارزیابی تناسب کیفی و سنجش قابلیت اراضی بر اساس چارچوب فائو برای کشت محصولات آبی بوده است که به صورت یک روش پیشنهادی توسط کالوگیرو برای اراضی مرکز یونان در سال ۲۰۰۲ پیشنهاد شده است. ما در این پژوهش برای ترکیب درجات پایانی شاخص‌های خاکی پروفیل‌های شاهد در ۱۶ سری خاک دشت نیشابور از این روش استفاده کردیم که به نسبت سایر روش‌های مرسوم چون روش استوری و ریشه دوم خیدیر قابلیت بالاتری برای انطباق با شرایط خشک و نیمه خشک کشور به ویژه دشت نیشابور دارد. با استفاده از تطبیق نقشه واحدهای ارضی و تصویر ماهواره‌ای[1] دشت نیشابور در محیط GIS و توجه به خصوصیات مرفولوژیک، ۱۶ سری خاک در دشت نیشابور تعیین شد و ۱۶ پروفیل خاک حفر شده در آنها نیز به عنوان پروفیل‌های شاهد در نظر گرفته شدند.

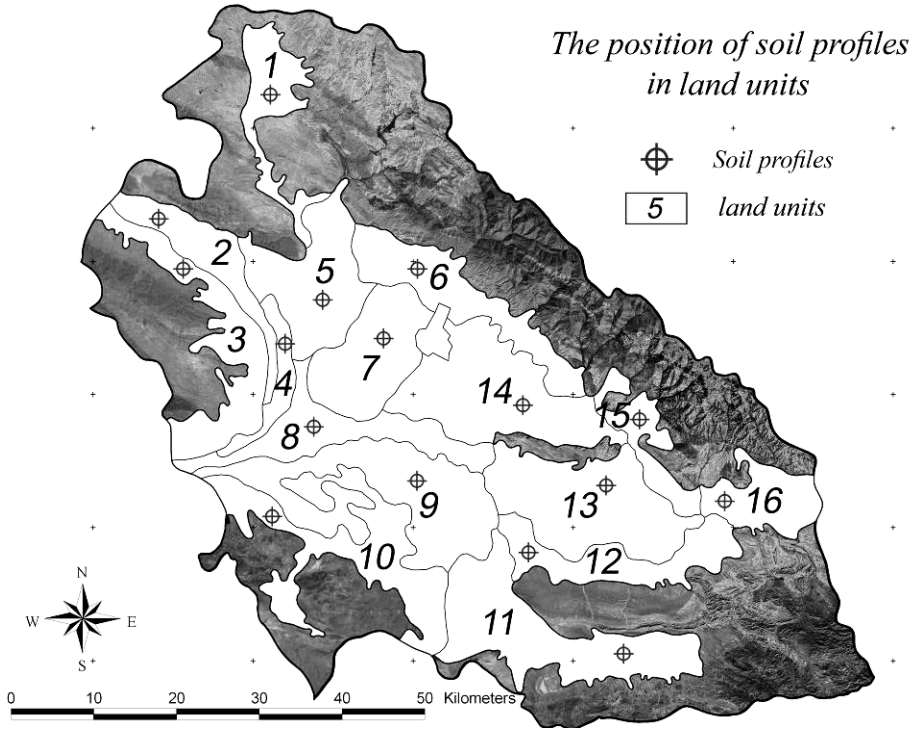
روش مورد استفاده تحقیق شامل سه مرحله می‌باشد: در مرحله اول خصوصیات مهم سرزمین در دو بخش خصوصیات اقلیمی و خصوصیات خاکی جمع‌آوری گردید. برای تحلیل اقلیم دشت نیشابور از آمار اقلیمی ایستگاه سینوپتیک نیشابور در دوره ۱۵ ساله (۲۰۰۵-۱۹۹۱) استفاده شده است. ابتدا خصوصیات اقلیمی محدوده مورد مطالعه شامل میانگین 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، درصد رطوبت نسبی مرحله رسیدگی، میانگین دمای حداکثر در گرم‌ترین ماه سال، میانگین دمای حداقل درگرم‌ترین ماه سال، میانگین دمای حداقل در سردترین ماه سال، میانگین دمای حداکثر در سردترین ماه سال، درصد رطوبت نسبی مرحله بلوغ و نسبت ساعات آفتابی به ساعات روشنایی جمع آوری گردید.



شکل۳- تیپ های ارضی دشت نیشابور

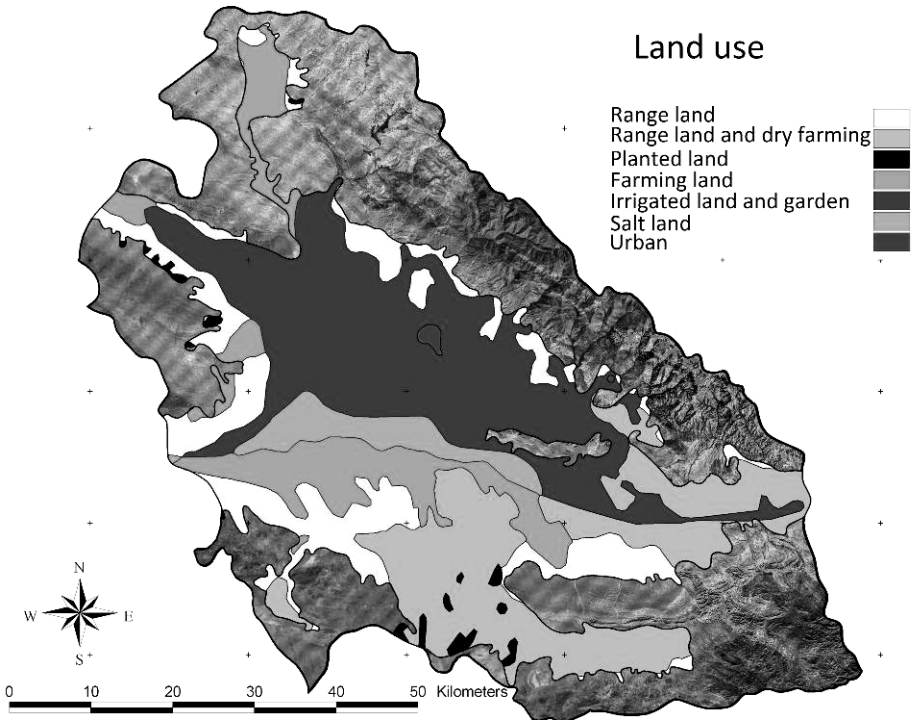
Fig. 3- Land units at Neyshabour plain

1- Google-Earth



شکل٤– موقعیت سری‌های خاک و پروفیل‌های شاهد دشت نیشابور

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



شکل ٥– کاربری ارضی دشت نیشابور

Fig. 5- Land use of Neyshabour plain

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

محصولات منتخب 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 ادغام گردید و با استفاده از معادلات ۱ و ۲ درجه اقلیمی[2](CR) منطقه محاسبه گردید (Ayoubi & Jalalian, 2006).

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

معادله (۱) if: CI<25 CR=1.6 CI

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

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 خاک برای هر سری خاک جمع‌آوری گردید. در مرحله دوم با استفاده از از جداول استاندارد نیازهای خاکی برای کشت محصولات منتخب که توسط سایس و همکاران در سال ۱۹۹۳ ارائه گردید و توسط گیوی در سال ۱۹۹۷ در نشریه ۱۰۱۵ موسسه تحقیقات خاک و آب منتشر شده است درجه محدودیت هر یک از خصوصیات خاکی برای کشت هر کدام از محصولات منتخب تعیین گردید. در مرحله پایانی هم تطبیق و طبقه-بندی کیفی تناسب اراضی برای کشت محصولات منتخب به روش پارامتریک کالوگیرو انجام گرفت. در این روش مجموعه خصوصیات خاکی و شاخص‌های به دست آمده در سه دسته شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و رطوبتی تحت عنوان فاکتورهای A، B و C طبقه بندی 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 طبقه بندی شده است:

فاکتور خصوصیات فیزیکی خاک (S): شامل بافت و ساختمان خاک (var1)، درصد سنگریزه سطحی خاک (var2) و عمق خاک (var3)، **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)، **فاکتور خصوصیات شوری و قلیائیت خاک (A):** شامل میزان EC (var10) و میزان ESP خاک (var11)، **فاکتور خصوصیات توپوگرافی (T):** شامل درصد شیب زمین (var12) و خطر فرسایش خاک (var13)، **فاکتور خصوصیات رطوبت خاک (W):** شامل خطر سیلگیری (var14) و زهکشی خاک (var15)، **فاکتور خصوصیات اقلیمی (C):** شامل درجه اقلیمی (var16). در ادامه امتیاز هر دسته بر اساس میانگین حسابی درجه محدودیت خصوصیات حاضر در آن دسته بدست آمد. سپس با استفاده از معادله (۳) شاخص سرزمین محاسبه گردید.

معادله (۳)
$$I=\frac{S\times F\times A\times T\times W\times C}{100^{(n-1)}}$$

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 می-باشد. در ادامه کلاس تناسب سرزمین برای کشت گندم، ذرت و پنبه به تفکیک هر سری خاک با استفاده از جدول ۱ تعیین گردید. داده-های کلاس تناسب سرزمینی هر یک از سری‌های خاک در محیط GIS وارد شد و سپس با عملگر درون یاب[3] از برنامه های الحاقی تحلیل فضایی نرم افزار Arc GIS.vir 9.3 نقشه‌های مربوطه تولید گردید.

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 the 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

1- Climatic Index
2- Climatic Rating
3- Interpolation

جدول۲- شاخص‌های اقلیمی محدوده مورد مطالعه بر اساس آمار ۱۵ ساله ایستگاه سینوپتیک نیشابور (2005-1991)

Table 2- Climate indicators of study area based on 15 years statistics in Neyshabour synoptic stations (1991-2005)

پنبه Cotton	ذرت Maize	گندم Wheat	شاخص‌های اقلیمی Land characteristics
13.68	41.90	84.56	شاخص اقلیمی CI
21.89	54.38	92.78	درجه اقلیمی CR

نتایج و بحث

اقلیم

نتایج محاسبه شده CI و CR به تفکیک هر محصول در جدول ۲ نمایش داده شده است. نتایج این جدول نشان داد که تناسب درجه اقلیمی برای سه محصول مورد مطالعه در دشت نیشابور دارای نوسان زیادی است، به طوریکه برای گندم بیشترین تناسب ۹۲/۸۷ برای ذرت تناسب متوسط ۵۴/۳۸ و برای پنبه کمترین تناسب ۲۱/۸۹ به دست آمده است.

شاخص‌های مورد مطالعه در ارزیابی کیفی تناسب اراضی

با مطالعه عوامل محدود کننده خاک در پروفیل‌های شاهد حفر شده در منطقه و طبقه‌بندی آنها پراکنش این عوامل نیز مورد بررسی قرار گرفت. مهمترین عوامل محدودکننده خاک شامل درصد سدیم تبادلی خاک[1] (ESP)، هدایت الکتریکی خاک[2] (EC)، اسیدیته خاک[3] (pH)، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک[4] (CEC)، درصد گچ، درصد آهک، درصد کربن آلی و کلاس بافت خاک می‌شوند. بررسی روند تغییرات ESP خاک نشان‌دهنده میزان بالای آن در بخش‌های جنوبی و مرکزی دشت منطبق بر سری‌های خاک ۴، ۸، ۹ و ۱۲ می‌باشد. روند تغییرات EC خاک نشان‌دهنده میزان بالای هدایت الکتریکی خاک در مرکز دشت و سری خاک شماره ۸ منطبق بر آبراهه کالشور می‌باشد که زهکش اصلی دشت به سمت کویر نمک است. نحوه تغییرات pH خاک نشان‌دهنده میزان بالا و قلیائیت خاک در جنوب دشت منطبق بر سری خاک شماره ۱۲ می‌باشد. روند تغییرات CEC خاک نیز تا حدودی نشان‌دهنده انطباق مقادیر بالای آن بر جنوب دشت و سری خاک شماره ۱۲ است. روند تغییرات درصد گچ خاک نشان‌دهنده افزایش میزان درصد گچ خاک منطقه در مرکز دشت به ویژه سری‌های خاک ۸ و ۱۲ می‌باشد و از این نظر با تغییرات ESP و EC خاک در منطقه روند تغییرات مشابهی را نشان می‌دهد. توزیع درصد آهک خاک نشان‌دهنده انطباق مقادیر بالای آن بر شمال دشت و سری‌های خاک ۱ و۶ می‌باشد که عمدتاً متأثر از سازندهای نئوژن دامنه‌های جنوبی بینالود با لایه‌های سطحی آهکی در خاک است. روند تغییرات درصد کربن آلی خاک نشان‌دهنده مقادیر بالای آن در مرکز دشت می‌باشد که طبق مشاهدات میدانی بیشترین حاصلخیزی و راندمان تولید محصولات زراعی از نوع آبی نیز در این بخش گزارش شده است. این تغییرات به طور واضح در سری‌های خاک ۵، ۷ و ۱۴ با مقادیر پایین ESP، EC، درصد گچ و درصد آهک خاک منطبق شده است. از سوی دیگر، مقادیر بالای درصد کربن آلی در سری‌های خاک ۴ و ۱۲ به دلیل وجود سایر شاخصه‌های نامناسب برای حاصلخیزی خاک قابل تأمل است. نحوه تغییرات کلاس‌های بافت خاک منطقه نشان‌دهنده انطباق بافت خاک نیمه سنگین رسی-سیلتی و متوسط لومی بر سری‌های خاک دارای درجه مرغوبیت بالا با درصد کربن آلی بالا و انطباق بافت خاک لومی سیلتی بر سری‌های خاک دارای مرغوبیت پایین با شوری‌زایی بالا می‌باشد.

ارزیابی تناسب اراضی

نتایج ترکیب ۱۵ درجه پایانی شاخص‌های خاکی به علاوه درجه اقلیمی برای محصول گندم در شکل ۶ که به تفکیک سری‌های خاک در منطقه تعمیم داده شده است نشان داد که دامنه تغییرات درجه تناسب سرزمین برای محصول گندم در دشت نیشابور به روش کالوگیرو از ۲۷/۶۹ تا ۶۷/۹۹ یعنی از کلاس‌های تناسب سرزمین S_3 تا S_2 گزارش شده است. به همین ترتیب ترکیب ۱۵ درجه پایانی شاخص‌های خاکی به علاوه درجه اقلیمی برای محصول ذرت در شکل ۷ نشان داد که دامنه تغییرات درجه تناسب سرزمین برای محصول ذرت در دشت نیشابور به روش کالوگیرو از ۱۲/۱۲ تا ۳۹/۰۳ و به عبارتی از کلاس تناسب زمین N_2 تا S_3 گزارش شده است. این در حالی است که طبق شکل ۸ و بر اساس ترکیب ۱۵ درجه پایانی شاخص‌های خاکی به علاوه درجه اقلیمی برای محصول پنبه مشاهده می‌شود که دامنه تغییرات درجه تناسب سرزمین برای محصول پنبه در دشت نیشابور به روش کالوگیرو از ۶/۱۵ تا ۱۴/۷۴ یعنی از کلاس-های تناسب سرزمین N_2 تا N_1 در نوسان بوده است. در مجموع نتایج

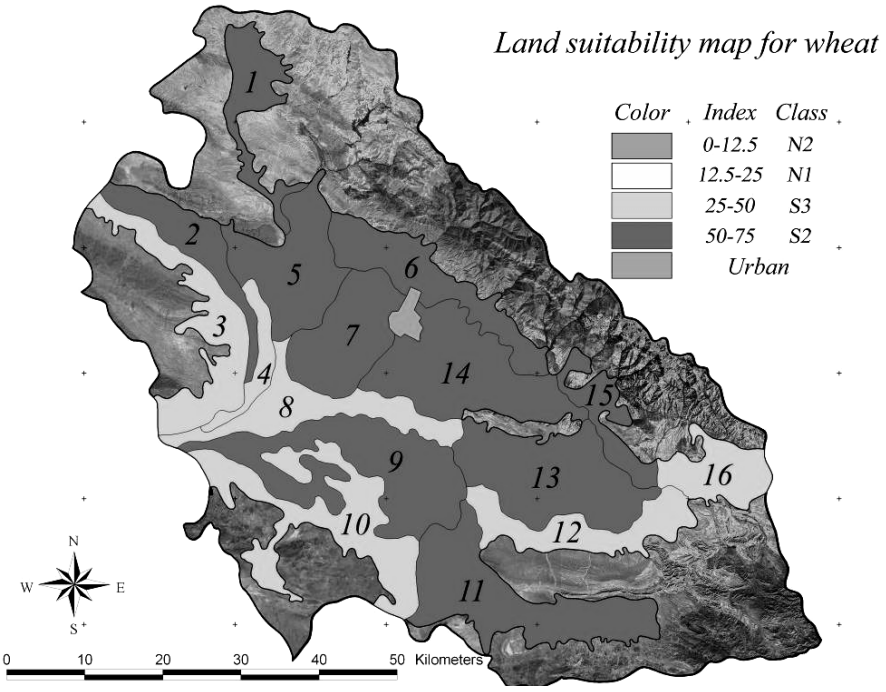
1- Exchangeable Sodium Percentage
2- Electrical Conductivity
3- Potential Hydrogen
4- Cation Exchange Capacity

بدست آمده نشان می‌دهد که دشت نیشابور برای کشت گندم و ذرت دانه‌ای از تناسب سرزمینی مطلوب‌تری نسبت به پنبه برخوردار است. این موضوع با شرایط منطقه نیز همخوانی دارد. همچنین نتایج آماری درجات تناسب سرزمین برای محصولات گندم، ذرت و پنبه نیز در جدول شماره ۳ ارائه شده است. نتایج آماری مساحت و درصد اراضی دارای درجه و کلاس تناسب متفاوت در این جدول برای محصول گندم نشان داد که ۱۰۰ درصد دشت نیشابور برای کشت گندم دارای کلاس تناسب S_3 و S_2 است و عمده ترین عامل محدود کننده در آن فاکتور فیزیک خاک (s) می‌باشد، در حالیکه سهم اراضی دارای تناسب بالا برای محصول ذرت مجموعاً ۶۹/۱۵ درصد محاسبه شده است و عمده‌ترین عامل محدودکننده برای این محصول فاکتور اقلیمی (c) می‌باشد. محصول پنبه نیز عملاً دارای کلاس‌های تناسب S_3 و S_2 نمی‌باشد و کلاس‌های تناسب N_1 و N_2 به دست آمده برای آن هم دارای شدیدترین درجه محدودیت اقلیمی(c) می‌باشد. به نظر می‌رسد که طبق روش کالوگیرو کشت گندم و ذرت در دشت نیشابور با انجام اقدامات اصلاحی و بهبود فاکتور عمده محدودکننده خاک و اقدامات اصلاحی و به نژادی بر روی ارقام ذرت، می‌تواند راندمان بهتر و تناسب بالاتری را برای محصولات فوق رقم بزند، اما برای محصول پنبه کشت این محصول برای دشت نیشابور طبق نتایج روش کالوگیرو پیشنهاد نمی‌شود.

جدول۳- مساحت و درصد اراضی دشت نیشابور بر اساس درجه نهایی و کلاس تناسب زمین برای محصولات گندم، ذرت و پنبه

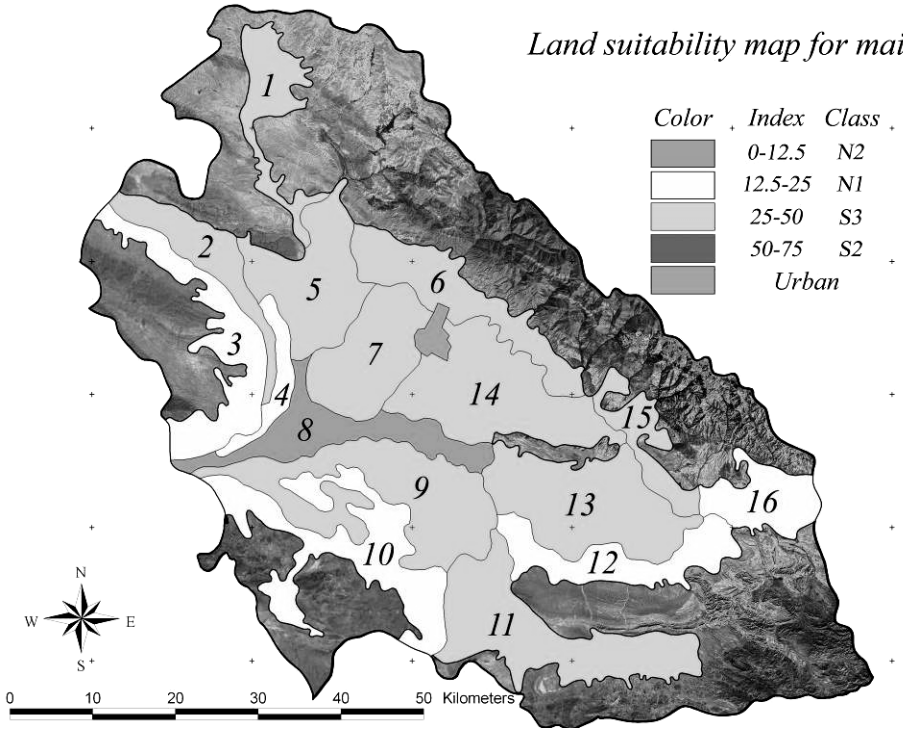
Table 3- Area and land percentage of Neyshabour plain based on final degree and land fitness class for wheat, corn and cotton

تناسب اراضی Land suitability		گندم Wheat		ذرت Maize		پنبه Cotton	
(کلاس) (Class)	(درجه) (Degree)	(کیلومتر مربع) (km^2)	(درصد) (Percent)	(کیلومتر مربع) (km^2)	(درصد) (Percent)	(کیلومتر مربع) (km^2)	(درصد) (Percent)
N_2	0-12.5	-	-	207.21	5.41	2567.54	67.29
N_1	12.5-25	-	-	974.06	25.44	251.94	32.71
S_3	25-50	1208.22	31.56	2647.21	69.15	-	-
S_2	50-75	2620.26	68.44	-	-	-	-
جمع Sum		**3828.48**	**100**	**3828.48**	**100**	**3828.48**	**100**



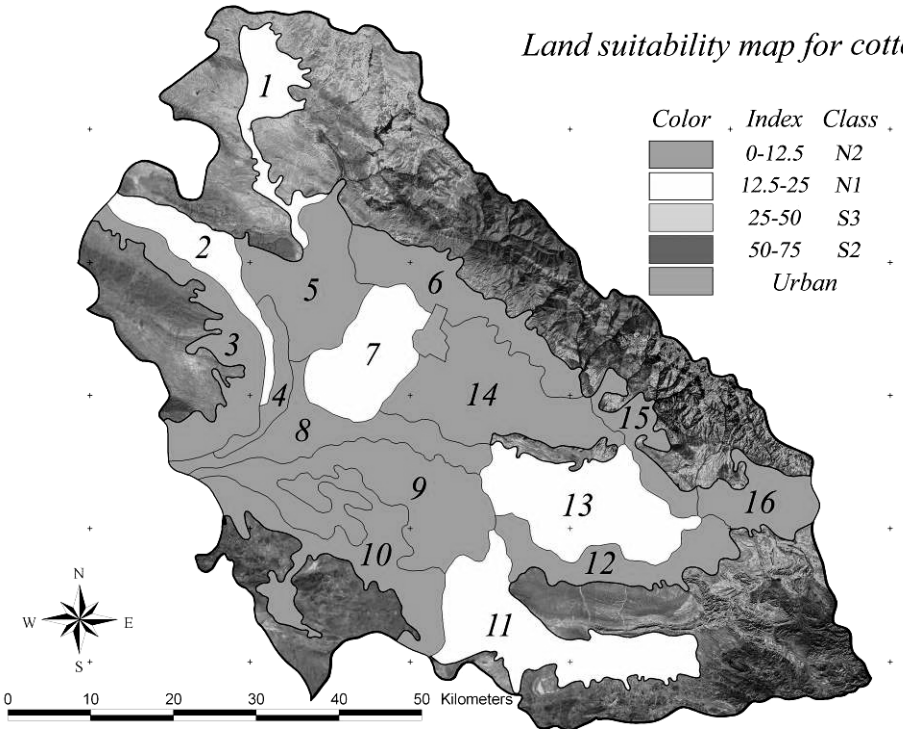
شکل ٦- پهنه‌بندی کلاس‌های تناسب اراضی برای کشت گندم آبی

Fig. 6- Land suitability map for irrigated wheat cultivation



شکل ۷– پهنه‌بندی تناسب اراضی برای کشت ذرت

Fig. 7- Land suitability map for irrigated corn cultivation



شکل ۸– پهنه‌بندی تناسب اراضی برای کشت پنبه

Fig. 8- Land suitability map for irrigated cotton cultivation

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 quantitative suitability map; case study: the Shahr kyan zone, Chahar Mahal and Bakhtiari province, Soil and water Science Journal Agricultural Science and Technology 1: 172-161. (In Persian with English Summary)

2- Ayoubi, S., and Alizadeh, M. 2006. Qualitative assessment of land suitability in order to grazing animals in Mehr Watershed in Sabzevar, Khorasan Province. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources Journal 10(3): 163-151. (In Persian with English Summary)

3- Ayoubi, S., Givi, J., Jalalian, A., and Amini, A. 2002. Quantitative assessment of land suitability of Isfahan North Braan for irrigated wheat, barley, corn and rice. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources Journal 6(3): 119-105. (In Persian with English Summary)

4- Ayoubi, S., and Jalalian, A. 2006. Assessment of Lands, Agricultural and Natural Resources Use, Isfahan University Press Center, Publication, Iran 396 pp. (In Persian)

5- Bameri, M., Bahrami, H., and Masih Abadi, M. 2003. Qualitative land suitability assessment of Chah Shur plain in Iranshahr for irrigated culture of wheat, barley and alfalfa. Soil and Water Science Journal 17(2): 200-190. (In Persian with English Summary)

6- Caldiz, D. O., Gaspari, F.J., Haverkort, A.J., and Struik, P.C. 2001. Agro-ecological zoning and potential yield of single or double cropping of potato in Argentina. Agricultural and Forest Meteorology 109: 311-320.

7- Dunshan, C., Claudia, D.B., Sara, D.S., Hui, B., Maddalena, D.L.L., Weidong, L., and Hailong, M.A. 2006. Land evaluation in Danling county, Sichuan province, China. Proceedings of 26th Course Professional Master Geomatics and Natural Resources Evaluation, Nov. 7, 2005-Jun. 23, 2006, Ministry of Foreign Affairs. Instituto Agronomico Per L'olfremare, Italy, pp: 1-153.

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

9- FAO. 1983. Guidelines: Land Evaluation for Rainfed Agriculture. FAO Soils Bulletin. No 52, FAO, Rome.

10- FAO. 1985. Guidelines: Land Evaluation for Irrigated Agriculture. FAO Soils Bulletin, No. 55. Rome.

11- 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)

12-Fallah Miri, H., Pirdashti, H., Tabar Ahmadi, M., and Qlych Nia, H. 2008. Classifying agricultural ecologic potential in Kesylyan zone by Geographic Information Systems. Journal of Environmental Studies 34(48): 126-115. (In Persian with English Summary)

13- Francesco, A., Abu El-Ish, B., Piene, B., Vladan, D., Mirjana, I., Rosa, K., and Babacar, 2003. Land evaluation in the province of Thies, Senegal. Proceedings of 23rd Course Professional Master Geomatics and Natural Resources Evaluation, Nov. 8, 2002–Jun. 20, 2003, Ministry of Foreign Affairs, Istituto Agronomico Per L Oltremare, Italy. pp: 1-148.

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

15- 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)

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

17- 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)

18- Qaemyan, N., Barzegar, A., Mahmoudi, S., and Amari, P. 2002. Land suitability Evaluation for wheat, sugar beet and alfalfa by parametric methods in the Piranshahr land. Soil and Water Science Journal 16(1): 94-83. (In Persian with English Summary)

19- Shahbazi, F., and Jafarzadeh, A. 2004. Qualitative land suitability assessment of Khusheh Mehr cooperative company in Banab for wheat, barley, alfalfa, onions, sugar beets and corn. Agricultural Science Journal 14(4):69-86. (In Persian)

20- Shakeri, S., Pashai, A., and Momeni, A. 2007. Semi-detailed soil study by Geopedologic methods in order to optimize land suitability classifying in Aq Qala. Agricultural Sciences and Natural Resources Journal 14(5): 45-35. (In Persian with English Summary)

21- 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

22- 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.

23- 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.
24- 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.
25- Shepande, C. 2002. Soil and land use with particular attention to land evaluation for selected land use types in the lake Neivasha Basin, Kenya. International Institute for aerospace survey and earth sciences (ITC), Enschede, the Netherlands 106 pp.
26- The country's Meteorological Department, Meteorological Office of Razavi Khorasan Province 2008. 15 years rainfall statistics in Neyshabour Synoptic stations (2005-1991).
27- Wahba, M.M., and Darwish, K.M. 2007. Suitability of specific crops using Microleis Program in Sahal Barakas, Egypt. Journal of Applied Sciences Research 3(7): 531-539.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۱، ص. ۶۲-۵۲

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 1, Spring 2012, p. 52-62

ارزیابی کیفیت علوفه در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و خلر (*Lathyrus sativus* L.) تحت تأثیر کودهای فسفری زیستی و شیمیایی

مهدی نقی‌زاده[1*] و محمد گلوی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۵/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۲/۱۴

چکیده

کشت مخلوط می‌تواند به عنوان یکی از راه‌های افزایش عملکرد و پایداری تولید در واحد سطح مطرح باشد. به منظور ارزیابی تأثیر کودهای فسفری زیستی و شیمیایی بر کیفیت علوفه در کشت مخلوط ذرت(*Zea maize* L.) و خلر (*Lathyrus sativus* L.)، دو آزمایش به طور همزمان در دو محل کرمان و بردسیر در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی شامل چهار سطح کود فسفری شامل فسفر زیستی (۱۰۰ گرم در هکتار)، کود فسفر شیمیایی (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار)، ۵۰ درصد کود فسفر زیستی (۵۰ گرم در هکتار) بعلاوه ۵۰ درصد فسفر شیمیایی (۷۵ کیلوگرم در هکتار) و شاهد (عدم مصرف کود) و پنج الگوی کشت مخلوط به روش جایگزینی شامل ذرت و خلر خالص و نسبت‌های ۲۵: ۷۵، ۵۰: ۵۰ و ۷۵: ۲۵ از ذرت و خلر بودند. تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر مکان بر صفات قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام، درصد خاکستر، الیاف شوینده خنثی و الیاف شوینده اسیدی به جز کربوهیدرات‌های محلول در آب معنی-دار بود. قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام، درصد خاکستر، الیاف شوینده خنثی، الیاف شوینده اسیدی و کربوهیدرات‌های محلول در آب به شدت تحت تأثیر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط قرار گرفتند. اعمال کود فسفری نیز بر روی تمام صفات به جز درصد خاکستر تأثیر معنی‌دار داشت. قابلیت هضم ماده خشک، کربوهیدرات‌های محلول و پروتئین خام علوفه تحت تأثیر برهمکنش نسبت‌های کشت مخلوط و کودهای فسفری قرار گرفتند. نسبت‌های مختلف کشت مخلوط ذرت و خلر، نسبت به کشت خالص آنها قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام، کربوهیدرات‌های محلول در آب و درصد خاکستر بالاتر و الیاف شوینده خنثی و الیاف شوینده اسیدی پایین تر برخوردار بودند. کاربرد توأم کودهای فسفری زیستی و شیمیایی، سبب بهبود کیفیت علوفه گردید.

واژه‌های کلیدی: الگوی کشت، پروتئین خام، کربوهیدارات‌های محلول، ماده خشک قابل هضم

مقدمه

کمبود علوفه یکی از مشکلات اصلی دامپروری در ایران است، (Eshgizadeh et al., 2008). توجه به کشت محصولات علوفه‌ای با شیوه علمی بویژه بصورت کشت مخلوط، توأم با استفاده از کودهای زیستی، از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد (Backiyavathy & Vijayakumar, 2006). اخیراً، سیستم‌های کشت متفاوتی از جمله تناوب زراعی، کشت‌های تأخیری و کشت مخلوط غلات یکساله با لگوم‌ها را برای افزایش تولید در کشاورزی معرفی می‌کنند و کشت مخلوط غلات با لگوم‌ها امروزه بطور وسیعی در مناطق مختلف جهان گسترش یافته است (Carruthers et al., 2000).

کشت مخلوط بعنوان یکی از مؤلفه‌های کشاورزی پایدار از تولید دو یا چند محصول بطور همزمان در یک قطعه زمین شکل می‌گیرد (Dawo et al., 2007). تحقیقات نشان داده است که در بیشتر موارد کشت مخلوط گیاهان علوفه‌ای عملکرد بیشتری از تک کشتی تولید می‌نمایند و کاربرد آن خسارت احتمالی ناشی از آفات و بیماری‌ها را کاهش داده و موجب استفاده حداکثر از منابع آب و خاک می‌گردد و در ضمن حفاظت خاک را به دلیل پوشش بهتر فراهم می‌کند (Dileep et al., 2001; Hail et al., 2009; Hemayati et al., 2002). لگوم‌ها علاوه بر تأمین علوفه مورد نیاز دام‌ها، دارای ریشه‌هایی هستند که با نفوذ به اعماق خاک باعث اصلاح و افزایش میکروارگانیسم‌ها و حجم خاک گشته و با قابلیت ایجاد رابطه همزیستی با باکتری‌های جنس ریزوبیوم، در کشت‌های مخلوط می‌توانند قسمت عمده نیتروژن لازم برای گراس‌ها را فراهم نمایند (Armstrong et al., 2008).

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری اکولوژی و دانشیار بخش زراعت دانشگاه زابل
(*- نویسنده مسئول: E-mail: msnaghizadeh@gmail.com)

تحقیقات نشان می‌دهند که علوفه تولیدی در کشت مخلوط نسبت به تک کشتی، دارای کیفیت بالاتری می‌باشد. بویژه وقتی که در کشت مخلوط از ترکیب لگوم- غیرلگوم استفاده گردد، زیرا گرامینه‌ها به لحاظ کربو هیدرات و لگوم‌ها از نظر پروتئین و ویتامین‌ها غنی می‌باشند (Dawo et al., 2007).

استفاده از گیاهان خانواده غلات به عنوان علوفه در حال گسترش است، ولی این گیاهان نسبت به لگوم‌ها ارزش غذایی کمتری دارند، چرا که پروتئین خام آن‌ها پایین است. مخلوط گراس-لگوم ترکیب مناسبی است، زیرا در این ترکیب، ضمن بالا بودن عملکرد، کیفیت علوفه نیز افزایش می‌یابد. از طرفی، لگوم‌ها به دلیل داشتن پروتئین و مواد معدنی بیشتری می توانند در کشت مخلوط با غلات، کمبود پروتئین آنهارا جبران می‌کنند (Kardage, 2004).

کشت مخلوط باعث افزایش پروتئین خام، هیدرات‌های کربن محلول در آب و قابلیت هضم ماده خشک و کاهش الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF)[1] و الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF)[2] در کشت‌های مخلوط گندم (*Triticum aestivum* L.)- لوبیا (*Phasaeolous vulgaris* L.) (Ghanbari, 2000) و ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا (*Phasaeolous vulgaris* L.) (Kevin et al., 2008) گردید. همچنین نتایج تحقیقات نشان داده است که عملکرد، محتوی پروتئین خام و کل ماده خشک قابل هضم در کشت مخلوط گراس – لگوم بیشتر از خالص آن‌ها می‌باشد (Lithourgidis et al., 2006; Kardage, 2004; Azraf-Haq et al., 2007).

ذرت به دلیل قدرت سازگاری بالا می‌تواند با گیاهان زیادی به صورت مخلوط کشت گردد و به علت داشتن مواد قندی، نشاسته و عملکرد علوفه زیاد یکی از مهمترین گیاهان جهت تولید علوفه سبز، سیلو و دانه محسوب می‌شود (Yazdani et al., 2009). کاربرد کودهای شیمیایی نیتروژنی موجب شده است که برخی بقولات علوفه‌ای نظیر خلر (*Lathryrus sativus* L.) که با تثبیت بیولوژیک نیتروژن به حاصلخیزی خاک کمک می‌کنند، فراموش شوند (Power, 1987)؛ در حالیکه این گیاه از پتانسیل بالای تولید علوفه و توان رشد این گیاه در خاک‌های غیربارور و فرسایش یافته و دارا بودن دوره رشد کوتاه، برای تولید علوفه مناسب می‌باشد. این گیاه نسبت به سایر بقولات دارای توانمندی‌هایی از جمله، پتانسیل بالای عملکرد در شرایط آب و هوایی و خاک نامناسب، سازگاری بهتر با روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی وکاهش فشردگی خاک است (Lazanyi, 2000).

اگرچه مصرف کودهای شیمیایی عملکرد بسیاری از محصولات را به طور قابل توجهی افزایش داده است، ولی برخی اثرات سوء زیست محیطی و عدم واکنش به مصرف زیاد کودها بدلیل کاربرد بی‌رویه آن‌ها، تولیدات مواد غذایی را در دهه‌های آینده با مشکلاتی مواجه خواهد ساخت (Villegas & Fortin, 2002). استفاده از کودهای زیستی نظیر رایزوباکتری‌های تحریک کننده رشد گیاه به عنوان قسمتی از یک سیستم مدیریت جهانی، استفاده از ترکیبات ساختگی و کودهای شیمیایی را کاهش داده و پایداری تولید را سبب خواهد شد (Vessey, 2003).

توسعه کشاورزی در طی دوره گذار از کشاورزی متداول به کشاورزی پایدار با راهبرد کشاورزی پایدار جهت سطح عملکرد بالا و اجرای سیستم مناسب با نهاده کافی به صورت تلفیق مصرف کودهای شیمیایی و آلی به ویژه کودهای زیستی به عنوان راهکاری برای کشاورزی جایگزین جهت تولید محصول و حفظ عملکردها در سطح قابل قبول مطرح می‌باشند. مشکلات زیست محیطی ناشی از کاربرد بی‌رویه کودهای شیمیایی، انرژی و هزینه‌های تولید و مصرف آن‌ها و اثرات سویی که بر چرخه‌های زیستی و خود پایداری بوم نظام‌های زراعی دارند، از علل رویکرد کاربرد کودهای زیستی می‌باشند (Villegas & Fortin, 2002; Sharma, 2002).

یزدانی و همکاران (Yazdani et al., 2009) بیان داشتند که کاربرد میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات و ریز و باکتری‌های محرک رشد گیاه توأم با مقادیر مناسبی کود شیمیایی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد کمّی و کیفی ذرت داشت. مهرورز و همکاران (Mehrvarz & Chaichi, 2008) با بررسی اثر میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات و کود شیمیایی فسفات بر کیفیت دانه و علوفه جو (*Hordeum vulgare* L.) نشان دادند که بیشترین مقدار پروتئین از کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات حاصل شد. کودهای زیستی فسفر بر کیفیت علوفه نیز تأثیر داشتند، بطوری‌که این تیمارها میزان خاکستر را در سطح قابل قبول افزایش دادند. در نتیجه کاربرد کود زیستی فسفر میزان فیبرهای شوینده خنثی کاهش پیدا کرد، ولی میزان کربوهیدرات‌های محلول با کاربرد کود شیمیایی فسفر افزایش یافت.

اکثر مطالعات انجام شده در مورد ذرت و خلر (*Lathyrus sativus* L.) بر مبنای کشت خالص بوده است و گزارشی مبنی بر کشت مخلوط این دو گیاه در دسترس نیست. لذا شناخت تأثیر کودهای زیستی روی کیفیت علوفه و عملکرد این گیاهان در کشت مخلوط، نیازمند مطالعه و تحقیق می‌باشد. این تحقیق با هدف ارزیابی کیفیت علوفه در کشت مخلوط ذرت و خلر تحت تأثیر کود زیستی فسفر اجرا شد.

مواد و روش‌ها

دو آزمایش در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ به‌طور همزمان، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان (با عرض

1- Acid detergent fiber
2- Neutral detergent fiber

جغرافیایی ۳۰ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۷۵۰ متر از سطح دریای آزاد) و مزرعه مجتمع اقتصادی کمیته امداد امام خمینی (ره) بردسیرکرمان (با طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۳۴ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۵۵ دقیقه شمالی و با ارتفاع ۲۰۴۴ متر از سطح دریا) اجرا شد. کرمان جزء مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود و میانگین بارندگی سالیانه و درجه حرارت در فصل رشد اجرای طرح به ترتیب ۱۵۲/۹ میلی‌متر و ۲۵/۳ درجه سانتی‌گراد بود. بردسیر دارای اقلیم مناطق خشک و معتدل می‌باشد و میانگین بارندگی سالیانه و درجه حرارت در فصل رشد اجرای تحقیق به ترتیب ۱۶۳/۹ میلی‌متر و ۱۷/۷ درجه سانتی‌گراد بود (Anonymous, 2010). بافت خاک محل‌های آزمایش کرمان و بردسیر به ترتیب لومی شنی و لوم بود.

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تیمارها شامل چهار سطح کودی شامل فسفر زیستی (۱۰۰ گرم در هکتار)، فسفر شیمیایی (۱۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل در هکتار)، ۵۰ درصد فسفر زیستی (۵۰ گرم در هکتار) بعلاوه ۵۰ درصد فسفر شیمیایی (۷۵ کیلوگرم در هکتار)و شاهد (عدم مصرف کود) و پنج الگوی کشت به روش جایگزینی شامل: کاشت خالص ذرت و خلر، ۷۵:۲۵، ۵۰:۵۰ و ۲۵:۷۵ ذرت و خلر بودند. مزارع در سال قبل از آزمایش آیش بودند. تهیه زمین شامل شخم در پاییز و دو دیسک عمود بر هم و تسطیح زمین بوسیله لولر در بهار انجام شد. قبل از کشت بر اساس نتایج تجزیه خاک، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (K_2SO_4) و ۱۰۰ کیلو گرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره ($(NH_2)_2CO$) (در سه نوبت قبل از کاشت، مرحله ساقه رفتن ذرت و مرحله گل‌دهی ذرت) استفاده شد. هر کرت آزمایشی شامل هشت ردیف کاشت، به طول شش متر و با فواصل ۵۰ سانتی‌متر بود (تمامی تیمارها به صورت یک ردیف خلر و یک ردیف ذرت کاشته شدند). نسبت‌های کشت با تغییر تراکم بوته (تغییر فاصله بوته روی ردیف) و فاصله ثابت بین ردیف‌های کشت (۵۰ سانتی‌متر) اجرا شد. ذرت مورد استفاده سینگل کراس ۷۰۴ که یک هیبرید دو منظوره برای تولید دانه و علوفه با طول دوره رویش ۱۲۰ تا ۱۳۵ روز و خلر رقم محلی سمیرم با طول دوره رشد ۱۰۵ تا ۱۲۰ روز بودند. بذر هر دو گیاه قبل از کشت با کود زیستی فسفات بارور دو(سودوموناس) با نسبت‌های مشخص (۱۰۰ گرم در هکتار) و بر اساس دستور العمل توصیه شده توسط شرکت سازنده (جهاد دانشگاهی واحد تهران) تلقیح شدند. به این صورت که محتوی بسته با آب مخلوط و روی بذرها اسپری و سپس بذرها در سایه خشک شدند. عملیات کاشت دستی هر دو گیاه به طور همزمان در تاریخ ۳۰ اردیبهشت، با دست انجام شد.

کشت، به میزان دو برابر تراکم مطلوب انجام شد و بعد از اطمینان از سبز شدن، برای رسیدن به تراکم‌های مورد نظر، در مرحله ۴- ۳ برگی، بوته‌ها تنک شدند. تراکم مطلوب برای ذرت ۱۰۰۰۰۰ بوته در هکتار (Francis & Decoteau, 1993) و برای خلر ۲۰۰۰۰۰ (Lazanyi, 2000) بوته در هکتار بود. اولین آبیاری بلافاصله پس از هر کشت و آبیاری‌های بعدی هر هفته یکبار انجام شد. علف‌های هرز مزرعه به صورت دستی در سه مرحله (چهار برگی ذرت، ساقه رفتن ذرت و گل‌دهی ذرت) وجین شدند. پس از حذف دو ردیف هر کرت به عنوان حاشیه، از ردیف‌های وسط و بر اساس تراکم بوته در هکتار تعداد ده بوته ذرت و ۲۰ بوته خلر به طور تصادفی به عنوان نمونه انتخاب و اندازه‌گیری‌ها انجام شد. نمونه‌ها در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردیدند. نمونه‌های خشک شده با آسیاب دارای مش تا حد ۰/۱ میلی‌متر آسیاب شدند (برای تعیین خصوصیات کیفی با توجه به نسبت هر گیاه در مخلوط، پودرها با یکدیگر مخلوط شدند) و اندازه‌گیری صفات مربوط به کیفیت علوفه شامل میزان پروتئین خام، الیاف حاصل از شوینده اسیدی، الیاف حاصل از شوینده خنثی، هیدرات‌های کربن محلول در آب، درصد خاکستر و قابلیت هضم ماده خشک با دستگاه (NIRS)[1] انجام شد (Roberts et al., 2003). سیستم NIRS مورد استفاده سری اینفراماتیک ۸۶۰ شرکت پرتن با ۲۰ طول موج در دامنه ۲۴۰۰-۵۰۰ نانومتر بود. معادلات کالیبراسیون برای این ویژگی‌ها با اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی پنج درصد از نمونه‌ها بدست آمد (Jafari et al., 2003). تجزیه آماری به کمک نرم افزار SAS (ورژن ۹) تجزیه و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

قابلیت هضم ماده خشک

نتایج نشان داد که اثر مکان ($p\leq۰/۰۵$)، نسبت‌های مختلف کشت مخلوط ($p\leq۰/۰۱$) و کود فسفری ($p\leq۰/۰۵$) و برهمکنش آن‌ها ($p\leq۰/۰۱$) روی قابلیت هضم ماده خشک، معنی‌دار بود (جدول ۱). قابلیت هضم ماده خشک در بردسیر ۱۱/۴۶ درصد بیشتر از کرمان بود (جدول ۲)، و علت این موضوع را می‌توان به علت رشد مطلوب‌تر و بیشتر خلر در شرایط آب و هوایی بردسیر و همچنین بافت خاک مناسب‌تر بردسیر (لوم) نسبت به کرمان (لومی شنی) نسبت داد. بین نسبت‌های کشت مخلوط از نظر قابلیت هضم ماده خشک اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد، ولی بیشترین قابلیت هضم ماده خشک در نسبت کشت ۵۰:۵۰ ذرت و خلر بدست آمد و قابلیت هضم ماده خشک در نسبت‌های کشت مخلوط ۵۰:۵۰، به ترتیب ۷/۳ و ۵/۴ درصد نسبت به کاشت خالص ذرت و خلر افزایش داشت، در حالی که این افزایش در نسبت‌های کاشت ۷۵:۲۵ به ترتیب ۶/۱۹ و ۴/۲۹ درصد و در نسبت های کاشت ۲۵:۷۵ به ترتیب ۷/۰۱ و ۵/۱۱ درصد نسبت به کاشت خالص ذرت و خلر افزایش یافت (جدول ۳).

1- Near Infrared Reflectance Spectroscopy

جدول ۱- میانگین مربعات ویژگی‌های کیفی علوفه ذرت و خلر در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط

Table 1- Mean squares of corn and grass pea forage quality characteristics in different rates of mixed cropping

منابع تغییرات Source of variats	درجه آزادی df	قابلیت هضم ماده خشک Dry matter digestibility	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	کربوهیدرات‌های محلول در آب Water soluble carbohydrate	پروتئین خام Crude protein	خاکستر Ash
مکان (L) Location (L)	1	151.94*	338.60**	1479.46**	14.06	112.87**	2.19*
تکرار در مکان Replication × L	4	287.11	256.02	283.85	140.09	4.71	0.86
نسبت‌های کشت (R) Planting rates (R)	4	503.91**	383.91**	321.31**	172.34**	143.03**	5.09**
منابع فسفری (P) Phosphorus resources (P)	3	130.97*	150.60*	48.05*	37.06*	124.33*	0.87
R×P	12	139.03**	41.38	66.12	2.28**	114.23**	0.80
L×R	4	88.27	21.27	41.27	951.27	21.82	0.46
L×P	3	115.36	41.36	36.36	177.04	11.74	2.80
l×R×P	12	11.99	50.99	155.75	135.87	11.99	0.71
خطا Error	76	42.80	27.08	45.26	12.99	4.23	54.00
کل Total	119	-	-	-	-	-	

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

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

گراس‌ها به تنهایی انرژی کل بیشتری تولید می‌کنند، اگر چه مخلوط لگوم- گراس با کشت خالص گراس از نظر میزان قابلیت هضم ماده خشک به هم نزدیک می‌باشند، اما علوفه مخلوط تعادل بهتری از مواد غذایی دارد (YIakoulaki, 2006). هایل و همکاران (Haill et al., 2009) با بررسی کشت مخلوط جو با لگوم‌های یکساله نتیجه گرفتند که بالاترین قابلیت هضم ماده خشک در مخلوط نخود- جو و ماشک-جو بدست آمد. نتایج سایر محققین نیز بیانگر این مطلب است که در کشت مخلوط قابلیت هضم ماده خشک بیشتری نسبت به کشت خالص بدست می‌آید (Armstrong et al., 2008; Contreras-Govea et al., 2009).

نتایج نشان داد که کاربرد ۵۰ درصد کود فسفر زیستی (۵۰ گرم در هکتار) بعلاوه ۵۰ درصد کود فسفر شیمیایی (۷۵ کیلوگرم در هکتار) تأثیر مثبتی را بر میزان ماده خشک قابل هضم داشت، به طوری که قابلیت هضم ماده خشک را ۵/۴۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. کاربرد کودهای فسفر زیستی و فسفر شیمیایی به تنهایی نیز بدون اختلاف معنی‌داری با یکدیگر، قابلیت هضم ماده خشک را به ترتیب ۳ و ۱/۹ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند (جدول ۴). یزدانی و همکاران (Yazdani et al., 2009) نیز بیان داشتند که کاربرد میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات و ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه به همراه مقادیر مناسبی کود شیمیایی تأثیر معنی-داری بر عملکرد کمّی و کیفی ذرت داشت و کیفیت علوفه ذرت را از طریق افزایش میزان قابلیت هضم ماده خشک بهبود بخشید. قابلیت هضم ماده خشک،اغلب نماینده انرژی قابل هضم می‌باشد و بهبود قابلیت هضم از مهمترین برنامه‌های اصلاحی گیاهان علوفه‌ای می-باشد، زیرا قابلیت هضم بالا کارایی تبدیل عناصر مغذی را بوسیله دام، بهبود می‌بخشد (Coleman & Moore, 2003). محمدآبادی و همکاران (Mohammad Abadi et al., 2012) با بررسی اثر تأثیر کودهای آلی بر شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) بیان داشتند که مصرف کودهای آلی، بهبود قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی را به دنبال داشت.

الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی

الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی به عنوان شاخصی برای بیان میزان دیواره سلولی گیاه و نیز عامل مهمی برای تعیین میزان تعلیف دام شناسایی شده است (Hail et al., 2009). نتایج حاصل نشان داد که اثر مکان، نسبت‌های کشت ($p \leq ۰/۰۱$) و کود فسفری بر NDF معنی‌دار بود ($p \leq ۰/۰۵$) (جدول ۱). میزان NDF در بردسیر ۱۶ درصد کمتر از کرمان بود (جدول ۲). کمترین میزان NDF در کشت خالص خلر بدست آمد که البته تفاوت معنی‌داری با مخلوط ۲۵:۷۵ ذرت و خلر نداشت. در مقابل بیشترین میزان NDF در کشت خالص ذرت حاصل شد (جدول ۳). بنابراین می‌توان چنین گفت که کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص ذرت، از طریق کاهش NDF، کیفیت علوفه را بهبود بخشید. در واقع NDF بالا، سبب کاهش تعلیف علوفه توسط حیوان به دلیل غیر قابل هضم بودن آن می‌شود (Kevin et al., 2008).

کریستنسن (Kristensen, 1992) با مطالعه کشت مخلوط جو (*Hordeum vulgare* L.) و لوبیا (*Phasaeolous vulgaris* L.) معمولی گزارش کرد که کیفیت علوفه در کشت مخلوط بهتر از کشت خالص جو بود و دلیل این امر را می‌توان به کاهش میزان NDF در کشت‌های مخلوط نسبت به کشت خالص جو مربوط دانست. هایل و همکاران (Haill et al., 2009) نیز با بررسی روی کشت مخلوط جو و لگوم‌های یکساله مشاهده گردید که کمترین میزان NDF مربوط به کشت خالص نخود بود. این تفاوت در میزان NDF در بین گروه‌های مختلف گیاهی توسط رز و همکاران (Ross et al., 2005)، لوریالت و کیریکسی (Lauriault & Kirksey, 2004) و لیتورجیدیس و همکاران (Lithourgidis et al., 2006) گزارش شده است.

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که کاربرد کودهای فسفری، میزان NDF علوفه را کاهش دادند و بیشترین تأثیر مربوط به استفاده توأم از کود فسفر زیستی و شیمیایی بود، به طوریکه این ترکیب کودی با کاهش ۴/۸۴ درصدی NDF در مقایسه با شاهد، سبب بهبود کیفیت علوفه گردید (جدول ۴). شارما (Sharma, 2002) نیز در تحقیق خود افزایش کیفیت علوفه یونجه را به دلیل کاهش میزان NDF، در نتیجه کاربرد کود زیستی فسفر گزارش داده است.

الیاف نامحلول در شوینده اسیدی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، ADF به طور معنی‌داری تحت تأثیر مکان کشت ($p \leq ۰/۰۱$)، نسبت‌های کشت ($p \leq ۰/۰۱$) و کود فسفری ($p \leq ۰/۰۵$) قرار گرفت (جدول ۱). میزان ADF در کرمان ۹/۸ درصد بیشتر از بردسیر بود (جدول ۲). از آنجا که میزان ADF به طور معمول در غلات بیشتر از لگوم‌ها می‌باشد (Boxton, 1996)، بنابراین با توجه به رشد مطلوب‌تر و بیشتر ذرت در کرمان در مقایسه با بردسیر، احتمالاً به دلیل مناسب‌تر بودن شرایط آب و هوایی کرمان در مقایسه با بردسیر برای رشد ذرت، تکامل و گسترش سلول‌ها و دیواره های سلولی بیشتر شده و در نتیجه ADF افزایش یافته است. در بین نسبت‌های مختلف کشت کمترین میزان ADF، در کشت خالص خلر و بیشترین آن در کشت خالص ذرت مشاهده شد. افزایش سهم خلر در کشت مخلوط با کاهش سهم ذرت، سبب بهبود کیفیت علوفه از طریق کاهش میزان ADF گردید (جدول ۳). در همین راستا، هایل و همکاران (Haill et al., 2009) در بررسی کشت مخلوط جو با لگوم‌های یکساله نتیجه گرفتند که حداقل میزان ADF در کشت خالص نخود بدست آمد و کشت خالص جو بالاترین میزان ADF را در الگوهای مختلف کشت مخلوط به خود اختصاص داد. روس و همکاران (Ross et al., 2004) نیز بیان نمودند که میزان ADF در کشت‌های مخلوط کمتر از کشت خالص گراس‌ها بود.

جدول ۲- اثر اصلی مکان بر ویژگی‌های کیفی علوفه ذرت و خلر در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط

Table 2- The main effect of location on corn and grass pea forage quality characteristics in in different rates of mixed cropping

خاکستر (درصد) Ash (%)	پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	کربوهیدرات‌های محلول در آب (درصد) Water soluble carbohydrate (%)	الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد) Neutral detergent fiber (%)	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (درصد) Acid detergent fiber (%)	قابلیت هضم ماده خشک (درصد) Dry matter digestibility (%)	مکان Location
7.21a	11.02b	20.37a	51.18a	28.32a	52.58b*	کرمان Kerman
5.42b	14.41a	19.82a	36.71b	18.52b	64.04a	بردسیر Bardsir

* بر اساس آزمون دانکن میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، در سطح احتمال پنج درصد با هم اختلاف معنی‌داری ندارند.

*Means with the similar letters are not significantly different at 5% probability level based on Duncan Multiple Range Test.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های نسبت‌های مختلف کشت بر ویژگی‌های کیفی علوفه ذرت و خلر

Table 3 – Comparison means of different ratio of planting on quality attributes of forage maize and grass pea

خاکستر (درصد) Ash (%)	پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	کربوهیدرات‌های محلول در آب (درصد) Water soluble carbohydrate (%)	الیاف حاصل از شوینده خنثی (درصد) Neutral detergent fiber (%)	الیاف حاصل از شوینده اسیدی (درصد) Acid detergent fiber (%)	قابلیت هضم ماده خشک (درصد) Dry matter digestibility (%)	نسبت‌های کشت خلر: ذرت Grass pea: corn ratio
6.35b	9.95c	25.28a	42.61a	28.81a	61.11c	100:0
7.26a	10.07c	22.73b	34.92bc	25.20b	67.30a	75:25
7.56a	12.64b	20.92b	38.09b	24.37b	68.41a	50:50
7.29a	13.06b	20.73b	33.85c	21.13c	68.12a	25:75
6.22b	15.86a	18.03c	33.05c	18.39c	63.01b	0:100

* بر اساس آزمون دانکن میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با هم ندارند.

* Means with the similar letters are not significantly different at 5% probability level based on Duncan Multiple Range Test.

کاربرد تیمارهای مختلف منابع فسفری تـأثیر مثبتـی در افـزایش کیفیت علوفه داشت و بیشترین تأثیر مربوط به تیمـار ۵۰ درصـد کـود فسفر زیستی (۵۰ گرم در هکتار) و ۵۰ درصد کود فسفر شیمیایی (۷۵ کیلوگرم در هکتـار) بـود، بـه طوریکـه اسـتفاده از ایـن ترکیـب کـود فسفری، میزان ADF را ۲/۹۸ درصد در مقایسه با شـاهد کـاهش داد (جدول ۴). شارما (Sharma, 2002) نیـز گـزارش داد کـه در نتیجـه کاربرد کود زیستی فسفر میزان فیبرهای شوینده اسیدی کاهش پیـدا کرد.

کربوهیدرات‌های محلول

کربوهیدرات‌های محلول که بخش عمده‌ای از کربوهیـدرات‌هـای غیرساختمانی را تشکیل داده، یکی از مهمتـرین اجـزاء تعیـین کننـده کیفیت علوفه است که وظیفه آن تامین انرژی بـرای میکروارگانیسـم-هـای شـکمبه و حفـظ سـلامت دسـتگاه گوارشـی دام مـی‌باشـد (Lithourgidis et al., 2006). نتایج حاصل نشان داد که (WSC)[1] به طور معنی‌داری تحت تـأثیر نسـبت‌هـای کشـت ($p \leq ۰/۰۱$)، کـود فسفری ($p \leq ۰/۰۵$) و برهمکنش آن‌ها ($p \leq ۰/۰۱$) قرار گرفت (جدول ۱). نتایج نشان داد که اجرای کشت مخلوط ذرت و خلر، سبب کاهش WSC در مقایسه با کشت خالص ذرت گردیـد و از ایـن نظـر تفـاوت معنی‌داری بین نسبت‌های مختلف مخلوط ذرت و خلر وجـود نداشـت (جدول ۳). نخ زری مقدم و همکـاران (Nakhzari-Moghadam et al., 2009) در بررسی کشت مخلوط ذرت و ماش سـبز بیـان داشـتند که خانواده غلات نسبت به لگوم‌ها کربوهیدارات قابـل حـل بیشـتری دارنـد، بنـابراین بـا افـزایش نسـبت خلـر در کشـت مخلـوط میـزان کربوهیدارت‌ها کاهش پیدا می‌کند. در این رابطه نتایجی مشابه توسط سـایر محققـین گـزارش شـده اسـت (Armstrong et al., 2008; Contreras-Govea et al., 2009).

اعمال تیمارهای کود فسفری بدون اختلاف معنی‌داری با یکدیگر، سبب افزایش جزئی WSC در مقایسـه بـا شـاهد شـدند (جـدول ۴). مهرورز و چای چی (Mehrvarz & Chaichi, 2008) با بررسی اثـر میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات و کـود شـیمیایی فسـفات روی کیفیت دانه و علوفه جو نشان دادند که کاربرد کود زیستی فسفر میزان کربوهیدرات‌های محلول با کاربرد کود شیمیایی فسفر افـزایش یافـت. در تحقیق حاضـر بیشـترین میـزان WSC در کشـت خـالص ذرت و کاربرد ۵۰ درصد کود فسفر زیسـتی (۵۰ گـرم در هکتـار) بعـلاوه ۵۰ درصد کود فسفر شیمیایی (۷۵ کیلـوگرم در هکتـار) و کمتـرین آن در کشت خالص خلر و شاهد حاصل شد (جدول ۵).

1- Water Soluble Carbohydrate

جدول ٤- اثر اصلی منابع فسفری بر ویژگی های کیفی علوفه ذرت و خلر

Table 4- The effect of Phosphorus resource on corn and grass pea forage quality characteristics

منابع فسفری Phosphorus resource	قابلیت هضم ماده خشک (درصد) Dry matter digestibility (%)	الیاف حاصل از شوینده اسیدی (درصد) Acid detergent fiber (%)	الیاف حاصل از شوینده خنثی (درصد) Neutral detergent fiber (%)	کربوهیدرات‌های کربن محلول در آب (درصد) Water soluble carbohydrate (%)	پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	خاکستر (درصد) Ash (%)
کود فسفر زیستی (۱۰۰ گرم در هکتار) Biological phosphorus fertilizer (100 g.ha^{-1})	64.12b*	23.30ab	38.11ab	21.23a	12.63ab	6.46a
کود فسفر شیمیایی (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) Chimical phosphorus fertilizer (150 g. ha^{-1})	63.02b	24.14ab	39.01a	22.32a	12.25b	6.72a
۵۰ درصد فسفر زیستی و ۵۰ درصد فسفر شیمیایی 50% biological phosphorus and 50% chimical phosphorus	66.55a	22.09b	35.37b	22.50a	12.93a	6.79a
شاهد Control	61.12c	25.07a	40.21a	20.10b	11.01c	6.84a

*بر اساس آزمون دانکن میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با هم ندارند.

* Means with the similar letters are not significantly different at 5% probability level based on Duncan Multiple Range Test.

استفاده توأم از کودهای زیستی وشیمیایی سبب افزایش جذب فسفر و در نتیجه انتقال مواد فتوسنتزی به دانه شده و در نتیجه WSC افزایش یافته است. نتایج مشابهی توسط مهرورز و چایچی (Mehrvarz & Chaichi, 2008) گزارش شده است.

باکتری‌های حل‌کننده فسفات باعث افزایش حلالیت فسفر غیرمحلول خاک و افزایش رشد گیاه و کمیت و کیفیت محصول تحت شرایط کمبود فسفر قابل دسترس خاک می‌شوند (Seilsepour et al., 2002) و استفاده از کودهای شیمیایی فسفره را کاهش می‌دهند (Vessey, 2003). مشخص شده است که باکتری‌های حل کننده فسفات علاوه بر کمک به جذب عنصر فسفر، موجب جذب سایر عناصر، کاهش بیماری‌ها و بهبود ساختمان خاک و در نتیجه تحریک رشد و افزایش کمّی و کیفی محصول می گردند (Mehrvarz & Chaichi, 2008).

پروتئین خام (CP)[1]

میزان پروتئین خام به طور معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) تحت تأثیر مکان نسبت‌های کشت ($p\leq$۰/۰۱) و کود فسفری ($p \leq$۰/۰۵) و اثر متقابل آن‌ها ($p\leq$۰/۰۱) قرار گرفت (جدول ۱) و میزان پروتئین در بردسیر ۳/۳۹ درصد بیشتر از کرمان بود (جدول ۲). از آنجا که میزان پروتئین خام به طور معمول در لگوم‌ها بیشتر از غلات می‌باشد (Ross et al., 2005)، بنابراین با توجه به رشد مطلوب‌تر و بیشتر خلر در بردسیر به دلیل شرایط آب و هوایی مناسب‌تر در مقایسه با کرمان، انتظار می‌رفت که میزان CP در بردسیر بیشتر از کرمان گردد. با کاهش نسبت ذرت و افزایش نسبت خلر در نسبت‌های مخلوط، تا رسیدن به ۱۰۰ درصد کشت خلر، عملکرد کیفی علوفه از طریق افزایش میزان CP افزایش یافت (جدول ۳) که علت این را می‌توان به خاطر بالا بودن درصد پروتئین خام خلر و کمتر بودن درصد فیبر آن در مقایسه با علوفه ذرت دانست. غلاف‌های تولید شده در خلر سبب افزایش میزان پروتئین خام شد. افزایش میزان پروتئین و کاهش میزان فیبر در نتایج (Reta et al., 2010) نیز مشاهده شده است. نتایج مطالعه محمدآبادی و همکاران (Mohammad Abadi et al., 2012) نیز نشان داد که شاخص‌های کیفی گیاه علوفه‌ای شنبلیله تحت تأثیر نوع کود آلی قرار گرفت.

نتایج تحقیقات حاکی از آن است که کشت مخلوط غلات و لگوم‌ها در مقایسه با کشت خالص غلات، باعث افزایش کیفیت علوفه از نظر میزان پروتئین خام در کشت‌های مخلوط یولاف–شبدر (Ross et al., 2005)، ذرت–لوبیا (Kevin et al., 2008) و ذرت–سویا (Carruthers et al., 2002) گردید.

استفاده از کودهای فسفری، به ویژه ترکیب کود فسفر زیستی و شیمیایی، میزان پروتئین خام را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داد (جدول ۴). نتایج مشابهی نیز توسط سایر محققان گزارش شده است (Yazdani et al., 2009; Mehrvarz & Chaichi, 2008). در کشاورزی متداول از کودهای فسفاته شیمیایی برای رفع کمبود فسفر خاک استفاده می‌شود، ولی در عمل در صد بالایی از کودهای مصرفی با یون های خاک ترکیب و به صورت غیر محلول یا غیر قابل جذب برای گیاه در می‌آیند (Rokhzadi et al., 2004; Peix et al., 2001). کاربرد باکتری‌های حل کننده فسفات، موجب افزایش حلالیت فسفر غیرمحلول، افزایش جذب فسفر، افزایش محتوای نیتروژن و پتاسیم در بافت‌های گیاهی و در نتیجه افزایش کمّی و کیفی عملکرد می‌گردد (Peix et al., 2001).

نتایج حاصل نشان داد بیشترین میزان پروتئین خام در کشت خالص خلر و کاربرد توأم کود فسفر شیمیایی و زیستی به میزان ۱۷/۹۱ درصد مشاهده شد، درحالی که کمترین آن در کشت خالص ذرت مشاهده شد که از این نظر تفاوتی بین کاربرد کود فسفری و تیمار شاهد وجود نداشت (جدول ۵).

درصد خاکستر

درصد خاکستر علوفه در واقع بیانگر مقدار مواد معدنی موجود در بافت‌های گیاهی می‌باشد (Hail et al., 2009). عناصر معدنی در علوفه به لحاظ اینکه در متابولیسم حیوان شرکت کرده و برای فعالیت سلول‌های بدن لازم می‌باشند، مهم هستند. عناصر معدنی می‌توانند در کیفیت علوفه مؤثر باشند (Sharma, 2002).

تأثیر مکان ($p\leq$۰/۰۵) و نسبت‌های مختلف کشت مخلوط ($p \leq$۰/۰۱) بر درصد خاکستر معنی‌دار بود (جدول ۱). کشت مخلوط ذرت– خلر باعث افزایش خاکستر دانه نسبت به کشت خالص ذرت و خلر گردید. حداکثر خاکستر حاصل بدون اختلاف معنی‌دار به میزان حدود ۷/۵۰ درصد مربوط به نسبت‌های مختلف کشت مخلوط بود. ده مرده و همکاران (Dahmardeh et al., 2010) نیز نتایج مشابهی را گزارش داده اند و اظهار داشتند که کشت مخلوط ذرت –لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) در مقایسه با خالص آن‌ها، از نظر درصد خاکستر باعث بهبود کیفیت علوفه ذرت گردید که این مسئله می‌تواند به دلیل جذب بهتر عناصر در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل نشان داد کشت خالص خلر میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) و الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) کمتر و پروتئین خام (CP) بیشتری نسبت به سایر نسبت‌های کشت داشته است. کشت مخلوط ذرت و خلر به دلیل علوفه‌ای با قابلیت

1- Crude Protein

هضم ماده خشک، پروتئین خام، هیدرات‌های محلول و درصد خاکستر بالاتر و الیاف شوینده خنثی و الیاف شوینده اسیدی کمتر نسبت به کشت خالص آن‌ها دارای کیفیت علوفه بالاتری بود. کاربرد کود زیستی فسفر توأم با کود فسفر شیمیایی، بهبود کیفیت علوفه را به همراه داشت که این می‌تواند به دلیل افزایش حلالیت فسفر غیر محلول و جذب فسفر در بافت‌های گیاهی در اثر استفاده از کود فسفر زیستی باشد.

جدول ۵- برهمکنش نسبت‌های مختلف کشت و منابع فسفری بر ویژگی‌های کیفی علوفه ذرت و خلر

Table 5- Intraction of different planting ratio and phosphorus resource on forage quality characteristics of corn and grass pea

پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	کربوهیدرات‌های محلول در آب (درصد) Water soluble carbohydrate (%)	قابلیت هضم ماده خشک (درصد) Dry matter digestibility (%)	ذرت نسبت‌های کشت خلر : (درصد) Proportion of grass pea: corn ratio (%)	منابع فسفری Phosphorus resource
13.42c	16.38g	59.10d*	0:100	شاهد Control
12.96d	17.91f	62.90c	25:75	
11.84d	18.66ef	63.18c	50:50	
10.71e	18.77ef	61.04c	75:25	
9.33f	19.61e	58.55d	100:0	
13.98bc	16.44g	66.18b	0:100	فسفر زیستی Biological phosphorus
12.94d	19.42e	65.95b	25:75	
11.51d	21.25d	66.08b	50:50	
10.41e	24.12b	66.00b	75:25	
9.44f	24.31b	63.81bc	100:0	
16.12a	18.68ef	63.88bc	0:100	فسفر شیمیایی Chimical phosphorus
13.34c	21.99cd	65.99b	25:75	
12.53d	22.97c	65.98b	50:50	
10.10f	23.85bc	66.00b	75:25	
10.03f	24.09b	63.31bc	100:0	
17.91a	18.24f	65.88b	0:100	۵۰٪ فسفر زیستی +۵۰٪ شیمیایی 50% biological phosphorus+ 50% chimical phosphorus
14.44b	21.13d	68.01a	25:75	
14.24b	21.54d	67.62a	50:50	
10.55e	21.90cd	68.00a	75:25	
9.49f	25.70a	66.05b	100: 0	

* بر اساس آزمون دانکن میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با هم ندارند.

* Means with the similar letters are not significantly different at 5% probability level based on Duncan Multiple Range Test.

منابع

1- Anonymous. 2010. http:// weather.ir.

2- Armstrong, K.L., Albrecht, K.A., Lauer, J.G., and Riday, H. 2008. Intercropping corn with lablab bean, velvet bean, and scarlet runner bean for forage. Crop Science 48: 371–379.

3- Azraf-Haq, A., Ahmad, R., and Mahmood, N. 2007. Production potential and quality of mixed sorghum forage under different intercropping systems and planting patterns. Pakistan Journal of Agronomy Science 39(2): 431-439.

4- Backiyavathy, M.R., and Vijayakumar, G. 2006. Effect of Vermicompost, Inorganic and Bio Fertilizer Application on Fodder Yield and Quality in Maize + Cowpea Intercropping System. 18th World Congress of Soil Science July 9-15. Philadelphia, Pennsylvania USA.

5- Boxton, D.R. 1996. Quality related characteristics of forage as influenced by plant environment and agronomic factors. Animal Feed Science Technology 59: 37- 49.

6- Carruthers, K., Prithviraj, B., Cloutier, D., Martin, R.C., and Smith, D.L. 2000. Intercropping corn with soybean, lupin and forages: yield component response. European Journal of Agronomy 12: 103–115

7- Coleman, S.E., and Moore, J.E. 2003. Feed quality and animal performance. Field Crops Research 84: 17- 29.

8- Contreras-Govea, R.E., Muckb, K., Armstronga, L., and Albrecht, K.A. 2009. Nutritive value of corn silage in mixture with climbing beans. Animal Feed Science and Technology Journal 150: 1-8.

9- Dahmardeh, M., Ghanbari, A., Seahsar, B., and Ramroudi, M. 2010. Effect of planting and harvest time on forage quality of corn grown in mixtures with Black Eye Beans. Iranian Journal of Agricultural Sciences 3: 633-642. (In

Persian with English Summary)
10- Dawo, M.I., Wilkinson, J.M., Sanders, F.E.T., and Pilbeam, D.J. 2007. The yield and quality of fresh and ensiled plant material from intercropping maize (*Zea mays*) and beans (*Phaseolus vulgaris*). Journal of Science Food Agriculter 87: 1391–1399.
11- Dileep Kumar, S.B., Berggren, I., and Martensson, A.M. 2001. Potential for improving pea production by coinoculation with Fluorescent Pseudomonas and Rhizobium. Plant and Soil 229: 25-34.
12- Eshgizadeh, H.R., Chaichi M. R., Ghalav and, A., Shabani, G., Azizi, K., Raeisi, H., and Papizadeh, A. 2008. Evaluation of annual medic and barley intercropping on forage yield and protein content in dry farming system. Iranian Journal of Pajouhesh and Sazandegi 75: 102-112. (In Persian with English Summary)
13- Francis, R., and Decoteau, D.R. 1993. Developing and effective southern pea and sweet corn intercropping system. Horticultural Technology 3: 178- 184.
14- Ghanbari, A. 2000. Intercropped wheat (*Triticum aestivum*) and bean (*Vicia faba*) as a low–input forage. PhD Thesis. Wye College, University of London.
15- Ghanbari, A., and Lee, H.C. 2003. Intercropped wheat (*Triticum aestivum*) and bean (*Vicia faba*.) as a whole-crop forage: effect of harvest time on forage yield and quality .Grass and Forage Science 58(1): 28- 36.
16- Hail. Y., Daci, M., and Tan, M. 2009. Evaluation of annual legumes and barley as sole crops and intercrop in spring frost conditions for animal feeding. Yield and quality. Journal Animal Advance 8(7): 1337- 1342.
17- Hemayati, S., Siadat, A., and Sadegh Zade, F. 2002. Evaluation of intercropping of two corn hybrids in different densities. Iranian Journal Agricultural Science 25: 73-87.
18- Jafari, A.A., Connolly, V., Frolich, A., and Walsh, E.K. 2003. A note on estimation of quality in perennial ryegrass by near infrared spectroscopy. Irish Journal of Agricultural and Food Research 42: 293- 299.
19- Kardage, Y. 2004. Forage yields, seed yields and botanical compositions of some legume–barley mixtures under rain fed condition in semi–arid regions of Turkey. Asian Journal of Plant Sciences 3: 295- 299.
20- Kevin, L., Kenneth, A., Albrecht, A., Lauer, J.G., and Riday, H. 2008. Intercropping corn with lablab bean, velvet bean, and scarlet runner bean for forage. Published in Crop Science 48: 371-379.
21- Kristensen, V.F. 1992. The production and feeding of whole– crop cereals and legumes in Denmark. In: Stark B.A., and Wilkinson J M., whole-crop cereals. Chalcome Publication, pp 21-37.
22- Lauriault, L.M., and Kirksey, R.E. 2004. Yield and nutritive value of irrigated winter cereal forage grass-legume intercrop in the southern high plains. USA. Agronomy Journal 96: 352-358.
23- Lazanyi, J. 2000. Grass pea and green manure effects in the great Hungarian plain. Lathyrus Lathyrism Newsletter 1: 28-30.
24- Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., Ohima, K.V., Dordas, C.A. and YIakoulaki, M.D. 2006. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. Field Crop Research 99: 106-113.
25- Mehrvarz, S., and Chaichi, M.R. 2008. Effect of Phosphate solubilizing microorganisms and phosphorus chemical fertilizer on forage and grain quality of barely (*Hordeum vulgare* L). American- Eurasian Journal Agricultural and Environmental Science 3: 855-860.
26- Mohammad Abadi, A.A., Rezvani Moghaddam, P., Fallahi, J., and Bromand Rezazadeh, Z. 2012. Effect of chemical and organic fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) forage. Agroecology 3(4): 491-499. (In Persian with English Summary)
27- Mohsen Abadi, G. 2006. Mixture of barley and vetch grown in various levels of nitrogen fertilizer use efficiency and environmental resources in rainfed and irrigated conditions. PhD Thesis in Agricultural Field Crop Ecology. Tehran University. (In Persian with English Summary)
28- Nakhzari-Moghadam, A., Chaichi M.R., Mazaheri, D., Rahimian Mashhadi, H., Majnoon hoseini, N., and Noorinia, A.A. 2009.The effects of corn and green gram intercropping on yield, LER and some quality characteristics of forage. Iranian Journal of Field Crops Reaserch 40(4): 151-159. (In Persian with English Summary)
29- Peix, A., Rivas-Boyere, A.A., and Mateos, P.F. 2001. Growth promotion of Chickpea and barley by a phosphate solubilizing strain of mesorhizobium mediterraneum under growth chamber conditions. Soil Biology and Biochemistry 33(1): 103-110.
30- Power, J.F. 1987. Legumes: Their potential role in agricultural production. American Jurnal of Alternative Agriculture. Available on the http://www.eap.mcgill.ca.
31- Reta Sanchez, D.G., Espinosa Silva, J.T., Palomo Gil, A., Serrato Corona, J.S., Cueto Wong, J.A., and Gaytan Mascorro, A. 2010. Forage yield and quality of intercropped corn and soybean in narrow strips. Spanish Journal of Agricultural Research 8(3): 713-721.
32- Roberts, C.A., Stuth, J., and Finn, P.C. 2003. NIRS applications in forages and feedstuffs. In: Roberts, C.A., Workman, J., Reeves, J. (Eds.), Near Infra-spectroscopy in Agriculture. Agronomy Monograph. 321. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
33- Rokhzadi, A., Asgharzadeh, A., and Drrish, F. 2004. Influnce of plant Growth. Promoting rhizobacteria on dry matter accumulation and yield of chikpea. American Eurasian, Journal Agricultural and Environmental Science 3:

253-257.
34- Ross, S.M., King, J.R., and Spanner, D. 2005. The productivity of oats and berseem clover intercrop. Primery growth characterictics and forage quality at four densities of oats. Journal British Grassland Society and Forage Science 60: 74-86.
35- Seilsepour, M., Baniani, E., and Kianirad, M. 2002. Effect of phosphate solubilizing microorganism (PSM) inreducing the rate of phosphate fertilizers application to cotton crop. Proceedings of the 15th International Meeting on Microbial Phosphate Solubilization Salamanca University, 16-19 July. Salamanca, Spain.
36- Sharma, A.K. 2002. Bio-fertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios Indian Publications 456 pp.
37- Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. Plant and Soil 255: 271-586.
38- Villegas, J., and Fortin, J.A. 2002. Phosphorus solubilization and pH changes as result of the intractions between soil bacteria and arbuscular mycorrizal fungi on a mediam containing NO_3 as nitrogen source. Canadian Journal of Botany 80: 571-576.
39- Yazdani, M., Bahmanyar, M.A., Pirdashti, H., and Esmaili, M.A. 2009. Effect of phosphate solubilization microorganisms (PSM) and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.). Proceedings of World Academy of Sciences, Engineering and Technology pp. 2070-3740.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۱، ص. ۷۳-۶۳

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 1, Spring 2012, p. 63-73

ارزیابی واکنش گندم دیم (*Triticum aestivum* L.) رقم آذر ۲ به همزیستی با قارچ‌های میکوریزای آربوسکولار و شبه میکوریزا در سطوح مختلف تنش خشکی

یاسر یعقوبیان[۱]، همت اله پیردشتی[۲*]، ابراهیم محمدی گل‌تپه[۳]، ولی فیضی اصل[۴] و عزت‌اله اسفندیاری[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۳/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۵/۲۹

چکیده

به منظور بررسی اثر قارچ‌های میکوریزای آربوسکولار (*Glomus mossea*) و شبه‌میکوریزا (*Piriformospora indica*) بر عملکرد و اجزای عملکرد و بعضی صفات مورفولوژیکی گندم (*Triticum aestivum* L.) (رقم آذر ۲) در شرایط کم‌آبی، آزمایشی گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با چهار تکرار در گلخانه موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور در بهار ۱۳۸۹ به اجرا در آمد. تیمارها شامل تنش خشکی در سه سطح (رطوبت FC، ۵- و ۱۰- بار) و همزیستی قارچی در چهار سطح (شاهد، قارچ میکوریزا، شبه‌میکوریزا و تلقیح همزمان دو قارچ) بود. نتایج نشان داد که اثر ساده تنش خشکی باعث کاهش معنی‌داری در وزن هزار دانه، ضریب تبدیل، درصد باروری سنبلچه، ارتفاع بوته، طول پدانکل، طول بیرون‌آمدگی پدانکل و طول سنبله و همچنین درصد کلونیزاسیون ریشه شد، ولی تراکم دانه در سنبله را به صورت معنی‌داری افزایش داد. تیمارهای قارچی نیز بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده به جز شاخص برداشت و وزن هزار دانه و درصد تلقیح ریشه اثر مثبت معنی‌داری ($p\leq۰/۰۱$) داشت که بهترین تیمار قارچی مربوط به تلقیح همزمان دو قارچ بود. اثر متقابل رطوبت و قارچ بر عملکرد بوته ($p\leq۰/۰۱$)، عملکرد بیولوژیک ($p\leq۰/۰۵$)، تعداد سنبله ($p\leq۰/۰۱$) و تعداد دانه ($p\leq۰/۰۵$) در بوته معنی‌دار بود که در همه آنها همزیستی قارچی در سطوح مختلف رطوبتی اثر مثبت داشت. در میان تیمارهای قارچی تلقیح همزمان دو قارچ بیشترین اثر مثبت را بر صفات مورد مطالعه داشته و می‌تواند برای شرایط تنش و بدون تنش مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: درصد کلونیزاسیون، عملکرد، صفات مورفولوژیک

مقدمه

تنش‌های محیطی مهمترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد محصولات کشاورزی در سطح جهان هستند (Kafi & Mahdavi Damghani, 2003). تنش خشکی یکی از مهمترین تنش‌های محیطی است که همراه با فقر عناصر غذایی خاک در بسیاری از مناطق نیمه‌خشک جهان باعث محدودیت تولید گیاهان زراعی از جمله گندم (*Triticum aestivum* L.) می‌شود، در این مناطق بیشتر گندم‌ها در شرایط دیم رشد می‌کنند که در هر زمان از دوره رشد ممکن است با خشکی مواجه شوند (Al-Karaki, 1997).

نتایج برخی مطالعات نشان داد که تلقیح خاک با قارچ‌های میکوریزا بخصوص در صورت نبود میکوریزای بومی می‌تواند موجب بهبود تغذیه‌ی گیاه شود (Al-karaki, 1997). قارچ‌های میکوریزای آرباسکولار[۶] (AM) در بین میکروارگانیسم‌هایی که محیط ریزوسفر را اشغال می‌کنند منحصر به فرد بوده (Hu & Schmidhalter, 1998) و با ایجاد رابطه همزیستی با ریشه اغلب گیاهان زراعی موجب افزایش جذب عناصر غذایی مثل فسفر و برخی عناصر کم مصرف، افزایش جذب آب، کاهش تأثیر منفی تنش‌های محیطی و افزایش مقاومت در برابر عوامل بیماریزا شده و سبب بهبود در رشد و عملکرد گیاهان میزبان در سیستم‌های کشاورزی پایدار می‌شوند (Sharma, 2002). برای مثال، در گیاه پیاز (*Allium cepa* L.) همزیستی با قارچ میکوریزای *G. macrocarpum* ماده‌ی خشک آن را پنج تا شش برابر نسبت به گیاهان غیرمیکوریزی افزایش داد (Thomas et

۱، ۲، ۳، ۴ و ۵- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، استاد گروه بیماری شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، مربی موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه مراغه
(*- نویسنده مسئول: E-mail: pirdasht@yahoo.com)

6-Arbuscular Mycorrhiza

(Al-Karaki & Hammad, 2001 ,al., 1986) الکراکی و حمد در گیاه گوجه فرنگی (*Lycopersicum esculentum* L.) و گیری و موکرجی (Giri & Mukerji, 2004) در گونه‌های مختلف سزبانیا (*Sesbania aegyptiaca* Poir. و *S. gradiflora* L.) نیز بهبود عناصر غذایی از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم را در حضور میکوریزا گزارش نمودند.

میکوریزایی شدن نه تنها رشد گیاه و جذب مواد معدنی را افزایش می‌دهد، بلکه ممکن است در شرایط خشکی مقاومت بالایی را نیز به گیاه القاء کند (Beltrano & Ronaco, 2008). همچنین این قارچها می‌توانند بر تعادل آبی گیاه در هر دو شرایط تنش و بدون تنش اثر بگذارند (Auge, 2001) و حتی تأثیر آنها در شرایط تنش افزایش می‌یابد (Abo-Galia & Khalafollah, 2008). سانگ (Song, 2005) همبستگی بالایی را بین وضعیت تغذیه‌ای گیاه و مقاومت به خشکی آن در حضور میکوریزا گزارش کرد، ولی گزارشات دیگر نشان می‌دهد که اثرات قارچهای AM روی روابط آبی گیاه میزبان می‌تواند مستقل از وضعیت تغذیه‌ای فسفر باشد (Belthenfalvay et al., 1998)، به طوریکه حتی وقتی گیاهان میکوریزی و غیرمیکوریزی وضعیت فسفر مشابهی دارند رشد گیاهان میکوریزی بیش از گیاهان غیرمیکوریزی است (Feng et al., 2002; Rabie & Almadini, 2005; Mansoori & Ahmadi moghadam, 2007). این موضوع نشان می‌دهد که مزیت AM برای رشد گیاه تنها به دلیل افزایش جذب فسفر نیست. رویزلوزانو و همکاران (Ruiz-Lozano et al., 1996) نیز نتیجه گرفتند که مکانیسم‌هایی که باعث بهبود رشد گیاه در تنش می‌شوند بیشتر بر اساس فرایندهای فیزیولوژیکی هستند تا جذب عناصری مانند نیتروژن یا فسفر. در همین زمینه نتایج تحقیقات نیز نشان می‌دهد که اصلاح روابط آبی گیاه توسط قارچهای AM می‌تواند به واسطه افزایش هدایت روزنه‌ای و تعرق، اثرات هورمونی و تعادل هورمونی، افزایش سریع جذب آب و رساندن پتانسیل گیاه به حد تعادل، جذب بیشتر آب به واسطه هیف‌ها و خاکدانه‌سازی تحت تأثیر قرار گیرد (Manafi, 2010). همزیستی میکوریزایی اغلب منجر به ایجاد تغییراتی در سرعت حرکت آب به داخل، سراسر و یا خارج گیاه میزبان می‌گردد و بر آبگیری بافت و فعالیت‌های فیزیولوژیکی برگ تأثیر گذاشته (Auge, 2001) و می‌تواند سطح جذب ریشه را حدود ۴۷ برابر افزایش دهد (Smith & Read, 1997). سفیر و همکاران (Safir et al., 1972) نیز گزارش کردند که اثر اصلی میکوریزا در گیاه میزبان به علت کاهش مقاومت به انتقال آب در ریشه است.

علاوه بر قارچهای میکوریزای آربوسکولار، بعضی از قارچهای خانواده سباسیناسه[1] نیز می‌توانند نقش میکوریزا را برای گیاه بازی کرده و باعث افزایش رشد رویشی گیاه شوند. قارچهای *Piriformospora indica* (Verma et al., 1998) به همراه *Sebacina vermifera* Sencu (Warcup & talbot, 1967) جزو این خانواده می‌باشند که به گروه قارچهای بازیدیومیست‌ها[2] تعلق دارند (Kharkwal et al., 2007; Kumar et al., 2010; Sun et al., 2010) و از آنجایی که مانند قارچهای AM همزیست داخلی ریشه هستند و ویژگی‌های آنها را تقلید می‌کنند (Kharkwal et al., 2007; Lugtenberg & Kanilova, 2009)، به عنوان قارچهای شبه‌میکوریزا[3] شناخته می‌شوند (Baldi et al., 2008). این قارچها برخلاف میکوریزای‌آربوسکولار همزیست اختیاری هستند و می‌توانند به راحتی در محیط‌های کشت مصنوعی مختلف بدون نیاز به گیاه میزبان کشت شوند و این یکی از مهمترین مزیت‌های آنها نسبت به AM به شمار می‌رود (Varma et al., 2001).

قارچ *P. indica* نیز با ریشه بسیاری از گونه‌های گیاهی همزیستی داشته و رشد رویشی و عملکرد آنها را افزایش می‌دهد (Oelmulder et al., 2009)، همچنین باعث افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی زنده و غیرزنده از قبیل خشکی (Sun et al., 2010)، شوری (Waller et al., 2005; Baltruschat et al., 2008) و بیماری‌ها (Kumar et al., 2009; Ghahfarokhi & Goltapeh, 2010) می‌شود.

بنابراین این تحقیق با هدف بررسی اثرات قارچهای میکوریزا و شبه میکوریزا در مقاومت به خشکی گندم دیم و همچنین مقایسه اثرات این قارچها در تلقیح جداگانه و همزمان با یکدیگر اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلخانه مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور در بهار سال ۱۳۸۹ به صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با چهار تکرار به اجرا درآمد. تیمارها شامل ۱) تنش خشکی در سه سطح شامل رطوبت FC، تنش ملایم رطوبتی (۵- بار) و تنش شدید رطوبتی (۱۰- بار)، ۲) همزیستی قارچی در چهار سطح شامل بدون تلقیح قارچ (شاهد)، قارچ میکوریزای آربوسکولار گونه *Glomus mossea* (AM)، قارچ شبه‌میکوریزا گونه *Piriformospora indica* (ML) و تلقیح همزمان دو قارچ (AM+ML) بود. گلخانه مورد نظر دارای نور طبیعی و درجه حرارت ۱۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد بود.

جدایه قارچ *P. indica* از بخش بیماری شناسی دانشگاه تربیت مدرس تهیه شده و در محیط کشت کفر[4] (Sherameti et al.,

1- Sebacinaceae

2- Basidiomycota
3- Arbuscular Mycorrhiza-Like Fungi
4- Kaefer

(2005 در پتریدیش به مدت دو هفته کشت گردید سپس به محیط کشت مایع منتقل و به مدت دو هفته در انکوباتور با دمای ۲۵-۲۰ درجه سانتی‌گراد و ۵۰ دور (rpm) در تاریکی قرار داده شد. برای تلقیح، ۱۰ میلی لیتر از محیط کشت حاوی تعداد زیادی از قطعات قارچ به قطر حدود شش میلی‌متر، در هر گلدان استفاده شد.

در قارچ *G. mossea* از اسپورهای داخل خاک و قطعات ریشه تازه تلقیح شده ذرت به عنوان مایه تلقیح استفاده شد که در هر گرم آن حدود ۱۰۰ عدد اسپور وجود داشت. برای هر گلدان ۵۰ گرم مایه تلقیح استفاده گردید. در گلدان‌های بدون میکوریزا نیز ۵۰ گرم مایه تلقیح اتوکلاو شده اضافه شد. قارچ‌ها به صورت خطی در سه سانتی-متری زیر بذر قرار گرفتند.

خاک مورد استفاده حاوی نسبت ۱:۲ خاک مزرعه و ماسه بود (مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ آورده شده است). خاک پس از الک کردن کاملاً مخلوط و به مدت ۴۸ ساعت در ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد (بدون استفاده از فشار هوا) استریل شد (Kungu et al., 2008). برای این آزمایش گلدان‌هایی با قطر ۲۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و در هر گلدان از ۱/۵ گیلوگرم سنگ‌ریزه ضدعفونی شده با هیپوکلریت سدیم دو درصد (برای زهکشی مناسب) و ۱۰ کیلوگرم خاک آون خشک استفاده گردید.

بذور گندم پاییزه رقم آذردو از بخش غلات مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور تهیه شد. بذور ابتدا با هیپوکلرید سدیم یک درصد به مدت ۱۰ دقیقه ضدعفونی شدند (Gong et al., 2005) و سپس به مدت ۴۵ روز در دمای سه تا چهار درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند تا ورنالیزه شوند. بذور پس از ورنالیزه شدن در عمق دو سانتی-متری داخل گلدان‌ها کشت شدند. در داخل هر گلدان ۱۵ بذر کشت شد که در مرحله سه برگی به ۱۰ بوته کاهش یافت.

آبیاری گلدان‌ها تا شروع مرحله گلدهی به طور روزانه و به صورت وزنی انجام گرفت، در شروع مرحله گلدهی تیمارهای رطوبتی با کاهش آب آبیاری تا حدی که پتانسیل رطوبت خاک به مقدار مورد نظر (ظرفیت زراعی[1] (FC)، ۵- و ۱۰-) برسد، اعمال شد. برای تعیین درصد رطوبت خاک در هر سطح رطوبتی از دستگاه صفحه فشار استفاده شد.

پس از رسیدگی فیزیولوژیکی گیاه، هر ۱۰ بوته گلدان کف‌بر شده و صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد (عملکرد بوته، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، وزن هزار دانه، تعداد دانه در بوته، تعداد سنبله، شاخص برداشت سنبله، درصد باروری سنبلچه و تراکم دانه در سنبله) و صفات مورفولوژیک (ارتفاع بوته، طول پدانکل و طول بیرون‌آمدگی پدانکل (اکستراژن[2]) و طول سنبله) و همچنین درصد تلقیح ریشه اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در درجه حرارت ۷۲ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شدند.

برای مطالعه همزیستی، قطعات یک سانتی‌متری رشد گندم در محلول KOH ۱۰ درصد به مدت هفت دقیقه رنگ‌بری شده و سپس با استفاده از محلول پنج درصد جوهر و سرکه رنگ‌آمیزی شد (Vierheilig et al., 1998). برای اندازه‌گیری درصد کلونیزاسیون ریشه، ۴۰ قطعه یک سانتی‌متری از ریشه‌های رنگ‌آمیزی شده روی لام قرار داده شدند و با استفاده از میکروسکوپ نوری درصد کلونیزاسیون اندازه‌گیری شد (Norris et al., 1992). برای قارچ *G. mossea* درصد حضور آرباسکول، وزیکول و میسیلیوم‌های قارچی (Kohler et al., 2009b) و برای قارچ *P. indica* توزیع کلامیدوسپورها (Varma et al., 1999) در طول ریشه به عنوان معیار برای اندازه‌گیری درصد کلونیزاسیون در نظر گرفته شدند.

داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم افزار آماری GenStat Ver 12.0 تجزیه و میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار[3] (LSD) در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد

بر اساس جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر ساده رطوبت بر تمامی صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد به جز شاخص برداشت معنی‌دار بود که این معنی‌داری برای تراکم دانه در سنبله در سطح پنج درصد و برای سایر صفات در سطح یک درصد بود. همچنین تیمار ساده قارچ نیز بر تمامی صفات به جز شاخص برداشت و وزن هزار دانه اثر معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۱$) داشت.

بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳) افزایش تنش خشکی از FC به ۱۰- بار باعث کاهش وزن هزار دانه، شاخص برداشت سنبله و درصد باروری سنبلچه گندم شد که این کاهش برای صفات مذکور به ترتیب حدود ۲۷، شش و چهار درصد بوده و در این میان وزن هزار دانه بیشترین حساسیت را به کاهش رطوبت نشان داد. برخلاف صفات مذکور افزایش تنش خشکی اثر مثبت معنی‌داری بر تراکم دانه در سنبله، داشت، به طوری که در تیمار رطوبتی ۱۰- بار نسبت به FC حدود نه درصد افزایش نشان داد که این افزایش می‌تواند ناشی از کاهش بیشتر طول سنبله نسبت به تعداد دانه در سنبله در اثر تنش خشکی و به عبارت دیگر، حساسیت بیشتر طول سنبله در مقایسه با تعداد دانه در سنبله نسبت به تنش خشکی

1- Field Capacity
2- Extrogen
3- Least Significant Difference

باشد که در نهایت افزایش تراکم بذر در طول سنبله را درپی داشت.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Physicochemical characteristics of soil

بافت خاک Soil Texture	رس Clay	سیلت Silt	شن Sand	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس‌برمتر) EC ($dS.m^{-1}$)	درصد اشباع (درصد) SP (٪)
	(درصد) (٪)				(پی پی ام) (ppm)				
شنی لومی	14	17	69	0.04	4.8	251	7.40	0.11	35

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر رطوبت و میکوریزا بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم

Table 2- Analysis of variance for effect of moisture and fungi on wheat yield and yield components

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biologic yield	شاخص برداشت Harvest index	وزن هزار دانه 1000-grain weight
رطوبت Moisture	2	1.79^{**}	11.41^{**}	93.11^{ns}	853.82^{**}
قارچ Fungi	3	0.63^{**}	3.45^{**}	119.39^{ns}	47.90^{ns}
رطوبت × قارچ Moisture × fungi	6	0.17^{**}	1.48^{*}	160.64^{ns}	127.38^{ns}
خطای آزمایشی Error	36	0.29	2.95	699.31	371.90
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	14.90	18.00	11.50	9.80

^{ns}، * و ** به ترتیب، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

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

ادامه جدول ۲

Table 2- continued

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	تعداد دانه در بوته No. of grain/plant	تعداد سنبله No. of spike	شاخص برداشت سنبله Harvest index of spike	درصد باروری سنبلچه Spikelet fertility percentage	تراکم دانه در سنبله Density of grains/spike
رطوبت Moisture	2	625.81^{**}	1.49^{**}	151.65^{**}	78.22^{**}	0.311^{*}
قارچ Fungi	3	710.94^{**}	0.23^{**}	143.72^{*}	444.26^{**}	3.60^{**}
رطوبت × قارچ Moisture × fungi	6	75.25^{*}	0.34^{**}	58.21^{ns}	82.28^{ns}	0.55^{ns}
خطای آزمایشی Error	36	170.56	0.59	433.36	266.62	1.57
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	11.90	10.70	5.00	3.50	8.90

^{ns}، * و ** به ترتیب، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

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

تلقیح قارچ میکوریزا و شبه‌میکوریزا اثر معنی‌داری بر وزن هزار دانه نداشت، ولی اثر آن بر شاخص برداشت سنبله ($p\leq ۰/۰۵$)، درصد باروری سنبلچه ($p\leq ۰/۰۱$) و تراکم دانه در سنبله ($p\leq ۰/۰۱$) معنی‌دار بود (جدول ۲) که در هر سه این صفات استفاده همزمان دو قارچ میکوریزا و شبه میکوریزا (AM+ML) بیشترین اثر مثبت را داشت که تفاوت معنی‌داری با تلقیح قارچ میکوریزا (AM) نداشت، ولی

اختلاف آنها با شاهد (به جز در شاخص برداشت سنبله) معنی‌دار بود. شاخص برداشت سنبله در تیمار تلقیح قارچ شبه‌میکوریزا به صورت معنی‌داری (p≤۰/۰۵) از دو تیمار قارچی دیگر (میکوریزا و تلقیح همزمان دو قارچ) کمتر بود (جدول ۳).

با توجه به نتایج، اثر متقابل رطوبت و قارچ بر صفات عملکرد بوته (p≤۰/۰۱)، عملکرد بیولوژیک (p≤۰/۰۵)، تعداد دانه در بوته (p≤۰/۰۵) و تعداد سنبله در بوته (p≤۰/۰۱) معنی‌دار بود (جدول ۲). عملکرد بوته با افزایش پتانسیل رطوبتی به صورت معنی‌داری در تیمارهای قارچی تیمار شاهد کاهش یافت. در همه سطوح رطوبتی تلقیح قارچ میکوریزای آربوسکولار باعث افزایش عملکرد بوته نسبت به شاهد شد که این افزایش در ۵- بار معنی‌دار نبود. قارچ شبه-میکوریزا با اینکه عملکرد بوته را افزایش داد، ولی این افزایش در هیچ یک از سطوح رطوبتی معنی‌دار نبود و در میان تیمارهای قارچی تلقیح همزمان دو قارچ بیشترین اثر مثبت را بر عملکرد داشته و در تمام سطوح رطوبتی به جز سطح ۵- بار باعث افزایش معنی‌دار (p≤۰/۰۵) عملکرد بوته نسبت به شاهد و تیمار شبه‌میکوریزا شد که این افزایش در سطح رطوبتی FC نسبت به تلقیح جداگانه میکوریزا نیز معنی‌دار بود (شکل ۱). ابوقلیا و خلف الله (Abo-Ghalia & Khalafallah, 2008) نیز نتایج مشابهی را در مورد تلقیح گندم توسط تلفیقی از گونه‌های مختلف قارچ میکوریزای آربوسکولار در شرایط مختلف رطوبتی گزارش کرده‌اند.

عملکرد بیولوژیک نیز با افزایش تنش خشکی به صورت معنی-داری کاهش یافت. تلقیح قارچ بر عملکرد بیولوژیک نیز اثر مثبت داشت که این نتایج با نتایج بلترانو و رونکو (Beltrano & Ronco, 2008) همخوانی دارد. وو و ژیا (Wu & Xia, 2006) و وو و همکاران (Wu et al., 2008) نیز نتیجه گرفتند که گیاهچه‌های میکوریزایی نارنگی (*Citrus tangerine* L.) و نارنج سه برگ (*Poncirus trifoliate* L.) هم در شرایط رطوبتی مناسب و هم تحت شرایط تنش خشکی به صورت قابل‌توجهی رشد رویشی بیشتری نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی داشتند. تلقیح قارچ میکوریزا در تمام سطوح رطوبتی باعث افزایش عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد شد که این افزایش تنها در تیمار رطوبتی FC معنی‌دار بود. تلقیح قارچ شبه‌میکوریزا در هیچ یک از سطوح رطوبتی تفاوت معنی-داری با شاهد نداشت، ولی تلقیح همزمان دو قارچ در تمام سطوح رطوبتی به جز ۵- بار باعث افزایش معنی‌داری در عملکرد بیولوژیک بوته شد. ابوقلیا و خلف الله (Abo-Ghalia & Khalafallah, 2008) نیز در تحقیقی که در مورد تلقیح گندم توسط تلفیقی از گونه‌های مختلف قارچ میکوریزای آربوسکولار در شرایط مختلف رطوبتی انجام دادند دریافتند که همزیستی میکوریزایی در شرایط مطلوب رطوبتی و تنش خشکی می‌تواند رشد رویشی و زایشی گیاه را افزایش دهد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات ساده رطوبت و تلقیح با قارچ بر اجزای عملکرد گندم

Table 3- Mean comparison of single effect of moisture and Fungi inoculation on wheat yield components

منابع تغییر S.O.V.	تراکم دانه در سنبله (سانتی‌متر) Density of grains/spike (cm)	درصد باروری سنبلچه Spikelet fertility (٪)	شاخص برداشت سنبله (درصد) Harvest index of spike (٪)	وزن هزار دانه (گرم) 1000-grain weight (g)
		رطوبت Moisture		
ظرفیت زراعی FC	2.25[b]*	79.68[a]	71.84[a]	37.45[a]
-5	2.31[ab]	77.82[ab]	70.50[a]	33.48[b]
-10	2.45[a]	76.57[b]	67.58[b]	27.21[c]
		قارچ Fungi		
شاهد Control	1.96[c]*	74.01[c]	69.28[ab]	34.11[a]
AM	2.55[a]	80.07[a]	71.18[a]	31.63[a]
ML	2.21[b]	76.29[b]	67.49[b]	33.21[a]
AM+ML	2.64[a]	81.73[a]	71.95[a]	31.92[a]

*در هر ستون و برای هر تیمار میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

* Means in each column and for each treatment followed by similar letter(s) have not significantly different at 5% probability level.

به‌طور کلی، در میان تیمارهای قارچی، گیاهانی که به صورت همزمان با هر دو قارچ همزیستی داشتند بیشترین عملکرد بیولوژیک را دارا بودند. در بین تیمارهای قارچی، عملکرد بیولوژیک گیاهان تلقیح شده با قارچ شبه‌میکوریزا کمتر از تیمارهای میکوریزایی و تلقیح همزمان دو قارچ بود (شکل ۲) که این نتیجه با نتایج سینگ و وارما (Singh & Varma, 2005) مطابقت ندارد، ولی با توجه به کلونیزاسیون کمتر ریشه گیاه توسط این قارچ نسبت به دو تیمار قارچی دیگر طبیعی به نظر می‌رسد، زیرا القای رشدی قارچ رابطه

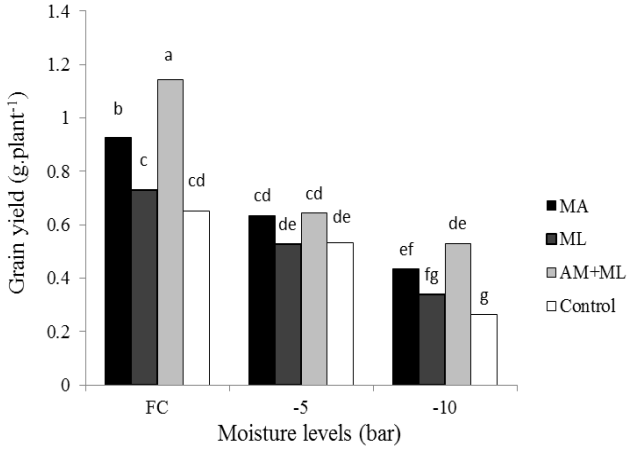
مستقیمی با درصد کلونیزاسیون آن دارد (Al-Karaki & Al-Raddad, 2005).

افزایش پتانسیل رطوبتی خاک باعث کاهش معنی‌داری در تعداد سنبله در بوته شد که تیمار تلقیح همزمان دو قارچ میکوریزا و شبه-میکوریزا بیشترین حساسیت را نسبت به تنش خشکی نشان داده و بیشتر از سایر تیمارهای قارچی (حدود ۳۸ درصد) کاهش یافت. در سطح رطوبتی FC تنها تلقیح همزمان دو قارچ باعث افزایش معنی-داری در تعداد سنبله بوته نسبت به شاهد و سایر تیمارهای قارچی شد که این افزایش حدود ۳۹ درصد بود. در سایر سطوح رطوبتی تیمارهای قارچی اختلاف معنی‌دای با شاهد و یکدیگر نداشتند (شکل ۳).

با توجه به نمودار اثر متقابل (شکل ۴) افزایش تنش خشکی، تعداد دانه کل بوته را نیز به صورت معنی‌داری کاهش داد، با این حال همزیستی قارچی اثر مثبت بر تعداد دانه در بوته داشته و باعث افزایش آن شد. تعداد دانه بوته در سطح رطوبتی ۱۰- بار با تلقیح قارچ شبه-میکوریزا به صورت معنی‌داری افزایش یافت، ولی در کل اثر مثبت این قارچ از دو تیمار قارچی دیگر کمتر بود، به طوری که تلقیح جداگانه قارچ میکوریزا و همچنین تلقیح همزمان آن با قارچ شبه میکوریزا در تمام سطوح رطوبتی اثر مثبت معنی‌داری نسبت به شاهد داشت. در هر سه سطح رطوبتی تلقیح همزمان دو قارچ بیشترین اثر مثبت را به همراه داشت و بیشترین اثر مثبت آن (۸۶ درصد) در تیمار رطوبتی ۱۰- بار (تنش شدید رطوبتی) بود. با توجه به اینکه در تعداد سنبله بوته در سطح رطوبتی ۱۰- بار بین تیمارهای قارچی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، بدین ترتیب، می‌توان چنین نتیجه گرفت که افزایش ۸۶ درصدی تعداد دانه در بوته ناشی از افزایش تعداد دانه در سنبله بوده است.

صفات مورفولوژیک

با توجه به جدول تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک (جدول ۴)، اثرات ساده رطوبت و قارچ بر صفات ارتفاع بوته، طول پدانکل، طول بیرون‌آمدگی پدانکل و طول سنبله معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. به طوریکه تمامی این صفات با افزایش تنش خشکی از FC به ۱۰- بار کاهش نشان دادند.



شکل ۱- اثر متقابل رطوبت و قارچ بر عملکرد دانه گندم

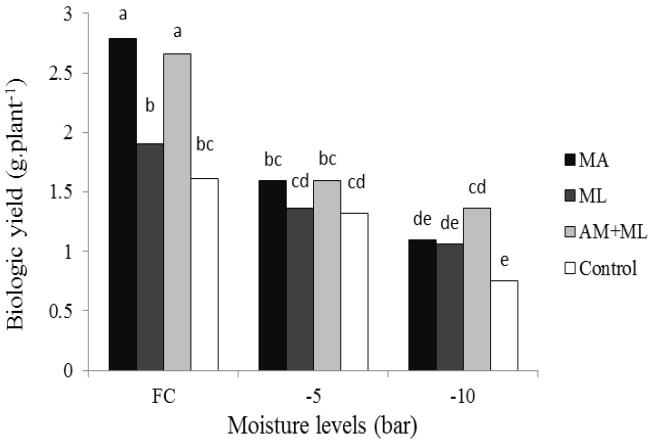
Fig. 1- Interaction effect between water stress and fungi on grain yield of wheat

AM: میکوریزای آربوسکولار و ML: شبه‌میکوریزا

میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

AM: Arbuscular Mycorrhiza and ML: Mycorrhiza-Like

Means followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level by LSD test.



شکل ۲- اثر متقابل رطوبت و قارچ بر عملکرد بیولوژیک بوته گندم

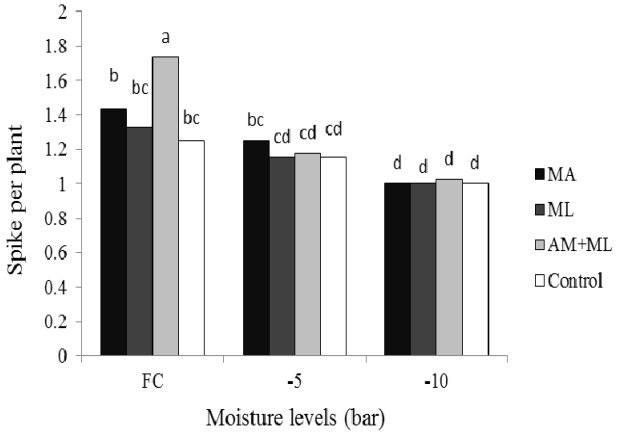
Fig. 2- Interaction effect between water stress and Fungi on biologic yield of wheat

AM: میکوریزای آربوسکولار و ML: شبه‌میکوریزا

میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

AM: Arbuscular Mycorrhiza and ML: Mycorrhiza-Like

Means followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level by LSD test.



شکل ۳- اثر متقابل رطوبت و همزیستی قارچ بر تعداد سنبله در بوته

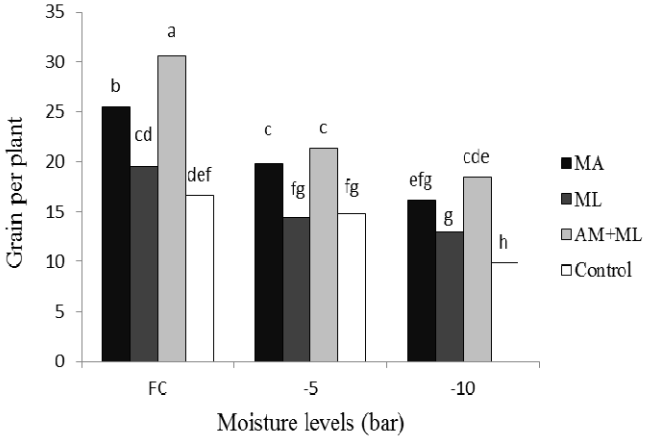
Fig. 3- Interaction effect of water stress and fungi on spike number in plant

AM: میکوریزای آربوسکولار و ML: شبه‌میکوریزا

میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

AM: Arbuscular Mycorrhiza and ML: Mycorrhiza-Like

Means followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level by LSD test.



شکل ٤- اثر متقابل رطوبت و همزیستی قارچ بر تعداد دانه در بوته

Fig. 4- Interaction effect of water stress and fungi on grain number in plant

AM: میکوریزای آربوسکولار و ML: شبه‌میکوریزا

میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

AM: Arbuscular Mycorrhiza and ML: Mycorrhiza-Like

Means followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level by LSD test.

جدول ٤- تجزیه واریانس اثر رطوبت و میکوریزا بر صفات مورفولوژیکی گندم

Table 4- Analysis of variance for effect of moisture and Fungi morphological characteristic of wheat

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant high	طول پدانکل Peduncle length	طول بیرون آمدگی پدانکل Extrusion length	طول سنبله Spike length
رطوبت Moisture	2	2758.12**	1460.21**	12088.53**	1.089**
قارچ Fungi	3	759.14**	161.81**	68.11**	3.703**
رطوبت × قارچ Moisture × fungi	6	232.43ns	21.37ns	9.82ns	0.683ns
خطای آزمایشی Error	36	744.65	199.36	154.86	2.315
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	–	6.60	8.40	15.50	4.00

*در هر ستون و برای هر تیمار میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

* Means in each column and for each treatment followed by similar letter(s) have not significantly different at 5% probability level.

در میان صفات مورفولوژیک طول بیرون‌آمدگی پدانکل (۶۶ درصد) و طول سنبله (۵/۶ درصد) به ترتیب بیشترین و کمترین کاهش را نسبت به FC نشان دادند (جدول ۵) که حاکی از حساسیت بالای طول بیرون‌آمدگی پدانکل به تنش خشکی می‌باشد و می‌توان علت آن را رشد این قسمت از ساقه در زمان گلدهی گیاه که همزمان با اعمال تیمار رطوبتی می‌باشد، دانست. در بین تیمارهای قارچی تلقیح همزمان دو قارچ میکوریزا و شبه میکوریزا و همچنین تلقیح قارچ میکوریزای آربوسکولار باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، طول پدانکل و طول بیرون‌آمدگی پدانکل نسبت به شاهد و تیمار شبه میکوریزایی شد (جدول ۵). همانند تیمار رطوبتی، در تیمار قارچی نیز طول بیرون‌آمدگی پدانکل با ۲۳ درصد افزایش نسبت به شاهد حساسیت بیشتری نسبت سایر صفات نشان داد. طول سنبله نیز در تلقیح همزمان دو قارچ و تلقیح جداگانه قارچ میکوریزا نسبت به شاهد و تلقیح قارچ شبه‌میکوریزا افزایش معنی‌داری نشان داد که بیشترین

طول سنبله مربوط به تیمار تلقیح همزمان دو قارچ بود و با قارچ میکوریزا تفاوت معنی‌داری داشت. در میان این صفات نیز طول پدانکل (r=۰/۸۴**) بیشترین همبستگی را با عملکرد بوته داشت (شکل ۸). اثرات مثبت همزیستی میکوریزا و شبه میکوریزایی در رشد رویشی و عملکرد گیاه می‌تواند به علت بهبود جذب فسفر و افزایش جذب آب به وسیله هیف‌های قارچی و همچنین افزایش تراکم و طول ریشه گیاه، بخصوص در شرایط تنش خشکی باشد (Abo-Ghalia & Khalafallah, 2008). اثر مثبت همزیستی قارچی بر رشد رویشی گیاه با نتایج بلترانو و رونکو (Beltrano & Ronco, 2008) همخوانی دارد.

با توجه به جدول تجزیه واریانس، اثرات ساده تنش خشکی و تیمارهای قارچی بر درصد همزیستی ریشه با قارچ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. تنش خشکی باعث کاهش آلودگی ریشه گیاه گندم با قارچ میکوریزا و شبه‌میکوریزا شده و درصد همزیستی آن را در تیمار ۱۰- بار نسبت به FC حدود ۳۵ درصد کاهش داد. با توجه به اینکه یکی از شرایط لازم برای همزیستی بین میکوریزا و گیاه انتقال مواد آلی از گیاه به قارچ است، بنابراین، می‌توان چنین نتیجه گرفت که کاهش رطوبت خاک، کاهش فتوسنتز و رشد رویشی گیاه را به دنبال دارد، در نتیجه منابع کربن کمتری در اختیار قارچ قرار می‌گیرد که می‌تواند باعث کاهش همزیستی آن با گیاه شود. این نتایج در گندم (Al-Karaki & Al-Raddad, 1997) و کاهوی (*Lactuca sativa* L.) میکوریزایی شده (Kohler et al, 2009a) نیز به دست آمده است. در بین تیمارهای قارچی، تلقیح همزمان دو قارچ (۶۹/۷ درصد) و تلقیح شبه‌میکوریزا (۵۱/۳ درصد) به ترتیب بیشترین و کمترین درصد همزیستی را با ریشه گیاه میزبان داشتند که همزیستی تلقیح همزمان دو قارچ نسبت به تلقیح شبه‌میکوریزا حدود ۳۶ درصد بیشتر بود. همچنین تلقیح همزمان دو قارچ با تلقیح قارچ میکوریزا تفاوت معنی‌داری نداشتند. در میان تیمارهای قارچی، درصد همزیستی قارچ شبه میکوریزا کمتر از قارچ میکوریزا بود (شکل ۶) که می‌توان علت آن را کمبود ماده آلی خاک دانست چون قارچ شبه میکوریزا یک ساپروفیت اختیاری است و همزیستی آن تحت تأثیر ماده آلی خاک قرار می‌گیرد به طوریکه در حضور ماده آلی همزیستی آن با گیاه بیشتر از میکوریزا بود (داده‌ها نشان داده نشده است).

تمام صفات مورد مطالعه به جز تراکم دانه در سنبله همبستگی مثبت معنی‌داری با عملکرد دانه در بوته داشتند که در این میان تعداد دانه در بوته و تعداد سنبله در بوته به ترتیب با ۰/۹۲ و ۰/۸۸ بیشترین ضریب همبستگی را با عملکرد بوته داشتند (شکل‌های ۷ و ۸).

بنابراین، با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش بخصوص عملکرد بوته و سایر صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد می‌توان چنین نتیجه گرفت که همزیستی با قارچ‌های میکوریزا و شبه‌میکوریزا در شرایط مختلف رطوبتی می‌تواند باعث افزایش عملکرد گندم شود و در شرایط تنش خشکی باعث افزایش مقاومت گیاه به تنش می‌شود.

علاوه بر این، در میان تیمارهای قارچی نیز، گیاهانی که به صورت همزمان با هر دو قارچ همزیستی داشتند بیشترین عملکرد را دارا بودند.

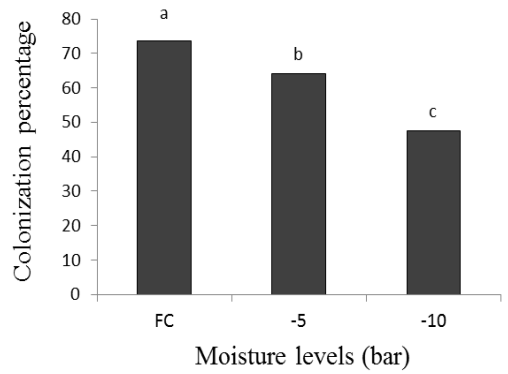
جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات ساده رطوبت و قارچ بر صفات مورفولوژیک

Table 5- Mean comparison single effect of soil-moisture and fungi on wheat morphological characteristic

منابع تغییر S.O.V.	ارتفاع بوته Plant high	طول پدانکل Peduncle length	طول بیرون آمدگی پدانکل Extrusion length	طول سنبله Spike length
	(سانتی‌متر) (cm)			
رطوبت Moisture				
ظرفیت زراعی FC	76.91 a*	33.67 a	18.62 a	6.60 a
-5	70.01 b	29.47 b	15.11 b	6.40 b
-10	58.53 c	20.45 c	6.30 c	6.23 b
قارچ Fungi				
شاهد Control	63.04 b	25.74 b	11.97 b	6.08 c
AM	71.27 a	29.13 a	14.30 a	6.52 b
ML	66.47 b	26.42 b	12.37 b	6.23 c
AM+ML	73.16 a	30.16 a	14.72 a	6.80 a

*در هر ستون و برای هر تیمار میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

* Means in each column and for each treatment followed by similar letters are not significantly different at 5% probability level.



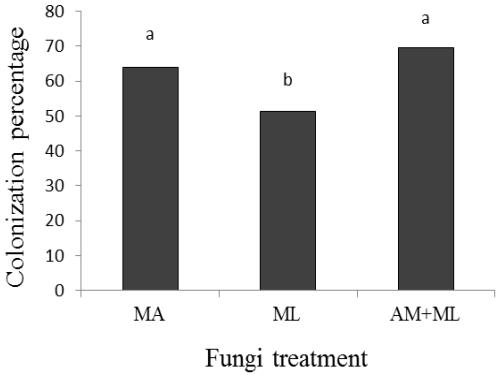
شکل ۵- اثر ساده تنش رطوبتی در درصد کلونیزاسیون ریشه با قارچ میکوریزا و شبه میکوریزا

Fig. 5- Effect of water stress on root colonization percent with Mycorrhiza and Mycorrhiza like fungi

AM: میکوریزای آربوسکولار و ML: شبه‌میکوریزا

میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

AM: Arbuscular Mycorrhiza and ML: Mycorrhiza-Like
Means followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level by LSD test.



شکل ٦- درصد کلونیزاسیون ریشه گندم با قارچ میکوریزای آربوسکولار و شبه میکوریزا.

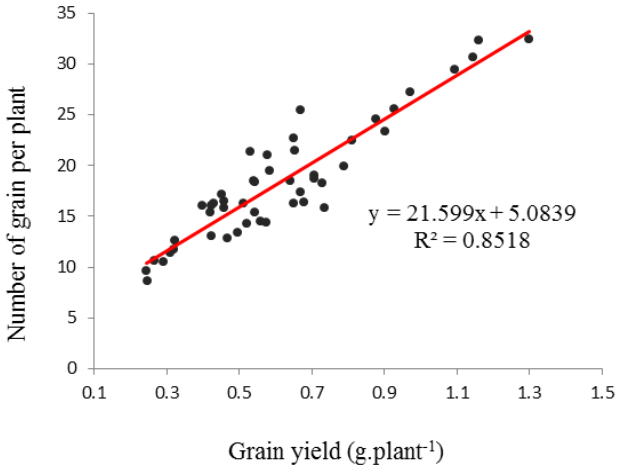
Fig. 6- Root colonization percent with Mycorrhiza and Mycorrhiza like fungi

AM: میکوریزای آربوسکولار و ML: شبه‌میکوریزا

میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

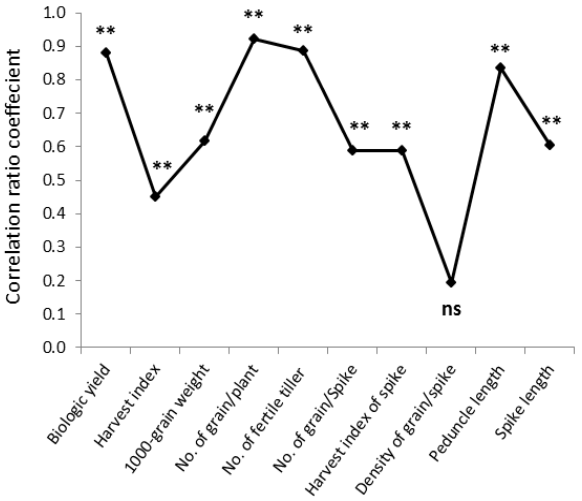
AM: Arbuscular Mycorrhiza and ML: Mycorrhiza-Like
Means followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level by LSD test.

این نتیجه علاوه بر اینکه نشان‌دهنده عدم وجود خاصیت آنتاگونیستی بین این قارچ می‌باشد، بلکه می‌تواند بیانگر این مسئله باشد که این قارچ‌ها به صورت تلقیح همزمان به عنوان مکملی برای یکدیگر در همزیستی با گیاه باشند. نتایج حاصل از اثر قارچ شبه-میکوریزا در ایجاد مقاومت به خشکی و افزایش رشد رویشی و زایشی گیاه، در این آزمایش با نتایج شرامتی و همکاران (Sherameti et al., 2008) توسط گونه *Piriformospora indica* روی گیاه آرابیدوپسیس (*Arabidopsis thaliana* L.) و سینگ و وارما (singh & varma, 2005) توسط *Sebacina vermifera* در ذرت (*Zea mays* L.) مطابقت دارد.



شکل ۷- رابطه بین عملکرد دانه و تعداد دانه بوته در گندم

Fig. 7- Relation between grain yield and number of grain in wheat plant.



شکل ۸- همبستگی تعدادی از صفات مورد مطالعه با عملکرد دانه

Fig. 8- Correlation of some studied parameters with grain yield.

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

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

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشـور و دانشـگاه مراغه به دلیل همکاری‌هایشان تشکر می‌گردد.

منابع

1- Abo-Ghalia, H.H., and Khalafallah, A.A. 2008. Responses of wheat plants associated with arbuscular mycorrhizal fungi to short-term water stress followed by recovery at three growth stages. Journal of Applied Sciences Research 4: 570-580.
2- Al-Karaki, G., and Hammad, N.R. 2001. Mycorrhizal influence on fruit yield and mineral content of tomato grown under salt stress. Journal of Plant Nutrition 24: 1311-1323.
3- Al-Karaki, G.N., and Al-Raddad, A. 1997. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress on growth and nutrient uptake of two wheat genotypes differing in drought resistance. Mycorrhiza 7: 83–88.
4- Auge, R.M. 2001. Water relations, drought and VA mycorrhizal symbiosis. Mycorrhiza 11: 3–42.
5- Baldi, A., Jain, A., Gupta, N., Srivastava, A.K., and Bisaria, V.S. 2008. Co-culture of arbuscular mycorrhiza-like fungi (*Piriformospora indica* and *Sebacina vermifera*) with plant cells of *Linum album* for enhanced production of podophyllotoxins: a first report. Biotechnology Letters 30: 1671-1677.
6- Baltruschat, H., Fodor, J.B.D., Harrach, E., Niemczyk, B., Barna, G., Gullner, A., Janeczko, K., Kogel, H., Schäfer, P., Schwarczinger, I., Zuccaro, A., and Skoczowski., A. 2008. Salt tolerance of barley induced by the root endophyte *Piriformospora indica* is associated with a strong increase in antioxidants. New Phytologist 180: 501-510.
7- Beltrano, J., and Ronco, M.G. 2008. Improved tolerance of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) to drought stress and rewatering by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus claroideum*: effect on growth and cell membrane stability. Brazilian Society of Plant Physiology 20(1): 29-37.
8- Bethlenfalvay, G.J., Brown, M.S., Ames, R.N., and Thomas, R.S. 1988. Effects of drought on host and endophyte development in mycorrhizal soybeans in relation to water use and phosphate uptake. Physiologia Plantarum 72: 565-571.
9- Feng, G., Zhang, F.S., Li, X.L., Tian, C.Y., and Tang Regel, C.Z. 2002. Improved tolerance of mays plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is related to higher accumulation of soluble sugars in roots. Mycorrhiza 12: 185-190.
10- Ghahfarokhi, R.M., and Goltapeh, M.E. 2010. Potential of the root endophytic fungus *Piriformospora indica*; *Sebacina vermifera* and *Trichoderma species* in biocontrol of take-all disease of wheat *Gaeumannomyces graminis* var. Tritici in vitro. Journal of Agricultural Technology 6: 11-18.
11- Giri, B., and Mukerji, K.G. 2004. Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in *Sesbania aegyptica* and *S. gradiflora* under field condition: evidenced for reduced sodium and improved magnesium uptake. Mycorrhizal 14: 307-312.
12- Gong, H., Zhu, X., Chen, K., Wang, S., and Zhang, C. 2005. Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. Plant Science 169: 313-321.
13- Hu, Y., and Schmidhalter, U. 1998. Spatial distribution of inorganic ions and sugars contributing to osmotic adjustment in the elongating wheat leaf under saline soil conditions. Australian Journal of Plant Physiology 25: 591-597.
14- Kafi, M.A., and Mahdavi Damghani, M. 2003. Mechanisms of Environmental Stress Resistance in Plants. Ferdwsi University of Mashhad Publication, Iran 467 pp. (In Persian)
15- Kharkwal, A.C., Prasad, R., Kharkwal, H., Das, A., Bhatnagar, K., Sherameti, I., Oelmüller, R., and Varma, A. 2007. Co-cultivation with Sebacinales. p. 247-270 In: Varma, A., Oelmüller, R., (Ed.) Soil Biology. (Vol. 11. Advanced Techniques in Soil Microbiology). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
16- Kohler, J., Caravaca, F., and Roldan, A. 2009a. Effect of drought on the stability of rhizosphere soil aggregates of *Lactuca sativa* grown in a degraded soil inoculated with PGPR and AM fungi. Applied Soil Ecology 42: 160-165.
17- Kohler, J., Hernández, J.A., Caravaca, F., and Roldán, A. 2009b. Induction of antioxidant enzymes is involved in the greater effectiveness of a PGPR versus AM fungi with respect to increasing the tolerance of lettuce to severe salt stress. Environmental and Experimental Botany 65: 245-252.
18- Kumar, M., Yadav, V., Tuteja, N., and Johri, A.K. 2009. Antioxidant enzyme activities in mays plants colonized with *Piriformospora indica.* Microbiology 155: 780-790.
19- Kumar, V., Sahai, V., and Bisaria, V.S. 2011. High-density spore production of *Piriformospora indica*, a plant growth-promoting endophyte, by optimization of nutritional and cultural parameters. Bioresource Technology 102: 3169-75.
20- Kungu, J.B., Lasco, R.D., Cruz, L.U.D., Cruz, R.E.D., and Husain, T. 2008. Effect of vesicular arbuscular

mycorrhiza (VAM) fungi inoculation on copping ability and drought resistance of senna spectabilis. Pakistan Journal of Botany 40: 2217-2224.
21- Lugtenberg, B., and Kamilova, F. 2009. Plant-growth-promoting rhizobacteria. Annual Review of Microbiology 63: 541-56.
22- Manafi, H. 2010. Influence of mycorrhizosphere on soil hydraulic properties and tomato tolerance to water deficit stress. MS Thesis, University of Tabriz, Iran. (In Persian with English Summary)
23- Mansoori, H., and Ahmadi moghadam, A. 2007. Effect of mycorrhiza in salt resistance of barley (*Hordum vulgare*). Research Journal of University of Isfahan 7: 27-38. (In Persian with English Summary)
24- Norris, I.R., Read D.J., and Varma, A.K. 1992. Methods in Microbiology. Techniques for Study of Mycorrhiza. Academic Press, London 450 pp.
25- Oelmüller, R., Sherameti, I., Tripathi, S., and Varma, A. 2009. *Piriformospora indica*, a cultivable root endophyte with multiple biotechnological applications. Symbiosis 19: 1-19.
26- Rabie, G., and Almadini, A.M. 2005. Role of bioinoculants in development of salt-tolerance of *Vicia faba* plants under salinity stress, African Journal of Biotechnology 4(3): 210-222.
27- Ruiz-Lozano, J.M., Azcon, R., and Gomez, M. 1996. Alleviation of salt stress by arbuscular mycorrhizal *Glomus species* in *Lactuca sative* plant. Physiologia Plantarum 98: 767-772.
28- Safir, G.R., Boyer, J.S., and Gerdemann, J.W. 1972. Nutrient status and mycorrhizal enhancement of water transport in soybean. Plant Physiology 49:700-703.
29- Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, India 407 pp.
30- Sherameti, I., Shahollari, B., Venus, Y., Altschmied, L., Varma A., and Oelmüller, R. 2005. The endophytic fungus Piriformospora indica stimulates the expression of nitrate reductase and the starch-degrading enzyme glucan-water dikinase in tobacco and *Arabidopsis* roots through a homeodomain transcription factor which binds to a conserved motif in their promoters. Journal of Biological Chemistry 280: 2641-7.
31- Singh, A., and Varma, A. 2005. Functional and immuno-characterization of sebacinaes: fungi with a broad mycorrhizal potentials. Scientific World 3: 53-61.
32- Smith, S.E., and Read, D.J. 1997. Mycorrhizal Symbiosis 2nd Edition. Academic Press. USA 803 pp.
33- Song, H. 2005. Effects of VAM on host plant in the condition of drought stress and its Mechanisms. Electronic Journal of Biology 1: 44-48.
34- Sun, C., Johnson, J.M., Cai, D., Sherameti, I., Oelmüller, R., and Lou, B. 2010. *Piriformospora indica* confers drought tolerance in Chinese cabbage leaves by stimulating antioxidant enzymes, the expression of drought-related genes and the plastid-localized CAS protein. Journal of Plant Physiology 167: 1009-1017.
35- Thomas, R.S., Dakessian, S., Ames, R.N., Brown, M.S., and Bethlenfalvay, G.J. 1986. Aggregation of a silty clay loam by mycorrhizal onion roots. Soil Science Society of America Journal 50: 1494–1499.
36- Varma, A, Verma, S., Sudha Sahay, N.S., Bütehorn, B., and Franken, P. 1999. *Piriformospora indica*, a cultivable plant growth promoting root endophyte. Applied and Environmental Microbiology 65: 2741-4.
37- Varma, A., Singh, A., Sudha, Sahay, N., Sharma, J., Roy, A., Kumari, M., Rana, D., Thakran, S., Deka, D., Bharti, K., Franken, P., Hurek, T., Blechert, O., Rexer, K-H., Kost, G., Hahn, A., Hock, B., Maier, W., Walter, M., Strack, D., and Kranner, I. 2001. *Piriformospora indica*: an axenically culturable mycorrhiza-like endosymbiotic fungus. In: Hock, B., ed. Mycota IX. Springer, Berlin Heidelberg New York p. 123-150.
38- Verma, SA, Varma, A., Rexer, K.H., Hassel, A., Kost, G., Sarbhoy, A., Bisen, P., Butehorn, B., and Franken, Ph. 1998. *Piriformospora indica*, gen. et sp. nov., a new root-colonizing fungus. Mycologia 90(5): 896-903.
39- Vierheilig, H., Coughlan, A.P., Wyss, U., and Piche, Y. 1998. Ink and vinegar, a simple staining technique for arbuscular-mycorrhizal fungi. Applied and Environmental Microbiology 64(12): 5004-5007.
40- Waller, F., Achatz, B., Baltruschat, H., Fodor, J., Becker, K., Fischer, M., Heier, T., Huckelhoven, R., Neumann, Ch., Wettstein, D., Franken, P., and Kogel, K.H. 2005. The endophytic fungus *Piriformospora indica* reprograms barley to salt-stress tolerance, disease resistance, and higher yield. Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America 102(38): 13386-91.
41- Warcup, J.H., and Talbot, P.H.B. 1967. Perfect states of rhizoctonias associated with orchids. New Phytologists 66: 631-641.
42- Wu, Q.S., and Xia, R.X. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi influence growth, osmotic adjustment and photosynthesis of citrus under well-watered and water stress conditions. Journal of Plant Physiology 163: 417-425.
43- Wu, Q.S., Xia, R.X., and Zou, Y.N. 2008. Improved soil structure and citrus growth after inoculation with three arbuscular mycorrhizal fungi under drought stress. European Journal of Soil Biology 44: 122-128.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۱، ص. ۸۲-۷۴

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 1, Spring 2012, p. 74-82

تأثیر مدیریت‌های پسماند گیاه جو (*Hordeum vulgare* L.) بر فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز خاک

مریم السادات حسینی[1*]، غلامحسین حق نیا[2]، امیر لکزیان[3] و حجت امامی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۳/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۵/۲۹

چکیده

آنزیم بتاگلوکوسیداز در تغییر سلولز در خاک نقش مهمی دارد و با استفاده از می‌توان برای پایش کیفیت زیستی خاک استفاده کرد. هدف از این پژوهش ارزیابی صحرایی تأثیر مدیریت حفظ و سوزاندن پسماند گیاه جو (*Hordeum vulgare* L.)، کود نیتروژن و خاک‌ورزی بر فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز در یک دوره ۹۰ روزه بوده است. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در دو تکرار انجام گردید. تیمارهای آزمایش شامل دو سطح کاه و کلش (سه و شش تن در هکتار)، دو سطح سوزاندن (نسوزاندن و سوزاندن)، دو سطح کود اوره (صفر و ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) و دو سطح خاک‌ورزی (بدون و با شخم) بودند. نتایج آزمایش نشان داد افزودن مقدار شش تن در هکتار پسماند جو فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز را نسبت به تیمار سه تن در هکتار در لایه سطحی صفر تا پنج سانتی‌متری خاک به طور معنی‌داری افزایش داد، در حالی که سوزاندن کاه و کلش و عملیات خاک‌ورزی به کاهش فعالیت آن منجر گردید. افزودن کود اوره نیز موجب افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز شد. نتایج این مطالعه نشان داد که شیوه بدون خاک‌ورزی و همراه با حفظ پسماند گیاهی در سطح شش تن در هکتار و بدون سوزاندن پسماند مؤثرترین نوع مدیریت در افزایش فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز در کوتاه مدت بود.

واژه‌های کلیدی: بتاگلوکوسیداز، خاک‌ورزی، سوزاندن، کود نیتروژن، کیفیت خاک

مقدمه

از آنجا که خاک بخش مهمی از محیط زیست را تشکیل می‌دهد، ارزیابی کیفیت آن به منظور تشخیص وضعیت کیفی محیط زیست امری ضروری است. این مسئله به تعاریف گوناگونی از کیفیت خاک منجر شده است. کارلن و همکاران (Karlen et al., 1997) کیفیت خاک را این گونه تعریف کرده‌اند: «توانایی و ظرفیت خاک نسبت به ایفای نقش خود در بوم‌نظام‌های طبیعی یا مدیریت شده است، که این ایفای نقش به منظور حفظ باروری خاک برای گیاه و جانداران، حفظ یا افزایش کیفیت آب و خاک و حمایت از سلامت بشر و زیستگاه وی صورت می‌گیرد». این تعریف تا اندازه زیادی مورد پذیرش واقع شده است. در این میان گزینش شاخص‌هایی که قادر به کمّی کردن کیفیت خاک باشند دارای اهمیّت زیادی است. ویژگی‌های زیست شیمیایی خاک بیانگر تنوّع، توزیع زیستی و چگونگی فعالیت ریزجانداران خاک است. این پارامترها نسبت به تغییرهای کوچک صورت گرفته در خاک حساسیت زیادی دارند. از اینرو، زمانی که ارزیابی پایداری عملکردهای طبیعی خاک و چگونگی تغییرات آن مورد نظر باشد، از پارامترها و شاخص‌های زیست شیمیایی استفاده می‌گردد (Gil-Sotres et al., 2005). در این میان آنزیم‌های خاک با توجه به ارتباطی که با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و زیستی خاک دارند، می‌توانند به عنوان شاخص در پایش اثرات مدیریت بر حاصلخیزی خاک در بلندمدت مورد استفاده قرار گیرند (Bandick & Dick, 1999; Roldán et al., 2005).

آنزیم بتاگلوکوسیداز یا β- D- گلوکوسید گلوکو هیدرولاز[5] (EC ۳.۲.۱.۲۱) آنزیمی رایج و نسبت به دیگر آنزیم‌های درگیر در چرخه کربن در خاک‌ها غالب‌تر است (Xiao-Chang & Qin, 2006). این آنزیم نقش مهّمی در چرخه کربن در محیط زیست داشته و از این نظر در خاک‌ها اهمیّت زیادی دارد. به گونه‌ای که این آنزیم

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد، استاد، دانشیار و استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (E-mail: maryam.hoseini2007@gmail.com

5- β-D-Glucoside Glucohydrolases

سوّمین آنزیم در چرخه کربن است که در کاتالیز واکنش هیدرولیزی شکستن و تخریب زیستی[1] سلولز (جزء اصلی پلی‌ساکاریدهای گیاهی) و دیگر پلیمرهای کربوهیدرات از جمله بتاگلوکوسیدهای مختلف پسماند گیاهی در حال تجزیه در بوم نظام‌ها سهیم می‌باشد (Boerner & Brinkman, 2003; Makoi & Ndakidemi, 2008). سلولز متشکل از زنجیره‌های پلیمری با پیوندهای β، 4 -1 بوده و در برگیرنده واحدهای گلوکز می‌باشد. تغییرات انجام شده به وسیله آنزیم‌ها در ابتدا با فعالیت آنزیم اندوگلوکاناز β، ۱- ۴) ۳.۱.۲.۴ EC) شروع شد که این آنزیم زنجیره‌های سلولز را به واحدهای کوچکتر می‌شکند. سپس آنزیم سلوبیو هیدرولاز) ۳.۱.۲.۹۱ EC) از انتهای مولکول سلولز دی‌مر، دو واحد گلوکز را می‌شکند. آنزیم بتاگلوکوسیداز با تجزیه سلوبیوز به دو واحد گلوکز فرآیند هیدرولیز را کامل کرده و موجب تأمین منبع مهم انرژی برای ریزجانداران می‌شود (Makoi & Ndakidemi, 2008). در واقع فعالیت بتاگلوکوسیداز می‌تواند عامل محدودکننده سرعت تغییر زیستی سلولز خاک باشد (Turner et al., 2002). این آنزیم غالباً از میکروب‌های هتروتروف و به عبارتی از باکتری‌ها، قارچ‌ها (Yan et al., 2010)، حیوانات و ریشه‌ی گیاهان به خاک ترشح و وارد می‌شود. حتی در خاک‌های تیمار شده با تولوئن نیز این آنزیم مشاهده شده است. این نشان می‌دهد که بخش عمده‌ای از فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز در خاک ناشی از فعالیت آنزیم‌های برون یاخته‌ای و یا از آنزیم‌های ناپویا می‌باشد که جذب سطحی کلوئیدهای رسی یا هومیک شده‌اند (Badiane et al., 2001; Makoi & Ndakidemi, 2008).

آنزیم بتاگلوکوسیداز ارتباط مثبتی با کربن آلی خاک دارد (Bandick & Dick, 1999; Eivazi & Tabatabai, 1990; Alvear et al., 2005). پژوهش‌های زیادی نشان داده‌اند که این آنزیم به مدیریت پسماندهای آلی حساس است (Acosta-Martinez et al., 2003; Hernandez et al., 1997). ایکنلر و طباطبایی (Ekenler & Tabatabai, 2003) گزارش کردند که فعالیت این آنزیم نه تنها زیر تأثیر کمیّت و مقدار ماده آلی است، بلکه با کیفیت ماده آلی خاک نیز تغییر می‌کند. این آنزیم شاخص کیفیت خاک، بازتابی از فعالیت عامل‌های زیستی در گذشته، ظرفیت خاک برای تثبیت ماده آلی و همچنین آشکار کننده تأثیر مدیریت بر خاک می‌باشد (Ndiaye et al., 2000). این موضوع گزینش آنزیم یاد شده را در پایش کیفیت خاک بسیار آسان کرده است (Bandick & Dick, 1999). بررسی‌های صورت گرفته بر آنزیم‌های خاک نشان داده است که مدیریت زراعی با اثرگذاری مستقیم و غیرمستقیم بر کیفیت و کمیت پسماند گیاهی موجود در خاک می‌تواند بر فرآیندهای میکروبی از جمله فعالیت‌های آنزیمی اثرگذار باشد (Bandick & Dick, 1999; Roldán et al., 2005). به عنوان مثال، آتش‌سوزی می‌تواند سبب تغییر مقدار، ترکیب و چرخش مواد آلی خاک به ویژه در بخش‌های فعّال و ناپویا، ترکیب‌های محلول در آب و لیپیدها شود (Ajwa et al., 1999; Hernandez et al., 1997). بیشترین تغییرات مشاهده شده در خاک طی سوزاندن، هدررفت ماده آلی است. مشاهده شد که در دماهای بالا (۲۰۰ درجه سانتی‌گراد) ۳۷ درصد از ماده آلی در ۱۰ سانتی‌متری بالایی خاک هدررفت داشته است و بیشتر ترکیب‌های کربن دار بر اثر حرارت تغییر شیمیایی پیدا کرده‌اند. هرچند که این تغییرها در ترکیب‌های مختلف متفاوت بود، به طوریکه سلولز و همی سلولز ۷۰ تا ۸۰ درصد، لیگنین و ترکیب‌های محلول در آب ۵۰ درصد و لیپیدها نیز ۲۰- ۱۰ درصد تغییر کرده‌اند، بخش هوموس نیز با سوزاندن کاهش یافته است (Certini, 2005). عملیات خاک‌ورزی نیز می‌تواند به تغییرهای معنی‌داری در ویژگی‌های زیستی و شیمیایی خاک‌ها منجر شده و ترکیب، توزیع و فعالیت جامعه میکروبی خاک را تغییر دهد (Deng & Tabatabai, 1997). خاک‌ورزی با تأثیر بر وضعیت رطوبت، دما، تهویه و فراهمی سوبسترا در خاک بر فعالیت‌های میکروبی، چرخه عناصر غذایی و مقدار ماده آلی در خاک اثرگذار است (Wright et al., 2005). عملیات خاک‌ورزی دربلندمدت بدون افزودن کودهای آلی منجر به کاهش کربن آلی و نیتروژن کل خاک می‌شود (Dick, 1992). کاندلر و همکاران (Kandeler et al., 1999) عنوان کردند که انواع شیوه‌های خاک‌ورزی می‌توانند پراکنش فضایی و مکانی آنزیم‌های خاک را درون خاک‌رخ به طور متفاوت تغییر داده و به مقدار متفاوت فعالیت‌های آنزیمی را تغییر می‌دهند. کود نیتروژن نیز با افزایش فراهمی نیتروژن خاک به طور مستقیم و غیرمستقیم بر فعالیت میکروبی مؤثر است (Ostertag & Verville, 2002). آجوا و همکاران (Ajwa et al., 1999) گزارش کردند که کود نیتروژن بر پایه آمونیوم دربلندمدت موجب افزایش معنی‌دار فعالیت برخی آنزیم‌ها مانند آنزیم بتاگلوکوسیداز و فسفاتاز اسیدی شد، در حالی که فعالیت آنزیم اوره‌آز را کاهش داد. بندیک و دیک (Bandick & Dick, 1999) با بررسی اثر مدیریت زراعی بر فعالیت هشت آنزیم در خاک، پی به حساسیت‌های متفاوت آنزیم‌ها نسبت به آشفتگی و تنش خاک بردند. این پژوهشگران آنزیم بتاگلوکوسیداز را بهترین شاخص برای تغییرات کیفیت خاک معرفی کردند. از این رو شناخت بیشتر فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز و عوامل مؤثّر بر فعالیت آن می‌تواند به مطالعات سلامت و کیفیت خاک‌ها کمک زیادی کند.

بخش عمده کشور ما دارای اقلیم‌های خشک و نیمه خشک است و عدم وجود پوشش گیاهی کافی سبب بازگشت اندک پسماند گیاهی و در نتیجه کمبود مواد آلی در خاک و بالطبع کاهش فعالیت‌های میکروبی آن گردیده است. با توجه به نقش و اهمیت مدیریت پسماند گیاهی در بهبود خاک‌های این مناطق، این تحقیق با هدف شناخت

1- Biodegradation

بهتری از تغییر فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز با مدیریت‌های معمول زراعی انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر مدیریت‌های مختلف پسماند گیاهی بر فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز در خاک آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در ۱۰ کیلومتری جنوب شرقی مشهد در سال ۱۳۸۸ انجام شد. مختصات جغرافیایی این ایستگاه در برگیرنده عرض جغرافیایی ′۱۵ °۳۵ شمالی و طول جغرافیایی ′۲۸ °۵۹ شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا می‌باشد. تیمارهای آزمایش در برگیرنده دو سطح کاه و کلش جو (سه تن در هکتار (CR_1) و شش تن در هکتار (CR_2))، دو سطح سوزاندن (نسوزاندن (B_0) و سوزاندن (B_1))، دو سطح کود اوره (صفر کیلوگرم در هکتار (N_0) و ۱۲۵کیلوگرم در هکتار (N_1)) و دو سطح خاک‌ورزی (بدون شخم (P_0) و با شخم (P_1)) تا عمق ۲۰ سانتی‌متری خاک بودند. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در دو تکرار طراحی و اجرا شد. به منظور تهیّه تیمارهای آزمایش ابتدا پسماند کاه و کلش توزین گشته و به هرکدام از کرت‌ها افزوده شد. سپس کاه و کلش سطح کرت‌ها آتش زده شد. پس از سوزاندن کاه و کلش، کود اوره به کرت‌های مربوطه افزوده شد. در آخر تیمار خاک‌ورزی تا عمق ۲۰ سانتی‌متری از خاک اعمال شد. در طول دوره ۹۰ روزه آزمایش کرت‌ها به طور هفتگی به روش دستی با آب‌پاش به مقادیر مساوی آبیاری شدند. در مرداد ماه نمونه‌برداری از تیمارها به صورت مرکّب از لایه سطحی و عمق صفر تا پنج سانتی‌متری خاک صورت گرفت (Acosta-Martinez et al., 2003). به منظور نمونه‌برداری، از پنج نقطه مختلف در هر کرت به طور تصادفی نمونه‌های خاک گرد آوری و به خوبی با یکدیگر آمیخته شدند و یک نمونه ترکیبی به دست آمد. نمونه‌ها به سرعت به آزمایشگاه منتقل و به دو دسته تقسیم شدند. نمونه‌های آزمایش آنزیمی از الک چهار میلی‌متری (Marx et al., 2005) عبور داده و در رطوبت مزرعه نگه-داری شدند. نمونه‌های خاک سپس در کیسه‌های پلاستیکی در یخچال و در دمای چهار درجه سانتی‌گراد تا زمان اندازه‌گیری نگه‌داری شدند. نمونه‌های آزمایش‌های شیمیایی خاک هوا خشک گشته و پسماند گیاهی و سنگ‌های موجود در آنها حذف شدند. سپس نمونه‌ها از الک دو میلی متری عبور داده شدند. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک پیش از اجرای طرح اندازه‌گیری شد که در جدول ۱ نشان آمده است. بافت خاک به روش هیدرومتری اندازه‌گیری و درصد رس و شن آن مشخص شد (Gee & Bauder, 1986). اسیدیته نمونه خاک در گل اشباع و با دستگاه pH متر اندازه‌گیری شد (McLean, 1982). هدایت الکتریکی عصاره اشباع به وسیله دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی تعیین شد. فسفر فراهم به روش اولسن و همکاران (Olsen et al., 1954) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری مقدار جذب نور محلول از دستگاه اسپکتروفتومتر استفاده گردید (Klute, 1986). کربن آلی به روش اکسایش با دی‌کرومات اندازه‌گیری شد (Walkley & Black, 1934). نیتروژن کل به روش کجلدال و هضم با اسید سولفوریک (Bremner, 1970) و کربنات کلسیم نیز با استفاده از روش خنثی سازی با اسید و تیتراسیون برگشتی با سود در حضور معرف فنل فتالئین اندازه‌گیری شد (FAO, 1990).

ارزیابی فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز نیز بر اساس روش طباطبایی (Tabatabai, 1994) صورت گرفت. در این روش از پارا نیتروفنیل-بتا- دی- گلوکوپیرانوسید[1] به عنوان سوبسترا استفاده شد. نمونه‌های خاک به مدت یک ساعت در دمای ۳۷ درجه در بافر عمومی اصلاح شده) pH = ۶) و محلول سوبسترا خوابانده شدند. ارزیابی فعالیت آنزیم بر اساس رنگ سنجی پارانیتروفنل آزاد شده به وسیله فعالیت بتاگلوکوسیداز به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۱۰ نانومتر صورت گرفت. فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز بر حسب g *p*NPG μg^{-1}dry soil h^{-1} محاسبه و گزارش گردید. درصد رطوبت خاک‌های مورد مطالعه تعیین و تمام اندازه‌گیری‌ها بر اساس وزن خاک خشک شده در آون (دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت) گزارش گردید.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی خاک مورد استفاده
Table 1- Some physical and chemical properties of the soil used

پارامتر Parameters	واحد اندازه‌گیری Unit	مقدار Amount
رس Clay	٪	32.4
شن Sand	٪	36.7
اسیدیته pH	-	7.23
هدایت الکتریکی EC	دسی‌زیمنس‌برمتر $dS.m^{-1}$	1.52
کربن آلی OC	٪	0.476
آهک $CaCO_3$	٪	13.75
نیتروژن کل Total N	میلی‌گرم‌برکیلوگرم $mg.kg^{-1}$	353.3
فسفر P	میلی‌گرم‌برکیلوگرم $mg.kg^{-1}$	8.64

1- pNPG: Para Nitrophenyl Glocopyranosid

نتایج به دست آمده با استفاده از نرم افزار MSTAT.C مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و مقایسه میانگین داده‌های آزمایشی با یکدیگر با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم افزار اکسل استفاده شد.

نتایج و بحث

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه گردیده است. نتایج تجزیه خاک نشان می‌دهد که بافت خاک لوم رسی و نسبتاً سنگین است. pH خاک در محدوده اسیدیته خنثی تا آهکی است و قابلیت هدایت الکتریکی آن نشان می‌دهد که خاک مورد نظر، جزء خاک‌های غیرشور محسوب می‌شود. مقدار اندک نیتروژن و کربن آلی خاک نشان دهنده فقر آن از نظر ماده آلی است.

شکل ۱ تأثیر تیمارهای مورد مطالعه را بر فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز خاک نشان می‌دهد. نتایج به دست آمده از آزمایش نشان داد که همه تیمارها بر فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز خاک تأثیر معنی‌دار گذاشتند (جدول ۲). در میان تیمارهای آزمایش تیمار مقدار پسماند کاه و کلش بیشترین تأثیر را بر فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز خاک داشت و فعالیت آن را از ۴۷/۱۳ در تیمار CR_1 به $\mu g\ pNPG\ g^{-1}\ h^{-1}$ ۵۵/۹ در تیمار CR_2 رساند و فعالیت آنزیم در تیمار CR_2 نسبت به تیمار CR_1 ۱۸/۶ درصد افزایش داد (شکل ۱–A). پس از آن تیمار سوزاندن و خاک‌ورزی موجب کاهش ۱۴/۸ و ۱۰/۳ و افزودن کود نیتروژن موجب افزایش ۴/۵ درصدی در فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز شد. افزایش فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز با افزودن مقدار شش تن در هکتار پسماند کاه و کلش حاکی از آن است که آزاد شدن ترکیب‌های ساده کربنی از پسماند گیاهی، مواد آلی خاک و ریشه‌های باقی‌مانده در خاک در مقایسه با مقدار سه تن در هکتار بیشتر افزایش یافته است (Ros et al., 2006). افزودن پسماند زراعی موجب فراهم آمدن انواع پیش‌ماده‌های این آنزیم (ترکیب‌های سلولز و همی سلولز) و تحریک و انگیزش فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز شده است (Debosz et al., 1999). با فعالیت این آنزیم مقدار هوموس خاک که محافظ بخش آنزیمی[1] است، نیز افزایش می‌یابد (Martens et al., 1992). افزایش هوموس موجب حفاظت بیشتر از آنزیم برون یاخته‌ای بتاگلوکوسیداز در برابر پروتئازهای خاک و عوامل نامساعد محیطی (تغییرهای دما و اسیدیته) شده و فعالیت این آنزیم و پایداری آن در خاک افزایش می‌یابد (Xiao-Chang & Qin, 2006). بالوتا و همکاران (Balota et al., 2004) و دیباس و همکاران (Debosz et al., 1999) نیز عنوان کردند که افزودن مالچ و پسماند گیاهی به سطح خاک موجب افزایش پیش ماده فراهم مانند کربوهیدرات‌ها شده و فعالیت گلیکوسیدهای خاک از جمله بتاگلوکوسیداز افزایش می‌یابد، زیرا این آنزیم‌ها نقش اصلی را در تغییر کربوهیدرات‌ها در خاک‌ها بازی می‌کنند.

داکس و همکاران (Dux et al., 2006) نیز با بررسی اثرات تجزیه پسماند گیاهی و آزاد شدن عنصرهای نیتروژن و فسفر از سه نوع گیاه مختلف نشان دادند که فعالیت بتاگلوکوسیداز زیر تأثیر مقدار و کیفیت پسماند گیاهی و هدررفت جرمی آن با گذشت زمان قرار گرفت و در مقایسه با خاک‌های بدون افزودن پسماند گیاهی افزایش سریعی در فعالیت آن با گذشت زمان مشاهده شد.

سوزاندن پسماند کاه و کلش در تیمار B_1 موجب کاهش معنی‌دار فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز نسبت به تیمار B_0 شد و فعالیت آن را از ۵۵/۶۴ در تیمار B_0 به ۴۷/۳۹ $\mu g\ pNPG\ g^{-1}\ h^{-1}$ در تیمار B_1 رساند (شکل ۱–B). از آن جا که ریزجانداران خاک منشأ اصلی تولید آنزیم بتاگلوکوسیداز هستند (Xiao-Chang & Qin, 2006)، به نظر می‌رسد که کاهش زیست توده میکروبی سطح خاک پس از آتش زدن موجب کاهش معنی‌دار تولید و فعالیت این آنزیم شده است. از آنجا که آنزیم بتاگلوکوسیداز یک آنزیم القایی[2] بوده و وابستگی زیادی به حضور منابع پیش ماده در خاک دارد (Xiao-Chang & Qin, 2006)، لذا با حذف مواد و ترکیب‌های آلی با آتش زدن، طبیعتاً فعالیت این آنزیم نیز کاهش می‌یابد. آجوا و همکاران (Ajwa et al., 1999) نیز کاهش شدید فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز را پس از آتش سوزی گزارش کردند و علت آن را تخریب پوشش گیاهی سطحی و حذف پسماند گیاهی عنوان کردند.

یان و همکاران (Yan et al., 2010) مشاهده کردند که با افزایش ۲۰ درجه سانتی‌گراد دمای خاک در عمق صفر – ۱۵سانتی‌متر، فعالیت آنزیم آزاد بتاگلوکوسیداز در خاک ۳۱/۲ درصد و آنزیم تثبیت شده ۸/۲ تا ۱۵/۳ درصد کاهش یافت.

انجام خاک‌ورزی بر فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز تأثیر معنی‌داری داشت و موجب کاهش معنی‌دار فعالیت این آنزیم در تیمار P_1 نسبت به تیمار P_0 شد (شکل ۱–D). در خاک‌های شخم خورده عموماً میزان کربن آلی کل و کربن محلول در آب کاهش می‌یابد. کربن محلول در آب دی ساکاریدی است که به وسیله ریزجانداران خاک به ویژه باکتری‌ها ساخته می‌شود و عاملی اساسی در خاکدانه‌سازی است. این دی ساکارید سوبسترا برای فعالیت بتاگلوکوسیداز هستند و با کاهش آنها پس از خاک‌ورزی، فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز نیز کاهش یافته است (Hernandez et al., 1997). زائو چانگ و کین (Xiao-Chang & Qin, 2006) نیز عنوان کردند که فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز با افزایش عمق کاهش شدیدی پیدا کرده و با انجام خاک‌ورزی و آمیختن لایه‌های خاک با یکدیگر، از مقدار فعالیت این

1- Protectingenzymatic Fraction

2- Inductive Enzyme

آنزیم در لایه سطحی کاسته می‌شود. افزون بر این در شیوه بدون خاک‌ورزی کربن آلی خاک، که شاخصی از مقدار ماده آلی است، در لایه سطحی به طور معمول افزایش پیدا کرده و انتظار می‌رود که فعالیت آنزیم برون یاخته‌ای بتاگلوکوسیداز، که سهم زیادی در فعالیت آنزیمی کل دارد، نیز افزایش یابد (Knight & Dick, 2004). دنگ و طباطبایی (Deng & Tabatabai, 1997) نیز در بررسی اثرات مدیریت خاک‌ورزی و پسماند گیاهی بر فعالیت‌های آنزیمی دریافتند که فعالیت آنزیم‌های بتاگلوکوسیداز، آلفا گالاکتوسیداز، بتاگالاکتوسیداز و آمیداز در تیمار بدون خاک‌ورزی و به همراه پسماند زراعی بیشترین مقدار بود. مادجون و همکاران (Madejón et al., 2007) نیز کاهش فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز را در شیوه بدون خاک‌ورزی گزارش کردند و بیان نمودند که انجام خاک‌ورزی و دفن پسماند آلی موجب بیشتر شدن فرآیندهای میکروبی در لایه‌های زیرین خاک و کاهش فعالیت‌های میکروبی در لایه سطحی خاک می‌شود. ماهیا و همکاران (Mahía et al., 2007) نیز کاهش فعالیت آنزیم‌های بتاگلوکوسیداز و اوره‌آز را در سیستم خاک‌ورزی نسبت به شیوه بدون خاک‌ورزی مشاهده کرده و علت را اختلافات بوجود آمده در وضعیت خاک از نظر دما، مقدار ماده آلی، فراهمی سوبسترا و ویژگی‌های فیزیکو- شیمیایی مرتبط به سبب انجام خاک‌ورزی عنوان کردند.

تیمارکود نیتروژن نیز کمترین تأثیر معنی‌دار را بر فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز در خاک داشت و فعالیت این آنزیم را از $\mu g\ pNPG\ g^{-1}$ ۵۰/۳۷ h^{-1} در تیمار N_0 به ۵۲/۶۶ در تیمار N_1 افزایش داد (شکل C- ۱). با افزودن کود نیتروژن رشد گیاهان علفی و هرز در کرت‌های کود داده شده در مقایسه با کرت‌های بدون کود افزایش یافت. با افزایش رشد گیاهان و ریشه‌ها، رشد و فعالیت ریزجانداران در لایه سطحی و خاک اطراف ریشه‌ها افزایش پیدا کرد و به موجب آن، آنزیم بتاگلوکوسیداز بیشتری از ریزجانداران و ریشه‌های گیاه به محیط خاک آزاد شده است. از این‌رو، با کوددهی نیتروژن افزایش معنی‌داری در فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز خاک حاصل شد.

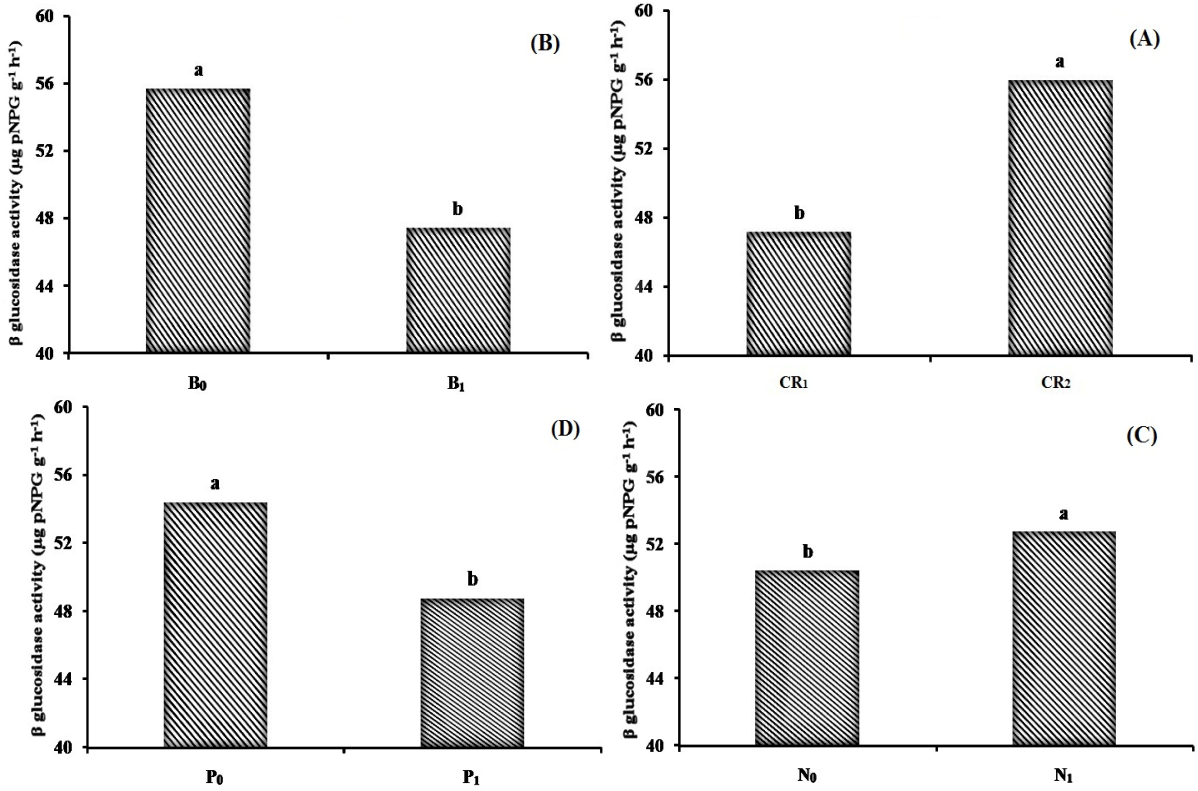
جدول ۲- تجزیه واریانس اثرات سطوح پسماند زراعی، سوزاندن پسماند، کود نیتروژن و خاک‌ورزی بر فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز

Table 2- Variance analysis of effects of crop residue, burning, N fertilizer and tillage levels on the β-glucosidase activity

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square	مقدار F F value
پسماند زراعی (R) Crop residue (R)	1	614.22**	106.3950
سوزاندن (B) Burning	1	545.38**	94.4703
کود نیتروژن (N) N fertilizer (N)	1	42.18*	7.3071
خاک‌ورزی (T) Tillage (T)	1	254.56**	44.0947
R×B	1	79.67**	13.7998
R×N	1	0.06 ns	0.0116
R×T	1	4.53 ns	0.7843
B×N	1	0.68 ns	0.1182
B×T	1	466.38**	80.7862
N×T	1	2.24 ns	0.3881
خطا Error	16	5.77	-

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

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



شکل ۱- تأثیر تیمارهای مقدار پسماند گیاهی (CR)، سوزاندن پسماند گیاهی (B)، کود نیتروژن (N) و خاک‌ورزی (P) بر فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز

Fig. 1- Effect of crop residue (CR), burning of crop residue (B), N fertilizer (N) and tillage (P) treatments on soil β-glucosidase activity

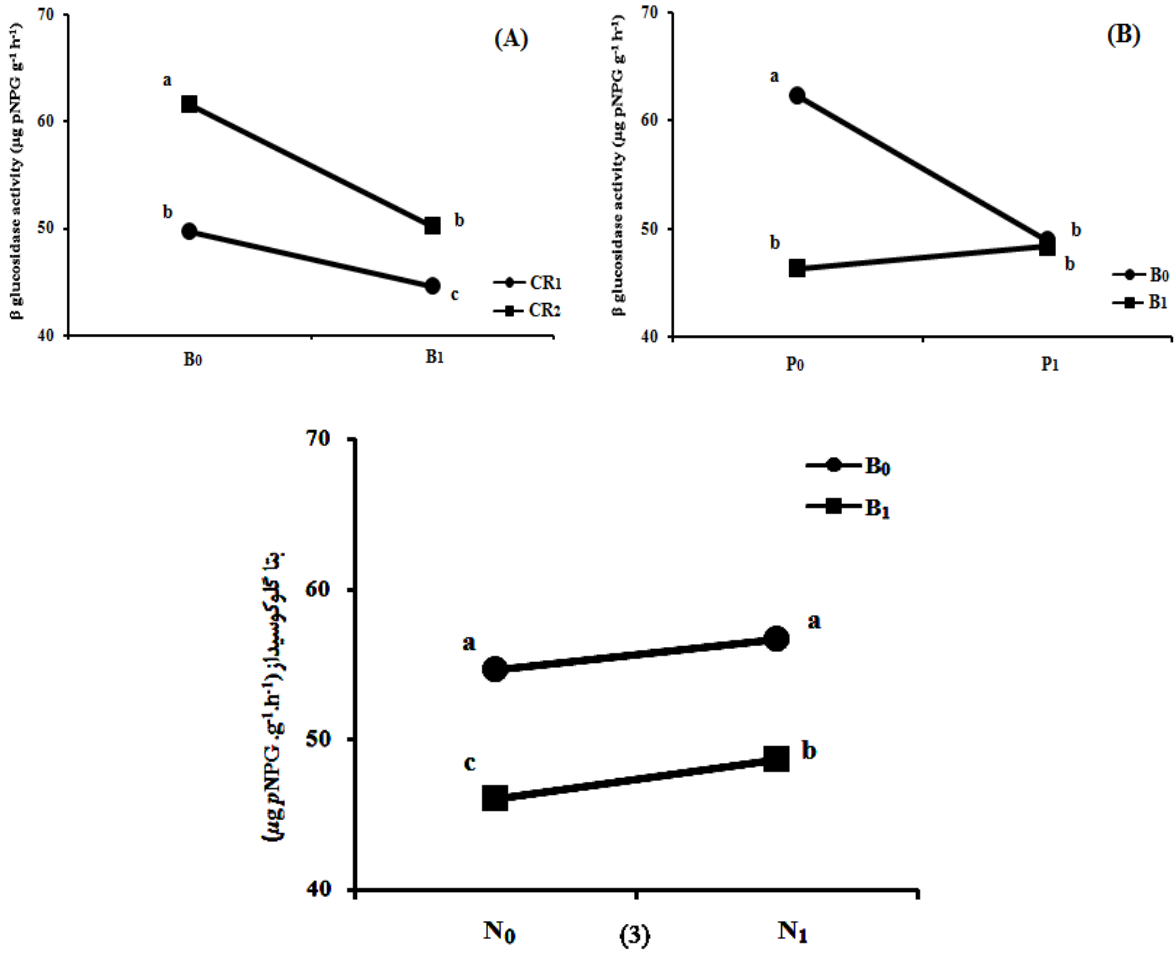
* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند (n=2).

* Values marked with the same letter are not significantly different at α= 5%probably level according to Duncan's multiple range test (DMRT) (n=2).

آجوا و همکاران (Ajwa et al., 1999) مشاهده کردند که افزودن کود نیتروژن در بلندمدت موجب افزایش فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز در خاک سطحی (۵-۰ سانتی‌متر) شد. لیو و همکاران (Liu et al., 2007) نیز عنوان کردند که کود نیتروژن می‌تواند موجب تحریک و افزایش رشد گیاهان شود و به موجب آن فعالیت‌های میکروبی از جمله فعالیت‌های آنزیمی را در خاک افزایش دهد. با افزایش رشد گیاه در کرت‌های کود داده شده می‌توان انتظار افزایش فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز را در خاک داشت، زیرا یکی از منابع تولید این آنزیم در خاک ریشه‌های گیاهان می‌باشد.

شکل ۲ برهمکنش مقدار پسماند گیاهی و سوزاندن آن و نیز سوزاندن پسماند گیاهی و خاک‌ورزی را بر مقدار فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز در خاک نشان می‌دهد. برهمکنش تیمارهای دیگر معنی‌دار نبودند (جدول ۲). بیشترین فعالیت آنزیم در تیمار B_0P_0 با مقدار ۶۲/۲۸۲ و کمترین فعالیت در تیمار B_1CR_1 با مقدار ۴۴/۵۸۴ $\mu g\ pNPG\ g^{-1}\ h^{-1}$ مشاهده شد. آنزیم بتاگلوکوسیداز معمولاً به وسیله ریزجانداران خاک و ریشه‌های گیاهان و در واکنش به حضور پیش ماده مناسب تولید می‌شود (Turner et al., 2002)، معمولاً تفاوت‌های مشاهده شده در مقدار فعالیت بتاگلوکوسیداز را به کمک وضعیت کربن زیست توده میکروبی و کربن آلی کل می‌توان شرح داد. همان گونه که در شکل ۲-A مشاهده می‌شود سوزاندن پسماند شش تن در هکتار مقدار فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز را در مقایسه با سوزاندن پسماند سه تن در هکتار کاهش بیشتری داد. به نظر می‌رسد که گرمای زیاد ناشی از سوختن پسماند کاه و کلش در تیمار CR_2 در مقایسه با تیمار CR_1 در لایه سطحی خاک بیش از تحمّل ریزجانداران به ویژه ریزجانداران تولیدکننده آنزیم بتاگلوکوسیداز در خاک بوده است. افزون بر این سوختن پسماند شش تن در هکتار و گرمای بیشتر موجب هدررفتن و تغییر شکل شیمیایی مواد آلی خاک شده و گرما تا عمق بیشتری از خاک نفوذ کرده و بر ریزجانداران خاک تأثیر می‌گذارد. هرناندز و همکاران (Hernandez et al., 1997) نیز نتایج مشابهی را پس از سوزاندن پسماند گیاهی در سطح خاک گزارش کردند. شکل ۲-B برهمکنش سوزاندن و خاک‌ورزی بر مقدار فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز را در خاک نشان می‌دهد. در تیمار بدون

سوزاندن پسماند انجام خاک‌ورزی موجب کاهش چشمگیر فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز در مقایسه با شیوه بدون خاک‌ورزی شد، لیکن با سوزاندن پسماند گیاهی مقدار فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز با انجام خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی تغییر معنی‌داری پیدا نکرد. سوزاندن کاه و کلش منجر به سوختن، هدررفت ماده آلی و ترکیب‌های آلی شده که برخی از این مواد، پیش ماده آنزیم بتاگلوکوسیداز هستند. با کاهش مقدار پیش ماده از فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز در سطح خاک کاسته می‌شود. همچنین آتش موجب کاهش ریزجانداران در لایه سطحی خاک می‌شود. از این رو، تولید آنزیم بتاگلوکوسیداز در خاک کاهش می‌یابد. انجام خاک‌ورزی موجب شده که مواد آلی موجود در لایه‌های زیرین به سطح خاک آورده شوند و خاک سطحی تیمار شده با آتش (که بیشتر مواد آلی آن سوزانده شده‌اند) به لایه‌های زیرین منتقل گردد. از این‌رو، در تیمار سوزاندن با انجام خاک‌ورزی فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز کاهش نیافت و حتی به دلیل شدت تأثیر آتش بر فعالیت آنزیم در سطح، در مقایسه با تیمار بدون خاک‌ورزی افزایش اندکی پیدا کرد.



شکل ۲- برهمکنش تیمارهای پسماند کاه و کلش (CR)، سوزاندن پسماند زراعی (B) و خاک‌ورزی (P) بر فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز خاک

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند (n=2).

Fig. 2- Interaction among crop residue (CR), burning of crop residue (B) and tillage (P) on soil β-glucosidase activity on soil β-glucosidase activity

Means marked with the same letter are not significantly different at α=5% probably level according to Duncan's multiple range test (DMRT) (n=2).

همان‌گونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود سوزاندن خاک موجب کاهش معنی‌داری در فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز شد. هم‌چنین فعالیت بیشتر آنزیم بتاگلوکوسیداز در تیمار کود نیتروژن (سوزانده شده یا نشده) نسبت به تیمارهای کود نداده می‌تواند ناشی از این حقیقت باشد که این آنزیم به وسیله گروه وسیعی از ریزجانداران و گیاهان تولید می‌شود (آجوا و همکاران، ۱۹۹۹). با افزودن کود نیتروژن در

تیمار سوزاندن مقدار افزایش در فعالیت بتاگلوکوسیداز بیشتر از وضعیت نسوزاندن بود. به نظر می‌رسد که کود نیتروژن موجب تغذیه ریزجانداران باقی مانده پس از سوزاندن خاک شده و فعالیت میکروبی افزایش یافته و تولید این آنزیم به منظور تهیه انرژی و قندهای ساده افزایش یافته است.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده، این مطالعه نشان داد که مدیریت‌های مختلف پسماند گیاهی تغییرات معنی‌داری بر فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز خاک داشت. این آنزیم نسبت به تغییرهای سریع و کوتاه مدت در خاک واکنش نشان داده و حساس بود. در مقایسه میان مدیریت‌های مختلف، شیوه بدون خاک‌ورزی همراه با حفظ پسماند گیاهی به میزان شش تن در هکتار و بدون سوزاندن مؤثرترین روش‌ها در بهبود فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز در کوتاه مدت بودند. در این مطالعه مشاهده شد که فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز در خاک‌هایی که مقدار بیشتری پسماند گیاهی دریافت کردند، در مقایسه با افزودن کود شیمیایی بیشتر بود.اثر مثبت کود شیمیایی نیتروژن محدود بوده و نتایج نشان داد که مقدار نیتروژن عاملی نبود که موجب افزایش چشمگیر فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز شده و فعالیت آن را کنترل کند، بلکه تیمارهایی که به طور مستقیم بر وضعیت کربن آلی خاک اثر گذاشتند، تغییرهای چشمگیری بر فعالیت این آنزیم در خاک گذاشتند. با توجه به این که این آنزیم نقش مهمی در چرخه کربن در خاک بازی می‌کند، می‌توان این گونه عنوان کرد که اثر مثبت و بهبود دهنده کودهای شیمیایی بر حاصلخیزی خاک و فعالیت آنزیمی محدود است. این پژوهش بار دیگر ضرورت بازگرداندن پسماند گیاه جو را به اراضی زیر کشت این محصول به منظور بهبود و افزایش ماده آلی به خاک و پایداری بوم‌نظام‌های کشاورزی مورد تأکید قرار می‌دهد. با توجه به نتایج به دست آمده مشخص شد که استفاده از فعالیت آنزیم بتاگلوکوسیداز شاخص مناسبی در پایش تغییرات کیفیت خاک و نشان دادن اثر مدیریت پسماند گیاهی مناسب است. بنابراین پیشنهاد می‌شود که در ارزیابی پتانسیل خاک‌ها و تأثیر فعالیت‌های انسانی و تنش‌های محیطی، استفاده از این آنزیم به عنوان شاخص زیستی تغییرهای کیفیت خاک مورد توجه بیشتری قرار گیرد.

منابع

1- Acosta-Martnez, V., Zobeck, T.M., Gill, T.E., and Kennedy, A.C. 2003. Enzyme activities and microbial community structure in semiarid agricultural soils. Biology and Fertility of Soils 38: 216–227.
2- Ajwa, A.H., Dell, C.J., and Rice, C.W. 1999. Changes in enzyme activities and microbial biomass of tall grass prairie soil as related to burning and nitrogen fertilization. Soil Biology and Biochemistry 31: 769-777.
3- Alvear, M., Rosas, A., Rouanet, J.L., and Borie, F. 2005. Effects of three soil tillage systems on some biological activities in an Ultisol from southern Chile. Soil and Tillage Research 82: 195–202.
4- Badiane, N.N.Y., Chotte, J.L., Pate, E., Masse, D., and Rouland, C. 2001. Use of soil enzyme activities to monitor soil quality in natural and improved fallows in semi-arid tropical regions. Applied Soil Ecology 18: 229– 238.
5- Balota, E.L., Kanashiro, M., Filho, A.C., Andrade, D.S., and Dick, R.P. 2004. Soil enzyme activities under long-term tillage and crop rotation systems in subtropical agro-ecosystems. Brazilian Journal of Microbiology 35: 300-306.
6- Bandick, K., and Dick, R.P. 1999. Field management effects on soil enzyme activities. Soil Biology and Biochemistry 31: 1471-1479.
7- Boerner, R.E.J., and Brinkman, J.A. 2003. Fire frequency and soil enzyme activity in southern Ohio oak–hickory forests. Applied Soil Ecology 23: 137–146.
8- Bremner, J. M. 1970. Nitrogen Total, Regular Kjeldahl Method. Methods of Soil Analysis Part II: Chemical and Microbiological Properties. 2nd ed. Agronomy 9(1). ASA. SSSA. Madison publisher, Wisconsin. USA: 610-616.
9- Certini, G. 2005. Effects of fire on properties of forest soils: a review. Oecologia 143: 1–10.
10- Debosz, K., Rasmussen, P.H., and Pedersen, A.R. 1999. Temporal variations in microbial biomass C and cellulolytic enzyme activity in arable soils: effects of organic matter input. Applied Soil Ecology 13: 209–218.
11- Deng, S.P., and Tabatabai, M.A. 1997. Effect of tillage and residue management on enzyme activities in soils. III. Phosphatases and arylsulfatase. Biology and Fertility of Soils 24: 141–146.
12- Dick, R.P. 1992. A review: long term of agriculture systems in soil biochemical and microbial parameters. Agriculture, Ecosystems and Environment 40: 25-36.
13- Dux, J., Norgrove, L., Hauser, S., Wick, B., and Kühne, R. 2006. Plant leaf Residue decomposition, nutrient release and soil enzyme activity. Conference on International Agricultural Research for Development. October 11-13.
14- Eivazi, F., and Tabatabai, M. 1990. Factors affecting glucosidase and galactosidase activities in soils. Soil Biology and Biochemistry 22: 891–897.
15- Ekenler, M., and Tabatabai, M.A. 2003. Effects of liming and tillage systems on microbial biomass and glycosidases in soils. Biology and Fertility of Soils 39: 51-61.
16- FAO. 1990. Management of gypsiferous soils. Soil Bulletin. No. 62, Food and agriculture organization. Rome.

Italy.
17- Gee, G.W., and Bauder, J.W. 1986. Particle-size Analysis. Methods of Soil Analysis, Part 1: Physical and Mineralogical Methods. 2nd ed. Agronomy 9. ASA. SSSA. Madison Publisher, Wisconsin, USA.
18- Gil-Sotres, F., Trasar-Cepeda, C., Leirós, M.C., and Seoane, S. 2005. Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties. Soil Biology and Biochemistry 37: 877–887.
19- Hernandez, T., Garcia, C., and Reinhardt, I. 1997. Short-term effect of wildfire on the chemical, biochemical and microbiological properties of Mediterranean pine forest soils. Biology and Fertility of Soils 25: 109–116.
20- Kandeler, E., Palli, S., Stemmer, M., and Gerzabek, M.H. 1999. Tillage changes microbial biomass and enzyme activities in particle-size fractions of a Haplic Chernozem. Soil Biology and Biochemistry 31: 1253-1264.
21- Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F., and Schuman, G.E. 1997. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation. Soil Science Society of America Journal 61: 4–10.
22- Klute, A. 1986. Methods of Soil Analysis, part I: Physical and Mineralogical Methods, 2nd ed. ASA, Soil Science Society of America Madison. Wisconsin. USA.
23- Knight, T.R., and Dick, R.P. 2004. Differentiating microbial and stabilized b-glucosidase activity relative to soil quality. Soil Biology and Biochemistry 36: 2089–2096.
24- Liu, W., Xu, W., Han, Y., Wang, C., and Wan, S. 2007. Responses of microbial biomass and respiration of soil to topography, burning, and nitrogen fertilization in a temperate steppe. Biology and Fertility of Soils 44: 259 –268.
25- Madejón, E., Moreno, F., Murillo, J.M., and Pelegrín, F. 2007. Soil biochemical response to long-term conservation tillage under semi-arid Mediterranean conditions. Soil and Tillage Research 94: 346–352.
26- Mahía, J., Martín, A., Carballas, T., and Díaz-Raviña, M. 2007. Atrazine degradation and enzyme activities in an agricultural soil under two tillage systems. Science of the Total Environment 378: 187–194.
27- Makoi, J.H.J.R., and Ndakidemi, P.A. 2008. Selected soil enzymes: Examples of their potential roles in the ecosystem. African Journal of Biotechnology 7: 181-191.
28- Martens, D., Johanson, J., and Frankenberger, J. 1992. Production and persistence of soil enzymes with repeated addition of organic residues. Soil Science 153: 53–61.
29- Marx, M.C., Kandeler, E., Wood, M., Wermbter, N., and Jarvis., S.C. 2005. Exploring the enzymatic landscape: distribution and kinetics of hydrolytic enzymes in soil particle-size fractions. Soil Biology and Biochemistry 37: 35–48.
30- McLean, E.D. 1982. Soil pH and lime requirement. Methods of Soil Analysis Part II: Chemical and Microbiological Properties. 2nd ed. Agronomy 9(1). ASA. SSSA. Madison Publisher, Wisconsin, USA. 199-209.
31- Ndiaye, E.L., Sandeno, J.M., McGrath, D., and Dick, R.P. 2000. Integrative biological indicators for detecting change in soil quality. American Journal of Alternative Agriculture 15: 26-36.
32- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watenabe, F.S., and Dean, L.A. 1954. Estimation of available phosphorous in soil by extraction with sodium bicarbonate, U.S. Department of Agriculture Cris 939. USA.
33- Ostertag, R., and Verville, J.H. 2002. Fertilization with nitrogen and phosphorus increases abundance of non-native species in Hawaiian mountain forests. Plant Ecology 162: 77– 90.
34- Roldán, A., J.R., Salinas-Garcia, M.M., Alguacil, E., Díaz, F., and Caravaca, F. 2005. Changes in soil enzyme activity, fertility, aggregation and C sequestration mediated by conservation tillage practices and water regime in a maize field. Soil Ecology 30: 11–20.
35- Ros, M., Pascual, J.A., Garcia, C., Hernandez, M.T., and Insam, H. 2006. Hydrolase activities, microbial biomass and bacterial community in a soil after long-term amendment with different composts. Soil Biology and Biochemistry 38: 3443–3452.
36- Tabatabai, M.A. 1994. Soil Enzymes. In: Weaver, R.W., Angel, J.S., and Bottomley, P.S. (Eds.). Methods of Soil Analysis. Part Π. Microbiological and Biochemical Properties. Soil Science Society of America, Madison, WI, USA. pp. 775-833.
37- Turner, B.L., Hopkins, D.W., Haygarth, P.M., and Ostle, N. 2002. β-glucosidase activity in pasture soils. Applied Soil Ecology 20: 157–162.
38- 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.
39- Wright, A.L., Hons, F.M., and Matocha, J.E. 2005. Tillage impacts on microbial biomass and soil carbon and nitrogen dynamics of corn and cotton rotations. Applied Soil Ecology 29: 85–92.
40- Xiao-Chang, W., and Qin, L. 2006. Beta-glucosidase activity in paddy soils of the Taihu lake region, China. Pedosphere 16: 118-124.
41- Yan, J., Pan, G., Li, L., Quan, H., Ding, C., and Luo, A. 2010. Adsorption, immobilization and activity of ß–glucosidase on different soil colloids. Journal of Colloid and Interface Science 11: 178–185.
42- Zhong, W.H., and Cao, Z.C. 2006. Long-term effects of inorganic fertilizers on microbial biomass and community functional diversity in a paddy soil derived from quaternary red clay. Applied Soil Ecology 36: 84–91.

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 1, Spring 2012, p. 83

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 4، شماره 1، بهار 1391، ص. 83

Row intercropping of borage (*Borago officinalis* L.) with bean (*Phaseolus vulgaris* L.) on possible evaluating of the best strip width and assessing of its ecological characteristics

A. Koocheki[1], J. Shabahang[2], S. Khorramdel[3*] and A. Amin Ghafouri[2]

Submitted: 14-04-2011
Accepted: 20-08-2011

Abstract

In order to investigate the effects of row intercropping of bean **(***Phaseolus vulgaris* L.**)** with borage (*Borago officinalis* L.) on its ecological characteristics such as weed and insect diversity, composition and density and their yield and evaluating of the best strip width, a field experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications at the Agricultural Research Station, Ferdowsi University of Mashhad, Iran during growing reason of 2009-2010. Treatments included one row of bean + one row of borage (1:1), two rows of bean + two rows of borage (2:2), three rows of bean + three rows of borage (3:3), four rows of bean + four rows of borage (4:4) and pure bean and borage. Results indicated that the highest economic yield of bean and borage were achieved in monoculture with 4.46 and 0.12 $t.ha^{-1}$ and 4:4 with 2.30 and 0.05 $t.ha^{-1}$, respectively. The row intercropping of bean with borage and strip width affected its ecological characteristics such as weed diversity, density and dry matter. With increasing crop diversity, weed density and dry matter decreased. The lowest and the highest weed dry matter were observed in pure bean and two rows of bean + two rows of borage, respectively. The maximum population of biological predators and pets were obtained in two rows of bean + two rows of borage (20.3%) and pure bean (20.5%), respectively. In general, row intercropping of common bean with borage increased land equivalent ratio, and strip width of 2:2 (1.55) was the most promising one.

Keywords: Diversity, Medicinal plants, Shannon index, Weed

1, 2 and 3- Prof., PhD student in Agroecology and Assistant Prof., College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author E-mail: su_khorramdel@yahoo.com)

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 1, Spring 2012, p. 84

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 4، شماره 1، بهار 1391، ص. 84

Effect of phosphorus and organic matter on availability and iron uptake in mays (*Zea mays* L.)

L. Ghorashi[1]*, G.H. Haghnia[2], A. Lakzian[3] and R. Khorasani[4]

Submitted: 14-04-2011
Accepted: 20-08-2011

Abstract

Iron is an essential microelement for plant growth. Low content of organic matter and excess application of phosphate fertilizer in soils can be affected on availability of iron. In this study the effect of iron, phosphorus and organic matter on growth and iron uptake of mays was evaluated. A greenhouse experiment was conducted with two levels of cattle manure (0 and 1 %), three levels of phosphorus (0, 200, 400 $kg.ha^{-1}$ triple super phosphate) and three levels of iron (0, 20, 40 $kg.ha^{-1}$ sequestrene 138). The experiment was carried out based on a completely randomized design with a factorial arrangement using two replications. Plants were grown in a sandy loam soil for eight weeks. Results showed that application of cattle manure significantly increased shoot dry weight, iron concentration and iron uptake of maize. The application of phosphorus along with iron treatment increased shoot dry weight at 20 $kg.ha^{-1}$ iron but it had a negative effect at higher levels of iron. Application of iron increased concentration and total iron uptake of plants. However, phosphorous revealed an opposite effect. Interaction between treatments showed that application of cattle manure can improve the negative effects of excess phosphorus.

Keywords: Cattle manure, Interaction of phosphorus and iron, Plant nutrition, Trace elements

1, 2, 3 and 4- MSc Student, Prof., Associate Prof., and Assistant Prof., of Soil Science Department, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author E-mail: leili.ghorashi@gmail.com)

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 1, Spring 2012, p. 85

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 4، شماره 1، بهار 1391، ص. 85

Screening of sesame ecotypes (*Sesamum indicum* L.) for salinity tolerance under field conditions: 1-Phenological and morphological characteristics

F. Fazeli Kakhki[1]*, A. Nezami[2], M. Parsa[3] and M. Kafi[4]

Submitted: 04-05-2011
Accepted: 20-08-2011

Abstract

Salinity is one of the most restrictions in plant growth in dry and semi dry land which effects production of many crops such as sesame. In order to study the phenology and morphology characteristics of 43 ecotypes and line of sesame (*Sesamum indicum* L.) under salinity of irrigation water (5.2 $dS.m^{-1}$) a field experiment was conducted at research farm of center of excellence for special crops, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, during growing season of 2009-2010 based on a randomized complete block design with three replications. Results showed that four sesame ecotypes could not emerge, 14 sesame ecotypes had appropriate emergence but died before reproductive stage and only 58 % of sesame ecotypes could alive until maturity. There was significant difference between sesame ecotypes for phenological stages and were varied from 64 to 81 days for vegetative and 60 to 65 days for reproductive stages. Plant height, number and length of branches also were different between sesame ecotypes. The highest and the lowest plant height were observed in MSC43 and MSC12 ecotypes, respectively. Number of branches per plant was from 1 to 8 and length of branches in 32 percent of ecotypes was more than 100 cm. There was a considerable correlation between seed weight in plant with reproductive growth (r=0.38**) and plant height (r=0.25). In addition different response of sesame ecotypes to saline water and also better morphological indices in some sesame ecotypes may be show the tolerance of these accessions to salinity. More studies may be useful for selection of sesame salt tolerance resources.

Keywords: Branch, GDD, Height, Reproductive, Vegetative

1, 2, 3 and 4- PhD student in Crop Physiology, Assistant Prof., Associate Prof., and Prof., College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author E-mail: sf_fazeli@yahoo.com)

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 1, Spring 2012, p. 86

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 4، شماره 1، بهار 1391، ص. 86

Study the concentration of macroelements in forage mays (*Zea mays* L.) (SC 704) as effected by inoculation with mycorrhizal fungi and *Azotobacter chroococcum* under different levels of nitrogen

M. Amirabadi[1*], M. Seifi[1], F. Rejali[2] and M.R. Ardakani[3]

Submitted: 04-05-2011
Accepted: 20-08-2011

Abstract

Nitrogen and phosphorus are two necessary macronutrients for plant growth and yield. These two elements now will be added to soil by chemical fertilizers. This research has been carried out based on randomized completely block design with three replications at Markazi Provience Agricultural Research Station, Iran, during growing season of 2004-2005 to evaluate the effects of *Azotobacter chroococcum* and Mycorrhiza *(Glomus intraradices*) as biofertilizers and urea as chemical fertilizers on concentrations of N, P, K, Na, Ca and crude protein (%) in corn (*Zea mays* L.) shoot tissues and dry matter of corn. *Azotobacter chroococcum* used as two levels (inoculated and uninoculated), mycorrhiza *(Glomus intraradices*) in two levels (inoculated and uninoculated) and urea in four levels (0, 75, 150 and 300 $kg.ha^{-1}$). Results showed that *Azotobacter chroococcum* affected significantly all studied criteria except of K shoot concentration, but mycorrhizan *(Glomus intraradices*) only had a increasing significantly effect on N, K, Na and Crude protein. The interaction between *Azotobacter chroococcum* and Mycorrhiza *(Glomus intraradices*) had the most increasing effect on dry matter, N, Na and Crude protein. Therefore, based on our results it can be concluded that in order to prevent polluting the agricultural soil, environmental and other water supplies from nitrogen chemical fertilizers, application of *Azotobacter chroococcum* or combined with mycorrhizal fungi with 150 $kg.ha^{-1}$ Urea is recommended.

Keywords: Biofertilizers, Inoculants, Plant nutrition, Uptake

1, 2 and 3- Department of Agronomy, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Soil and Water Research Institute, Karaj and Department of Agronomy, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran, respectively.
(*- Corresponding author E-mail: amirabadimohsen @yahoo.com)

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 1, Spring 2012, p. 87

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 4، شماره 1، بهار 1391، ص. 87

Land suitability evaluation for wheat (*Triticum aestivum* L.), mays (*Zea mays* L.) and cotton (*Gossypium herbaceum* L.) production using GIS at Neyshabour plain

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

Submitted: 25-05-2011
Accepted: 20-08-2011

Abstract

Land evaluation is the process of predicting the land use potential on the basis of its attributes. At the present study the qualitative land suitability evaluation was investigated for specific cereal crops including irrigated wheat (*Triticum aestivum* L.), mays (*Zea mays* L.) and cotton (*Gossypium herbaceum* L.), based on FAO land evaluation frame works (1976, 1983 and1985), climatic and soil requirements for each crop and the parametric approach based on Kalugirou method at central plain of Neyshabour, northeast of Iran. Some sixteen soil series were studied on six land units by precise soil survey and their morphological and physicochemical properties were determined. Climatic and land qualities/characteristics for each crop were determined using the tables of crop requirements. An interpolation function was used to map values to scores in terms of land qualities/characteristics for land utilization types and the evaluation was carried out according to Kalogirou parametric approach. The interpolation technique by GIS functions helped in managing the spatial data and visualizing the results. Land suitability assessment for selected crops at the study area indicated that the priority for crops culture is wheat, mays and cotton, respectively. The results showed that the most important limiting factor is physical properties of soils for wheat culture, while mays and corn cultures are limited mainly by climatic conditions. The results indicated that 100% of Neyshabour plain has S_3 and S_2 suitability classes for wheat culture. While these two classes for corn production is calculated 69.15 percent totally and practically cotton doesn't have S_3 and S_2 suitability classes. It seems that by improving soil physical properties, wheat and mays cultivations results higher suitability class. According to low climatic index and climate rate for cotton cultivation at Neyshabour plain this culture is not recommended at the study area.

Keywords: Kalugiro, Land utilization, Parametric approach, Square root

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 Agroecology
Vol. 4, No. 1, Spring 2012, p. 88

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 4، شماره 1، بهار 1391، ص. 88

Evaluation of phosphorous biofertilizer and chemical phosphorous influence on fodder quality of corn (*Zea mays* L.) and grass pea (*Lathyrus sativa* L.) intercropping

M. Naghizadeh[1*] and M. Galavi[2]
Submitted: 25-05-2011
Accepted: 20-08-2011

Abstract

Intercropping is considered as a method for increasing yield per unit and stability. In order to evaluate the effects of phosphorous biofertilizer and chemical phosphorous on fodder quality of corn (*Zea mays* L.) and grass pea (*Lathyrus sativa* L.) intercropping, two field experiments were conducted as factorial based on randomized complete block design with four replications at two places simultaneously in Kerman and Bardsir during growing season of 2009-2010. The investigated factors included four levels of phosphorous fertilizer (100 $g.ha^{-1}$ of phosphorous biofertilizer, 150 $kg.ha^{-1}$ of chemical fertilizer, %50 phosphorous biofertilizer+%50 chemical phosphorous and control) and five replacement intercropping patterns consist of sole crop of corn and grass pea, various proportions of corn and grass pea (75:25, 50:50 and 25:75). The result showed that the location effect on dry matter digestibility, crude protein, ash percentage, neutral detergent fiber and acid detergent fiber was significant but location effect on water soluble carbohydrate was not significant. Moreover, dry matter digestibility, crude protein, ash percentage, neutral detergent fiber, acid detergent fiber and water soluble carbohydrate influenced by various proportions of intercropping, extremely. Also, phosphorous applying on all of mentioned traits was significant, unless ash percentage. Dry matter digestibility, water soluble carbohydrate and crude protein of fodder influenced by various proportions of intercropping×phosphorous fertilizer interaction. Various proportions of corn and grass pea intercropping had higher fodder quality than sole cop of them; because, they had higher values of dry Matter digestibility, crude protein, water soluble carbohydrate and ash Percentage and lower values of neutral detergent fiber and acid detergent fiber. Dabble application of phosphorous biofertilizer and chemical phosphorous promote fodder quality due to increase solubility of insoluble phosphorous, phosphorous uptake, digestibility and crude protein of related intercropping proportions and phosphorous level. Also, results showed that intercropping had a positive effect on qualitative traits of corn and grass pee fodder.

Keywords: Crude protein, Dry matter digestibility, Intercropping patterns, Water Soluble Carbohydrate

1 and 2 – Ph.D student of Ecology and Associate Professor in Department of Agricultural College, Zabol University, Iran, respectively.
(*- Corresponding author E-mail: msnaghizadeh@gmail.com)

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 1, Spring 2012, p. 89

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 4، شماره 1، بهار 1391، ص. 89

Investigation of dryland wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Azar 2) plants response to symbiosis with arbuscular mycorrhiza and mycorrhiza like fungi under different levels of drought stress

Y. Yaghoubian[1], H. Pirdashti[2*], E. Mohammadi Goltapeh[3], V. Feiziasl[4] and E. Esfandiari[5]

Submitted: 25-05-2011
Accepted: 20-08-2011

Abstract

In order to evaluate arbuscular mycorrhiza (*Glomuss mossea*) and mycorrhiza-like (*Piriformospora indica*) effects on yield, yield components and some morphological (cv. Azar 2) traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) under water deficit stress, a pot experiment was conducted as factorial experiment based on completely randomized design with four replications. Treatments were drought stress at three levels (FC, -5 and -10 bar) and fungi inoculation at four levels (mycorrhiza (AM), mycorrhiza-like (MLF) and co-inoculation of AM+MLF and control). Results showed that the water stress significantly decreased 1000-grain weight, spike harvest index, fertility percent of spike, plant height, peduncle and extrusion length and colonization percent while grain density per spike markedly increased. Fungi inoculation significantly improved all studied traits except harvest index, 1000-grain weight and root colonization. Co-inoculation of AM and MLF had the best performance in terms of all mentioned parameters. Interaction effects of fungi and water stress was significant on grain and biological yield, spike and grain number and positively affected by fungi inoculation. Among fungi treatments, however, co-inoculation of AM+MLF had the best performance and recommended for both stress and non stress conditions.

Keywords: Colonization percent, Morphological characteristics, Yield

1, 2, 3, 4 and 5-MSc student in Agronomy, Agricultural sciences, Associate Prof., Institute of Genetical and Agricultural Biotechnology, Tabarestan, Natural Resources, Prof., Plant Protection Department, Tarbiat Modarres, Istructor, National Dryland Agricultural Research Institute and Assistant Prof., Agronomy and Plant Breeding Department, Maragheh University, Iran, respectively.
(*- Corresponding author E-mail: pirdasht@yahoo.com)

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 1, Spring 2012, p. 90

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 4، شماره 1، بهار 1391، ص. 90

The influence of barley (*Hordeum vulgare* L.) residue managements on the β-glucosidase activity in soil

M.A. Hoseini[1*], G. H. Haghnia[2], A. Lakzian[3] and H. Emami[4]

Submitted: 25-05-2011
Accepted: 20-08-2011

Abstract

β-Glucosidase is involved in the degradation of cellulose in soil and has the potential for monitoring biological soil quality. The objective of this study was to determine the effects of barley residue placement, burning, nitrogen fertilizer and tillage management on β-glucosidase enzyme after a period of 90 days. A field experiment was carried out based on a completely randomized design with a factorial arrangement using two replications. The treatments were included two levels of barley residue (3 and 6 $t.ha^{-1}$), burning (without and with stubble burning), urea fertilizer (0 and 125 $kg.ha^{-1}$) and tillage systems (no-till, conventional tillage). Results showed that 6 $t.ha^{-1}$ crop residue treatment increased β-glucosidase activity in comparison with 3 $t.ha^{-1}$ treatment at 0-5 cm. However, stubble burning and tillage treatments significantly decreased β-glucosidase activity while the nitrogen fertilizer significantly increased β-glucosidase activity. The results of this experiment showed that no-tillage system along with crop residue retention of 6 $t. ha^{-1}$ and without stubble burning systems could be the most short-term effective management to protect and promote β-glucosidase activity.

Keywords: β-glucosidase, Burning, N fertilizer, Soil quality, Tillage

1, 2, 3 and 4- Graduated MSc. Student, Prof., Associate Prof. and Assistant Prof., Soil Science Dept., Agricultural College, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author E-mail: maryam.hoseini2007@gmail.com)