بسم الله الرحمن الرحیم

مندرجات

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 3, Fall 2014, p. 425-443

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۳، ص. ۴۴۳-۴۲۵

ارزیابی اثرات کاربرد کودهای آلی، زیستی و شیمیایی بر شاخص‌های رویشی و میزان اسانس گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.)

مهسا اقحوانی شجری[1]، پرویز رضوانی مقدم[2*]، رضا قربانی[2] و مهدی نصیری محلاتی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۶/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۳۰

چکیده

به منظور مطالعه اثرات کاربرد منفرد و تلفیقی کودهای آلی، زیستی و شیمیایی بر عملکرد کمّی و کیفی شاخص‌های رویشی گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.)، آزمایشی در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به صورت کرت-های خرد شده در زمان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۱۲ تیمار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: ۱- کود زیستی میکوریزا (*Glomus mosseae*)، ۲- کود زیستی بیوسولفور (*Thiobacillus* sp.) به همراه گوگرد آلی بنتونیت دار، ۳- کود شیمیایی (NPK)، ۴- کود گاوی، ۵- ورمی‌کمپوست، ۶- میکوریزا + کود شیمیایی، ۷- میکوریزا + کود گاوی، ۸- میکوریزا + ورمی‌کمپوست، ۹- بیوسولفور + کود شیمیایی، ۱۰- بیوسولفور + کود گاوی، ۱۱- بیوسولفور + ورمی‌کمپوست و ۱۲- شاهد. پیکر رویشی گیاه در مرحلهٔ پنج درصد گلدهی و در دو چین (۲۹ اردیبهشت و ۱۵ خرداد) برداشت شد. نتایج آزمایش نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (۲۸ سانتی‌متر) و تعداد شاخه جانبی در بوته (۵/۲) در تیمار کاربرد تلفیقی کود زیستی بیوسولفور با کود گاوی و بیشترین مقدار عملکرد تر و خشک برگ، عملکرد تر و خشک کل و عملکرد خشک ساقه در تیمار مصرف منفرد کود شیمیایی بدست آمد. کاربرد منفرد کود زیستی بیوسولفور باعث افزایش نسبت برگ به ساقه (۶) گردید. حداکثر مقادیر درصد و عملکرد اسانس با مصرف منفرد کود گاوی (به ترتیب با ۰/۲ درصد و ۱۷۵۳ گرم در هکتار) به دست آمد. بیشترین مقدار عملکرد تر برگ و نسبت برگ به ساقه در چین اول و بیشترین مقادیر ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی در بوته، عملکرد تر و خشک ساقه، درصد و عملکرد اسانس در چین دوم حاصل شد. به طور کلی نتایج آزمایش نشان داد که مصرف کود شیمیایی باعث افزایش عملکرد اندام رویشی گیاه و کاربرد کودهای آلی و زیستی باعث بهبود درصد و عملکرد اسانس گیاه دارویی گشنیز شد.

واژه‌های کلیدی: بیوسولفور، چین، عملکرد، میکوریزا، نسبت برگ به ساقه

مقدمه

مطالعهٔ جنبه‌های مختلف به زراعی گیاهان دارویی از جمله تغییرات کمّی و کیفی این گیاهان در پاسخ به منابع تغذیه‌ای مختلف، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.)، گیاهی یکساله و متعلق به خانواده چتریان بوده که به دلیل داشتن ماده موثره لینالول در صنایع غذایی، دارویی و آرایشی کاربردهای متعددی دارد (Volatil, 2000). مطالعات حاکی از آن است که عملکرد کمّی و کیفی گیاهان دارویی از عوامل مختلف محیطی، تغذیه‌ای و خصوصیات خاک تأثیر پذیرفته و از این رو، مطالعه روش‌های مختلف تغذیهٔ این قبیل گیاهان از جمله گشنیز جهت کسب بیشترین عملکرد کمّی، توأم با حصول حداکثر کیفیت دارویی دارای اهمیت است (Ahmadian et al., 2006; Ebadi et al., 2007).

استفاده درازمدت از کودهای شیمیایی باعث فشردگی و کاهش حاصلخیزی خاک، افزایش آلودگی‌ها و خسارات زیست محیطی و در نتیجه منجر به افزایش هزینه‌های تولید شده است (Hashemi Dezfulli et al., 1994; Ghost & Bhat, 1998). از این‌رو، کشاورزی پایدار از طریق جایگزینی کودهای شیمیایی با کودهای آلی و زیستی، در صدد افزایش حاصلخیزی و سلامت خاک، حفظ محیط

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری بوم‌شناسی زراعی و استاد گروه زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: rezvani@um.ac.ir)

زیست و افزایش کیفیت محصولات می‌باشد (Allievi et al., 1993; Ebhin Masto, 2006).

استفاده از کودهای آلی و دامی از طریق افزایش میزان ماده آلی خاک، ایجاد تعادل مناسب بین عناصر موجود در خاک و نیاز گیاه و نیز بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک باعث افزایش حاصلخیزی و باروری خاک و در نهایت بهبود وضعیت رشدی و عملکرد گیاه می‌شود (Renato et al., 2003; Fallah et al., 2007). علاوه بر کودهای آلی، مصرف کودهای بیولوژیک نیز جایگاه قابل توجهی در کشاورزی پایدار به منظور جایگزین نمودن نهاده‌های شیمیایی دارا می‌باشد (Abas Zade, 2005). میکروارگانیسم‌های موجود در این قبیل کودها با تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، افزایش فعالیت‌های حیاتی موجود در خاک و نیز ترشح برخی هورمون‌ها و اسیدهای آلی باعث بهبود رشد گیاه می‌شوند (Barea et al., 2005; Saleh Rastin, 2001). کودهای زیستی بیوسولفور (*Thiobacillus* sp.) و میکوریزا جایگاه مهمی در بین کودهای بیولوژیک دارند؛ گزارش شده است که مصرف کود زیستی بیوسولفور همراه با گوگرد از طریق اکسایش گوگرد باعث کاهش pH خاک شده و در نتیجه میزان دسترسی گیاه به فسفر قابل جذب را، به‌خصوص در خاک‌های قلیایی افزایش می‌دهد (Garcia, 1991). میکوریزا نیز از طریق افزایش قابلیت جذب و انتقال آب و فراهمی مواد غذایی مانند فسفر و روی و نیز تقویت جامعه میکروبی خاک باعث افزایش رشد و نمو گیاه می‌شود (Paradi et al., 2003; Arpana & Bagyaraj, 2007).

تاکنون در مطالعات مختلفی اثرات کاربرد منابع تغذیه‌ای آلی، بیولوژیک و شیمیایی بر عملکرد کمّی و کیفی گیاهان دارویی مورد مطالعه قرار گرفته است. تهامی و همکاران (Tahami et al., 2010) در پژوهش روی گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) گزارش کردند که کاربرد کودهای آلی کمپوست و ورمی کمپوست باعث افزایش ارتفاع بوته و نیز عملکرد تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه مورد مطالعه شد. مرادی و همکاران (Moradi et al., 2009) نیز در مطالعه‌ای روی گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) دریافتند که کاربرد تلفیقی کمپوست و کود بیولوژیک ازتوباکتر تأثیر مثبتی بر ارتفاع و تعداد شاخه جانبی گیاه داشت. در تحقیقی بر روی گیاه ذرت (*Zea mays* L.) مشاهده شد که کاربرد کودهای آلی با اثر مثبت بر روی فعالیت باکتری بیوسولفور (*Thiobacillus* sp.) و باکتری حل‌کننده فسفات باعث افزایش جذب فسفر و رشد گیاه شد (Mohamadi Ariya et al., 2010). در پژوهش دیگری، اثرات کاربرد کود زیستی میکوریزا و کود شیمیایی فسفر در گیاه گشنیز بررسی و گزارش شد که مصرف این منابع کودی باعث افزایش میزان جذب فسفر و ماده خشک تولیدی گیاه گردید (Valadabadi et al., 2009). با این وجود در پژوهش دیگری، اثر کاربرد قارچ میکوریزا بر عملکرد اندام هوایی، ارتفاع بوته و تعداد شاخه جانبی گیاه دارویی گشنیز چندان مثبت ارزیابی نشد (Ali Abadi Farahani & Valadabadi, 2010). رحیمی و همکاران (Rahimi et al., 2009) و گوجار و همکاران (Gujar et al., 2005) در پژوهش بر روی گیاه دارویی گشنیز و کاندیل و همکاران (Kandeel et al., 2002) بر روی گیاه دارویی ریحان دریافتند که مصرف کودهای شیمیایی نیتروژن، پتاسیم و فسفر اثر مثبتی بر عملکرد کمّی و کیفی این گیاهان داشت. با این حال، در مطالعاتی بر روی گیاهان دارویی ریحان و گشنیز گزارش کردند که سطوح بالای کود نیتروژن اثرات بازدارنده‌ای بر عملکرد کمّی گیاهان مذکور داشت (Dadvand Sarab et al., 2008; Ali et al., 2009).

یکی دیگر از عوامل موثر بر کمّیت و کیفیت گیاهان دارویی، تاریخ برداشت می‌باشد. امیدبیگی و همکاران (Omidbaigi et al., 2010) در پژوهشی روی گیاه دارویی آویشن (*Thymus vulgaris* L.) تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین عملکرد کمّی گیاه در زمان‌های مختلف برداشت مشاهده نکردند. با این وجود در تحقیقی بیان شده است که حداکثر ارتفاع، وزن تر و خشک بوته ریحان و نیز عملکرد اسانس برگ گیاه در چین سوم مشاهده شد که دلیل آن به آزادسازی و تأثیر تدریجی عناصر غذایی توسط کودهای آلی نسبت داده شده است (Tahami Zarandi et al., 2010). در پژوهش‌هایی مشاهده شد که بیشترین درصد و عملکرد اسانس در گیاه دارویی آویشن در تاریخ برداشت چهارم و در گیاه دارویی بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) در تاریخ برداشت دوم به دست آمد (Naghdi Badi et al., 2002; Ebadi et al., 2010).

با توجه به گسترش آلودگی‌های ناشی از مصرف نهاده‌های شیمیایی و اثرات آن بر روی محیط زیست، استفاده از کودهای آلی و زیستی جهت تأمین نیازهای غذایی گیاهان امری ضروری است. لذا، در این آزمایش اثرات کاربرد کودهای آلی، زیستی و شیمیایی بر برخی شاخص‌های رشدی و عملکرد اندام رویشی گیاه دارویی گشنیز در طی

دو تاریخ برداشت مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثرات مصرف منفرد و تلفیقی کودهای آلی، زیستی و شیمیایی بر عملکرد کمّی و کیفی پیکر رویشی گیاه دارویی گشنیز آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در زمان با ۱۲ تیمار و سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: ۱- کود زیستی میکوریزا، ۲- کود زیستی بیوسولفور به همراه گوگرد آلی بنتونیت‌دار، ۳- کود شیمیایی (NPK)، ۴- کود گاوی، ۵- ورمی‌کمپوست، ۶- میکوریزا + کود شیمیایی، ۷- میکوریزا + کود گاوی، ۸- میکوریزا + ورمی‌کمپوست، ۹- بیوسولفور + کود شیمیایی، ۱۰- بیوسولفور + کود گاوی، ۱۱- بیوسولفور + ورمی‌کمپوست و ۱۲- شاهد. پیکر رویشی گیاه در مرحلهٔ پنج درصد گلدهی و در دو چین در تاریخ‌های ۲۹ اردیبهشت‌ماه و ۱۵ خردادماه، برداشت شد. قبل از اجرای آزمایش از عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری خاک محل اجرای آزمایش، نمونه‌برداری شد و به همراه نمونه‌ای از کودهای گاوی و ورمی‌کمپوست به آزمایشگاه منتقل و درصد عناصر غذایی موجود در آنها تعیین گردید (جدول‌های ۱ و ۲).

محاسبه مقدار نیتروژن، فسفر و پتاسیم مورد نیاز گیاه گشنیز بر اساس توصیه کودی ارائه شده توسط ملکوتی و طهرانی (Malakuti & Tehrani, 1999) برای سبزیجات صورت گرفت (جدول ۳).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش

Table 1- Soil physical and chemical characteristics of experimental location

هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	پتاسیم (ppm) Potassium (ppm)	فسفر (ppm) Phosphorus (ppm)	نیتروژن کل (٪) Total nitrogen (%)	کربن آلی (٪) Organic carbon (%)	بافت خاک Soil texture
3.21	7.24	135	13.2	0.063	0.59	لوم Loam

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی کودهای گاوی و ورمی‌کمپوست

Table 2- Chemical characteristics of cow manure and vermicompost

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	پتاسیم (٪) Potassium (%)	فسفر (٪) Phosphorus (%)	نیتروژن کل (٪) Total nitrogen (%)	نوع کود Type of fertilizer
6.8	6.1	1.1	0.09	0.57	کود گاوی Cow manure
6.9	5	1.2	1.3	1.3	ورمی‌کمپوست Vermicompost

جدول ۳- توصیه کودی برای کشت سبزی‌ها بر اساس آزمون خاک (Malakuti & Tehrani, 1999)

Table 3- Fertilizer recommendation for vegetables cultivation based on soil analyze (Malakuti & Tehrani, 1999)

پتاسیم Potassium		فسفر Phosphorus		نیتروژن Nitrogen	
سولفات پتاسیم (کیلوگرم در هکتار) Potassium sulphate ($kg.ha^{-1}$)	پتاسیم (میلی گرم در کیلوگرم) Potassium ($mg.kg^{-1}$)	سوپر فسفات تریپل (کیلوگرم در هکتار) Triple superphosphate ($kg.ha^{-1}$)	فسفر (میلی گرم در کیلوگرم) Phosphorus ($mg.kg^{-1}$)	اوره (کیلوگرم در هکتار) Urea ($kg.ha^{-1}$)	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)
200	<150	150	<5	500	<0.5
150	150-200	100	5-10	450	0.5-1
100	201-250	50	1-1.5	350	1-1.5
0	>300	0	>1.5	250	>1.5

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی شاخص‌های رویشی گیاه دارویی گشنیز تحت تأثیر کودهای مختلف آلی، بیولوژیک و شیمیایی

Table 4- Results of analysis variance (mean square) of some coriander vegetative growth parameters as affected by organic, biological and chemical fertilizers

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی df	ارتفاع Plant height	تعداد شاخه جانبی Number of lateral branch	عملکرد تر برگ Leaf fresh yield	عملکرد تر ساقه Stem fresh yield	عملکرد تر کل Total fresh weight
تکرار Replication	2	4.4^{ns}	0.2^{ns}	1229993.0^{*}	22207.0^{ns}	1480196.0^{ns}
تیمار Treatment	11	16.2^{**}	3.0^{**}	1522144.0^{**}	77042.0^{**}	1985383.0^{**}
تکرار × تیمار Replication × Treatment	22	8.0^{ns}	0.5^{ns}	445582.0^{ns}	52222.0^{*}	753777.0^{ns}
چین Cutting	1	822^{**}	131.0^{**}	10429505.0^{**}	6796984.0^{**}	452517.0^{ns}
چین × تیمار Cutting × Treatment	11	15.4^{**}	0.7^{ns}	346136.0^{ns}	96005.0^{**}	687658.0^{ns}
چین × تکرار Cutting × Replication	2	5.2^{ns}	0.2^{ns}	1288426.0^{ns}	39067.0^{ns}	873006.0^{ns}
خطا Error	22	5.1	0.4	325978.0	23931.0	456012.
کل Total	71	-	-	-	-	-
ضریب تغییرات CV (%)	-	9	16	19	20	18

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

**, * and ns are significant at $p\leq 0.01$ and $p\leq 0.05$ and not significant, respectively.

سپس عنصر نیتروژن به عنوان معیار تعیین مقدار کود گاوی و ورمی‌کمپوست مورد نیاز جهت تأمین نیاز غذایی گیاه، انتخاب شد. با توجه به مقدار نیتروژن توصیه شده برای گیاه دارویی گشنیز و نیز مقدار نیتروژن موجود در هر یک از منابع کودی، مقدار کود گاوی و ورمی‌کمپوست لازم جهت برآورده شدن نیاز غذایی به ترتیب ۶۰ و ۱۷ تن در هکتار تعیین گردید.

کودهای آلی مورد استفاده یک ماه قبل از کاشت به زمین اضافه و تا عمق ۱۵ سانتی‌متری با خاک مخلوط گردید. تمامی کودهای فسفر و پتاسیم به همراه یک سوم کود شیمیایی نیتروژن همزمان با کاشت و مابقی کود نیتروژن به صورت سرک در مراحل شش برگی و ابتدای ساقه‌دهی گیاه، مصرف شد. کود زیستی بیوسولفور (*Thiobacillus* sp.) به تعداد 10^9 عدد در هر گرم به همراه گوگرد آلی بنتونیت‌دار همزمان با کشت در زیر بذر و بر اساس توصیه کودی شرکت زیستی مهر آسیا (۲۵۰ کیلوگرم گوگرد به همراه پنج کیلوگرم بیوسولفور در هر هکتار) استفاده شد. کود زیستی میکوریزا حاوی (۵۰ درصد اسپور + ۲۵ درصد پرلیت + ۲۵ درصد کود دامی سه ساله) از کلینیک گیاه‌پزشکی ارگانیک واقع در شهرستان اسدآباد همدان تهیه و به مقدار ۳۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، همزمان با کاشت، در اطراف و زیر بذر، مصرف شد.

کاشت گیاه دارویی گشنیز در ۲۱ اسفندماه و در کرت‌هایی با ابعاد ۳×۱ متر انجام گرفت. داخل هر کرت، پنج پشته با فاصله ۶۰ سانتی-متر ایجاد و روی هر پشته دو ردیف گیاه کشت گردید، به طوری که تراکم گیاهی ۴۰ بوته در متر مربع به دست آمد (Akbari Nia et al., 2006). آبیاری تا زمان استقرار کامل گیاه (یک ماه پس از کاشت) هر هفته دو مرتبه و پس از آن هفته‌ای یک نوبت و بصورت نشتی انجام شد. اولین وجین علف‌های هرز همزمان با عملیات تنک در مرحله چهار برگی و دومین وجین سه هفته پس از وجین اول صورت گرفت. قبل از برداشت، پنج بوته از هر کرت بصورت تصادفی انتخاب و صفات ارتفاع و تعداد شاخه فرعی در هر گیاه تعیین شد. پس از حذف دو ردیف کناری هر کرت به عنوان اثر حاشیه، زیست

توده گیاهی کل گیاه برداشت و پس از تفکیک آن بـه بـرگ و سـاقه، عملکرد تر برگ، ساقه و کل تعیین گردید. به منظـور تعیـین عملکـرد خشک برگ و ساقه، نمونه‌های گیاهی به مدت ۲۴ سـاعت در آون بـا دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. جهـت انـدازه‌گیـری درصـد و عملکرد اسانس، ۵۰ گـرم بـرگ و سـاقه خشـک شـده از هـر کـرت برداشته و به روش تقطیر با آب با استفاده از دستگاه کلونجر به مـدت چهار ساعت اسانس‌گیری شد (Arganosa et al., 1998).

داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار MINITAB16 نرمال شدند و سپس تجزیه و تحلیل آماری داده‌هـا بـا کمـک برنامـه آماری SAS 9.1 صورت پذیرفت. همچنین مقایسه میانگین‌ها توسـط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های برخی شاخص‌های رویشی گیاه دارویی گشنیز تحت تأثیر کودهای مختلف آلی، بیولوژیک و شیمیایی

Table 5- Results of mean comparisons of some coriander vegetative growth parameters as affected by organic, biological and chemical fertilizers

	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد شاخه جانبی در گیاه Number of lateral branch in plant	عملکرد تر برگ (کیلوگرم در هکتار) Leaf fresh yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد تر ساقه (کیلوگرم در هکتار) Stem fresh yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد تر کل (کیلوگرم در هکتار) Total fresh weight ($kg.ha^{-1}$)
کود گاوی Cow manure	27.10[ab]	4.50[abcd]	3070.00[ab]	912.00[ab]	3982.00[ab]
ورمی‌کمپوست Vermicompost	24.00[bc]	3.67[def]	3037.00[ab]	607.00[b]	3644.00[ab]
کود شیمیایی Chemical fertilizer	26.10[abc]	5.20[a]	3900.00[a]	795.00[ab]	4696.00[a]
بیوسولفور Biosulfur	23.00[c]	3.17[ef]	2661.00[b]	675.00[ab]	3337.00[b]
میکوریزا Mycorrhiza	23.70[bc]	2.83[f]	2761.00[b]	677.00[ab]	3438[.00b]
بیوسولفور - کودگاوی Biosulfur-cow manure	28.00[a]	5.17[a]	2324.00[b]	813.00[ab]	3137.00[b]
بیوسولفور - ورمی‌کمپوست Biosulfur-vermicompost	24.10[bc]	4.17[bcd]	2665.00[b]	654.00[ab]	3319.00[b]
بیوسولفور - کود شیمیایی Biosulfur- chemical fertilizer	25.90[abc]	4.83[abc]	3241.00[ab]	835.00[ab]	4076.00[ab]
میکوریزا - کودگاوی Mycorrhiza-cow manure	24.50[abc]	4.33[abcd]	2365.00[b]	711.00[ab]	3077.00[b]
میکوریزا - ورمی‌کمپوست Mycorrhiza-vermicompost	25.60[abc]	4.00[cde]	3052.00[ab]	812.00[ab]	3935.00[ab]
میکوریزا - کود شیمیایی Mycorrhiza-chemical fertilizer	27.10[ab]	4.66[abc]	3751.00[a]	941.00[a]	4691.00[a]
شاهد Control	23.50[bc]	5.00[ab]	2509.00[b]	609.00[b]	3119.00[b]

*اعداد هر ستون که دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

*The numbers in each column that have a same letter, don’t have significant difference in 5% level based on Duncan test.

جدول ٦- مقایسه میانگین‌های برخی شاخص‌های رویشی گیاه دارویی گشنیز تحت تأثیر چین‌های مختلف

Table 6- Results of mean comparisons of some coriander vegetative growth parameters as affected by different cutting

چین Cutting	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد شاخه جانبی در گیاه Number of lateral branch in plant	عملکرد تر برگ (کیلوگرم در هکتار) Leaf fresh yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد تر ساقه (کیلوگرم در هکتار) Stem fresh yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد تر کل (کیلوگرم در هکتار) Total fresh weight ($kg.ha^{-1}$)
اول The first	21.8^{b}	2.9^{b}	3325.0^{a}	446.0^{b}	3783.0^{a}
دوم The second	28.6^{a}	5.6^{a}	2564.0^{b}	1061.0^{a}	3625.0^{a}

*اعداد هر ستون که دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

*The numbers in each column that have a same letter, don’t have significant difference in 5% level based on Duncan test.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته و تعداد شاخه جانبی

اثر منابع کودی مختلف و چین بر ارتفاع گیاه دارویی گشنیز معنی‌دار ($p\leq0/01$) بود (جدول ۴).

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین ارتفاع بوته به ترتیب در تیمارهای مصرف تلفیقی کود زیستی بیوسولفور با کود گاوی و کاربرد منفرد بیوسولفور بدست آمد. مقدار ارتفاع بوته در تیمار کاربرد تلفیقی کود زیستی بیوسولفور با کود گاوی به میزان ۱۷ درصد بیشتر از تیمار شاهد بود. مصرف تلفیقی منابع کودی در مقایسه با کاربرد منفرد آنها باعث بهبود نسبی ارتفاع بوته گردید (جدول ۵).

حداکثر مقدار این شاخص در چین دوم بدست آمد؛ به طوری که مقدار ارتفاع در این چین به میزان ۲۵ درصد بیشتر از چین اول بود (جدول ۶).

نتایج اثر متقابل نشان داد که بیشترین مقدار ارتفاع بوته در چین دوم و در تیمار کاربرد تلفیقی کود زیستی میکوریزا با کود شیمیایی و کمترین مقدار این شاخص در چین اول و در تیمار مصرف منفرد کود زیستی بیوسولفور به دست آمد؛ به طوری‌که بین این دو تیمار حدود ۴۷ درصد اختلاف وجود داشت (جدول ۷).

اثر تیمارهای تغذیه‌ای و دفعات چین بر صفت تعداد شاخه جانبی گیاه دارویی گشنیز معنی‌دار ($p\leq0/01$) بود (جدول ۴). حداکثر مقدار این شاخص در تیمارهای کاربرد کود شیمیایی و مصرف تلفیقی کود زیستی بیوسولفور با کود گاوی بدست آمد؛ ولی سایر تیمارهای تغذیه‌ای اثر مثبتی بر افزایش مقدار این شاخص نداشتند. کاربرد تلفیقی تیمارهای کودی در مقایسه با کاربرد منفرد آنها، تعداد شاخه جانبی گیاه را به میزان ۱۸ درصد افزایش داد (جدول ۵). بیشترین تعداد شاخه جانبی گیاه دارویی گشنیز در چین دوم به دست آمد؛ مقدار این صفت در چین دوم به میزان ۵۰ درصد بیشتر از چین اول بود (جدول ۶). نتایج اثر متقابل نشان داد که بیشترین تعداد شاخه جانبی در چین دوم و در تیمار مصرف تلفیقی کود زیستی میکوریزا با کود شیمیایی و کمترین آن در تاریخ برداشت اول و تیمارهای کاربرد منفرد کودهای زیستی بیوسولفور و میکوریزا بدست آمد؛ ارتفاع بوته در چین اول تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار نگرفت، ولی در چین دوم اکثر تیمارهای کودی مورد مطالعه باعث افزایش صفت مذکور شدند (جدول ۷).

تاکنون در مطالعات متعددی اثرات کودهای آلی، شیمیایی و بیولوژیک بر شاخص‌های رشدی گیاهان دارویی از جمله ارتفاع بوته مورد مطالعه قرار گرفته است. در تحقیقی بر روی گیاه دارویی ریحان گزارش شد که بیشترین ارتفاع بوته با مصرف کود آلی ورمی‌کمپوست و در چین سوم به دست آمد (Tahami Zarandi et al., 2010). نتایج برخی پژوهش‌های انجام شده روی گیاه دارویی رازیانه نشان داد که استفاده از کود بیولوژیک بیوفسفات، ازتوباکتر (*Azotobacter chroococcum*) و نیز کود آلی ورمی کمپوست از طریق افزایش جذب عناصر و نگهداری بهتر رطوبت خاک باعث افزایش ارتفاع گیاه شد (Darzil et al., 2006; 2009; Moradi et al., 2009). در تحقیقی بر روی گیاه ذرت مشاهده شد که کاربرد کودهای آلی با اثر مثبت بر روی فعالیت باکتری بیوسولفور و باکتری حل‌کننده فسفات باعث افزایش جذب فسفر و در نتیجه بهبود رشد گیاه شد (Mohamadi Ariya et al., 2010).

جدول ۷- اثرات متقابل دفعات چین و کودهای مختلف آلی، بیولوژیک و شیمیایی بر برخی شاخص‌های رویشی گیاه دارویی گشنیز در چین اول

Table 7 - Results of interaction effects of cut and organic, biological and chemical fertilizers on some of vegetative growth parameters of coriander at the first cutting

	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد شاخه جانبی در گیاه Number of lateral branch in plant	عملکرد تر برگ (کیلوگرم در هکتار) Leaf fresh yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد تر ساقه (کیلوگرم در هکتار) Stem fresh yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد تر کل (کیلوگرم در هکتار) Total fresh weight ($kg.ha^{-1}$)
کود گاوی Cow manure	24.90^{c-e}	3.66^{f-h}	3588.00^{a-c}	656.00^{e-h}	4244.00^{a-f}
ورمی‌کمپوست Vermicompost	21.70^{d-g}	2.33^{ij}	3458.00^{a-d}	432.00^{g-i}	3890.00^{a-f}
کود شیمیایی Chemical fertilizer	21.20^{e-g}	4.00^{e-g}	4504.00^{a}	526.00^{f-i}	5030.00^{a}
بیوسولفور Biosulfur	17.40^{g}	1.66^{j}	2558.00^{c-g}	202.00^{i}	2760.00^{ef}
میکوریزا Mycorrhiza	20.30^{fg}	1.66^{j}	2699.00^{c-g}	206.00^{i}	2905.00^{d-f}
بیوسولفور- کودگاوی Biosulfur-cow manure	26.6^{0bc}	4.00^{e-g}	3018.00^{b-f}	563.00^{e-h}	3581.00^{a-f}
بیوسولفور-ورمی‌کمپوست Biosulfur-vermicompost	19.20^{g}	3.00^{g-i}	3071.00^{b-f}	386.00^{hi}	3457.00^{b-f}
بیوسولفور-کود شیمیایی Biosulfur- chemical fertilizer	24.60^{c-e}	4.00^{e-g}	3747.00^{a-c}	556.00^{e-i}	4303.00^{a-e}
میکوریزا - کودگاوی Mycorrhiza-cow manure	21.40^{e-g}	2.66^{h-j}	2856.00^{b-g}	598.00^{e-h}	3454.00^{b-f}
میکوریزا-ورمی‌کمپوست Mycorrhiza-vermicompost	20.90^{e-g}	2.66^{h-j}	3425.00^{a-d}	356.00^{hi}	3922.00^{a-f}
میکوریزا - کود شیمیایی Mycorrhiza- chemical fertilizer	21.80^{d-g}	2.66^{h-j}	4057.00^{ab}	474.00^{f-i}	4535.00^{a-c}
شاهد Control	21.60^{d-g}	3.66^{f-h}	2923.00^{b-f}	400.00^{hi}	3323.00^{b-f}

*اعداد هر ستون که دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

*The numbers in each column that have a same letter, don’t have significant difference in 5% level based on Duncan test.

نتایج آزمایش حاکی از عدم تأثیر منابع کودی مورد استفاده بر صفت ارتفاع گیاه دارویی گشنیز در چین اول و اثر مثبت آنها بر صفت مذکور در دومین چین بود؛ به نظر می‌رسد که این موضوع ناشی از آزادسازی عناصر غذایی موجود در کودهای آلی و نیز استقرار کامل ریزجانداران موجود در کودهای بیولوژیک با گذشت زمان باشد (Azeez et al., 2010). گزارش شده است که در سال اول مصرف کودهای آلی، حدود نیمی از نیتروژن موجود در آنها قابل جذب بوده و بقیه آن درخاک باقی می‌ماند (Pimentel, 1993). با در نظر گرفتن این مسأله و نیز با توجه به نتایج آزمایش حاضر می‌توان بیان نمود که آزادسازی عناصر غذایی کودهای آلی تدریجی بوده و در اولین سال مصرف نیز اثرات آنها عمدتاً در اواخر فصل قابل مشاهده است؛ از این رو به نظر می‌رسد مصرف کودهای آلی پوسیده با فاصله زمانی کافی قبل از کاشت بتواند اثرات بیشتری بر بهبود وضعیت رشدی گیاهان اعمال کند.

ادامه جدول ۷- اثرات متقابل دفعات چین و کودهای مختلف آلی، بیولوژیک و شیمیایی بر برخی شاخص‌های رویشی گیاه دارویی گشنیز در چین دوم

Continued Table 7 - Results of interaction effects of cut and organic, biological and chemical fertilizers on some of vegetative growth parameters of coriander at the second cutting

عملکرد تر کل (کیلوگرم در هکتار) Total fresh weight ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد تر ساقه (کیلوگرم در هکتار) Stem fresh yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد تر برگ (کیلوگرم در هکتار) Leaf fresh yield ($kg.ha^{-1}$)	تعداد شاخه جانبی در گیاه Number of lateral branch in plant	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	
3719.00^{a-f}	1168.00^{a-c}	2552.00^{c-g}	5.33^{b-d}	29.30^{a-c}	کود گاوی Cow manure
3398.00^{b-f}	782.00^{d-g}	2615.00^{c-g}	5.00^{c-e}	26.30^{b-d}	ورمی‌کمپوست Vermicompost
4361.00^{a-d}	1064.00^{a-d}	3296.00^{b-e}	6.33^{ab}	31.00^{ab}	کود شیمیایی Chemical fertilizer
3914.00^{a-f}	1149.00^{a-d}	2765.00^{c-g}	4.66^{d-f}	28.50^{a-c}	بیوسولفور Biosulfur
3972.00^{a-f}	1148.00^{a-d}	2823.00^{c-g}	4.00^{e-g}	27.00^{bc}	میکوریزا Mycorrhiza
2693.00^{f}	1064.00^{a-d}	1630.00^{g}	6.33^{ab}	29.30^{a-c}	بیوسولفور- کودگاوی Biosulfur-cow manure
3181.00^{c-f}	923.00^{b-e}	2258.00^{d-g}	5.33^{b-d}	29.00^{a-c}	بیوسولفور-ورمی‌کمپوست Biosulfur-vermicompost
3849.00^{a-f}	1114.00^{a-d}	2736.00^{c-g}	5.66^{a-d}	27.00^{bc}	بیوسولفور-کود شیمیایی Biosulfur- chemical fertilizer
2700.00^{f}	824.00^{c-e}	1874.00^{fg}	6.00^{a-c}	27.60^{a-c}	میکوریزا- کودگاوی Mycorrhiza-cow manure
3948.00^{a-f}	1268.00^{ab}	2679.00^{c-g}	5.33^{b-d}	30.30^{ab}	میکوریزا-ورمی‌کمپوست Mycorrhiza-vermicompost
4851.00^{ab}	1407.00^{a}	3445.00^{a-d}	6.66^{a}	32.30^{a}	میکوریزا- کود شیمیایی Mycorrhiza- chemical fertilizer
2916.00^{d-f}	819.00^{c-f}	2096.00^{e-g}	6.33^{ab}	25.30^{c-e}	شاهد Control

*اعداد هر ستون که دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

*The numbers in each column that have a same letter, don't have significant difference in 5% level based on Duncan test.

در تحقیقات انجام شده در مورد اثر کاربرد منابع کودی بر روی صفت تعداد شاخه جانبی گیاهان دارویی نتایج متفاوتی گزارش شده است. در آزمایشی بر روی گیاهان دارویی بادرنجبویه (*Mellissa officinalis* L.)، بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) و مرزنجوش (*Majorana hortensis* L.) اثرات کاربرد کود شیمیایی نیتروژن و کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات، آزوسپیریلوم و ازتوباکتر در افزایش تعداد شاخه‌های جانبی گیاهان مذکور، مثبت گزارش شد (Abas Zade, 2005; Fatma et al., 2006; Fallahi et al., 2009). با این حال نتایج تحقیقی دیگر، مطابق با نتایج آزمایش حاضر اثر مصرف منابع غذایی را بر صفت تعداد شاخه جانبی گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovate* L.) مفید ندانسته است (Mahshwari et al., 2000). به هر حال این موضوع نشان می دهد که توده‌های محلی گیاهان، دارای ظرفیت کودپذیری پایینی بوده و شاخص‌های رشدی آنها بر خلاف بسیاری از گیاهان اصلاح شده زراعی تحت تأثیر مصرف عناصر غذایی قرار نمی‌گیرد (Mohamad Abadi et al., 2011).

عملکرد تر برگ و ساقه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای کودی مورد مطالعه و دفعات چین بر صفت وزن تر برگ در گیاه دارویی گشنیز معنی‌دار بود (جدول ۴). تقریباً تمامی منابع کودی مورد بررسی باعث افزایش عملکرد تر برگ در مقایسه با تیمار شاهد شدند؛ حداکثر مقدار این صفت در تیمارهای مصرف منفرد کود شیمیایی (۳۹۰۰ کیلوگرم در هکتار) و مصرف تلفیقی کود زیستی میکوریزا با کود شیمیایی (۳۷۵۰ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (جدول ۵). بیشترین عملکرد تر برگ در چین اول بدست آمد؛ به طوری که مقدار صفت مذکور در این چین به میزان ۲۳ درصد بیشتر از چین دوم بود (جدول ۶). نتایج اثر متقابل نشان داد که حداکثر مقدار عملکرد برگ در چین اول و در تیمار مصرف منفرد کود شیمیایی (۴۵۰۴ کیلوگرم در هکتار) و حداقل آن در چین دوم و در تیمار کاربرد تلفیقی کود زیستی بیوسولفور با کود گاوی (۱۶۳۰ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد. همچنین کود زیستی میکوریزا در اولین چین بر خلاف چین دوم باعث کاهش نسبی عملکرد برگ و ساقه در مقایسه با تیمار شاهد شد (جدول ۷).

اثر منابع کودی مورد مطالعه و نیز اثر متقابل تیمارهای کودی و چین بر صفت عملکرد تر ساقه معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد تر ساقه با مصرف توأم کود زیستی میکوریزا با کود شیمیایی (۹۴۱ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد، مقدار شاخص مذکور در این تیمار به میزان ۳۶ درصد بیشتر از تیمار شاهد بود. کاربرد تلفیقی تیمارهای آزمایشی نسبت به مصرف منفرد آنها دارای برتری بود؛ به طوری‌که مصرف توأم منابع تغذیه‌ای باعث افزایش عملکرد تر ساقه به میزان ۲۴ درصد نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۵). عملکرد تر ساقه در چین دوم به مراتب بیشتر از اولین چین بود (جدول ۶). نتایج اثرات متقابل حاکی از آن بود که کاربرد تلفیقی تیمار تغذیه‌ای کود زیستی میکوریزا با کود شیمیایی در چین دوم اثر چشمگیری بر افزایش عملکرد تر ساقه داشت (جدول ۷).

در مطالعات متعددی که روی گیاهان دارویی صورت گرفته، مشخص شده است که اثرات کاربرد کودهای شیمیایی بر افزایش رشد رویشی گیاه مثبت می باشد. نتایج پژوهشی بر روی گیاه دارویی نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) بیان‌گر افزایش وزن تر برگ در اثر کاربرد سطوح بالای کود شیمیایی (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار از هر یک از کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم) بود (Niakan et al., 2004). نتایج تحقیق دیگری روی گیاه شنبلیله نیز نشان داد که بیشترین مقادیر عملکرد برگ و ساقه با مصرف کود شیمیایی بدست آمد (Mohamad Abadi et al., 2011). گزارش شده است که کاربرد کود شیمیایی به ویژه کودهای نیتروژنه از طریق افزایش تقسیم سلول‌های مریستمی باعث افزایش رشد رویشی در گیاهان می‌شود (Malakuti, 1995). با توجه به این که نیتروژن یکی از عناصر اصلی موجود در ساختار کلروفیل است، لذا فراهمی مناسب این عنصر باعث بهبود شرایط فتوسنتزی و در نهایت افزایش زیست‌توده تولیدی گیاه می‌شود (Niakan et al., 2004).

اثرات کاربرد منفرد کود زیستی میکوریزا بر عملکرد تر برگ و ساقه در اولین چین بازدارنده و در دومین چین افزاینده بود. از آنجا که در رابطه همزیستی ایجاد شده بین قارچ میکوریزا و ریشه گیاه، قارچ باعث فراهمی عناصر غذایی به خصوص فسفر برای گیاهان شده و در عوض گیاه مواد غذایی مورد نیاز قارچ را فراهم می‌کند (Gholami & Koocheki, 2001)، لذا به نظر می‌رسد که در مراحل ابتدایی رشد گیاه، رابطه همزیستی به تکامل نرسیده و قارچ میکوریزا توانایی بهبود شرایط رشد گیاه را نداشته است، در حالی‌که مواد غذایی مورد نیاز خود را که حاصل فرآیند فتوسنتز گیاه می‌باشد از شریک همزیست خود دریافت کرده است که این موضوع باعث کاهش رشد گیاه دارویی گشنیز شده است؛ در حالی‌که در دومین چین رابطه همزیستی بین گیاه و قارچ میکوریزا به خوبی شکل گرفته و قارچ همزیست با ایجاد شرایط مطلوب‌تری برای رشد گیاه باعث افزایش رشد گیاه گردیده است. نتایج مطالعات نشان داده است که میکوریزا از طریق افزایش قابلیت جذب و انتقال آب و فراهمی مواد غذایی مانند فسفر و روی و نیز تقویت جامعه میکروبی خاک و حفاظت از گیاه در مقابل عوامل بیماری‌زای ریشه باعث افزایش رشد و نمو گیاه می‌شود (Paradi et al., 2003; Arpana & Bagyaraj, 2007).

مجموع عملکرد تر چین اول و دوم

نتایج تجزیه واریانس بیان‌گر اثر معنی‌دار ($p\leq0/01$) تیمارهای آزمایشی بر عملکرد تر زیست‌توده گیاه دارویی گشنیز بود (جدول ۴). تمامی منابع کودی مورد بررسی موجب افزایش زیست‌توده گیاه شدند. حداکثر مقدار وزن تر کل با مصرف منفرد کود شیمیایی و مصرف تلفیقی کود زیستی میکوریزا با کود شیمیایی بدست آمد؛ به طوری‌که مقدار این شاخص در تیمارهای مذکور به میزان ۳۴ درصد بیشتر از

تیمار شاهد بود (جدول ۵). از نظر زیست‌توده گیاه، بین دو چین تفاوت قابل ملاحظه‌ای وجود نداشت (جدول ۶). نتایج اثرات متقابل نشان داد که بیشترین مقدار این صفت در اولین چین و در تیمار کاربرد منفرد کود شیمیایی بدست آمد (جدول ۷).

نتایج تحقیقات انجام شده بر روی گیاهان دارویی نعناع فلفلی و شنبلیله نشان داد که کاربرد کودهای شیمیایی باعث افزایش تولید شاخه و برگ و در نتیجه افزایش عملکرد تر گیاهان مذکور شد (Niakan et al., 2004; Mohamad Abadi et al., 2011). همچنین پژوهش بر روی گیاهان بادرنجبویه، اسفناج (*Spinacia oleracea* L.) و جعفری (*Petroselinum crispum* L.) نشان داد که مصرف نیتروژن عملکرد پیکر رویشی این گیاهان را افزایش داد (Behtash et al., 2001; Abas Zade et al., 2006). گزارش شده است که مصرف فسفر و پتاسیم در کنار کود نیتروژن نقش بسزایی در بهبود مراحل نمو و نیز فعالیت‌های متابولیکی گیاهان دارد (Niakan et al., 2004). با توجه به نقش نیتروژن در ساختار اسیدهای آمینه و پروتئین‌ها، فراهمی مناسب این عنصر می‌تواند اثر مثبتی بر روند واکنش‌های درونی گیاه و در نهایت میزان تولید فرآورده‌های فتوسنتزی داشته باشد و این موضوع باعث افزایش رشد و زیست‌توده تولیدی گیاه می‌گردد (Niakan et al., 2004).

مصرف کودهای آلی ورمی‌کمپوست، کود گاوی و کود زیستی میکوریزا تا حدی باعث افزایش عملکرد تر گیاه دارویی گشنیز گردید. در پژوهشی گزارش شد که کاربرد کودهای آلی، اکثر صفات رشدی و در نتیجه عملکرد گیاه شنبلیله را افزایش داد (Detoroja et al., 1996).

جدول ۸- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی شاخص‌های رویشی گیاه دارویی گشنیز تحت تأثیر کودهای مختلف آلی، بیولوژیک و شیمیایی

Table 8- Results of analysis of variance (mean square) of some coriander vegetative growth parameters as affected by organic, biological and chemical fertilizers

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	عملکرد خشک برگ Leaf dry matter yield	عملکرد خشک ساقه Stem dry matter yield	عملکرد خشک کل Total dry matter yield	نسبت برگ به ساقه Leaf/stem ratio	درصد اسانس Essential oil percentage	عملکرد اسانس Essential oil yield
تکرار Replication	2	55714.0**	2328.0ns	45727.0*	0.8ns	0.0001ns	116946.0ns
تیمار Treatment	11	55486.0**	4994.0**	91480.0**	3.5ns	0.0080**	673127.0**
تکرار × تیمار Replication × Treatment	22	9442.0ns	1424.0ns	12499.0ns	2.8ns	0.0003ns	40102.0ns
چین Cutting	1	970456.0**	1140050.0**	4442683.0**	564**	0.3000**	54496365.0**
چین × تیمار Cutting × Treatment	11	11800.0ns	4409.0**	18577.0ns	2.9ns	0.0020**	239866.0**
چین × تکرار Cutting × Replication	2	11920.0ns	1984.0ns	14073.0ns	0.7ns	0.0003ns	149182.0*
خطا Error	22	8968.0	1290.0	13522.0	2.8	0.0002	38321.0
کل Total	71	-	-	-	-	-	-
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	15	18	14	33	12	15

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

**, * and ns are significant at p≤ 0.01 and p≤ 0.05 and not significant, respectively.

در مطالعات مشابهی که بر روی گیاهان دارویی ریحان، نعناع فلفلی و گشنیز انجام گرفت، گزارش شد که کاربرد میکوریزا سبب افزایش غلظت فسفر و در نتیجه عملکرد محصول گردید (Cabello et al., 2005; Kapoor et al., 2002; Toussaint et al., 2007). گزارش شده است که کاربرد میکوریزا از طریق افزایش جذب فسفر، باعث افزایش سطح برگ و میزان فتوسنتز گیاه شده و در نتیجه عملکرد رویشی گیاه را بهبود می دهد (Valadabadi et al., 2009).

عملکرد خشک برگ و ساقه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای تغذیه‌ای و دفعات چین بر صفت عملکرد خشک برگ و ساقه معنی‌دار (p≤۰/۰۱) بود (جدول ۸).

جدول ۹- مقایسه میانگین‌های برخی شاخص‌های رویشی گیاه دارویی گشنیز تحت تأثیر کودهای مختلف آلی، بیولوژیک و شیمیایی

Table 9- Results of mean comparisons of some coriander vegetative growth parameters as affected by organic, biological and chemical fertilizers

عملکرد اسانس (کیلوگرم در هکتار) Essential oil yield ($kg.ha^{-1}$)	درصد اسانس (٪) Essential oil percentage (%)	نسبت برگ به ساقه Leaf/stem ratio	عملکرد خشک کل (کیلوگرم در هکتار) Total dry matter yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد خشک ساقه (کیلوگرم در هکتار) Stem dry matter yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد خشک برگ (کیلوگرم در هکتار) Leaf dry matter yield ($kg.ha^{-1}$)	
1.753[a]	0.208[a]	3.68[a]	761.000[c-e]	203.000[b-d]	586.000[b-d]	کود گاوی Cow manure
1.221[bc]	0.133[bc]	5.38[a]	787.000[cd]	171.000[cd]	621.000[b-d]	ورمی‌کمپوست Vermicompost
1.084[b-d]	0.095[e]	5.210[a]	1056.000[a]	253.000[a]	815.000[a]	کود شیمیایی Chemical fertilizer
1.287[b]	0.145[b]	6.000[a]	720.000[de]	165.000[cd]	561.000[c-e]	بیوسولفور Biosulfur
0.937[de]	0.118[cd]	5.950[a]	688.000[de]	167.000[cd]	527.000[de]	میکوریزا Mycorrhiza
0.755[e]	0.105[de]	3.900[a]	621.000[e]	180.000[cd]	452.000[e]	بیوسولفور - کودگاوی Biosulfur-cow manure
0.808[e]	0.086[e]	5.260[a]	761.000[c-e]	188.000[b-d]	624.000[b-d]	بیوسولفور-ورمی‌کمپوست Biosulfur-vermicompost
1.582[a]	0.150[b]	4.510[a]	893.000[bc]	211.000[a-d]	691.000[bc]	بیوسولفور -کود شیمیایی Biosulfur-chemical fertilizer
1.609[a]	0.190[a]	4.360[a]	748.000[c-e]	192.000[b-d]	570.000[c-e]	میکوریزا - کودگاوی Mycorrhiza-cow manure
1.198[bc]	0.116[cd]	5.460[a]	876.000[bc]	216.000[a-c]	659.000[b-d]	میکوریزا-ورمی‌کمپوست Mycorrhiza-vermicompost
1.590[a]	0.146[b]	5.510[a]	948.000[ab]	235.000[ab]	715.000[ab]	میکوریزا - کود شیمیایی Mycorrhiza-chemical fertilizer
1.011[c-e]	0.121[cd]	5.410[a]	703.000[de]	164.000[d]	555.000[de]	شاهد Control

*اعداد هر ستون که دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

*The numbers in each column that have a same letter, don't have significant difference in 5% level based on Duncan test.

جدول ۱۰- مقایسه میانگین‌های برخی شاخص‌های رویشی گیاه دارویی گشنیز تحت تاثیر دفعات چین

Table 10- Results of mean comparisons of some coriander vegetative growth parameters as affected by different cutting

چین Cut	عملکرد خشک برگ (کیلوگرم در هکتار) Leaf dry matter yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد خشک ساقه (کیلوگرم در هکتار) Stem dry matter yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد خشک کل (کیلوگرم در هکتار) Total dry matter yield ($kg.ha^{-1}$)	نسبت برگ به ساقه stem /Leaf ratio	درصد اسانس (٪) Essential oil percentage (%)	عملکرد اسانس (کیلوگرم در هکتار) Essential oil yield ($kg.ha^{-1}$)
اول The first	498.000[b]	70.000[b]	548.000[b]	7.850[a]	0.066[b]	0.366[b]
دوم The second	731.000[a]	321.000[a]	1045.000[a]	2.250[b]	0.203[a]	2.106[a]

*اعداد هر ستون که دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

*The numbers in each column that have a same letter, are not had significant different in 5% level based on Duncan test.

به طور متوسط مصرف منابع کودی مختلف عملکرد خشک برگ را به میزان ۱۱ درصد در مقایسه با تیمار شاهد افزایش دادند. بیشترین و کمترین مقدار این صفت به ترتیب، در تیمار کاربرد منفرد کود شیمیایی و تیمار مصرف تلفیقی کود زیستی بیوسولفور با کود گاوی مشاهده شد. کاربرد کود شیمیایی عملکرد خشک برگ را نسبت به تیمار شاهد ۳۲ درصد افزایش داد؛ در حالی‌که با مصرف تلفیقی بیوسولفور با کود گاوی این شاخص به میزان ۱۹ درصد کاهش یافت (جدول ۹).

نتایج آزمایش بیانگر برتری چین دوم از نظر عملکرد خشک برگ بود، به طوری‌که اختلاف بین دو چین ۳۲ درصد بود (جدول ۱۰).

نتایج اثر متقابل بیانگر حصول حداکثر عملکرد برگ خشک در چین دوم و در تیمار مصرف منفرد کود شیمیایی بود. کمترین مقدار این صفت نیز در چین اول و در گیاهان تیمار شده با کود زیستی میکوریزا به دست آمد (جدول ۱۱).

نتایج آزمایش نشان داد که کاربرد تمامی منابع کودی مورد مطالعه، به طور نسبی سبب افزایش عملکرد خشک ساقه شد. بیشترین مقدار صفت مورد مطالعه در تیمار کاربرد منفرد کود شیمیایی به دست آمد. کاربرد تلفیقی منابع کودی، در مقایسه با مصرف منفرد آنها اثر به مراتب بهتری بر افزایش عملکرد خشک ساقه داشت (جدول ۹). عملکرد خشک ساقه در چین دوم به طور چشمگیری بیشتر از چین اول بود؛ به طوری‌که اختلاف این دو چین از نظر صفت مذکور ۸۰ درصد بود (جدول ۱۰). نتایج اثرات متقابل بیان‌گر حصول بیشترین مقدار عملکرد خشک ساقه در دومین چین و در تیمار مصرف منفرد کود شیمیایی بود. تیمارهای کودی مورد مطالعه در دومین چین تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای بین تیمارهای تغذیه‌ای از حیث صفت مذکور بروز نمودند (جدول ۱۱).

عملکرد خشک برگ و ساقه گیاه دارویی گشنیز با کاربرد کود شیمیایی افزایش قابل ملاحظه‌ای نشان داد. در پژوهشی بر روی گیاه دارویی نعناع فلفلی مشاهده شد که کاربرد سطوح بالای کود شیمیایی شامل ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار از هر یک از کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم باعث افزایش عملکرد خشک برگ شد (Niakan et al., 2004). همچنین نتایج تحقیق دیگری بر روی گیاه شنبلیله حاکی از افزایش عملکرد خشک برگ و ساقه گیاه در اثر کاربرد کود شیمیایی حاوی نیتروژن، فسفر و پتاسیم بود (Mohamad Abadi et al., 2011). با توجه به نقش عنصر نیتروژن در ساختار کلروفیل گیاهی و بهبود واکنش‌های فتوسنتزی گیاه، نقش عنصر پتاسیم در تقسیم سلول‌های گیاهی و نیز نقش فسفر در انتقال انرژی حاصل از فتوسنتز؛ می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد مقادیر مناسب کودهای شیمیایی می‌تواند باعث افزایش رشد و نمو و در نهایت افزایش عملکرد گیاه گردد (Niakan et al., 2004; Malakuti, 1995; Paradi et al., 2003).

مجموع عملکرد ماده خشک چین اول و دوم

اثر تیمارهای کودی مورد مطالعه و دفعات چین بر عملکرد زیست‌توده اندام هوایی گیاه دارویی گشنیز معنی‌دار ($p\leq0/01$) بود (جدول ۸). کاربرد تلفیقی و منفرد تیمارهای کودی، به طور متوسط به میزان ۱۳ درصد باعث بهبود زیست‌توده گیاه، نسبت به تیمار شاهد شد. حداکثر و حداقل مقدار این صفت، به ترتیب در تیمارهای مصرف منفرد کود شیمیایی (۱۰۵۶ کیلوگرم در هکتار) و کاربرد تلفیقی کود زیستی بیوسولفور با کود گاوی (۶۲۱ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (جدول ۹).

جدول ۱۱- اثرات متقابل تاریخ برداشت و کودهای مختلف آلی، بیولوژیک و شیمیایی بر برخی شاخص‌های رویشی گیاه دارویی گشنیز در چین اول

Table 11 - Results of interaction effects of harvesting date and organic, biological and chemical fertilizers on some coriander vegetative growth parameters at the first cutting

	عملکرد خشک برگ (کیلوگرم در هکتار) Leaf dry matter yield (kg.ha-1)	عملکرد خشک ساقه (کیلوگرم در هکتار) Stem dry matter yield (kg.ha-1)	عملکرد خشک کل (کیلوگرم در هکتار) Total dry matter yield (kg.ha-1)	نسبت برگ به ساقه Leaf/stem ratio	درصد اسانس (٪) Essential oil percentage (%)	عملکرد اسانس (کیلوگرم در هکتار) Essential oil yield (kg.ha-1)
کود گاوی Cow manure	532.000f-i	103.000f	579.000g-i	5.260cd	0.116h	0.677g
ورمی‌کمپوست Vermicompost	521.000g-j	65.000f	574.000g-i	8.130a-c	0.053j-m	0.290g-i
کود شیمیایی Chemical fertilizer	701.000b-g	85.000f	761.000fg	8.230a-c	0.066jk	0.497g-i
بیوسولفور Biosulfur	420.000ij	38.000f	445.000hi	9.600a	0.056j-l	0.254hi
میکوریزا Mycorrhiza	341.000j	35.000f	364.000i	9.500a	0.080ij	0.291g-i
بیوسولفور- کودگاوی Biosulfur-cow manure	428.000ij	77.000f	484.000hi	6.100bc	0.030lm	0.144hi
بیوسولفور-ورمی‌کمپوست Biosulfur-vermicompost	476.000h-j	62.000f	522.000hi	8.400a-c	0.023m	0.116i
بیوسولفور-کود شیمیایی Biosulfur-chemical fertilizer	553.000e-i	81.000f	614.000gh	6.630a-c	0.083ij	0.511g-i
میکوریزا- کودگاوی Mycorrhiza-cow manure	429.000ij	99.000f	500.000hi	6.230bc	0.106hi	0.538gh
میکوریزا-ورمی‌کمپوست Mycorrhiza-vermicompost	550.000e-i	57.000f	608.000gh	8.900ab	0.050j-m	0.330g-i
میکوریزا-کود شیمیایی Mycorrhiza-chemical fertilizer	569.000e-h	68.000f	634.000gh	8.900ab	0.08ij	0.503g-i
شاهد Control	463.000h-j	65.000f	496.000hi	8.360a-c	0.046k-m	0.239hi

*اعداد هر ستون که دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

*The numbers in each column that have a same letter, are not had significant different in 5% level based on Duncan test.

بین تاریخ‌های برداشت از نظر میزان زیست‌توده تولیدی تفاوت قابل توجهی وجود داشت، به طوری که مقدار صفت مذکور در چین دوم حدود دو برابر مقدار آن در چین اول بود (جدول ۱۰). نتایج اثرات متقابل دفعات چین و تیمارهای تغذیه‌ای نشان داد که بیشترین زیست‌توده گیاه دارویی گشنیز در چین دوم و در تیمار کاربرد منفرد کود شیمیایی و کمترین مقدار صفت مورد نظر در چین اول و در تیمار کود زیستی میکوریزا مشاهده شد؛ به طوری‌که تفاوت موجود بین این دو تیمار به طور متوسط ۷۴ درصد بود (جدول ۱۱).

مطالعه کنونی نشان داد که مصرف مقادیر مناسب کودهای شیمیایی می‌تواند باعث افزایش زیست‌توده تولیدی گیاه دارویی گشنیز گردد. نتایج پژوهشی بر روی گیاه دارویی ریحان و بادرنجبویه نشان داد که حداکثر عملکرد خشک گیاه در تیمار کاربرد کود شیمیایی به دست آمد (Arabaci & Bayram, 2004; Sharifi Ashoorabadi et al., 2004).

ادامه جدول ۱۱- اثرات متقابل تاریخ برداشت و کودهای مختلف آلی، بیولوژیک و شیمیایی بر برخی شاخص‌های رویشی گیاه دارویی

Continued Table 11 - Results of interaction effects of harvesting date and organic, biological and chemical fertilizers on some coriander vegetative growth parameters at the second cutting

	عملکرد خشک برگ (کیلوگرم در هکتار) Leaf dry matter yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد خشک ساقه (کیلوگرم در هکتار) Stem dry matter yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد خشک کل (کیلوگرم در هکتار) Total dry matter yield ($kg.ha^{-1}$)	نسبت برگ به ساقه Leaf/stem ratio	درصد اسانس (٪) Essential oil percentage (%)	عملکرد اسانس (کیلوگرم در هکتار) Essential oil yield ($kg.ha^{-1}$)
کود گاوی Cow manure	640.000^{d-h}	302.000^{de}	943.000^{d-f}	2.100^{de}	0.300^{a}	2.830^{a}
ورمی‌کمپوست Vermicompost	722.000^{b-e}	277.000^{de}	999.000^{c-e}	2.630^{de}	0.213^{bc}	2.148^{c}
کود شیمیایی Chemical fertilizer	929.000^{a}	421.000^{a}	1351.000^{a}	2.200^{de}	0.123^{gh}	1.670^{ef}
بیوسولفور Biosulfur	702.000^{b-g}	293.000^{de}	995.000^{c-e}	2.400^{de}	0.233^{b}	2.321^{bc}
میکوریزا Mycorrhiza	713.000^{b-e}	300.000^{de}	1013.000^{c-e}	2.400^{de}	0.156^{ef}	1.582^{ef}
بیوسولفور- کودگاوی Biosulfur-cow manure	476.000^{h-j}	282.000^{de}	758.000^{fg}	1.700^{e}	0.180^{de}	1.365^{f}
بیوسولفور-ورمی‌کمپوست Biosulfur-vermicompost	772.000^{a-d}	314.000^{c-e}	1000.000^{c-e}	2.130^{de}	0.150^{fg}	1.501^{ef}
بیوسولفور-کود شیمیایی Biosulfur-chemical fertilizer	829.000^{a-c}	341.000^{b-d}	1171.000^{a-c}	2.400^{de}	0.216^{bc}	2.653^{ab}
میکوریزا - کودگاوی Mycorrhiza-cow manure	711.000^{b-f}	285.000^{de}	996.000^{c-e}	2.500^{de}	0.273^{a}	2.680^{ab}
میکوریزا-ورمی‌کمپوست Mycorrhiza-vermicompost	768.000^{a-d}	376.000^{a-c}	1145.000^{b-d}	2.030^{de}	0.180^{de}	2.066^{cd}
میکوریزا-کود شیمیایی Mycorrhiza-chemical fertilizer	861.000^{ab}	401.000^{ab}	1262.000^{ab}	2.130^{de}	0.213^{bc}	2.677^{ab}
شاهد Control	648.000^{c-h}	263.000^{e}	911.000^{ef}	2.460^{de}	0.195^{cd}	1.783^{de}

*اعداد هر ستون که دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

*The numbers in each column that have a same letter, are not had significant different in 5% level based on Duncan test.

محققان دیگر دریافتند که بیشترین عملکرد زیست‌توده خشک گیاه ریحان در چین دوم و با کاربرد سطوح بالای کود نیتروژن (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) بدست می‌آید؛ آنها دلیل این مشاهده را به افزایش تعداد شاخه‌های گیاه در چین دوم نسبت دادند (Dadvand Sarab et al., 2008; Singh et al., 1989). تهامی زرندی و همکاران (Tahami Zarandi et al., 2010) نیز بیان کردند که حداکثر عملکرد خشک گیاه ریحان در چین سوم به دست آمد. این یافته‌ها با نتایج پژوهش کنونی بر روی گیاه دارویی گشنیز مطابقت دارد. به نظر می‌رسد که در اثر افزایش تعداد شاخه‌های جانبی گیاه در چین دوم و متعاقب آن افزایش میزان برگ و ساقه تولیدی گیاه، زیست‌توده خشک گیاه افزایش یافته است. همچنین در چین دوم، ریشه گیاه به خوبی در خاک توسعه پیدا کرده و اثرات مفید کودهای مصرف شده قبل از کاشت گیاه نیز بیشتر از چین اول ظاهر گشته و در نهایت توان تولید ماده خشک در گیاه افزایش یافته است؛ هر چند که سهم ساقه

از این افزایش به مراتب بیشتر از برگ بود.

مصرف تلفیقی کود بیولوژیک میکوریزا با سایر منابع کودی، اثر به مراتب بیشتری در افزایش زیست‌توده گیاه دارویی گشنیز در مقایسه با کاربرد تلفیقی کود بیولوژیک بیوسولفور با کودهای آلی و شیمیایی داشت. در پژوهش‌هایی بر روی گیاهان دارویی رازیانه و گشنیز گزارش شد که کاربرد قارچ میکوریزا باعث افزایش زیست‌توده خشک گیاهان مذکور شد (Darzil et al., 2009; Valadabadi et al., 2009). گزارش شده است که قارچ میکوریزا از طریق گسترش و نفوذ هیف‌های قارچ در منافذ خاک و نیز ترشح اسیدهای آلی حل-کننده فسفر باعث افزایش میزان جذب فسفر توسط گیاه و در نتیجه افزایش زیست‌توده گیاه می‌گردد (Khalvati et al., 2005; Darzil et al., 2009).

نسبت برگ به ساقه

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین و کمترین نسبت برگ به ساقه به ترتیب در تیمارهای کاربرد منفرد کود زیستی بیوسولفور و کود گاوی بدست آمد؛ به طوری که اختلاف این دو تیمار در مورد صفت مذکور ۴۰ درصد بود. همچنین کاربرد منفرد تیمارهای تغذیه‌ای باعث برتری صفت مورد نظر به میزان ۲۳ درصد در مقایسه با کاربرد تلفیقی آنها گردید (جدول ۹). نتایج آزمایش بیان‌گر اثر معنی‌دار چین بر نسبت برگ به ساقه در گیاه دارویی گشنیز بود (جدول ۸). چین اول اثر به مراتب بهتری بر این شاخص داشت، به طوری‌که میزان صفت مذکور در این تاریخ برداشت به میزان ۷۲ درصد بیشتر از چین دوم بود (جدول ۱۰). نتایج اثر متقابل نشان‌دهنده حصول حداکثر نسبت برگ به ساقه در چین اول و در تیمارهای کاربرد منفرد کودهای زیستی بیوسولفور و میکوریزا بود (جدول ۱۱). افزایش نسبت برگ به ساقه در چین اول ناشی از عدم تولید ساقه گل‌دهنده در این چین بود؛ به طوری‌که در اولین چین عمده وزن تر گیاه شامل برگ‌های گیاه بود و این در حالی است که در چین دوم، گیاه با سرعت بیشتری تولید ساقه گل‌دهنده و نیز شاخه‌های جانبی نمود و این موضوع باعث کاهش نسبت برگ به ساقه در این چین گردید.

درصد و عملکرد اسانس

کاربرد تیمارهای کودی، دفعات چین و اثر متقابل آنها بر درصد و عملکرد اسانس گیاه دارویی گشنیز معنی‌دار ($p\leq۰/۰۱$) بود (جدول ۸). بیشترین مقدار این صفت در تیمارهای مصرف منفرد کود گاوی و کاربرد تلفیقی کود زیستی میکوریزا با کود گاوی (۰/۱۹ درصد) و کمترین مقدار آن در تیمار کاربرد منفرد کود شیمیایی (۰/۰۹۵ درصد) بدست آمد. کاربرد کود شیمیایی باعث کاهش درصد اسانس پیکر رویشی گیاه به میزان ۲۵ درصد نسبت به تیمار شاهد شد. کاربرد تلفیقی کود زیستی میکوریزا اثر به مراتب بهتری در مقایسه با کاربرد تلفیقی کود زیستی بیوسولفور بر میزان صفت مذکور داشت (جدول ۹). اختلافات موجود بین چین اول و دوم از نظر درصد اسانس قابل توجه بود؛ به طوری که درصد اسانس در چین دوم به میزان ۱۹/۰۴ درصد بیشتر از چین اول بود (جدول ۱۰). نتایج اثر متقابل دفعات چین و منبع تغذیه‌ای نشان داد که بیشترین مقدار صفت مذکور در چین دوم با کاربرد منفرد کود گاوی (۰/۳ درصد) و کمترین مقدار آن در چین اول و با کاربرد تلفیقی کود زیستی بیوسولفور و کود آلی ورمی کمپوست (۰/۰۲۳ درصد) بدست آمد (جدول ۱۱).

نتایج آزمایش حاکی از آن است که به طور متوسط کاربرد منفرد و تلفیقی منابع تغذیه‌ای باعث بهبود صفت مذکور به میزان ۲۰ درصد نسبت به تیمار شاهد گردید. حداکثر عملکرد اسانس با کاربرد منفرد کود گاوی (۱/۷۵۳ کیلوگرم در هکتار) و مصرف توأم کود زیستی میکوریزا با کود گاوی (۱/۶۰۹ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد و حداقل مقدار آن در تیمار کاربرد تلفیقی کود زیستی بیوسولفور با کود گاوی (۰/۷۵۵ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (جدول ۹). نتایج آزمایش بیان‌گر اثر مثبت چین دوم بر مقدار عملکرد اسانس بود؛ به طوری که صفت مورد مطالعه را ۸۳ سدرصد نسبت به چین اول افزایش داد (جدول ۱۰). نتایج اثرات متقابل دفعات چین و منابع کودی نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار عملکرد اسانس به ترتیب، در چین دوم با مصرف منفرد کود گاوی و در چین اول با مصرف کود زیستی بیوسولفور با کود آلی ورمی‌کمپوست بدست آمد (جدول ۱۱).

تاکنون گزارش‌های متعدد و گاه متناقضی در مورد اثرات مصرف کودهای شیمیایی بر روی گیاهان دارویی شده است. در پژوهشی بر روی گیاه ریحان گزارش شده است که بیشترین درصد اسانس در چین اول گیاه و در تیمار عدم مصرف کود نیتروژن و بیشترین عملکرد اسانس در چین اول و با کاربرد سطوح بالای کود نیتروژن به دست آمد؛ این موضوع به افزایش تولید ماده خشک گیاه در این سطح نسبت داده شده است (Dadvand Sarab et al., 2008). از طرف

دیگر، گزارش شده است که بیشترین درصد و عملکرد اسانس در گیاهان دارویی نعناع و ریحان با مصرف سطوح پایین کود نیتروژن به دست آمد (Singh et al., 1989; Arabaci & Bayram, 2004). همچنین در تحقیقی دیگر مشاهده شد که حداکثر مقادیر درصد و عملکرد اسانس گیاه دارویی بادرنجبویه با کاربرد سطوح میانی (۶۰ کیلوگرم در هکتار) کود نیتروژن به دست آمد (Abas Zade et al., 2006). از مجموع مطالعات صورت گرفته چنین به نظر می‌رسد که که مصرف سطوح بالای کودهای شیمیایی به دلیل کاهش درصد اسانس باعث کاهش عملکرد کیفی گیاه شده است؛ ولی کاربرد سطوح میانی کود نیتروژن ضمن کمک به توسعه بخش‌های رویشی گیاه، اثرات بازدارنده چندانی بر درصد اسانس گیاه نداشته و یا حتی در مواردی باعث افزایش درصد اسانس گیاه گردیده است و در نهایت مقدار عملکرد اسانس به عنوان مهمترین فاکتور مطرح در تولید گیاهان دارویی، افزایش می‌یابد.

در تحقیق حاضر مصرف کود زیستی میکوریزا در تلفیق با کود گاوی درصد و عملکرد اسانس را در گیاه دارویی گشنیز افزایش داد. در مطالعات صورت گرفته بر روی گیاهان نعناع و مرزنجوش گزارش شده است که کاربرد میکوریزا اثر مثبتی در افزایش مقدار اسانس گیاهان مورد نظر دارد (Gupta et al., 2002; Khaosaad et al., 2006). علت افزایش اسانس گیاه در شرایط مصرف میکوریزا به بهبود جذب آب و عناصر غذایی از طریق همزیستی میکوریزا نسبت داده شده است (Gupta et al., 2002). گزارش شده است که واحدهای سازنده ترکیبات ترپنوئیدی اسانس، نیاز به ATP و NADPH دارند که همزیستی میکوریزایی از طریق جذب فسفر و نیتروژن باعث افزایش این مواد و در نتیجه افزایش درصد اسانس گیاه می‌شود (Loomis & Corteau, 1972).

کاربرد کودهای آلی اثرات مثبتی بر عملکرد کیفی گیاه دارویی گشنیز داشت. در تحقیقی بر روی گیاه دارویی ریحان مشاهده شد که میزان اسانس گیاه با مصرف کود آلی ورمی کمپوست افزایش یافت (Anwar et al., 2005). در پژوهش دیگری گزارش شد که میزان اسانس گیاه نعناع فلفلی در تیمارهای مصرف ورمی کمپوست و کود گاوی با تیمار شاهد برابری داشت (Kalra, 2003). با این وجود نتایج برخی مطالعات حاکی از اثر منفی کودهای آلی بر درصد اسانس گیاهان دارویی می‌باشد (Jahan, 2004; Moradi et al., 2009). به هر حال اگر فرض شود که درصد اسانس گیاهان دارویی در شرایط مصرف کودهای آلی کاهش می یابد، باز هم به دلیل اثرات مثبت این کودها بر عملکرد کمی گیاه، در نهایت، عملکرد اسانس که برآیندی از درصد اسانس و عملکرد کمّی گیاه است، افزایش می‌یابد (Fallahi et al., 2008).

کاربرد تلفیقی کود بیولوژیک میکوریزا با کودهای آلی و شیمیایی میزان عملکرد اسانس گیاه دارویی گشنیز را افزایش داد. در تحقیق مشابهی بر روی گیاه رازیانه، گزارش شد که کاربرد توأم باکتری حل‌کننده فسفات و کود آلی ورمی کمپوست باعث افزایش میزان اسانس گیاه شد؛ این مسئله به وجود اثر هم‌افزایی بین این کودها و در نتیجه افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک و متعاقب آن افزایش میزان دسترسی به فسفر که از عناصر اصلی اسانس است، نسبت داده شده است (Darzil et al., 2006). همچنین گزارش شده است که کاربرد تلفیقی میکوریزا و کود آلی ورمی کمپوست از طریق ایجاد سطح جذب مناسب عناصر توسط میکوریزا از یک سو و آزادسازی تدریجی عناصر توسط کودهای آلی از سوی دیگر، باعث افزایش عملکرد کیفی گیاه می‌گردد (Darzil et al., 2009).

در پژوهش حاضر درصد و عملکرد اسانس گیاه دارویی گشنیز در دومین چین به مراتب بیشتر از اولین چین بود. در تحقیقی بر روی گیاه آویشن گزارش شد که بیشترین درصد اسانس گیاه در تاریخ برداشت چهارم به دست آمد (Naghdi Badi et al., 2002). همچنین در مطالعه دیگری بر روی ریحان مشاهده شد که بیشترین مقدار عملکرد اسانس گیاه مورد نظر در چین سوم به دست آمد (Tahami Zarandi et al., 2010). به نظر می‌رسد که افزایش درصد و عملکرد اسانس ناشی از افزایش دمای محیط در دومین چین، پیری گیاه و نیز افزایش حجم رویشی گیاه و افزایش رقابت بین و درون گیاهی بوده که در نتیجه باعث ایجاد شرایط نامساعدتر برای گیاه و در نتیجه تولید بیشتر متابولیت‌های ثانویه به عنوان یک عامل دفاعی گیاه در شرایط نامناسب شده است. نتایج تحقیقی روی بابونه نیز نشان داد که بیشترین درصد و عملکرد اسانس گیاه در چین دوم به دست آمد (Ebadi et al., 2010).

نتیجه‌گیری

به طور کلی، نتایج این آزمایش حاکی از پاسخ مثبت گیاه دارویی گشنیز به مصرف کودهای آلی، زیستی و شیمیایی است. به نظر می‌رسد که کاربرد کود گاوی اثر بهتری بر عملکرد کیفی این گیاه داشت.

در بین تیمارهای مورد مطالعه، کاربرد منفرد کود شیمیایی و مصرف تلفیقی کود زیستی میکوریزا با کود شیمیایی باعث اثر به مراتب بهتری بر عملکرد رویشی گیاه دارویی گشنیز شد. با توجه به این‌که مقدار عملکرد خشک کل، درصد و عملکرد اسانس در چین دوم گیاه در حداکثر مقادیرش بود، لذا چین دوم نسبت به چین اول از نظر بهبود صفات کمی و کیفی دارای برتری بود. از آنجا که کودهای زیستی اثرات مثبتی بر گیاه مورد مطالعه داشت، می‌تواند به عنوان جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی در جهت حرکت به سمت کشاورزی پایدار مطرح شود.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی به دلیل تأمین هزینه‌های اجرایی این تحقیق و از پرسنل زحمت‌کش مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و مسئولین آزمایشگاه گیاهان زراعی ویژه و آزمایشگاه تحقیقات عالی گیاهان زراعی که در طول انجام مراحل این آزمایش نهایت همکاری را مبذول داشتند، کمال تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

Abas Zadeh, B. 2005. The effects of different levels and application methods of nitrogen fertilizer on amounts of essential oil of *Melissa officinalis* L. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Karaj Branch, Iran. (In Persian with English Summary)

Abas Zadeh, B., Sharifi Ashourabadi, A., Ardakani, M.R., Lebaschi, M.H., Safikhani, F., and Naderi Hadjibagher Kandi, M. 2006. Effect of application methods of nitrogen fertilizer on essential oil content and composition of balm (*Melissa officinalis* L.) under field condition. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 22(3): 223-230. (In Persian with English Summary)

Ahmadian, H., Ghanbari, A., and Ghalavi, M. 2006. Effect of animal manure on quantitative and qualitative yield and chemical composition of essential oil in cumin (*Cuminum cyminum*). Iranian Journal of Field Crops Research 4(2): 207-216. (In Persian with English Summary)

Akbari Nia, A., Daneshian, J., and Mohammadbeigi, F. 2006. Effect of nitrogen fertilizer and plant density on seed yield, essential oil and oil content of *Coriandrum sativum* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 22(4): 410-419. (In Persian with English Summary)

Ali, F.S., Zayed, G., Saad, O.A., and Abdul-Mohsen, H. 2009. Optimization of nitrogen fertilizer levels for maximum colonization of mycorrhiza on roots of coriander plants. African Crop Science Conference Proceedings 9: 117-122.

Ali Abadi Farahani, H., and Valadabadi, A.R. 2010. The role of arbuscular mycorrhiza under water stress conditions of coriander. Journal of Water and Soil 24(1): 69-80. (In Persian with English Summary)

Allievi, L., Marchesisni, A., Salardi, C., Piano, V., and Ferrari, A. 1993. Plant quality and soil residual fertility six years after a compost treatment. Bioresource Technology 43: 85-89.

Anwar, M., Patra, D.D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A.A., and Khanuja, S.P.S. 2005. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. Communications in Soil Science and Plant Analysis 36(13-14): 1737-1746.

Arabaci, D., and Bayram, E. 2004. The Effect of nitrogen fertilization and different plant densities on some agronomic and technologic characteristic of *Ocimum basilicum* L. (Basil). Journal of Agronomy 3(4): 255 -262.

Arganosa, G.C., Sosuskli, F.W., and Slikard, A.E. 1998. Seed yield and essential oil of biennial caraway grown in Western Canada. Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants 1(9): 9-17.

Arpana, J., and Bagyaraj, D.J. 2007. Response of kalmegh to an arbuscalar mycorrhizal fungus and a plant growth promoting rhizomicroorganism at two levels of phosphorus fertilizer. American-Eurasian Journal Agriculture Science 2(1): 33-38.

Azeez, J.O., Van Averbeke, W. and Okorogbona, A.O.M. 2010. Differential responses in yield of pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) and nightshade (*Solanum retroflexum* Dun.) to the application of three animal manures. Bioresource Technology 101: 2499–2505.

Barea, J.M., Pozo, M.J., Azcon, R., and Azcon-Aguilar, C. 2005. Microbial co-operation in the rhizosphere. Journal of Experimental Botany 56: 1761-1778.

Behtash, F., Masiha, S., and Malakuti, M.G. 2001. Effect of different amounts of urea on nitrate accumulation in edible parts of spinach and parsley. Journal of Horticulture Science and Technology 2(3): 150-160. (In Persian with English Summary)

Cabello, M., Irrazabal, G., Bucsinszky, A.M., Saparrat, M., and Schalamuk, S. 2005. Effect of Arbuscular Mycorrhizal fungus, *Glomus mosseae* and a rock phosphate- solubilizing fungus, *Penicillium thomii*, on *Mentha piperita* growth in a soilless medium. Journal of Basic Microbiology 45(3): 182-189.

Dadvand Sarab, M., Naghdi Badi, H., Nasri, M., Maki Zade, M., and Omidi, H. 2008. The change of essential oil and yield of ocmimum as affected by density and nitrogen fertilizer. Journal of Medicinal Plants 27: 60-70.

Darzi1, M.T., Ghalavand, A., Rejali, F., and Sefidkon, F. 2006. Effects of biofertilizers application on yield and yield components in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 22(4): 276-292. (In Persian with English Summary)

Darzi1, M.T., Ghalavand, A., and Rejali, F. 2009. The effects of biofertilizers application on N,P,K assimilation and seed yield in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 25(1): 1-19. (In Persian with English Summary)

Detoroja, H.J., Sukhadia, N.M., Khanpara, V.D., Malavia, D.D., and Kaneria, B.B. 1996. Response of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) to nitrogen, phosphorus and potassium. Indian Journal of Agronomy 41(1):160-161.

Ebadi, M.T., Fallahi, J., Azizi, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2007. The effects of application of organic fertilizer on growth parameters and yield of two breeding cultivars of chamomile. The First National Conference of Management and Developing of Sustainable Agriculture in Iran, Ahvaz, 3-5 December, p. 129-135. (In Persian)

Ebadi, M., Azizi, M., Omidbaigi, R., and Hassanzadeh Khayyat, M. 2010. Effect of sowing date and harvest frequency on flower yield, essential oil percent and composition in chamomile (*Matricaria recutita* L.) cv. Presov. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 26(2): 213-226. (In Persian with English Summary)

Ebhin Masto, R., Chhonkar, P.K., Singh, D., and Patra, A.K. 2006. Changes in soil biological and biochemical characteristics in a long-term field trial on a sub-tropical inceptisoil. Soil biology and Biochemistry 38: 1577-1582.

Fallah, A., Ghalavand, M., and Khajehpour, R. 2007. Effects of animal manure incorporation methods and its integration with chemical fertilizer on yield and yield components of maize (*Zea mays* L.) in Khorramabad, Lorestan. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 40(11): 233-243. (In Persian with English Summary)

Fallahi, J., Koocheki, A., and Rezvani Moghaddam, P. 2008. The effect of organic fertilizers on quantity index and the amount of essential oil and chamazulene in chamomile. Agriculture Research: Water, Soil and Plant in Agriculture 8(1): 157-168. (In Persian with English Summary)

Fallahi, J., Koochaki, A., and Rezvani Moghaddam, P. 2009. Investigating the effects of biological fertilizers on qualitative and quantitative of chamomile. Iranian Journal of Field Crops Research 7(1): 127-135. (In Persian with English Summary)

Fatma, E.M., El-Zamik, I., Tomader, T., El-Hadidy, H.I., Abd El-Fattah, L., and Seham Salem, H. 2006. Efficiency of biofertilizers, organic and in organic application on growth and essential oil percentage of marjoram (*Majorana hortensis* L.) plants grown in sandy and calcareous soil. Microbiology Department Faculty of Agriculture, Zagazig University and Soil Fertility and Microbiology Department, Desert Research Center, Cairo, Egypt.

Garcia, O. 1991. Isolation and characterization of *Aciditiobacillus thiooxidans* and *Aciditiobacillus ferrooxidans* from mineral minees. Revista Berasileira de Microbiologia 20: 1-6.

Gholami, A., and Koocheki, A. 2001.Mycorrhiza in Sustainable Agriculture. Shahrood University Publishing, Iran 200 pp. (In Persian)

Ghost, B.C., and Bhat, R. 1998. Environmental hazards of nitrogen loading in wetland rice fields. Environmental Pollution 102: 123–126.

Gujar, S.M., Warade, A.D., Anjali, M., and Paltankar, D.H. 2005. Effect of sowing date and nitrogen levels on growth, seed yield and quality of coriander. Crop Research 29(2): 288-291.

Gupta, M.L., Prasad, A., Ram, M., and Kumar, S. 2002. Effect of the Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasiculatum* 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: 77-79.

Hashemi Dezfulli, A., Koocheki, A., and Banayan, M. 1994. Crop Yield Improvement. Jihad Daneshgahi Mashhad, Press, Iran 287 pp. (In Persian)

Jahan, M. 2004. Investigative the ecological factors of intercropping of *Matricaria chamomilla* and *Calendula officinalis*. M.Sc dissertation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Kalra, A. 2003. Organic cultivation of medicinal and aromatic plants. A hope for sustainability and quality enhancement. Journal of Organic Production of Medicinal. Aromatic and Dye-Yielding Plants (MADPs). FAO. 198 pp.

Kandeel, A.M., Naglaa, S.A.T., and Sadek, A.A. 2002. Effect of biofertilizers on the growth, volatile oil yield and chemical composition of *Ocimum basilicum* L. plant. Annual Agriculture Science 1: 351–371.

Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. 2002. Mycorrhization of coriander (*Coriandrum sativum*) to enhance the concentration and quality of essential oil. Journal of Food and Agricultural Science 82 (4): 339-342.

Khalvati, M.A., Mozafar, A., and Schmidhalter, U. 2005. Quantification of water uptake by Arbuscular Mycorrhizal hyphae and its significance for leaf growth, water relations, and gas exchange of barley subjected to drought stress. Plant Biology Stuttgart 7(6): 706-712.

Khaosaad, T., Vierheilig, H., Nell, M., Zitterl-Eglseer, K., and Novak, J. 2006. Arbuscular mycorrhiza alters the concentration of essential oils in oregano (*Origanum* sp., Lamiaceae). Mycorrhiza 16: 443- 446.

Loomis, W.D., and Corteau, R., 1972. Essential oil biosynthesis. Recently Advance Phytochem 6: 147-185.

Mahshwari, S.K., Sharma, R.K., and Gangrade, S.K. 2000. Performance of isabgol or blond psillium (*Plantago ovata*) under different levels of nitrogen, phosphorus and biofertilizers in shallow black soil. Indian Journal of Agronomy 45: 443-446.

Malakuti, M.J. 1995. Sustainable Agriculture and Increase of Yield by Optimization of Fertilizers Application in Iran. Tarbiat Modarres University, Press, Iran 460 pp. (In Persian)

Malakuti, M.J., and Tehrani, M.M. 1999. The Role of Micronutrients in Increasing Yield and Improving of Quality of Agriculture Production. Tarbiat Modares University Publishing, Iran 190 pp. (In Persian)

Mohamad Abadi, A.A., Rezvani Moghaddam, P., Fallahi, J., and Bromand Rezazadeh, Z. 2011. Effect of chemical and organic fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of fenugreek *(Trigonella foenum-graecum*) forage. Journal of Agroecology 3: 491-499. (In Persian with English Summary)

Mohamadi Ariya, M., Lakziyan, A., and Hagh Nia, G.H. 2010. The effects of inoculum of *Thiobacillus* and *Asperjillus* on growth of *Zea mays*. Iranian Journal of Field Crops Research 8(1): 82-89. (In Persian with English Summary)

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

Naghdi Badi, H.A., Yazdani, D., Nazari, F., and Mohammad Ali, S. 2002. The seasonal changes of yield and essential oil components in different density of *Thymus vulgaris*. Journal of Medicinal Plants 5: 81-56. (In Persian with English Summary)

Niakan, M., Khavarynejad, R.A., and Rezaee, M.B. 2004. Effect of different rates of NPK fertilizer on leaf fresh weight, dry weight, leaf area and oil content in *Mentha piperita* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research 20(2): 131-148. (In Persian with English Summary)

Omidbaigi, R., Fattahi, F., Fattahi, F., and Karimzadeh, G. 2010. Harvest time affect on the herb yield and essential oil content of lemon thyme (*Thymus* × *citriodorus* (Pers.) Schreb). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 26(3): 317-325. (In Persian with English Summary)

Paradi, I., Bratek, Z., and Lang, F. 2003. Influence of arbuscular mycorrhiza and phosphorus supply on polymine content, growth and photosynthesis of *Plantago anceolata*. Biologia Plantarum 46: 563-569.

Pimentel, D. 1993. Economics and energies of organic and conventional farming. Journal of Agriculture and Environment Ethics 6: 53-60.

Rahimi, A.R., Mashayekhi, K., Hemmati, K., and Dordipour, E. 2009. Effect of salicylic acid and mineral nutrition on fruit yield and yield components of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Journal of Plant Production 16(4): 149-156. (In Persian with English Summary)

Renato, Y., Ferreira, M.E., Cruz, M.C., and Barbosa, J.C. 2003. Organic matter fractions and soil fertility under influence of liming, vermicopmpost and cattle manure. Bioresource Technology 60: 59-63

Saleh Rastin, N. 2001. The role of biological fertilizer to reaching to sustainable agriculture. Journal of Water and Soil 23: 19-23. (In Persian with English Summary)

Sharifi Ashoorabadi, E., Matin, A., Lebaschi, M.H., and Abbaszadeh, B. 2004. Effects of nitrogen application methods on yield of Melissa (*Melissa officinalis*). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 20(3): 369-376. (In Persian with English Summary)

Singh, V.P., Chattersee, B.N., and Singh, D.V. 1989. Response of mint species to nitrogen fertilization. Journal of Agriculture Science 113 (2): 267 - 71.

Tahami Zarandi, M.K., Rezvani Moghaddam, P., and Jahan, M. 2010. Comparison of the effects of organic and chemical fertilizer on the percentage and yield of essential oil of ocmimum (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agroecology 2(1): 63-74. (In Persian with English Summary)

Toussaint, J.P., Smith, F.A., and Smith, S.E. 2007. Arbuscular Mycorrhizal fungi can induce the production of phytochemicals in sweet basil irrespective of phosphorus nutrition. Mycorrhiza 17(4): 291-297.

Valadabadi, S.A.R., Lebaschi, M.H., and Aliabadi Farahani, H. 2009. The effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF), P_2O_5 fertilizer and irrigation according to physiological growth indices of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 25 (3): 414-428. (In Persian with English Summary)

Volatil, O. 2000. Coriander (*Coriandrum sativum* L.). Plant Foods for Human Nutrition 51(2): 167-172.

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 3, Fall 2014, p. 444-452

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 3، پاییز 1393، ص. 452-444

بررسی رقابت چند گونه‌ای و پویایی فصلی جمعیت علف‌های هرز در مزرعه ذرت (*Zea mays* L.)

سجاد میجانی[1*]، علی قنبری[2] و مهدی نصیری محلاتی[3]

تاریخ دریافت:1390/12/20
تاریخ پذیرش:1391/06/21

چکیده

به منظور بررسی رقابت چند گونه‌ای علف‌های هرز در مزرعه ذرت (*Zea mays* L.)، آزمایشی در سال زراعی 89-1388 به صورت پیمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. بیست کوادرات غیرتخریبی در مرحله 4-3 برگی ذرت، مستقر و در آن تراکم علف‌های هرز به تفکیک گونه شمارش شد. همزمان با نمونه‌های غیرتخریبی، 20 کوادارت تخریبی برداشت و علاوه بر شمارش بوته‌ها، شاخص سطح برگ و وزن خشک هر گونه جداگانه اندازه‌گیری شد. با استفاده از اطلاعات بدست آمده از آن، توابع هایپربولیک که در آن تعداد هر گونه به عنوان متغیرمستقل و وزن خشک یا سطح برگ هر گونه به عنوان متغیروابسته در نظر گرفته شده بود، برازش داده شد. به کمک این توابع وزن خشک و سطح برگ هر گونه در کوادرات‌های غیرتخریبی در این مرحله تعیین شد. سطح برگ نسبی اول فصل گونه‌ها به عنوان متغیرمستقل و لگاریتم طبیعی وزن تک بوته آخر فصل هر یک از گونه‌ها به عنوان متغیروابسته در رگرسیون چندگانه خطی برازش داده شد تا ضرایب رقابتی گونه‌ها بر یکدیگر بدست آید. تابع لگاریتم طبیعی وزن تک بوته نشان داد که تداخل علف‌های هرز در ذرت با توجه به ضرایب معادله به دو گروه کاهنده (ضریب منفی) و تسهیل‌کننده (ضریب مثبت) تقسیم می‌شوند. از بین گونه‌های موجود، علف‌های هرز تاجریزی (*Solanum nigrum* L.)، تاج خروس خوابیده (*Amaranthus blitoides* S.wats) و سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.) به ترتیب بیشترین تأثیر مثبت را بر ذرت اعمال کردند. در واقع این علف‌های هرز بخاطر رقابت و تأثیر منفی بر سایر گونه‌ها نقش تسهیل‌کنندگی در عملکرد ذرت داشته‌اند. در پایان فصل رشد گیاه زراعی، از جمعیت سلمه‌تره و خرفه (*Porrtulaca oleracea* L.) کاسته و بر جمعیت سوروف (*Echinochloa crus-galli* L.)، تاج خروس وحشی و تاجریزی افزوده شد.

واژه‌های کلیدی: تسهیل، رقابت، ضرایب رقابتی، لگاریتم طبیعی وزن تک بوته

مقدمه

دو رویکرد کنشی[4] (رهیافت کنترلی) و واکنشی[5] (رهیافت مدیریتی) در تقابل با علف‌های هرز وجود دارند (Rashed Mohasel & Mossavi, 2007). تفکر کنشی در پی علت و معلول می‌گردد، اما در رویکرد واکنشی برخورد با معلول مد نظر است. در رویکرد کنشی، علف‌های هرز پیامد تصمیم‌گیری مدیریتی انسان در مواجهه با طبیعت به شمار می‌آیند. در کشاورزی، علف‌های هرز گیاهانی هستند که به عنوان رقیب در تولید گیاهان زراعی تداخل ایجاد می‌کنند. با این وجود، حتی در اکوسیستم‌های زراعی، گیاهان به اصطلاح غیرزراعی یا علف هرز ممکن است نقش مهمی در کارکرد اکوسیستم ایفاء کند و سایر گونه از حمایت آن‌ها برخوردار شوند (Sullivan, 2003). از آن‌جا که تنوع زیستی در کارکرد اکوسیستم نقش دارد، شاید بزرگ‌ترین نگرانی این باشد که عدم تنوع ممکن است در نهایت منجر به صدمه زدن به کارکرد اکوسیستم شود (Barberi, 2007). علف‌های هرز جزئی از تنوع زیستی محسوب می‌شوند و اثرات غیرعمدی مدیریت علف‌های هرز درون سیستم‌های تولیدی ممکن است بر روی تنوع زیستی تأثیرگذار باشند (Marshal & Brawn, 2003). مدیریت گیاهان با آفت‌کش‌ها منجر به کاهش جمعیت پرنده کبک در قرن بیستم شده است (Sullivan, 2003). این پرنده از علف‌های هرز پهن

1، 2 و 3- به ترتیب دانشجوی دکتری علوم علف‌های هرز، دانشیار و استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: sajad.mijani@stu.um.ac.ir)
4- Action
5- Reaction

برگ تغذیه می‌کند. در بیشتر تحقیقات رقابت علف‌های هرز با گیاه زراعی، رقابت یک گونه علف هرز مورد مطالعه قرار گرفته است و این بر خلاف واقعیت موجود در مزارع است که به جای یک گونه چندین گونه حضور دارند. علف‌های هرز در شرایط مزرعه‌ای به صورت غیریکنواخت جوانه می‌زنند و سبز شدن موجی داشته و توزیع آن‌ها در مزرعه غیریکنواخت است و اثرات آن‌ها در شرایط هم‌جواری چند گونه، متفاوت از زمانی است که به صورت تک‌گونه‌ای مورد بررسی قرار می‌گیرند (Afshari, 2010). در رقابت تک‌گونه‌ای علف‌های هرز همیشه از اثرات منفی علف‌های هرز صحبت به میان می‌آید، در صورتی‌که در رقابت چند گونه‌ای، با وجود اثرات منفی علف‌های هرز، محققین به اثرات مثبت علف‌های هرز بر گیاه زراعی (تسهیل) نیز گزارش شده است (Salehian, 2003; Gherekhloo, 2003; Afshari, 2010). این محققین برای بررسی رقابت چند گونه‌ای از روش رگرسیون خطی چندگانه استفاده کردند. در این روش برای متغیرمستقل، سطح برگ نسبی و برای متغیروابسته، عکس وزن تک بوته (Afshari, 2010) و لگاریتم طبیعی وزن تک بوته (Gherekhloo, 2003) بهترین برازش را نشان داد. اثرات مثبت یا تسهیل[1]، هنگامی رخ می‌دهد که حضور یک گیاه، رشد، بقاء و یا تولیدمثل گیاه مجاور را افزایش دهد. کالاوی (Callaway, 2007) معتقد است که حضور چند گونه ممکن است اثرات متقابل رقابتی‌تری نسبت به اثرات متقابل تسهیل‌کنندگی داشته باشند، با این وجود اثرات تسهیل‌کنندگی زیادی وجود دارد و در جوامع تشکیل شده از گونه‌هایی با ریخت‌شناسی مشابه این اثرات بیشتر نمود پیدا می‌کنند. اثرات مثبت ممکن است مستقیم (تأثیر ساده یک گونه بر دیگری) و غیرمستقیم (نیاز به یک گونه واسطه‌کننده جهت وقوع) باشد (Strauss, 1991). لوین (Levine, 1976) عنوان کرد اضافه شدن یک رقابت‌کننده سوم به دو گونه رقابت‌کننده می‌تواند به واسطه سرکوب رقابت‌کننده مشترک اثر تجمعی یک گونه را از رقابتی به تسهیل‌کنندگی تغییر دهد. گونه سوم ممکن است اثرات رقابت‌کنندگی بر هر دو گونه داشته باشد، اما به خاطر این‌که گونه سوم از فشار رقابتی کل بر یک گونه مجاور می‌کاهد، تسهیل‌کنندگی اتفاق می‌افتد. زیمدال (Zimdahl, 2004) معتقد است با وجود چندین گونه علف هرز در مزرعه گیاه زراعی، این نکته هم صادق است که اغلب گیاهان زراعی تحت تأثیر یک یا دو گونه از علف‌های هرز قرار دارند.

1- Facilitation

جوامع گیاهی به دلیل اینکه ساختارهای پویایی هستند و از جهات مختلف کارکرد و واکنش نشان می‌دهند، پیچیده به حساب می‌آیند (Menge & Olsen, 1990). اگر هر جزء به خوبی درک شود، امکان افزایش درک جامعه گیاهی به صورت کلی فراهم می‌شود. بلیا و لنکستر (Belyea & Lancaster, 1999) اظهار داشتند که تشکیل جوامع گیاهی به سه عامل اساسی محدودیت‌های پراکنشی، محدودیت‌های محیطی و پویایی‌های درونی بستگی دارد. در حقیقت، سخت‌ترین جنبه درک تشکیل جامعه، درک پویایی‌های درونی یک جامعه می‌باشد و توسط برهمکنش روابطی مانند رقابت و شکار تعیین می‌شود (Booth & Swanton, 2002). فرآیندهایی مانند رقابت، شکار و اثرات مثبت دو جانبه بررسی شده‌اند، اما چگونگی اثرات آن‌ها جهت تعیین ترکیب جامعه مورد آزمایش قرار نگرفته است. جامعه گیاه زراعی- علف‌های هرز همانند سایر جوامع گیاهی شکل می‌گیرد و در طی زمان و مکان، فرآیندهای گوناگونی (مانند رقابت) و موانعی (مانند شرایط محیطی) باعث حذف گونه خاص می‌شوند (Diaz et al., 1998). در کشاورزی ارگانیک بیشتر بر حفظ تنوع گونه‌ای علف‌های هرز و قبول تا حدودی کاهش عملکرد گیاه زراعی به واسطه حضور آن‌ها در اکوسیستم‌های زراعی تاکید می‌شود. از این رو، اهمیت بررسی رقابت در شرایط حضور چند گونه‌ای علف‌های هرز بیش از بیش اهمیت پیدا می‌کند. هدف از انجام این آزمایش بررسی رقابت چند گونه‌ای علف‌های هرز در مزرعه ذرت و اثر آن بر عملکرد ذرت و پویایی فصلی علف‌های هرز بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در 10 کیلومتری جنوب شرقی شهر مشهد (عرض جغرافیایی 36 درجه و 15 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 56 درجه و 28 دقیقه شرقی ارتفاع از سطح دریا 985 متر) با متوسط بارندگی سالیانه 286 میلی‌متر و حداکثر و حداقل دمای مطلق سالانه در این منطقه به ترتیب 42 و 27/8- درجه سانتی‌گراد (آب و هوای منطقه بر اساس روش آمبرژه سرد و خشک می‌باشد) در سال زراعی 89-1388 صورت گرفت. زمین مورد نظر در سال قبل زیر کشت نخود بوده و در فروردین‌ماه با گاوآهن برگردان‌دار شخم زده و سپس در موقع کاشت زمین دو بار به صورت عمود بر هم دیسک و با لولر تسطیح گردید. در هشتم اردیبهشت‌ماه ذرت رقم سینگل‌کراس 704

به صورت دستی با تراکم هشت بوته در متر مربع کشت شد. فاصله بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر و فاصله بین بوته های روی ردیف 16 سانتی‌متر بود. 35 روز پس از کاشت 100 کیلوگرم کود نیتروژن به صورت سرک مصرف شد. این طرح آزمایشی به صورت پیمایشی و شامل 20 کوادارت تخریبی و 30 کوادرات غیرتخریبی در زمینی به ابعاد 20×20 متر اجرا شد. برای بررسی رقابت چند گونه‌ای از کنترل علف‌های هرز صرف‌نظر شد. به منظور بررسی رقابت چند گونه‌ای علف‌های هرز از نمونه‌های غیرتخریبی که شامل کوادرات‌های ثابت در طول فصل رشد و با ابعاد (70 × 48 سانتی‌متر) بودند، استفاده شد. در نمونه‌های غیرتخریبی، شمارش علف‌های هرز به تفکیک گونه در فواصل زمانی 35 روز پس از کاشت (مرحله 3-4 برگی) و آخر فصل رشد ذرت انجام گرفت. به منظور تخمین شاخص سطح برگ[1] (LAI) و کل ماده خشک[2] (TDM) گونه‌های علف هرز و ذرت در نمونه‌های غیرتخریبی در مرحله 4-3 برگی، نمونه‌های تخریبی با کوادرات‌هایی به ابعاد (70×48 سانتی‌متر) که به صورت تصادفی قرار گرفته بودند، برداشت شدند. در نمونه‌های تخریبی تعداد هر گونه علف هرز شمارش و شناسایی و به همراه بوته‌های ذرت موجود در کوادرات‌ها قطع و سپس با قرار دادن آن‌ها در پاکت‌های پلاستیکی به آزمایشگاه انتقال داده شدند. اندازه‌گیری سطح برگ با دستگاه Area Meter Leaf (مدل Licor) انجام گرفت. با قرار دادن نمونه‌ها در آون به مدت 48 ساعت در دمای 80 درجه سانتی‌گراد و وزن خشک علف‌های هرز و ذرت به کمک ترازوی دیجیتالی با دقت 0/01± گرم اندازه‌گیری شدند.

محاسبات آماری

استفاده از روش پیمایشی به این دلیل می‌باشد که نمونه‌برداری در آن مطابق شرایط طبیعی مزرعه است. به این صورت که نمونه‌برداری از تراکمی از گیاه زراعی و علف هرز که عملاً در مزرعه و در کنار هم حضور دارند، می‌باشد. به دلیل تغییر تراکم علف‌های هرز در طول فصل رشد، بررسی اثرات گونه‌ها بر همدیگر و اثرات هم‌جواری در این آزمایش به راحتی قابل محاسبه می‌باشد (Afshari, 2010).

برآورد داده‌های مربوط به کوادرات‌های غیرتخریبی

جهت برآورد وزن خشک و سطح برگ گونه‌های علف هرز و ذرت مربوط به کوادرات‌های غیر تخریبی، بین سطح برگ یا وزن خشک علف هرز در کوادرات‌های تخریبی به عنوان متغیروابسته و تعداد گیاهان هرز هر گونه به عنوان متغیرمستقل به طور جداگانه تابع هایپربولیک معادله (1) برازش داده شد (Kropff, 1993).

$$y = \frac{N}{a + bN} \qquad \text{معادله (1)}$$

که در این معادله، y : مقدار سطح برگ ($m^2.m^{-2}$) یا ماده خشک علف‌های هرز ($g.m^{-2}$) موجود در یک کوادرات، N : تراکم علف‌های هرز، a و b پارامترهای معادله می‌باشند.

از آنجا که در کوادرت‌های غیرتخریبی در اول فصل فقط شمارش گونه‌ها انجام شد، برای محاسبه سطح برگ و وزن خشک گونه‌ها در اول فصل با استفاده از ضرایب a و b بدست آمده از کوادرت‌های تخریبی و قرار دادن تراکم گونه‌های شمارش شده (اول فصل) از کوادرات‌های غیرتخریبی در تابع ذکر شده، سطح برگ و وزن خشک اول فصل گونه‌ها در کوادرات‌های غیرتخریبی برآورد شد. برای بدست آوردن سطح برگ نسبی[3] از معادله (2) استفاده شد (Kropff, 1993).

$$LAr = \frac{LAI_{wi}}{LAI_{total} + LAI_c} \qquad \text{معادله (2)}$$

در این معادله LAr:سطح برگ نسبی ذرت یا علف هرز، LAI_{wi}: شاخص سطح برگ گونه علف هرز مورد نظر و $LAI_{total} + LAI_c$: شاخص سطح برگ همه گونه‌های موجود به اضافه گیاه زراعی می‌باشد.

برای تعیین سهم نسبی رقابت درون گونه‌ای و بین گونه‌ای در رقابت بین ذرت و علف‌های هرز موجود در مزرعه از آنالیز لگاریتم طبیعی وزن تک بوته (Ln) با بهره‌گیری از رگرسیون چندگانه خطی استفاده شد (معادله 3). برای این منظور از عملکرد بیولوژیک آخر فصل گونه‌ها (W)، به عنوان متغیر وابسته و سطح برگ نسبی (LAr) اول فصل گونه‌ها به عنوان متغیر مستقل استفاده شد.

$$LnW = a_0 + bRLAc + bRLAw_1 + bRLAw_2 + \ldots + bRLAw_n \qquad \text{معادله (3)}$$

که در این معادله، LnW: لگاریتم طبیعی وزن تک بوته ذرت یا علف هرز، a_0 :عرض از مبدأ یا حداکثر وزن علف هرز یا ذرت در شرایط عدم رقابت درون و بین گونه‌ای، bc و bw به ترتیب ضرایب رقابتی علف های هرز و ذرت و RLA : سطح برگ نسبی. تراکم

1- Leaf Area Index
2- Total Dry Mater
3 - Relative Leaf Area

نسبی گونه از معادله (4) استفاده شد.

$$RD = \frac{D_W}{D_{total}} * 100 \qquad (4)$$

که در این معادله، RD: تراکم نسبی، D_W: تعداد افراد یک گونه، D_{total}: تعداد افراد تمام گونه‌ها می‌باشد.

داده‌های آزمایش توسط نرم‌افزار Sigma plot ver. 10 آنالیز شد.

نتایج و بحث

در بررسی توابع روابط رگرسیونی متغیرهای 1/W وLnW برازش داده شد و نهایتاً چون رابطه LnW، برازش بهتری به داده‌ها نشان داد، بررسی و تحلیل بر اساس ضرایب حاصل از این رابطه صورت گرفت. دیگر محققین نیز اظهار داشته‌اند که LnW نسبت به عکس وزن تک بوته گندم برازش بهتری به داده‌ها نشان می‌دهد (Gherekhloo, 2002; Mahmodi, 2011). افشاری (Afshari, 2010) در مقایسه شاخص سطح برگ، سطح برگ نسبی، ماده خشک و تراکم علف‌های هرز و ذرت به عنوان متغیرهای مستقل در معادلات رگرسیون چندگانه خطی مشاهده کرد که سطح برگ نسبی نسبت به سایرین از بیشترین همبستگی (به طور مجموع) برخوردار است. صفاهانی لنگرودی و کامکار (Safahani Langeroudi & Kamkarm, 2009) اظهار کردند که در رقابت خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) با کلزا (*Brassica napus* L.)، نسبت سطح برگ علف هرز خردل وحشی در مقایسه با سایر متغیرها از همبستگی بالایی (R^2=0/99) برخوردار است.

عبدالهی و نورمحمدی (Abdolahi & Normohammadi, 2008) دریافتند که ماده خشک علف هرز از اهمیت بیشتری نسبت به تراکم برخوردار است، چرا که ممکن است تعداد بیشتر علف‌های هرز، مربوط به گونه‌هایی از علف هرز باشد که فضای کمتری را اشغال کرده‌اند. قره‌خلو (Gherekhloo, 2002) از تراکم گندم و علف‌های هرز به عنوان متغیرمستقل در معادلات رگرسیون چندگانه استفاده کرد. کازنز (Cousens, 1985) معتقد است تراکم به تنهایی شاخص مناسبی نمی‌باشد، به دلیل اینکه زمان سبز شدن علف هرز بر اندازه آن‌ها مؤثر می‌باشد. محققین دیگری نیز مدل مبتنی بر سطح برگ نسبی را نسبت به مدل‌های مبتنی بر زمان نسبی سبز شدن یا تراکم علف هرز برتر می‌دانند، چرا که سطح برگ را می‌توان یک‌بار ولی تراکم و زمان جوانه زنی را باید به دفعات اندازه‌گیری کرد (Kropff & Spitters, 1991; Lotz et al., 1996; Chikoye & Swanton, 1995).

رقابت ذرت با علف‌های هرز

توابع رقابتی علف‌های هرز و ذرت در رقابت چند گونه‌ای در جدول 1 نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که کل گونه‌های موجود دارای اثرات مثبت یا منفی بر روی ذرت و یکدیگر هستند. از بین گونه‌های موجود، علف‌های هرز تاجریزی، تاج خروس خوابیده و سلمه‌تره به ترتیب تأثیر مثبت (ضرایب مثبت) بر ذرت اعمال کردند. در واقع این گونه‌ها نقش تسهیل‌کنندگی داشته‌اند.

با بررسی اثر تاجریزی روی سایر گونه‌ها مشاهده می‌شود که این گونه اثر بازدارندگی روی گونه‌های رقابت‌کننده داشته است. تاج خروس خوابیده اثر بازدارندگی شدیدی روی سلمه‌تره و تاجریزی سیاه داشته است و از طرفی سلمه‌تره متقابلاً روی تاج خروس خوابیده و تاجریزی سیاه اثر بازدارندگی داشته است. به عبارتی با افزایش رقابت بین گونه‌ای علف‌های هرز از شدت خسارت آن‌ها بر ذرت کاسته شده و به نوعی نقش تسهیل‌کنندگی در رقابت ذرت با سایر علف‌های هرز داشته‌اند. تاکنون گزارشات مختلفی در ارتباط با تأثیر مثبت علف‌های هرز در جوامع گیاهی ارائه شده است. صالحیان (Salehian, 2003) گزارش کرد که علف هرز خونی واش (*Phalaris* spp.) در شرایط رقابت چند گونه‌ای بین سایر علف‌های هرز تأثیر مثبت بر عملکرد گندم دارد، حال همین گونه در رقابت دو گونه‌ای در هر تراکمی اثر بازدارنده داشته است.

همچنین افشاری (Afshari, 2010) عنوان کرد که تاج‌خروس وحشی با اعمال تأثیر منفی بر سایر علف‌های هرز نقش تسهیل-کنندگی برای ذرت داشته است. اثر تسهیل‌کنندگی با این عنوان حاصل می‌شود (دشمن دشمن من، دوست من است). اگر یک دشمن ضعیف‌تر از من بیش از آنچه دشمن قوی‌تر من به من صدمه می‌زند، به آن صدمه وارد کند، دشمن ضعیف‌تر از من تسهیل‌کننده کار من است (Callaway, 2007). در آزمایش لوین (Levine, 1976)، آمبروزیا (*Ambrosia artemisiifolia* L.) گونه رقابت‌کننده غالب بود و اثرات سرکوب‌کنندگی مستقیم قوی بر سایر گونه‌ها داشت، به طوری‌که سایر گونه‌ها قادر به تأثیرگذاری بر زیست‌توده آن نبودند.

جدول ۱- ضرایب رقابت درون و بین گونه‌ای علف‌های هرز و ذرت

Table 1- Coefficients of intra and inter specific competition estimated based on Ln of individual plant weight

F	r^2	سوروف *Echinochloa crus-galli*	تاجریزی سیاه Nightshade	خرفه purslane	پیچک Field bindweed	سلمه تره Lamb's-quarters	تاج خروس وحشی amaranth Prostrate	Redroot Pigweed	ذرت Corn	**عرض از مبدأ Intercept**	**(متغیروابسته) Dependent variable**
1.320*	0.79	−2.5	+ 2.951	- 0.80	−2.20	+0.7	+ 0.28	- 3.02	+0.20	+5.12	ذرت Corn
1.836ns	0.57	+34.31	- 40.64	−7.544	+ 36.05	+ 18.30	+ 14.16	+23.97	+ 18.81	+3.01	تاج خروس وحشی Redroot Pigweed
13.38**	0.90	+4.50	-5.39	+ 0.84	+ 30.35	− 11.05	+ 29.45	+ 16.20	+11.1	+3.04	تاج خروس خوابیده Prostrate amaranth
14.10**	0.90	+ 5.28	- 3.65	- 3.95	+ 2.54	+65.72	-9.34	-1.05	+ 0.82	+12.26	سلمه Lamb's-quarters
2.961*	0.63	- 0.87	- 18.08	- 28.05	+ 32.52	+ 10.19	+ 92.002	+ 28.15	- 2.16	+2.34	پیچک Field bindweed
4895.38**	0.99	- 0.86	+ 1.66	+ 17.2	- 0.73	+ 0.90	+ 0.36	+ 0.06	+ 0.005	+5.12	خرفه purslane
43.97**	0.97	+ 4.77	+ 78.52	+ 31.5	+ 4.82	- 9.20	- 4.07	+ 1.81	- 7.89	+4.09	تاجریزی سیاه Nightshade
3.049*	0.68	+74.08	- 1.396	+ 8.9	+ 10.5	+ 13.7	- 22.84	- 3.82	+ 7.20	+3.65	سوروف *Echinochloa crus-galli*

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد. بخش هاشور خورده بیانگر رقابت درون گونه‌ای می‌باشد.

ns, * and ** are non-significant, significant at the 5 and 1% levels of probability, respectively. Dashed points are intra competition.

مرغ (*Agropyron repens* (L.) Benuv) و بارهنگ (*Plantago lanceolata* L.) اثرات رقابت‌کنندگی مستقیم بر سایر گونه داشتند اما به طور معنی‌داری به وسیله آمبروزیا سرکوب شدند. تأثیر مستقیم آمبروزیا بر رشد نسبی مرغ 0/41- بود، در حالی که اثر غیرمستقیم آن 0/43 + بود. این تأثیر به خاطر رقابت‌کنندگی زیاد آمبروزیا بر سایر رقابت‌کننده‌ها بود.

اثرات منفی مستقیم در میان گونه‌های خاص به وسیله اثرات غیرمستقیم مثبت متعادل می‌شوند (Miller, 1994). موضوع جالب این سناریوی رقابتی این است که ذرت در مورد علف‌های هرزی که بیشترین اثرات منفی را بر خود آن داشته‌اند، به عنوان تسهیل‌کننده وارد عمل شده است و از بار رقابتی سایر علف‌های هرز بر آن‌ها کاسته و باعث تبدیل شدن رقیبی برای خود شده است. شاید در اینجا متوجه استفاده صریح از واژه « تنفر» توسط کالاوی (Callaway, 2007) در مورد تسهیل شویم که چرا بایستی گیاه زراعی برای علف هرز رقیب خود شرایط تسهیل ایجاد کند؟ با توجه به اظهار نظر کالاوی (Callaway, 2007) تسهیل، فرآیند است نه هدف. اگر بخواهیم این تعبیر را به رقابت چند گونه‌ای در محیط‌های زراعی ربط بدهیم بدین معنی شود که گونه‌های تسهیل‌کننده در واقع هدفشان انجام این موضوع نبوده است، بلکه حضور سایر گونه‌ها و اثرات متفاوت آن‌ها باعث بوجود آوردن این عمل شده است. با توجه به نتایج ذکر شده گونه‌های هرز در جامعه علف هرز- گیاه زراعی، بسته به موقعیت خود و حضور سایر گونه‌ها اثرات متفاوتی (گاهی مثبت و گاهی منفی) بر گیاه زراعی و سایر علف‌های هرز می‌گذراند. نمی‌توان به طور مطلق حضور یک گونه علف هرز را برای گیاه زراعی، منفی و بی‌ارزش تلقی کرد. ضرایب رقابت درون گونه‌ای علف‌های هرز (بخش‌های هاشور خورده) نشان از بالا بودن رقابت درون گونه‌ای در بین علف‌های هرز دارد که این موضوع متأثر از نیازهای مشترک و تداخل بیشتر نیچ‌های اکولوژیکی در بین بوته‌های یک گونه می‌باشد.

جدول 2- تغییرات جمعیت علف های هرز در طی فصل رشد ذرت

Table 2- Population changes of weeds during the growth season of corn

تراکم نسبی Relative density		تراکم مطلق گونه (متر مربع) Species absolute density (m^2)		
آخر فصل Late season	اوایل فصل Early season	آخر فصل Late season	اوایل فصل Early season	گونه Species
12.4	9.5	52	37	تاج خروس وحشی *Amaranthus retroflexus* L.
11.9	0.102	50	40	تاج خروس خوابیده *Amaranthus blitoides* S.wats
46.2	61.9	193	242	سلمه‌تره *Chenopodium album* L.
13.9	13.6	58	53	پیچک *Convolvulus arvensis* L
3.1	5.1	13	20	خرفه *Portulaca oleracea* L.
8.1	3.8	34	15	تاجریزی سیاه *Solanum nigrum* L.
4.3	2.8	18	11	سوروف *Echinochloa crus-galli* L.

پویایی فصلی جمعیت علف‌های هرز

مطالعات بسیار زیادی که تاکنون در زمینه رقابت علف‌های هرز و گیاهان زراعی انجام شده است، تأثیری بر عملیات کنترل علف‌های هرز در شرایط واقعی مزرعه نداشته است؛ زیرا در این مطالعات صرفاً بر تعامل یک گونه علف هرز با گیاه زراعی تاکید شده است، در حالی که در شرایط مزرعه عملاً ترکیبی از گونه‌های مختلف علف هرز وجود دارد (Toler et al., 1996). برای اندازه‌گیری پویایی فصلی (تغییرات تراکم) علف‌های هرز، تراکم علف‌های هرز در اوایل و اواخر فصل رشد شمارش و تراکم نسبی هر گونه محاسبه شد (جدول 2). بیشترین و کمترین تراکم نسبی در اول فصل به ترتیب به علف هرز سلمه‌تره و سوروف و در آخر فصل به ترتیب مربوط به علف‌های هرز سلمه تره و خرفه بود. با توجه به نتایج، با نزدیک شدن به انتهای فصل از جمعیت برخی از گونه‌ها کاسته و به جمعیت برخی دیگر افزوده شد. تاج خروس وحشی، تاج خروس خوابیده، پیچک، سوروف و تاجریزی، افزایش جمعیت نشان دادند، در حالی که در مورد سلمه‌تره و خرفه کاهش جمعیت مشاهده شد. در نتایج دهقان (Dehghan, 2011) در تیمار عدم کاربرد کود نیتروژن، عکس این تغییرات مشاهده شد.

بدین ترتیب که جمعیت سوروف، تاج خروس وحشی، تاجریزی، پیچک کاهش و از سوی دیگر، جمعیت سلمه‌تره افزایش یافت. در آزمایش ذکر شده گونه خرفه همانند این مطالعه، کاهش جمعیت نشان داد. در مورد پیچک می‌توان به چند ساله بودن و رویش از اندام‌های رویشی در طی فصل رشد اشاره کرد که از این رو کمتر تحت تأثیر مرگ و میر ناشی از رقابت قرار می‌گیرد. در نتایج افشاری (Afshari, 2010) جمعیت علف هرز سوروف، تاجریزی و خرفه روند صعودی و تاج خروس خوابیده روند کاهشی داشت که با نتایج این آزمایش در مورد روند تغییرات جمعیت تاجریزی و سوروف همخوانی دارد. متفاوت بودن تغییرات جمعیت در آزمایش‌های گوناگون در شرایط مزرعه‌ای را به عوامل مختلفی مانند مرگ و میر گیاهچه در اثر کاهش آب و مواد غذایی در فرآیند رقابت درون گونه‌ای و بین گونه‌ای، کمی نور رسیده به پایین کانوپی، دور شدن بذر از درجه حرارت بهینه جوانه‌زنی خود، شرایط آب و هوایی، نوع خاک، رطوبت خاک، درجه حرارت (اهمیت تاریخ کاشت) دانست. به نظر می‌رسد که علف هرز سلمه‌تره به واسطه تعداد بیشتر، رقابت درون و بین گونه‌ای بیشتری داشته و به تبع مرگ و میر زیادتری در بین بوته های آن رخ داده است. در نتایج نرس و دی توماسو (Nurse & DiTommaso, 2005) مرگ و میر گاوپنبه (*Abutilon theophrasti* medic) با افزایش تراکم بیشتر شد. مرگ و میر گاوپنبه در تراکم‌های کم (20 درصد) و در تراکم‌های زیاد (60 درصد) گزارش شد. نکته مشترک در بررسی‌های ذکر شده با این آزمایش کاهش جمعیت خرفه و افزایش جمعیت تاجریزی در طی فصل رشد می‌باشد. در مورد تاجریزی می‌توان به روزخنثی بودن آن اشاره کرد به دلیل اینکه تحت تأثیر دما برای جوانه زنی قرار نمی‌گیرد، از این رو، در اکثر مواقع شاهد جوانه‌زنی این علف‌های هرز در طی فصل رشد هستیم. این موضوع به خوبی در نتایج دورادو (Dorado et al., 2008) اشاره شده است. آن‌ها سه الگوی مجزا را برای سبز شدن علف‌های هرز در مزارع گیاهان زراعی تعریف کردند. گروه اول گونه‌های ظاهر شونده در اوایل فصل، گونه‌هایی هستند که برای رسیدن به 70 درصد ظهور به 700 درجه روز رشد نیاز دارند، گروه دوم گونه‌هایی هستند که در تمام فصل رشد[1] ظاهر می‌شوند، این گونه‌ها برای رسیدن به 70 درصد ظهور به 1300 درجه روز رشد نیاز دارند و نهایتاً گونه‌هایی که در اواخر فصل ظاهر می شوند که برای رسیدن به 70 درصد ظهور به بالای 1300 درجه روز رشد نیاز دارند. علف‌های هرز گاوپنبه و توق (*Xanthium strumarium* L.) در گروه اول و بر این اساس علف هرز تاجریزی در گروه دوم قرار گرفتند. به این معنی که در تمام فصل رشد این علف هرز جوانه‌زنی داشته است. در فرآیند شکل‌گیری جوامع گیاهی، غربال‌های محیطی با توجه به خصوصیات ریخت‌شناسی، فیزیولوژی و چرخه زندگی به طور انتخابی گونه‌های مشخصی را محدود کرد در حالی که به بعضی گونه‌ها اجازه رشد می‌دهد Harper, (1997). در این خصوص می‌توان به رشد خوابیده خرفه اشاره کرد، چون با وجود علف‌های هرز رشد ایستاده‌ای مانند تاج‌خروس و سلمه‌تره در ترکیب جامعه گیاهی رشد و مرگ و میر خرفه بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد. میانیشی و کاورز (Miyanishi & Cavers, 1980) عنوان کردند خرفه نسبت به سوروف و تاج خروس وحشی دارای قدرت رقابتی کمتری است. دکر (Dekker, 1999) علف های هرز با رشد خوابیده (خرفه) را گونه های کم خسارت عنوان کرد. در گزارش غنی‌زاده و همکاران (Ghani Zadehet al., 2011)

1- Whole season emergence

در اوایل فصل رشد ذرت (چهار تا 25 روز پس از کاشت)، سوروف و خرفه در بین سایر علف‌های هرز وزن خشک بیشتری دارا بودند. اما با گذشت زمان خرفه این برتری را از دست داد و تاج خروس وحشی گونه برتر نسبت به آن شد. بدون اطلاع از تاریخچه مزرعه و با توجه به این نتایج، می‌توان اظهار کرد که در آینده حذف تدریجی علف‌های هرزی مانند خرفه در این جمعیت گیاهی اتفاق خواهد افتاد. ظهور گونه‌های مشکل‌ساز در نتیجه تغیردر نظام‌های زراعی و مدیریت علف‌های هرز می‌باشد. در صورت درک درست از این عوامل تأثیرگذار بر تغییرات جمعیت، می‌توان از روش‌هایی جهت تغییر بانک بذر علف-های هرز از گونه‌های نامطلوب به گونه‌های مطلوب‌تر استفاده کرد (Dekker, 1999). دکر(Dekker, 1999) معتقد است که استفاده از روش‌هایی جهت تغییر گونه‌های مشکل‌ساز و سخت کنترل‌شونده به سمت گونه‌هایی با خسارت‌زایی و رقابت کمتر (مانند خرفه و سایر گیاهان با رشد خوابیده) روش مناسبی برای این سیاست خواهد بود. در مورد افزایش جمعیت در علف‌های هرزی مانند سوروف و تاج خروس وحشی می‌توان به چهارکربنه بودن و بالا بودن دمای پایه جوانه‌زنی آن‌ها اشاره کرد (Poortousi et al., 2008) بدین صورت که هر چه از فصل بهار فاصله گرفته و به سمت تابستان نزدیک می-شویم، دمای هوا افزایش و به دمای پایه جوانه‌زنی این دسته از علف-های هرز نزدیک می‌شود. هارپر (Harper, 1997) عنوان کرد که گیاهان با جوانه‌زنی تأخیری قادر به جبران مزایای جوانه‌زنی اولیه توسط گیاهانی که زودتر جوانه می‌زنند، نیستند. بنابراین، سرنوشت افراد قبلاً در زمان ظهور تعیین شده است. با وجود جوانه‌زنی برخی از علف‌های هرز در طی فصل رشد و افزایش تراکم، به خاطر کاهش قدرت رقابت این افراد نمی‌توان از افزایش زیاد بانک بذر به وسیله این دسته از علف‌های هرز را در سال‌های بعد نگران بود.

نتیجه‌گیری

در رقابت چندگونه‌ای علف‌های هرز در سرتاسر فصل شاهد رقابت گونه‌های مختلف با خصوصیات متفاوت رویشی (ایستاده، خوابیده و پیچنده)، چرخه زندگی، فیزیولوژی (سه کربنه، چهارکربنه و کراسولاسه)، جوانه‌زنی و تراکم‌های مختلف هستیم. با وجود چنین تفاوت‌هایی، تفسیر رقابت چند گونه‌ای علف‌های هرز سخت‌تر از آنچه هست، می‌شود. در واقع رقابت نامتقارن در زمان حضور چند گونه علف هرز بیشتر است. در این آزمایش از بین گونه‌های موجود، علف-های هرز تاجریزی، تاج خروس خوابیده و سلمه‌تره به ترتیب تأثیر مثبت (ضرایب مثبت) بر ذرت اعمال کردند. در واقع این گونه‌ها با تأثیر منفی بر سایر گونه‌ها و کاستن از شدت بار رقابتی آن‌ها با ذرت، نقش تسهیل‌کنندگی داشته‌اند. پس نمی‌توان به طور مطلق علف‌های هرز را گیاهانی خسارت‌زا تلقی کرد. برخلاف کنترل سریع علف‌های هرز، توجه مجدد به مدیریت علف‌های هرز نیاز به درک بیشتری از نظام‌های بیولوژیک دارد. اگرچه در تمام جنبه‌های مدیریت علف‌های هرز نیاز به دانش بیشتری است، ولی مهم‌ترین وظیفه علم علف‌های هرز افزایش دانش زیست‌شناسی و بوم‌شناسی علف‌های هرز می‌باشد. در کشاورزی ارگانیک با تأکید بر حفظ تنوع گونه‌ای رفته رفته از جمعیت بعضی علف‌های هرز (کم‌خسارت) کاسته و بر جمعیت علف‌های هرز خسارت‌زا افزوده می‌شود و نیچ اکولوژیکی خالی توسط آن‌ها اشغال می‌شود. استفاده از روش‌هایی جهت تغیرگونه‌های مشکل‌ساز و سخت کنترل‌شونده به سمت گونه‌هایی با خسارت‌زایی و رقابت کمتر (مانند خرفه و سایر گیاهان با رشد خوابیده) روش مناسبی برای حفظ تنوع زیستی در اکوسیستم‌های زراعی خواهد بود.

منابع

Afshari, M. 2010. Estimation of multi-species competition and seasonal dynamic of weed population and determination of growth indices, yield and yield component of Corn (*Zea mays* L.) under field condition. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Bàrberi. P. 2007. Biodiversity in agricultural weed communities: is it good or bad? Proceedings Workshop of the EWRS Working Group on Weeds & Biodiversity, Salem (DE), 14-15 March.

Belyea, L.R., and Lancaster, J. 1999. Assembly rules within a contingent ecology. Oikos 86:402–416.

Booth, B.D., and Swanton, C.J. 2002. Assembly theory applied to weed communities. Weed Science 50: 2–13.

Callaway, R.M. 2007. Positive interactions and interdependence in plant communities. Springer, Dordrecht 415 pp.

Chikoye, D., and Swanton, C.J. 1995. Evaluation of three empirical models depicting *Ambrosia artemisiifolia* competition in white bean. Weed Research. 35: 421-428.

Cousens, R. 1985. A simple model relating yield loss to weed density. Annals of Applied Biology 107: 239-252.

Dehghan, M. 2011. Effect of level of nitrogen fertilizer on multiple competitions of weed and corn in weed management different in Mashhad. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Dekker, J. 1999. Soil weed seed banks and weed management. Journal of Crop Production 2: (1): 139-166

Dıaz, S., Cabido, M., and Casanoves, F. 1998. Plant functional traits and environmental filters on a regional scale. Journal of Vegetation Science 9: 113–122.

Dorado, J., Sousa, E., Calha, I.M., Gonzalez-Andujar, J.L., and Frenandez-Quintalilla, C. 2009. Predicting weed emergence in maize crops under two contrasting climatic conditions. Weed Research 49: 1-9.

Ghani Zadeh, H., Lorzadeh, S., and Aryannia, N. 2011. Evaluating weeds competitive ability in a corn field in southern west of Iran. Asian Journal of Crop Science 3: 179-187

Gherekhloo, J. 2002. Determination of economic damage threshold of weeds on wheat in Mashhad area. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Harper, J.L. 1977. Population biology of plants. Academic Press, London, New York, San Francisco.

Kropff, M.J., and Spitters, C.J.T. 1991. A simple model of crop loss by weed competition from early observations on relative leaf area of the weeds. Weed Research 31: 97-105.

Levine, S. H. 1976. Competitive interactions in ecosystems. American Naturalist 110: 903-910.

Lotz, L.A.P., Christenzen, S., and Cloutier, D. 1996. Prediction of the competitive effects of weed on crop yields based on the relative leaf area of weeds. Weed Research 36: 93-101.

Mahmodi, G. 2011. Investigation of weed multiple-species competition and ecological indices at different corn (Z*ea mays* L.) densities. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Marshall, E.J.P., and Brown, V.K. 2003. The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. Weed Research 43 (2): 77-89.

Menge, B.A., and Olsen, A.M. 1990. Role of scale and environmental factors in Regulation of community structure. Trends in Ecology and Evolution 5: 52–57.

Miller, T.E. 1994. Direct and indirect species interactions in an early old field plant community. American Naturalist 143: 1007-1025.

Miyanishi, K., and Cavers, P.B. 1980. The biology of Canadian weeds: 40. *Portulaca oleracea* L. Plant Science 60: 953-963.

Nurse, R.E. and DiTommaso, A. 2005. Corn competition alters the germinability of velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) seeds. Weed Science 53: 479–488.

Poortousi, N., Rashed Mohassel, M.H., and Ezadi Darbandi, E. 2008. Iranian Journal of Field Crops Research 6(2): 255-261. (In Persian with English Summary)

Rasheh Mohasel, M.H., and Moosavi, S.K. 2007. Principles in weed management (translation). Mashhad University Publication, Mashhad. (In Persian)

Safahani Langeroudi, A.R., and Kamkar, B. 2009. Field screening of canola (*Brassica napus* L.) cultivars against wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) using competition indices and some empirical yield loss models in Golestan Province, Iran. Crop Protection 28: 577–582.

Salehian, H., Ghanbari, A., Rahimian, H., and Majidi, A. 2003. Survey of wheat interference with weeds under field condition. Iranian Journal of Agronomy Researches 1: 109- 120. (In Persian with English Summary)

Strauss, S.Y. 1991. Indirect effects in community ecology: their definition, study and importance. Trends in Ecology and Evolution 6: 206-210.

Sullivan, P. 2003. Principles of sustainable weed management for croplands [Online]. ATTRA Publication #PO39. National Sustainable Agriculture Information Service. Available at: http://www.attra.org/attra-pub/weed.html (verified 11 March 2010).

Toler, J.E., Guice, J.B., and Murdock, E.C. 1996. Interference between johnsongrass (*Sorghum halepense*), smooth pigweed (*Amaranthus hybridus*), and soybean (*Glycine max*). Weed Science 44: 331-338.

Zimdahl, R.H. 2004. Weed Crop Competition: A Review. Second edition. Blackwell Publishing Professional, USA.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۳، ص. ۴۶۶-۴۵۳

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 3, Fall 2014, p. 453-466

بررسی تأثیر بافت خاک و تراکم بر خصوصیات بنه و عملکرد گل زعفران (*Crocus sativus* L.)

علیرضا کوچکی[1*]، الهام عزیزی[2]، آسیه سیاهمرگویی[3] و مریم جهانی کندری[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۵/۰۷

چکیده

به منظور بررسی اثر بافت خاک و تراکم بر عملکرد گل و بنه زعفران (*Crocus sativus* L.)، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک-های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در دو سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۸۸ و ۱۳۹۰-۱۳۸۹ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل شش بافت خاک مختلف لوم رسی، لوم سیلتی، لوم، لوم شنی، شن لومی و سیلت و دو تراکم کاشت (۱۰۰ و ۱۵۰ بنه در متر مربع) بود. نتایج نشان داد که تعداد و وزن خشک بنه زعفران به طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع بافت خاک قرار گرفت ($p\leq 0/01$). بیشترین تعداد و میزان وزن بنه زعفران در بافت شن لومی مشاهده شد. بافت‌های خاک شن لومی، لوم شنی و سیلتی دارای بیشترین تعداد گل در واحد سطح بود و با یگدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند. بیشترین عملکرد کلاله در بافت خاک سیلتی به میزان ۱/۲۲ گرم در متر مربع بدست آمد، ولی اختلاف معنی‌داری با بافت خاک لوم شنی نداشت. بافت‌های لوم رسی، لوم و لوم سیلتی نیز کمترین میزان عملکرد کلاله (۰/۵۸ گرم در متر مربع) را به خود اختصاص دادند. همبستگی منفی معنی‌داری بین درصد رس خاک با تعداد و وزن خشک بنه، تعداد گل و عملکرد گل و کلاله زعفران مشاهده شد، به طوری که با افزایش درصد رس، پارامترهای مورد بررسی، روند کاهشی غیر خطی نشان داد. در هر دو سال آزمایش، تراکم گیاهی بر تعداد گل و وزن خشک گل و کلاله تأثیر معنی‌داری نداشت.

واژه‌های کلیدی: تعداد گل، درصد رس، کلاله، وزن خشک

مقدمه

زعفران زراعی، گیاهی علفی و پایا از تیره زنبق بوده (Abrishamchi, 2003) که در بین محصولات صادراتی ایران از جایگاه خاصی برخوردار می باشد (Kafi et al., 2002). استان‌های خراسان رضوی و جنوبی، قطب عمده تولید زعفران در ایران هستند، بطوری‌که در سال ۱۳۸۶، خراسان رضوی با ۴۴۸۳۰ هکتار و ۱۴۸/۵ تن زعفران در هکتار و خراسان جنوبی با ۱۳۳۲۸ هکتار و ۳۵/۸ تن، بیشترین تولید را به خود اختصاص داد (Mollafilabi & Shoorideh, 2009). عوامل زیادی مانند بافت خاک، زمان کشت بنه‌ها، آبیاری، نوع تغذیه، اقلیم، تراکم و عمق کاشت در کمیت و کیفیت بنه و محصول اقتصادی نقش بسزایی دارند (Sadeghi, 1993).

تیمر و واندروالک (Timmer & Vandervalk, 1973) در بررسی اثر تراکم کاشت بر تعداد و وزن پیازهای لاله (*Tulipa* sp.) بیان داشتند که با افزایش تراکم کاشت، تعداد گل پیازهای تولیدی کاهش یافت. مک‌کی و همکاران (Mackey et al., 1981) نیز اظهار داشتند که در گلایول (*Gladiolus communis* L.)، تراکم ۱۵۰۰۰۰ پیاز در هکتار بیشترین میزان عملکرد گل را داشت. در تحقیق دیگری، افزایش تراکم کاشت در گلایول موجب کاهش وزن پیاز شده و رشد و گلدهی آن را تحت تأثیر قرار داد (Behdani, 2005).

علوی شهری و همکاران (Alavi Shahri et al., 1994) در طی

۱- استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۲- استادیار گروه زراعت دانشگاه پیام نور
۳- استادیار گروه زراعت دانشکده تولید گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(*- نویسنده مسئول: Email: akooch@um.ac.ir)

آزمایشی که به منظور بررسی اثر تراکم بوته بر عملکرد زعفران انجام شد، دریافتند که با افزایش تراکم کاشت، عملکرد به طور معنی‌داری افزایش یافت و تراکم ۵۰ بوته در متر مربع را توصیه نمودند. اغلب پژوهش‌های انجام یافته در ایران نیز، تراکم ۵۰ بوته در متر مربع را برای دستیابی به بیشترین عملکرد زعفران در کشت ردیفی توصیه نمودند (Kafi, 2002). محمدآبادی و همکاران (Mohamad-Abadi et al., 2007) اظهار داشتند که تفاوت معنی‌داری در بین تراکم‌های مختلف کشت در عملکرد وزن تر گل و عملکرد ماده خشک و تر کلاله وجود نداشت با این وجود با افزایش فاصله کشت، عملکرد وزن تر گل و کلاله و عملکرد ماده خشک کلاله کاهش یافت.

خصوصیات فیزیکی خاک، به دلیل نقش مهمی که در حمایت از رشد گیاه دارند، حائز اهمیت می باشند. این خصوصیات، تعیین‌کننده چگونگی اثر متقابل گیاه با خاک، جذب آب و مواد غذایی، نفوذ ریشه‌ها، دمای خاک و فعالیت میکروارگانیسم‌ها می‌باشند. از میان خصوصیات فیزیکی خاک، بافت خاک بر ویژگی‌های مهمی نظیر رشد گیاه، توسعه ریشه‌ها به ویژه در گیاهان پیازی و نفوذ و نگهداری آب در خاک تأثیر بسزایی دارند (Gresta et al., 2008). علی‌رغم محدود شدن زراعت زعفران به نقاط خاصی از جهان، در بسیاری از خاک‌های زراعی موجود قابلیت تولید دارد. خاک‌هایی با ساختمان متوسط و کمابیش با نفوذپذیری خوب، بهترین خاک برای کشت و کار زعفران محسوب می شود (Kafi, 2002). گرستا و همکاران (Gresta et al., 2009) گزارش کردند که خاک‌های سبک، غنی از مواد آلی، عمیق و با زهکشی مناسب به طور قابل ملاحظه‌ای برای کشت زعفران مناسب می باشند. فرناندز (Fernandez, 2004) بیان داشت که بافت خاک رسی مناسب برای زعفران می‌باشد، در حالی‌که ساماپاتو و همکاران (Sampathu et al., 1984) اظهار داشتند که زعفران نیازمند خاک لومی شنی یا خاک رسی با زهکش خوب می‌باشد.

تورهان و همکاران (Turhan et al., 2007) طی یک آزمایش گلخانه‌ای به منظور بررسی اثر سه تیمار خاک + شن، خاک + شن + کود دامی، خاک + شن + دو لایه کود دامی در زیر و روی بنه‌های زعفران بر عملکرد زعفران دریافتند که تیمار خاک + شن + دو لایه کود دامی در زیر و روی بنه‌های زعفران، بیشترین اثر را بر افزایش عملکرد گل و کلاله زعفران داشت.

از آنجا که اندازه بنه در عملکرد نهایی گل و کلاله زعفران تأثیر بسزایی دارد، بررسی عواملی که در افزایش عملکرد بنه زعفران اثر دارند، ضروری است. از جمله این عوامل مؤثر می‌توان به عوامل خاکی و زراعی نظیر بافت خاک و تراکم گیاهی اشاره نمود. هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر بافت خاک و تراکم بنه بر عملکرد گل و بنه‌های زعفران بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد طی دو سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۸۸ و ۱۳۹۰-۱۳۸۹ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل تراکم‌های مختلف کاشت در دو سطح (۱۰۰ و ۱۵۰ بنه در متر مربع) و شش نوع بافت خاک (لوم رسی، لوم سیلتی، لوم، لوم شنی، شن لومی و سیلت) بود. تراکم کاشت مورد نظر با در نظر گرفتن متوسط وزن هر بنه بین ۱۰-۸ گرم و فواصل ردیف ۲۵ سانتی‌متر تنظیم شد. بافت‌های خاک مورد نظر نیز به طور مصنوعی با اضافه کردن شن، ماسه و رس به خاک مزرعه تهیه و سپس جهت تأیید نهایی بافت خاک، آزمون گردید.

ابعاد هر کرت آزمایشی، ۱×۱ متر و فاصله بین کرت‌ها در هر تکرار و فاصله بین بلوک‌ها، ۰/۵ متر در نظر گرفته شد. کشت در اواخر شهریورماه سال ۱۳۸۸ انجام گرفت. آبیاری اول همزمان با کاشت بصورت سنگین و آبیاری دوم بصورت سبک یک هفته بعد از کاشت به منظور تسهیل در خروج جوانه‌های گل و برگ از خاک انجام شد. نمونه‌برداری‌ها از کرت‌های آزمایشی در سال زراعی اول، همزمان با شروع گل‌دهی آغاز شد و گل‌های ظاهر شده بصورت روزانه جمع‌آوری و شمارش گردید و سپس جهت تعیین وزن خشک و تر گل، کلاله و گل بصورت جداگانه به آزمایشگاه منتقل شد. همچنین نمونه‌گیری تخریبی از بنه‌های زعفران در انتهای فصل رشد در هر دو سال زراعی انجام شد و اجزای مختلف آن شامل تعداد بنه‌های دختری و وزن خشک بنه‌ها اندازه‌گیری شد.

به منظور آنالیز داده‌ها و ترسیم اشکال از نرم‌افزارهای Minitab ver13، Mstat-c و Excel و برای مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر بافت خاک و تراکم بر تعداد گل، عملکرد گل و کلاله زعفران در دو سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ و ۹۰-

۱۳۸۹ در جدول ۱ نشان داده شده است. همانگونه که در این جدول مشاهده می شود، اثر بافت خاک و سال زراعی بر پارامترهای مورد بررسی از نظر آماری معنی‌دار بود (p≤۰/۰۱)، اما تراکم بنه در واحد سطح، تأثیر معنی‌داری بر این پارامترها نداشت. همچنین تعداد و عملکرد گل و کلاله به اثر متقابل بافت خاک و تراکم بنه در واحد سطح، واکنش معنی‌داری نشان داد. نتایج این تحقیق نشان داد که اثرات ساده بافت خاک، تراکم، سال زراعی و اثر متقابل بافت خاک و تراکم بر تعداد و وزن خشک بنه از نظر آماری معنی‌دار بود (p≤۰/۰۵) (جدول ۲).

اثر نوع بافت خاک بر تعداد گل زعفران در واحد سطح، در شکل ۱ نشان داده شده است. بیشترین تعداد گل در بافت‌های شن لومی، لوم شنی و سیلتی حاصل شد. کمترین تعداد گل در واحد سطح نیز در بافت‌های خاک لوم رسی و لوم سیلتی مشاهده شد. خاک‌های سبک در مقایسه با خاک‌های با درصد رس بالاتر، ممانعت کمتری برای رشد و ازدیاد بنه‌ها ایجاد می‌کند و به تبع این امر، تعداد جوانه‌های گل افزایش یافته و خروج آن‌ها با فشار مکانیکی کمتری مواجه می‌شود. خاک‌هایی با بافت سنگین به علت خاصیت افزایش حجم پس از جذب آب، مشکل ایجاد سله دارند و ممکن است خروج جوانه‌های گل و برگ در این خاک‌ها با مشکل مواجه شود. گرستا و همکاران (Gresta et al., 2009) بیان داشتند که بیشترین تعداد گل و عملکرد زعفران در خاک‌های شنی و لومی بدست آمد و با تغییر بافت خاک به سمت رسی، عملکرد روند کاهشی داشت.

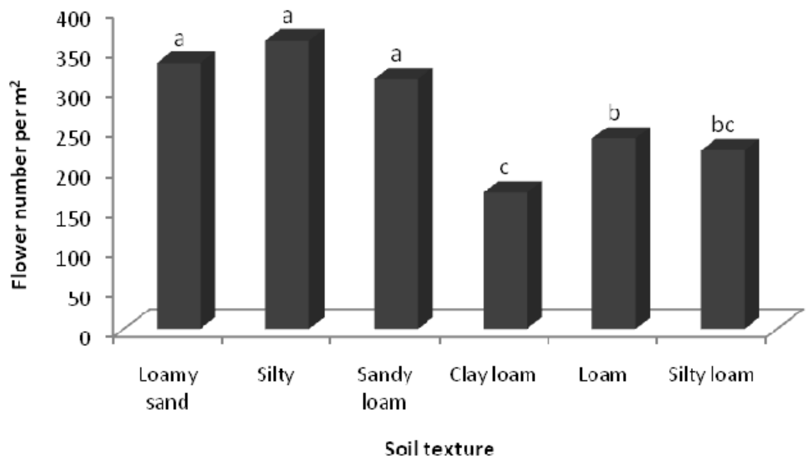
جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر بافت خاک و تراکم بنه بر برخی از پارامترهای کمی زعفران

Table 1- Variance analysis of effects of Soil texture and corm density on some of quantitative characteristics of saffron

منابع تغییر Sources of variance	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Means of squares تعداد گل Flower number per m^2	وزن خشک گل Flower dry weight ($g.m^{-2}$)	وزن خشک کلاله Stigma dry weight ($g.m^{-2}$)
بلوک Block	2	6446.00 ^{ns}	0.43^{ns}	0.18^{ns}
بافت خاک Soil texture	5	65087.20**	67.96**	0.78**
تراکم Density	1	18948.00 ^{ns}	1.95^{ns}	0.01^{ns}
تراکم × بافت خاک Density × Soil texture	5	177079.00**	213.64**	1.31**
خطای ۱ Error 1	22	4603.80	0.020	0.09
سال زراعی Year	1	1406724.00**	1587.17**	20.89**
بافت خاک × سال زراعی Soil texture × Year	5	98264.80**	60.92**	0.89**
تراکم × سال زراعی Density × Year	1	800.00^{ns}	0.04^{ns}	0.04^{ns}
بافت خاک × تراکم × سال Soil texture × Density × Year	5	81738.60**	106.15**	1.57**
خطای ۲ Error 2	24	7281.79	10.37	0.10
کل Total	71			

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

**: significant in α=0.01, *: significant in α=0.05 and ns: no significant



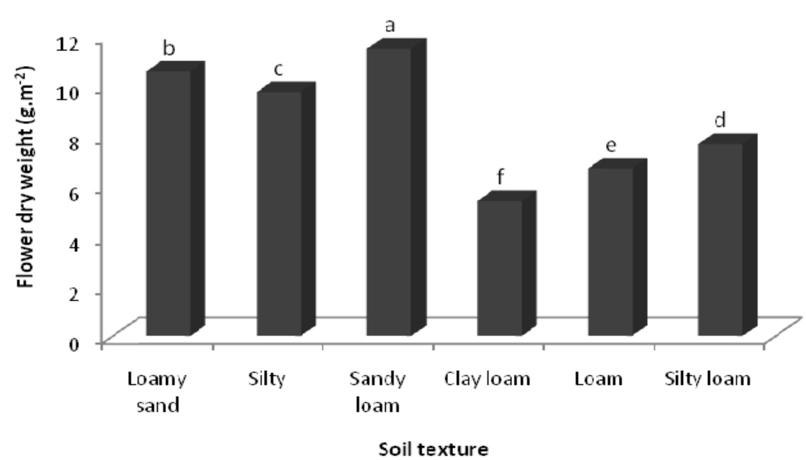
شکل ۱- اثر بافت خاک بر تعداد گل زعفران در متر مربع

Fig. 1- The effect of soil texture on flower number of saffron per square meter

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد از نظر آماری، تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means with the similar letters are not significantly different at p≤0.05.

همان‌گونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، وزن خشک گل به طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع بافت خاک قرار گرفت. بیشترین و کمترین میزان وزن خشک گل به ترتیب در تیمارهای بافت خاک لوم شنی و لوم رسی به مقادیر ۱۱/۴۶ و ۵/۳۶ گرم در متر مربع مشاهده شد. نتایج این تحقیق حاکی از آن است که واکنش اندام‌های رویشی و زایشی گیاه به بافت خاک متفاوت بود، به طوری‌که بافت شن لومی که دارای بیشترین تعداد و وزن بنه در واحد سطح بود، عملکرد گل کمتری در مقایسه با بافت لوم شنی داشت.

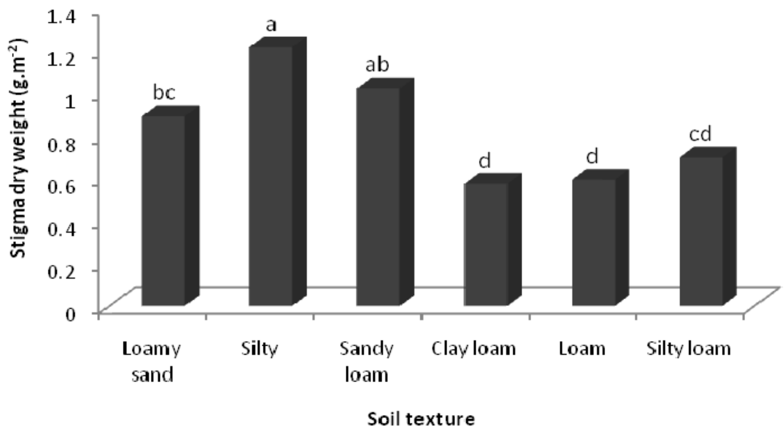


شکل ۲- اثر بافت خاک بر وزن خشک گل زعفران در متر مربع

Fig. 2- The effect of soil texture on flower dry weight of saffron per square meter

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد از نظر آماری، تفاوت معنی‌داری ندارند.

*Means with the similar letters are not significantly different at p≤0.05.



شکل ۳- اثر بافت خاک بر وزن خشک کلاله زعفران در متر مربع

Fig. 3- The effect of soil texture on stigma dry weight of saffron per square meter

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد از نظر آماری، تفاوت معنی‌داری ندارند.

*Means with the similar letters are not significantly different at p≤0.05.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر بافت خاک و تراکم بنه بر تعداد و وزن خشک بنه زعفران

Table 2- variance analysis of effects of Soil texture and corm density on corm number and dry weight of saffron

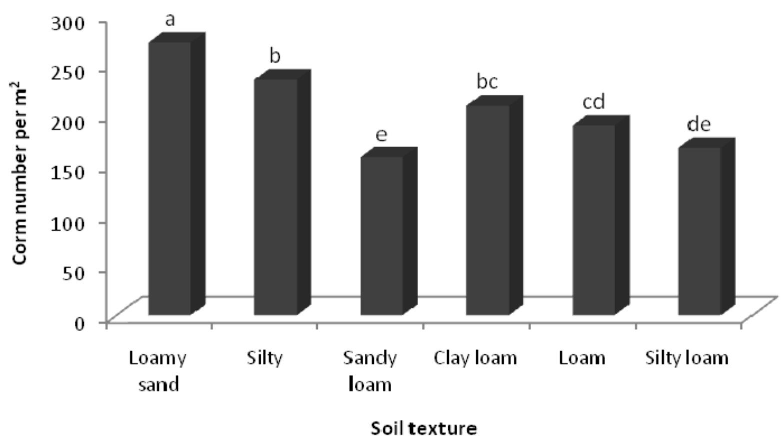
منابع تغییرات Variation resources	درجه آزادی Degree of freedom	Means of squares	
		تعداد بنه Corm number	وزن خشک بنه Corm dry weight
بلوک Block	2	3854.00[ns]	6872.50[*]
بافت خاک Soil texture	5	22499.60[**]	51263.40[**]
تراکم Density	1	63844.00[**]	21191.00[**]
تراکم × بافت خاک Density × Soil texture	5	20929.40[**]	24143.20[**]
خطای ۱ Error 1	22	1426.09	1560.40
سال زراعی Year	1	222222.00[**]	63850.00[**]
بافت خاک × سال زراعی Soil texture × Year	5	21492.60[**]	37511.20[**]
تراکم×سال زراعی Density × Year	1	7524.00[**]	3123.00[ns]
بافت خاک × تراکم × سال Soil texture × Density × Year	5	9887.20[**]	1480.40[ns]
خطای ۲ Error 2	24	881.79	1327.58
کل Total	71		

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

**: significant in α=0.01, *: significant in α=0.05 and ns: no significant

وزن خشک کلاله، به طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع بافت خاک قرار گرفت. بیشترین عملکرد کلاله در تیمار بافت خاک سیلتی به میزان ۱/۲۲ گرم در متر مربع مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با بافت خاک لوم شنی نداشت. بافت لوم رسی نیز کمترین میزان عملکرد کلاله (۰/۵۸ گرم در متر مربع) را به خود اختصاص داد که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با بافت‌های لوم و لوم سیلتی نداشت (شکل ۳).

همان‌گونه که در شکل ۴ نشان داده شده است. تعداد بنه در واحد سطح به طور معنی‌داری، تحت تأثیر بافت خاک قرار گرفت. بیشترین تعداد بنه در واحد سطح در بافت شن لومی مشاهده شد. کمترین میزان این پارامتر نیز در بافت لوم شنی و لوم سیلتی بدست آمد.

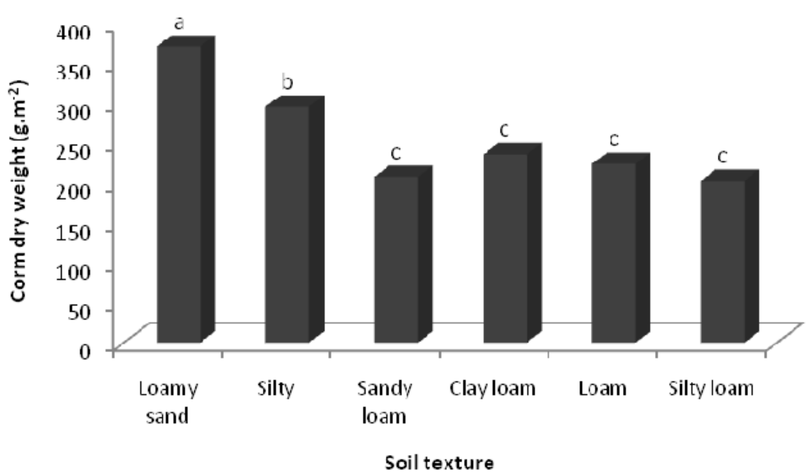


شکل ٤- اثر بافت خاک بر تعداد بنه زعفران در متر مربع

Fig. 4- The effect of soil texture on corm number of saffron per square meter

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد از نظر آماری، تفاوت معنی‌داری ندارند.

*Means with the similar letters are not significantly different at p≤0.05.



شکل ۵- اثر بافت خاک بر وزن خشک بنه زعفران در متر مربع

Fig. 5- The effect of soil texture on corm dry weight of saffron per square meter

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد از نظر آماری، تفاوت معنی‌داری ندارند.

*Means with the similar letters are not significantly different at p≤0.05.

وزن خشک بنه زعفران به طور معنی‌داری تحت تأثیر نـوع بافـت خاک و میزان ذرات رس آن قرار گرفت. بیشترین وزن بنه زعفران بـه میزان ۳۷۰/۹۶ گرم در متر مربع در بافت شـن لـومی مشـاهده شـد. کمترین میزان وزن خشک بنه نیز در بافت لوم سیلتی، لوم شنی، لـوم رسی و لوم بدست آمد (شکل۵).

بهدانی و همکاران (Behdani et al., 2005) اظهار داشـتند کـه بیشترین عملکرد زعفران در خاک‌هایی با بافت متوسـط حاصـل شـد. شاید دلیل این امر آن است که با افـزایش درصـد رس و سـنگین‌تـر شدن خاک، رشد و گسترش بنه‌ها، نیازمند صرف انرژی بیشتری بوده و بنابراین انرژی در دسترس، جهت ازدیاد بنه‌ها کاهش می‌یابد.

اثر متقابل سال زراعی و بافت خاک بر برخـی خصوصـیات کمـی زعفران در جدول ۳ نشان داده شده است. همان‌گونه که در این جدول مشاهده می‌شود، در انواع بافت‌های مورد بررسی، تعداد بنـه در واحـد سطح، در سال زراعی دوم بیشتر ازسال زراعی اول، بود، ولی این روند در سایر تیمارهای مورد بررسی مشاهده نشد. تعداد و عملکـرد گـل و کلاله زعفران در متر مربع در سال زراعـی دوم بـه طـور چشـمگیری کاهش یافت. در گیاهان چندساله‌ای نظیر زعفران، سال اول، به عنوان سال استقرار مطرح بوده و اغلب انرژی گیاه، صـرف مسـتقر شـدن در محیط می‌شود.

جدول۳ - اثر متقابل سال زراعی و بافت خاک بر خصوصیات بنه و گل زعفران

Table 3- The interaction of growing season and soil structure on saffron corm and flower characteristics

فصل رشد Growing season	بافت خاک Soil texture	تعداد بنه Corm number per m^2	وزن خشک بنه Corm dry weight ($g.m^{-2}$)	تعداد گل Flower number per m^2	وزن خشک گل Flower dry weight ($g.m^{-2}$)	وزن خشک کلاله Stigma dry weight ($g.m^{-2}$)
2009-2010	Loamy sand شن لومی	165.333^{d*}	249.901^{cd}	445.333^{b}	15.560^{a}	1.429^{bc}
	Silty سیلتی	176.000^{d}	259.005^{cd}	669.333^{a}	17.365^{a}	2.197^{a}
	Sandy loam لوم شنی	93.333^{e}	240.746^{de}	480.000^{b}	18.493^{a}	1.720^{b}
	Clay loam لومی رسی	117.333^{e}	181.351^{fg}	269.333^{cd}	8.501^{bc}	0.963^{d}
	Loam لوم	186.667^{cd}	245.529^{cd}	288.000^{cd}	8.901^{bc}	0.803^{d}
	Silty loam لوم سیلتی	157.333^{d}	181.685^{fg}	328.000^{c}	10.747^{b}	1.115^{cd}
2010-2011	Loamy sand شن لومی	378.667^{a}	492.024^{a}	221.333^{de}	5.528^{cd}	0.349^{e}
	Silty سیلتی	293.333^{b}	332.139^{b}	53.333^{f}	2.048^{d}	0.232^{e}
	Sandy loam لوم شنی	221.333^{c}	174.712^{g}	146.667^{ef}	4.432^{d}	0.320^{e}
	Clay loam لوم رسی	301.333^{b}	289.931^{bc}	72.000^{f}	2.219^{d}	0.189^{e}
	Loam لوم	192.000^{cd}	202.408^{efg}	189.333^{de}	4.429^{d}	0.387^{e}
	Silty loam لوم سیلتی	176.000^{d}	224.355^{def}	120.000^{ef}	4.571^{d}	0.285^{e}
LSD		35.386	43.419	101.688	3.837	0.377

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، در سطح احتمال پنج درصد از نظر آماری، تفاوت معنی‌داری ندارند.

*Means with the similar letters in the each column are not significantly different at $p \leq 0.05$.

پس از استقرار گیاه و در سال‌های آتی، بخش اعظمی از انرژی گیاه به رشد و تکثیر اندام‌ها اختصاص یافته و عملکرد اندام‌های رویشی و زایشی افزایش می‌یابد. لازم به ذکر است که احتمالاً یکی از دلایل کاهش تعداد گل، عملکرد گل و کلاله در این تحقیق، اثر شرایط محیطی حاکم (عدم سرمای کافی جهت تحریک آغازی‌های گل و گرمای زیاد در طی بهار و تابستان) بر رشد و عملکرد زعفران می باشد.

بیشترین تعداد و وزن خشک بنه در واحد سطح در بافت خاک شن لومی و در سال زراعی دوم به ترتیب با مقادیر ۳۷۸/۶۷ بنه در متر مربع و ۴۹۲/۰۲ گرم در متر مربع بدست آمد. بیشترین تعداد گل و عملکرد کلاله نیز در بافت سیلتی و در سال زراعی اول به ترتیب با مقادیر ۶۶۹/۳۳ گل در متر مربع و ۲/۲۰ گرم در متر مربع حاصل شد. بافت‌های شن لومی، سیلتی و لوم شنی، بیشترین مقدار وزن خشک گل در واحد سطح را نشان داده و با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند.

همان گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، اثر تراکم گیاهی بر تعداد و وزن خشک بنه زعفران در واحد سطح در دو سال زراعی مورد بررسی از نظر آماری معنی‌دار بود. با افزایش تراکم و گذشت زمان، تعداد و وزن خشک بنه افزایش یافت در صورتی که این روند در رابطه با خصوصیات زایشی گیاه مشاهده نشد.

در هر دو سال آزمایش، تراکم گیاهی بر تعداد گل و وزن خشک گل و کلاله تأثیر معنی‌داری نداشت. همچنین عملکرد گیاه در سال زرعی اول بیشتر از سال زراعی دوم بود. گرستا و همکاران (Gresta et al., 2008) اظهار داشتند که میزان بنه مورد نیاز و تراکم مطلوب، بسته به یکساله یا چندساله بودن مزرعه متفاوت است. بنحوی‌که در کشت یکساله، فاصله ردیف ۱۵ سانتی‌متر و فاصله بین بنه‌ها سه تا هشت سانتی‌متر و در کشت چندساله فاصله بین ردیف ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر و فاصله بین بنه‌ها ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متر، عمکرد خوبی را به دنبال خواهد داشت. در مطالعه‌ای دیگر کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2009) با مطالعه الگوهای کشت مختلف (ردیفی، تصادفی و کپه‌ای) و تراکم‌های مختلف بنه (۴، ۸ و ۱۲ تن در هکتار) دریافتند که بیشترین عملکرد زعفران در تیمار کشت ردیفی همراه با ۱۲ تن بنه در هکتار بدست آمد. علوی شهری و همکاران (Alavi Shahri et al., 1994) طی آزمایشی که به منظور بررسی اثر تراکم بوته بر عملکرد زعفران انجام دادند، دریافتند که با افزایش تراکم کاشت، عملکرد به طور معنی‌داری افزایش یافت و تراکم ۵۰ بوته در متر مربع را توصیه نمودند. تمپرینی و همکاران (Temperini et al., 2009) نیز با بررسی تراکم‌های مختلف بنه زعفران شامل کم تراکم (با ۷۶، ۹۱ و ۹۳ بنه در متر مربع)، متوسط تراکم (با ۱۱۱، ۱۱۴ و ۱۱۹ بنه در متر مربع) و پر تراکم (با ۱۳۹، ۱۴۳ و ۱۷۹ بنه در متر مربع) دریافتند که بیشترین وزن خشک کلاله در تیمارهای متوسط تراکم (در دو سطح ۱۱۱ و ۱۱۹ بنه در متر مربع) و پر تراکم (در سه سطح ۱۳۹، ۱۴۳ و ۱۷۹ بنه در متر مربع) بدست آمد. کمترین وزن خشک کلاله نیز در تراکم ۹۳ بنه در متر مربع از گروه تیمارهای کم تراکم مشاهده شد. نادری درباغشاهی و همکاران (Naderi-Darbaghshahi et al., 2008) نیز با مطالعه اثر تراکم‌های مختلف کاشت (۴۴/۴، ۸۸/۸ و ۱۷۶/۶ بنه در متر مربع) بر تعداد بنه‌های تولید شده دریافتند که بیشترین بنه‌های تولیدی در تراکم ۱۷۶/۶ بنه در متر مربع بدست آمد.

جدول ٤- اثر متقابل سال زراعی و تراکم بر خصوصیات بنه و گل زعفران

Table 4- The interaction of growing season and density on saffron corm and flower characteristics

فصل رشد Growing season	تراکم (تعداد در مترمربع) Density (number per m^2)	تعداد بنه در مترمربع Corm number per m^2	وزن خشک بنه (گرم در مترمربع) Corm dry weight ($g.m^{-2}$)	تعداد گل در مترمربع Flower number per m^2	وزن خشک گل (گرم در مترمربع) Flower dry weight ($g.m^{-2}$)	وزن خشک کلاله (گرم در مترمربع) Stigma dry weight ($g.m^{-2}$)
2009-2010	100	129.778[d*]	202.628[c]	393.778[a]	13.403[a]	1.336[a]
	150	168.889[c]	250.112[b]	432.889[a]	13.120[a]	1.406[a]
2010-2011	100	220.444[b]	275.358[a]	120.889[b]	4.059[b]	0.305[b]
	150	300.444[a]	296.498[a]	146.667[b]	3.684[b]	0.283[b]
LSD		20.430	25.070	58.710	2.215	0.218

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، در سطح احتمال پنج درصد از نظر آماری، تفاوت معنی‌داری ندارند.

*Means with the similar letters in the each column are not significantly different at $p \leq 0.05$.

اثر متقابل بافت خاک و تراکم گیاهی، بر تعداد و وزن خشک بنه، تعداد گل و عملکرد گل و کلاله زعفران، از نظرآماری معنی‌دار بود. پارامترهای اندازه‌گیری شده، در بافت‌های مختلف خاک، واکنش‌های متفاوتی را به افزایش تراکم، نشان دادند. با این وجود، در کلیه پارامترهای مورد بررسی، بافت خاک شن لومی با تراکم ۱۵۰ بنه در متر مربع، بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد (جدول ۵).

جدول ۵- اثر متقابل بافت خاک و تراکم بنه بر خصوصیات بنه و گل زعفران

Table 5- The interaction of soil texture and density on saffron corm and flower characteristics

بافت خاک Soil texture	تراکم (تعداد در مترمربع) Density (number per m^2)	تعداد بنه در مترمربع Corm number per m^2	وزن خشک بنه (گرم در مترمربع) Corm dry weight ($g.m^{-2}$)	تعداد گل (در متر مربع) Flower number per m^2	وزن خشک گل (گرم در مترمربع) Flower dry weight ($g.m^{-2}$)	وزن خشک کلاله (گرم در متر مربع) Stigma dry weight ($g.m^{-2}$)
شن لومی Loamy sand	100	221.333[cd*]	306.179[c]	138.667[g]	3.995[j]	0.365[fg]
	150	322.667[a]	435.747[a]	528.000[a]	17.093[a]	1.413[a]
سیلتی Silty	100	168.000[de]	233.605[de]	309.333[d]	11.104[d]	1.117[abc]
	150	301.333[ab]	357.539[b]	413.333[b]	8.309[g]	1.312[ab]
لوم شنی Sandy loam	100	197.333[de]	230.848[def]	306.667[d]	12.080[c]	0.981[bcd]
	150	117.333[fg]	184.610[fg]	320.000[cd]	10.845[e]	1.059[abc]
لوم رسی Clay loam	100	160.000[ef]	204.483[efg]	221.333[ef]	7.379[h]	0.808[cde]
	150	258.667[bc]	266.799[cd]	120.000[gh]	3.341[k]	0.344[fg]
لومی Loam	100	192.000[de]	269.696[cd]	176.000[fg]	4.309[i]	0.504[efg]
	150	186.667[de]	178.241[g]	301.333[de]	9.021[f]	0.685[def]
لوم سیلتی Silty loam	100	112.000[g]	189.147[efg]	392.000[bc]	13.517[b]	0.147[g]
	150	221.333[cd]	216.893[efg]	56.000[h]	1.800[l]	0.253[g]
LSD		45.219	47.300	81.247	0.169	0.359

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، در سطح احتمال پنج درصد از نظر آماری، تفاوت معنی‌داری ندارند.

*Means with the similar letters in the each column are not significantly different at $p\leq0.05$.

اثر متقابل بافت خاک و تراکم بنه در واحد سطح در دو سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ و ۹۰-۱۳۸۹ در جدول ۶ نشان داده شده است. نتایج حاکی از آن است که بیشترین تعداد و وزن خشک بنه زعفران در واحد سطح در بافت خاک شن لومی با تراکم ۱۵۰ بنه در متر مربع و در سال زراعی دوم بدست آمد. همچنین بیشترین مقدار عملکرد گل و کلاله و تعداد گل زعفران، مربوط به بافت خاک شن لومی با تراکم ۱۵۰ بنه در متر مربع و در سال زراعی اول بود (جدول ۶).

همبستگی منفی معنی‌داری بین درصد رس خاک و تعداد بنه در واحد سطح مشاهده شد، به طوری که با افزایش درصد رس، تعداد بنه زعفران در واحد سطح، روند کاهشی غیر خطی نشان داد (R^2=0.40) (شکل ۶). همچنین نتایج حاکی از آن است که رابطه رگرسیونی منفی و معنی‌داری بین وزن خشک بنه در متر مربع و درصد رس خاک وجود دارد (R^2=0.56) (شکل ۷). شاید دلیل این امر آن است که با افزایش درصد رس خاک و به اصطلاح سنگین‌تر شدن آن، تولید بنه‌های دختری و رشد آن‌ها دشوارتر شده و نیروی مورد نیاز جهت حرکت بنه‌ها در این خاک افزایش می‌یابد.

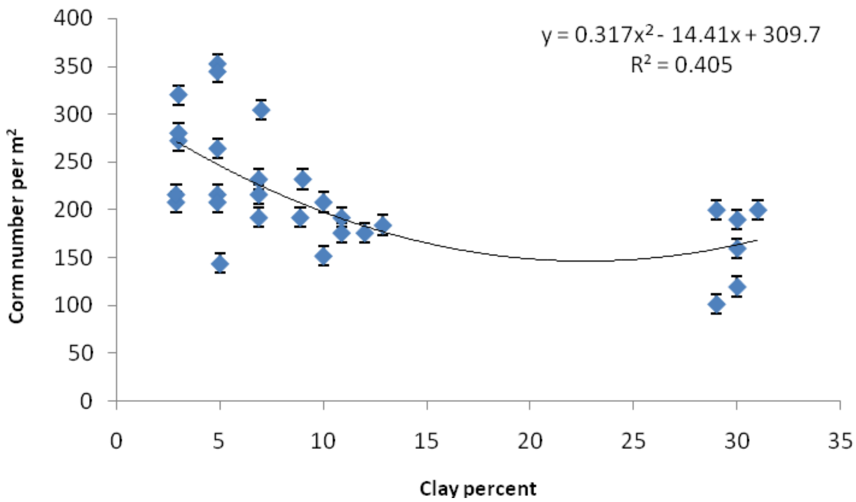
رابطه رگرسیونی بین درصد رس خاک با تعداد گل در واحد سطح، وزن خشک گل و وزن خشک کلاله از نظر آماری، معنی‌دار بود. با افزایش درصد رس، پارامترهای مذکور، روند نزولی غیرخطی را نشان دادند. شاید دلیل این امر آن است که با افزایش درصد رس خاک به دلیل فشار مکانیکی بالاتر در سطح خاک و صرف انرژی بیشتر برای خروج کلاله و گلبرگ از خاک احتمالاً تنفس گیاه افزایش یافته و اختصاص مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی کاهش پیدا می‌کند (شکل‌های ۸، ۹ و ۱۰).

جدول ٦ - اثر بافت خاک و تراکم بنه بر خصوصیات بنه و گل زعفران در دو سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ و ۹۰-۱۳۸۹

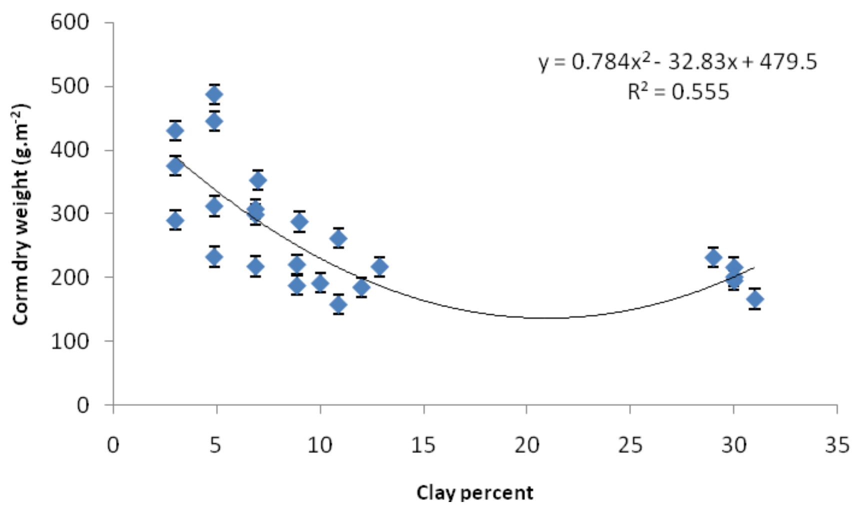
Table 6- The interaction between soil texture and density on saffron corm and flower characteristics during 2009-2010 and 2010-2011

فصل رشد Growing season	تراکم (تعداد در مترمربع) Density (number per m^2)	بافت خاک Soil texture	تعداد بنه (تعداد در مترمربع) Corm number per m^2	وزن خشک بنه (گرم در مترمربع) Corm dry weight ($g.m^{-2}$)	نعداد گل (تعداد در مترمربع) Flower number per m^2	وزن خشک گل (گرم در مترمربع) Flower dry weight ($g.m^{-2}$)	وزن خشک کلاله (گرم در مترمربع) Stigma dry weight ($g.m^{-2}$)
2009-2010	100	Loamy لومی sand شن	128.000	176.485	138.667	3.675	0.363
		Silty سیلتی	149.333	192.427	538.667	18.832	1.819
		Sandy loam لوم شنی	90.667	260.000	490.667	19.696	1.632
		Clay loam لوم رسی	224.000	140.085	394.667	12.939	1.477
		Loam لوم	208.000	267.952	208.000	5.696	0.715
		Silty loam لوم سیلتی	106.667	178.816	592.000	19.579	2.011
	150	Loamy sand شن لومی	202.667	323.317	752.000	27.445	2.496
		Silty سیلتی	202.667	325.584	800.000	15.899	2.576
		Sandy loam لوم شنی	96.000	221.492	469.333	17.291	1.808
		Clay loam رسی لوم	138.667	222.616	144.000	4.064	0.448
		Loam لوم	165.333	223.106	368.000	12.107	0.891
		Silty loam لوم شنی	208.000	184.555	64.000	1.915	0.219
2010-2011	100	Loamy sand شن لومی	314.667	435.872	138.667	4.315	0.368
		Silty سیلتی	186.667	274.784	80.000	3.376	0.416
		Sandy loam لوم شنی	304.000	201.696	122.667	4.464	0.331
		Clay loam لوم رسی	224.000	268.880	48.000	1.819	0.139
		Loam لوم	176.000	271.440	144.000	2.923	0.293
		Silty loam لوم سیلتی	117.333	199.477	192.000	7.456	0.283
	150	Loamy sand شن لومی	442.667	548.176	304.000	6.741	0.331
		Silty سیلتی	400.000	389.493	26.667	0.720	0.048

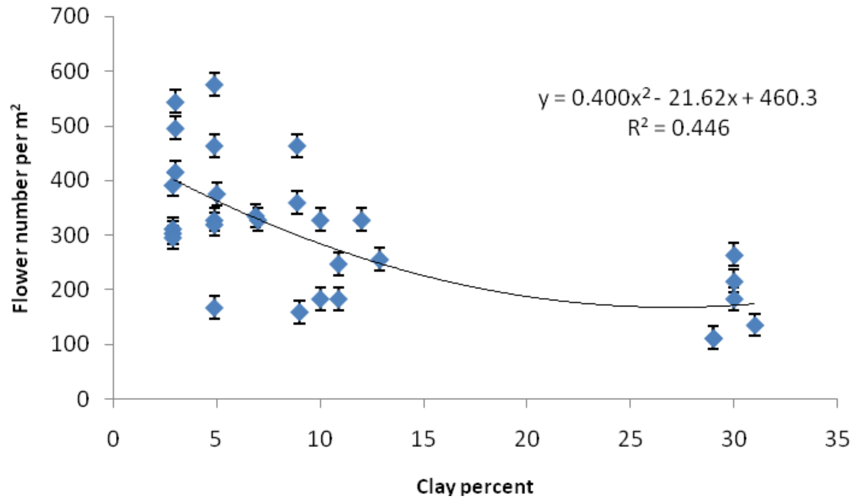
	Sandy loam لوم شنی	138.667	147.728	170.667	4.400	0.309
	Clay loam لوم رسی	378.667	310.981	96.000	2.619	0.240
	Loam لوم	208.000	133.376	234.667	5.936	0.480
	Silty loam لوم سیلتی	234.667	249.232	48.000	1.685	0.288
LSD حداقل اختلاف معنی دار		50.043	61.404	143.8080	5.427	0.533



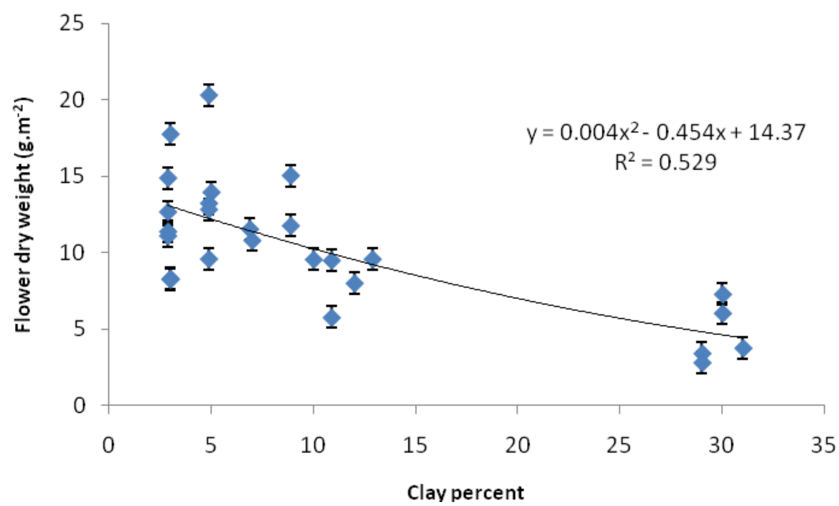
شکل ٦- رابطه رگرسیونی بین درصد رس خاک و تعداد بنه زعفران در متر مربع
Fig. 6- The regression between clay percent and corm number of saffron per square meter



شکل ۷- رابطه رگرسیونی بین درصد رس خاک و وزن خشک بنه زعفران
Fig. 7- The regression between clay percent and corm dry weight of saffron per square meter



شکل ۸- رابطه رگرسیونی بین درصد رس خاک و تعداد گل زعفران
Fig. 8- The regression between clay percent and flower number of saffron per square meter

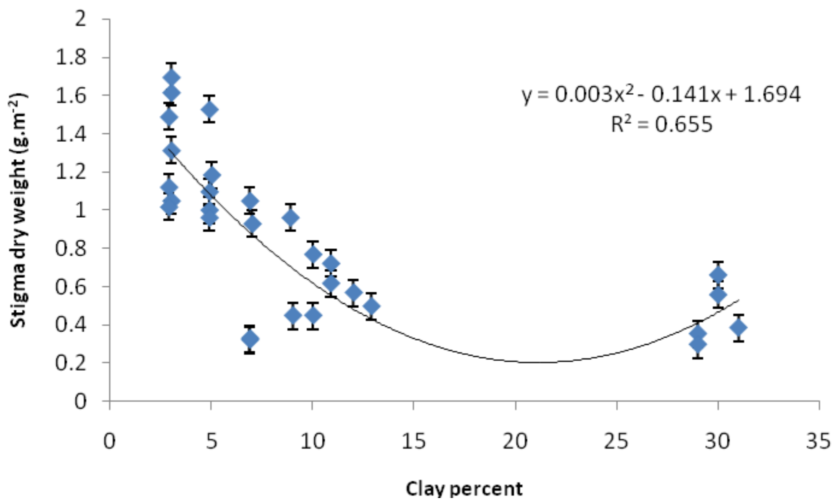


شکل ۹- رابطه رگرسیونی بین درصد رس خاک و وزن خشک گل زعفران
Fig. 9- The regression between clay percent and flower dry weight of saffron per square meter

با سنگین‌تر شدن بافت خاک و افزایش درصد رس آن، رشد و توسعه اندام‌های رویشی و به تبع آن پتانسیل تولید زایشی گیاه دچار اختلال شده و عملکرد گیاه کاهش یابد. گرستا و همکاران (Gresta et al., 2009) بیان داشتند که بیشترین عملکرد زعفران در خاک‌های شنی و لومی بدست آمد و با تغییر بافت خاک به سمت رسی، عملکرد روند کاهشی داشت.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که بافت خاک به تنهایی و در تلفیق با تراکم‌های مختلف، عملکرد بنه و گل زعفران را تحت تأثیر قرار داد، به طوری‌که با افزایش درصد رس خاک، تعداد و وزن خشک بنه، تعداد گل و عملکرد گل و کلاله زعفران، روند کاهشی نشان داد. همچنین در هر دو سال آزمایش، تراکم گیاهی بر تعداد گل و وزن خشک گل و کلاله تأثیر معنی‌داری نداشت.



شکل ۱۰- رابطه رگرسیونی بین درصد رس خاک و وزن خشک کلاله زعفران

Fig. 10- The regression between clay percent and stigma dry weight of saffron per square meter

سپاسگزاری

اعتبار این پژوهش از محل پژوهه طرح شماره ۳۷۲ ب مصوب ۱۳۸۸/۹/۲۹ معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین وسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

Abrishamchi, P. 2003. Investigation of some biochemical changes related to dormancy breaking and flower setting in saffron (*Crocus sativus* L.). 3th Saffron National Conferences. 2-3 December. Mashhad, Iran. (In Persian)

Alavi Shahri, H., Mohajeri, M., and Falaki, M.A. 1994. Investigation of plant density (planting distance) on saffron yield. Abstract Book of 2nd Saffron and Medicinal Plant Cultivation Conference. 8-9-Novebmer. Gonabad, Iran. (In Persian)

Behdani, M. 2005. Ecological zoning and monitoring of saffron yield variation in Khorasan. Ph.D. Thesis. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian)

Behdani, M.A., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2005. Evaluation of quantitative relationships between saffron yield and nutrition (on farm trial). Journal of Field Crop Research 3(1):1-14. (In Persian with Persian Summary)

Fernandez, J.A. 2004. Biology, biotechnology and biomedicine of saffron. Recent Research Development Plant Science 2: 127-159.

Gresta, F., Lombardo, G.M., and Avola, G. 2009. Saffron stigmas production as affected by soil texture. 3th International Symposium on Saffron: Forthcoming Challenges in Cultivation, Research and Economics.

Gresta, F., Lombardo, G.M., Siracusa, L., and Ruberto, G. 2008. Saffron, an alternative crop for sustainable agricultural systems. A Review of Agronomy for Sustainable Development 28: 95–112.

Kafi, M., Bagheri,A.R., Hajiyan Shahri, M., Rashed Mohasel, M.H., Sanoii,M., Alizadeh, A., Karbasi, A., and Mahmodi, A. 2002. Saffron, Production and Processing. Zaban va Adab Publications, Mashhad, Iran. 276 pp. (In Persian)

Koocheki, A., Tabrizi, L., Jahani, M., Mohammad-Abadi A.A., and Mahdavi Damghani, A. 2009. Performance of saffron (*Crocus sativus* L.) under different planting patterns and high corm density. 3rd International Symposium on

Saffron. Forthcoming Challenges in Cultivation, Research and Economics. 20-23 May, Korokos, Kozani, Greece.

Mackey, M.E., Tommer, A., and Byth, E.D. 1981. The influence of photoperiod and plant density on yield of winter-grown Gladioli in Queensland. Scientia Horticulturae 14: 171-179.

Mohamad-Abadi, A.A., Rezvani-Moghadam, P., and Sabori, A. 2007. Effect of plant distance on flower yield and qualitative and quantitative characteristics of forage production of saffron in Mashhad conditions. Acta Horticulturae (ISHS) 739: 151-153.

Mollafilabi, A., and Shoorideh, H. 2009. The new methods of saffron production. 4th National Festival of Saffron, Khorasan-Razavi, Iran, 27-28 October.

Naderi-Darbaghshahi, M.R., Khajeh-Bashi, S.M., bani-Ateba, S.A.R., and Deh-Dashti, S.M. 2008. The effects of planting method, density and depth on yield and exploitation period of saffron field (*Crocus sativus* L.) in Isfahan. Seed and Plant Journal 24: 643-657. (In Persian)

Sadeghi, B. 1993. Effect of corm weight on saffron flowering. Khorasan Research Organization for Science and Technology. 73pp. (In Persian)

Sampathu, S.R., Shivashankar, S., and Lewis, Y.S. 1984. Saffron (*Crocus sativus* L.) Cultivation, Processing, Chemistry and Standardization. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 20: 123-157.

Temperini, O., Rea, R., Temperini, A., Colla, G., and Rouphael, Y. 2009. Evaluation of saffron (*Crocus sativus* L.) production in Italy: Effects of the age of saffron fields and plant density. Food, Agriculture and Environment 7: 19-23.

Timmer, M.J.G., and Vandervalk, G.G.M. 1973. Effect of planting density on the number and weight of Tulip daughters bulbs. Scientia Horticulturae 1: 193-200.

Turhan, H., Kahriman, F., Egesel, C.O., and Kemal Gul, M. 2007. The effects of different growing media on flowering and corm formation of saffron (*Crocus sativus* L.). African Journal of Biotechnology 6: 2328-2332.

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 3, Fall 2014, p. 467-476

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۳، ص. ۴۷۶-۴۶۷

اثر کابرد منفرد و تلفیقی کودهای زیستی، شیمیایی و آلی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی ماریتیغال (*Silybum marianum* L.)

سمیعه اسکندری نصرآبادی[۱]، رضا قربانی[۲]، پرویز رضوانی مقدم[۲*] و مهدی نصیری محلاتی[۲]

تاریخ دریافت:۱۳۹۱/۰۴/۳۱
تاریخ پذیرش:۱۳۹۱/۰۷/۱۷

چکیده

به منظور مطالعه اثر کاربرد منفرد و تلفیقی کودهای زیستی، آلی و شیمیایی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی ماریتیغال آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دوازده تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی۹۰- ۱۳۸۹ اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی شامل: شاهد، کود ورمی کمپوست، کود مرغی، کود شیمیایی، میکوریزا (*Glomus mosseae*)، بیوسولفور (*Thiobacillus* sp.)، میکوریزا + کود ورمی کمپوست، میکوریزا + کود شیمیایی، میکوریزا + کود مرغی، بیوسولفور+ کود ورمی کمپوست، بیوسولفور+ کود شیمیایی، بیوسولفور + کود مرغی بودند. نتایج این بررسی نشان داد که این تیمارها تنها بر تعداد گل‌آذین در هر بوته، قطر گل آذین و عملکرد دانه تأثیر معنی‌دار داشتند و بر سایر صفات تأثیری نداشتند؛ با این وجود مقایسه میانگین‌ها نتایج امیدبخشی در راستای کاهش مصرف کود شیمیایی و جایگزینی آن با کودهای زیستی و آلی را اثبات کرد. کاربرد کود بیولوژیک بیوسولفور سبب افزایش ۷۳ درصدی تعداد دانه در هر گل‌آذین نسبت به شاهد گردید. بیشترین و کمترین میزان عملکرد به ترتیب در تیمارهای میکوریزا (۷۹۲/۹ کیلوگرم در هکتار) و میکوریزا + کود شیمیایی (۴۵۲/۸ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد. کاربرد تلفیقی میکوریزا + کود مرغی سبب افزایش ۲۶ درصدی روغن بذور نسبت به کاربرد کود مرغی شد. بیشترین و کمترین غلظت سیلیمارین به ترتیب به بذور تحت تیمار میکوریزا (۵/۴۴ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) و میکوریزا + کود شیمیایی (۲/۷۸ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) و بیشترین میزان سیلیبین به تیمار میکوریزا (۳/۳۳ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) اختصاص داشت. چنین به نظر می‌رسد که در صورت نیاز به مکمل‌های غذایی می توان به کاربرد ساده و تلفیقی بعضی از کودهای زیستی و آلی جهت ایجاد تعادل در مصرف کودهای شیمیایی در راستای افزایش حاصلخیزی و ماده آلی خاک و نیل به سوی کشاورزی پایدار در زراعت ماریتیغال بیش از پیش توجه کرد.

واژه‌های کلیدی: بیوسولفور، درصد روغن، سیلیمارین، کود مرغی، میکوریزا

مقدمه

جلوگیری از مصرف بی‌رویه و نابجای نهاده‌های شیمیایی، تولید پایدار فرآورده‌های غذایی همراه با حفظ محیط زیست از جمله موضوعاتی است که امروزه مورد توجه بسیاری از محققان و تولیدکنندگان محصولات کشاورزی قرار گرفته است. در این بین کشاورزی پایدار بر پایه مصرف کودهای زیستی با هدف حذف یا تقلیل مصرف نهاده‌های شیمیایی، در راستای حل مشکل بوجود آمده بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است (Sharma, 2002). از جمله مهمترین عوامل مؤثر بر پایداری تولید غذا و حفظ حاصلخیزی خاک، کاربرد سیستم‌های تغذیه تلفیقی و همچنین استفاده از کودهای زیستی در نظام تغذیه‌ای گیاه می‌باشد. با توجه به تأکید کشاورزی پایدار بر افزایش کیفیت و پایداری عملکرد، گیاهان دارویی گزینه مناسبی برای این نظام محسوب می شوند و به نظر می‌رسد که در چنین شرایطی، حداکثر رشد و عملکرد آنها حاصل گردد (Gupta et al., 2002). مدیریت خاک از عوامل اصلی در نیل به کشاورزی پایدار محسوب می‌شود، لذا جایگزینی تدریجی کودهای شیمیایی با کودهای بیولوژیک، امکان دستیابی به تولید پایدار محصولات کشاورزی را فراهم می‌نماید. مصرف کودهای بیولوژیک غالباً موجب بهبود شرایط

---

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی و استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: rezvani@um.ac.ir)

فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک شده و حاصلخیزی خاکها را افزایش می‌دهد (Nasiri Mahallati et al., 2001; Wu et al., 2005). کودهای آلی و بیولوژیک از اساسی‌ترین منابع تامین عناصر غذایی در کشاورزی پایدار محسوب می شوند. عنوان کودهای بیولوژیک منحصراً به مواد آلی حاصل از کودهای دامی، بقایای گیاهی، کود سبز و غیره اطلاق نمی‌گردد، بلکه ریزموجودات باکتریایی و قارچی و مواد حاصل از فعالیت آنها در رابطه با تثبیت نیتروژن، فراهمی فسفر و سایر عناصر غذایی از جمله مهمترین کودهای بیولوژیک محسوب می شوند (Astaraei & Koochaki, 1997). در این بین می توان به قارچهای میکوریزایی[1]، باکتری جنس *تیوباسیلوس* (*Thiobacillus* sp.) و ورمی‌کمپوست اشاره کرد.

قارچهای میکوریزایی دارای رابطه همزیستی با ریشه اغلب گیاهان زراعی می‌باشند و از طرق مختلف از جمله افزایش جذب آب و عناصر غذایی، افزایش مقاومت در برابر بیماری‌ها، کاهش تأثیرات منفی تنش‌های محیطی سبب ارتقاء رشد و عملکرد گیاه میزبان در نظام‌های کشت پایدار می‌شوند (Sharma, 2002). ورمی‌کمپوست که در نتیجه فرآیندهای هضم و تبدیل ضایعات آلی همچون کودهای دامی و بقایای گیاهی ضمن عبور از دستگاه گوارش کرم‌های خاکی بوجود می‌آید، از جمله منابع اساسی تغذیه گیاهان در نظام‌های زراعی پایدار می‌باشد. به‌علاوه استفاده از ورمی‌کمپوست در کشاورزی پایدار سبب افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیزم‌های مفید خاک نظیر قارچهای میکوریزا شده و در جهت فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه عمل می‌کند (Arancon et al., 2004). ورمی‌کمپوست با بهبود وضعیت تهویه خاک، باعث افزایش اکسایش گوگرد شده و همچنین حضور ورمی‌کمپوست به عنوان منبع کربن، فعالیت ریزجانداران حل-کننده فسفات و اکسیدکننده گوگرد را تشدید می‌کند (Mohammadi Aria et al., 2010). مصرف کودهای زیستی نظیر قارچ میکوریزا، میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات و ورمی‌کمپوست در یک نظام مبتنی بر کشاورزی پایدار، ضمن حفظ سلامت محیط زیست، موجب افزایش کیفیت و پایداری عملکرد به ویژه در تولید گیاهان دارویی می‌شود (Sharma, 2002 ; Kapoor et al., 2004).

بر اساس تحقیقات انجام شده کاربرد کودهای بیولوژیک حاوی ریزموجودات باکتریایی و یا قارچی، به تنهایی و یا در ترکیب با یکدیگر، در بهبود ویژگی‌های رشدی و عملکرد گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis*)، مؤثر بود (Koocheki et al., 2008). استفاده تلفیقی تنظیم‌کننده‌های رشد و کودهای رایج و آلی سبب افزایش مقدار سیلیمارین از طریق افزایش عملکرد بذر ماریتیغال در هکتار گردید (Geneva et al., 2008). نتایج حاج سید هادی و همکاران (Haj Seyed Hadi et al., 2008) حاکی از تأثیر مثبت استفاده از ورمی‌کمپوست در سیستم تولید کم‌نهاده بر عملکرد سیلیمارین گیاه دارویی ماریتیغال بود. در تحقیق دیگر، کاربرد خاک فسفات با گوگرد و ورمی‌کمپوست در تلقیح با قارچ *آسپرژیلوس* و باکتری *تیوباسیلوس* سبب افزایش معنی‌دار جذب فسفر در ذرت نسبت به شاهد گردید (Mohammadi Aria et al., 2010). در مطالعه‌ای دیگر مصرف انواع مختلف کودهای آلی و شیمیایی در خاک بر درصد روغن، سیلیمارین و سیلیبین بذر ماریتیغال مؤثر واقع شد (Yazdani Biouki et al., 2010). تحقیقات نشان داده است که کاربرد مخلوط کودهای آلی و کودهای شیمیایی و همچنین کودهای آلی به تنهایی سبب افزایش میزان عملکرد هیپریسین در گیاه دارویی گل راعی (*Hypericum perforantum* L.) شد (Lebaschi et al., 2001).

ماریتیغال گیاهی است از تیره کاسنی با نام علمی (*Silybum marianum* L.) که در بسیاری از مناطق کشور به صورت خودرو وجود دارد و در برخی نقاط از جمله گنبد کاووس، دره هزار و کلاردشت نیز کشت می‌شود (Fallah Hoseini et al., 2004). عصاره حاصل از برگ و بخصوص دانه‌های ماریتیغال که اصطلاحاً «سیلیمارین» گفته می‌شود، بیش از ۲۰۰۰ سال است که به عنوان دارو در درمان بیماری‌های کبدی مصرف می‌شود (Rainone, 2005). سیلیبین مؤثرترین ماده موجود در سیلیمارین است که به عنوان آنتی‌اکسیدان و محافظ کبدی شناخته شده است (Fallah Hoseini et al., 2004). بذور این گیاه بیشترین میزان سیلیمارین را دارند، با این حال تمام گیاه دارای مصارف پزشکی می‌باشد (Ghavami & Ramin, 2008). شایان ذکر است که ۹۸ درصد تغییرات عملکرد سیلیمارین بوسیله عملکرد بذر توجیه می‌شود (Omidbaigi et al., 2002). دانه این گیاه حاوی بتائین، تری‌متیل گلیسین و میزان زیادی روغن (حدود ۲۰ درصد) است که در اثرات ضدالتهابی و ضدهپاتیتی عصاره نقش دارد (Geneva et al., 2008). نظر به اینکه ساخت مواد موثره در گیاهان دارویی تحت تأثیر ژنوتیپ و عوامل محیطی می‌باشد (D'Antuono et al., 2002) و مدیریت تغذیه گیاه از عوامل مؤثر بر کشت موفق گیاهان دارویی بشمار می‌آید؛ لذا این تحقیق به منظور بررسی تأثیر

1- Vesicular Arbuscular Mycorrhiza

کاربرد تلفیقی کودهای زیستی، شیمیایی، مرغی و ورمی‌کمپوست بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی مارتیغال انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و ۱۲ تیمار انجام گرفت. تیمارهای آزمایش شامل کاربرد کود بیولوژیک میکوریزا (*Glomus mosseae*) به مقدار ۳۰ گرم مایع تلقیح خاکی در بستر هر بذر (۱۷۵۰ کیلوگرم در هکتار)، کود مرغی (هشت تن در هکتار)، ورمی‌کمپوست (۱۳ تن در هکتار)، کود شیمیایی کامل (۴۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم) (Malakooti & Tehrani, 2000)، بیوسولفور (۵ کیلوگرم در هکتار باکتری جنس *تیوباسیلوس* + ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد آلی بنتونیت‌دار) بود. مقادیر کودهای میکوریزا و بیوسولفور بر مبنای مقدار توصیه شده توسط شرکت‌های تولیدکننده و مقادیر مختلف کود ورمی‌کمپوست، کود مرغی و کود شیمیایی بر مبنای نیاز نیتروژنی گیاه ماریتیغال (۲۰۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن) که بر اساس مقدار کربن آلی خاک با توجه به منابع (Malakooti & Tehrani, 2000) تعیین شده بود و با توجه به محتوای نیتروژن کود ورمی‌کمپوست و کود مرغی (جدول ۲) محاسبه و اعمال گردید. تلفیقی از تیمارهای فوق بصورت میکوریزا + کود مرغی، میکوریزا + کود شیمیایی، میکوریزا + کود ورمی‌کمپوست، بیوسولفور + کود مرغی، بیوسولفور + کود شیمیایی، بیوسولفور + کود ورمی‌کمپوست و شاهد نیز در نظر گرفته شد. تمامی مقادیر کودهای بکار رفته در حالت تلفیقی همانند کابرد منفرد تیمارها بود. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش، کودمرغی و ورمی‌کمپوست به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. بعد از انجام عملیات خاکورزی ثانویه در نیمه اسفند کرت‌هایی با ابعاد ۳ در ۴ متر ایجاد شدند. کاشت بذور ماریتیغال که از توده محلی مشهد انتخاب شده بودند، در ۲۱ اسفند ۱۳۸۹ در ردیف‌هایی با فاصله ۵۰ سانتی‌متر و با فاصله روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر در وسط پشته در عمق سه سانتی‌متری خاک بصورت کپه‌ای انجام شد. بوته‌های اضافی در مرحله چهار برگی حذف و عمل وجین علف‌های هرز به صورت دستی در دو مرحله ۲۰ و ۴۰ روز بعد از کاشت صورت گرفت. عمل آبیاری به صورت نشتی و با دور آبیاری هر هفت روز یک بار بود. برداشت گل‌ها به صورت هفتگی صورت گرفت. در هر واحد آزمایشی قبل از برداشت، بصورت تصادفی پنج بوته انتخاب و صفات کمی از جمله ارتفاع بوته، تعداد گل‌آذین در هر بوته، قطر گل‌آذین، تعداد دانه در کاپیتول و وزن هزار دانه تعیین شد؛ سپس با حذف اثر حاشیه عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت محاسبه شد. جهت روغن‌گیری در آزمایشگاه، بذرهای جمع‌آوری شده از هر تیمار و تکرار جداگانه با آسیاب بطور کامل پودر گردید و فرآیند روغن‌گیری با هگزان و با استفاده از دستگاه تمام اتومات سوکسله از دو گرم نمونه‌های بذور آسیاب شده انجام شد؛ سپس جهت اندازه‌گیری میزان سیلیمارین و سیلیبین پودرهای فاقد چربی به مدت ۳۰ دقیقه در حمام اولتراسوند بوسیله متانول عصاره‌گیری شدند. عصاره‌های بدست آمده در خلأ تغلیظ و خشک گردید. عصاره‌های حاصل در متانول HPLC حل شد و ۲۰ میکرولیتر از هر نمونه مستقیماً به دستگاه HPLC تزریق گردید (Ziayi et al., 2004). دستگاه HPLC دارای آشکارساز اسپکتروفتومتر UV با طول موج ۲۸۰ نانومتر، فاز متحرک آب (۴۰ درصد)، متانول (۴۰ درصد)، استونیتریل (۲۰ درصد) با سرعت جریان یک میلی‌لیتر بر دقیقه و فاز ساکن ستون C18 (۲۵۰×۴/۶ mm) بود. انتگرال‌گیری با استفاده از نرم‌افزار DATA CONTROL صورت گرفت. نمونه‌های استاندارد سیلیمارین و سیلیبین از شرکت مرک و کیهان دارو تهیه و منحنی‌های استاندارد (شکل‌های ۳ و ۴) رسم گردید.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش
Table 1- Soil physicochemical characteristics of experimental location

بافت خاک Soil texture	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)	فسفر (ppm) Phosphorus (ppm)	پتاسیم (ppm) Potassium (ppm)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی-زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)
لومی Loam	0.59	0.063	13.2	135	7.24	3.21

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی ورمی کمپوست و کود مرغی مورد استفاده در آزمایش
Table 2- Chemical characteristics of poultry manure and vermicompost used in the experiment

	نیتروژن کل (درصد) Total Nitrogen (%)	فسفر (درصد) Phosphorus (%)	پتاسیم (درصد) Potassium (%)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
ورمی‌کمپوست Vermicompost	3.1	3.1	2.1	5	9.6
کود مرغی Poultry manure	2.49	2.33	1.67		

آنالیز مربوط به این پژوهش با استفاده از نرم‌افزارهای SAS 9.1 و Excel انجام گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. مقادیر سیلیمارین و سیلیبین حاصل از نمونه‌های تزریق‌شده به دستگاه HPLC از مجموع سه تکرار هر کدام از تیمارها حاصل شد.

نتایج و بحث

اثر کودهای مختلف بر ارتفاع بوته و تعداد گل‌آذین در بوته

بر اساس نتایج این آزمایش ارتفاع بوته در تیمارهای مختلف نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت. تعداد گل‌آذین در بوته تحت تأثیر تیمارهای کودی اعمال شده قرار گرفت. بیشترین میزان تعداد گل‌آذین (۱۴/۸ گل‌آذین) با کاربرد کود شیمیایی نیتروژن حاصل شد و کمترین آن (۶/۱۶ گل‌آذین) ناشی از استفاده تلفیقی میکوریزا و کود شیمیایی بود. کاربرد تلفیقی میکوریزا + کود ورمی‌کمپوست و بیوسولفور + کود ورمی‌کمپوست نسبت به کاربرد هرکدام از این کودها به تنهایی و همچنین نسبت به تیمارهای تلفیقی میکوریزا + کود شیمیایی، میکوریزا + کود مرغی و بیوسولفور + کود مرغی تفاوت معنی‌داری در تعداد گل‌آذین در هر بوته ایجاد کرد (جدول ۳). چنین به نظر می‌رسد که در شرایط تلفیق کودهای بیولوژیک میکوریزا و بیوسولفور با کود ورمی‌کمپوست، رشد رویشی گیاه افزایش یافته و این امر منجر به افزایش تعداد گل‌آذین در بوته‌ها نسبت به کاربرد این تیمارها به تنهایی شده است. نتایج یزدانی بیوکی و همکاران (Yazdani Biuki et al., 2010) نشان داد که تیمارهای کود آلی، شیمیایی و بیولوژیک به تنهایی تفاوتی در ارتفاع بوته و تعداد گل‌آذین در ماریتیغال ایجاد نکرد؛ در حالی‌که خندان (Khandan, 2005) افزایش ارتفاع بوته اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.) را در نتیجه استفاده از کمپوست گزارش کرد و همچنین اظهار داشت که با افزایش مقادیر نیتروژن و فسفر خاک ارتفاع بوته کاهش یافت. بر اساس نتایج تبریزی (Tabrizi, 2005) استفاده از کودهای دامی بر ارتفاع بوته اسفرزه تأثیری نداشت.

اثر کودهای مختلف بر قطر گل‌آذین و تعداد دانه در هر کاپیتول

بر اساس نتایج بدست آمده در این تحقیق اثر سیستم‌های تغذیه‌ای تلفیقی و ساده بر قطر گل‌آذین معنی‌دار ($p\leq0.01$) بود. کاربرد میکوریزا، کود ورمی‌کمپوست، کود مرغی و همچنین کاربرد تلفیقی بیوسولفور + کود ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد تفاوت چشمگیری در قطر گل‌آذین‌های ماریتیغال ایجاد کرد؛ به علاوه تیمار تلفیقی بیوسولفور + کود ورمی‌کمپوست نسبت به بیوسولفور به تنهایی افزایش معنی‌داری در قطر گل‌آذین داشت (جدول ۳). تعداد دانه در کاپیتول تحت تأثیر تیمارهای اعمال‌شده قرار نگرفت. با این وجود مقایسه میانگین تیمارهای مختلف نشان داد که کود بیولوژیک بیوسولفور سبب افزایش ۷۳ درصدی تعداد دانه در هر گل‌آذین نسبت به شاهد گردید (جدول۳). اثر کود ورمی‌کمپوست بر فراهمی مناسب عناصر غذایی و بهبود واکنش‌های حیاتی گیاه و اثر تحریک‌کنندگی کودهای بیولوژیک در جذب عناصر و رشد گیاه را شاید بتوان از مهمترین دلایل تغییرات قطر گل‌آذین‌ها و تعداد دانه در هر گل‌آذین دانست. نتایج فلاحی و همکاران (Fallahi et al., 2009) مبین آن بود که کاربرد کود بیولوژیک نیتروکسین توانست قطر گل‌های بابونه را بطور قابل توجهی افزایش دهد. در تحقیق دیگر، کاربرد کودهای زیستی تعداد دانه در چتر زیره سبز را نسبت به شاهد افزایش داد؛ در حالی‌که بین کاربرد تلفیقی و ساده کودهای زیستی تفاوت چندانی نبود (Saeednezhad & Rezvani Moghaddam, 2010). خرم‌دل (Khorramdel, 2008) نیز به افزایش معنی‌دار تعداد کپسول در بوته سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) با کاربرد تلفیقی میکوریزا و

آزوسپیریلیوم اشاره کرده است.

اثر کودهای مختلف بر وزن هزاردانه و عملکرد بیولوژیک

از لحاظ آماری وزن هزار دانه ماریتیغال تحت تأثیر تیمارهای اعمال شده قرار نگرفت. با این حال بر اساس نتایج جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول۳) می‌توان نشان داد که کاربرد میکوریزا به تنهایی سبب افزایش وزن هزار دانه نسبت به شاهد و تیمار تلفیقی میکوریزا + کود شیمیایی گردید. درحالی‌که بین سایر تیمارها تفاوتی از نظر وزن هزار دانه مشاهده نشد. یزدانی بیوکی و همکاران (Yazdani Biuki et al., 2010) نشان دادند که وزن هزار دانه ماریتیغال تحت تأثیر کودهای زیستی *ازتوباکتر*، کود ورمی‌کمپوست و کمپوست قرار نگرفت؛ این محققان این نتیجه را به پایین بودن خاصیت کودپذیری این گیاه نسبت دادند.

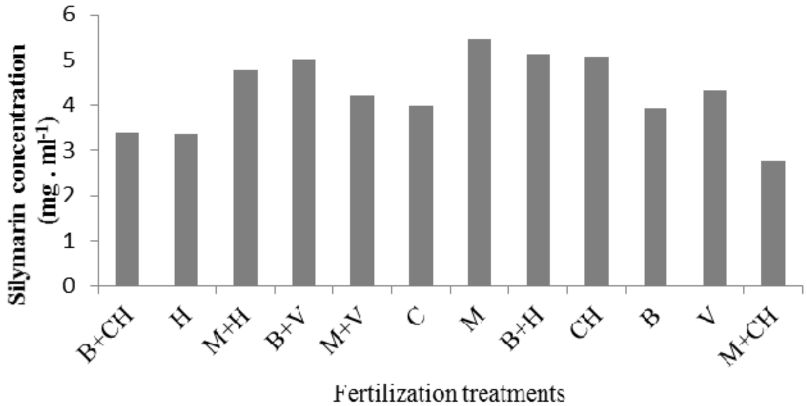
اثر تیمارهای کودی ساده و تلفیقی بر عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت گیاه دارویی ماریتیغال معنی‌دار نشد. نتایج سعیدنژاد و رضوانی مقدم (Saeednezhad & Rezvani Moghaddam, 2010) حاکی از عدم وجود اختلاف معنی‌دار در بین تیمارهای کودهای بیولوژیک و کود شیمیایی از نظر شاخص برداشت گیاه دارویی زیره سبز (*Cuminum cyminum*) بود. یزدانی بیوکی و همکاران (Yazdani Biuki et al., 2010) نشان دادند که تغییرات عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت گیاه دارویی ماریتیغال در پاسخ به تیمارهای کود شیمیایی، کود بیولوژیک و آلی در مقایسه با شاهد از نظر آماری معنی‌دار نبود.

اثر کودهای مختلف بر عملکرد دانه

اثر منابع مختلف کودی بر عملکرد دانه ماریتیغال معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) شد. بیشترین و کمترین میزان عملکرد به ترتیب در تیمارهای کود شیمیایی (۸۲۲ کیلوگرم در هکتار) و میکوریزا + کود شیمیایی (۴۵۲ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد (جدول ۳). عملکرد دانه گیاهان تحت تأثیر تیمار میکوریزا و میکوریزا + کود ورمی‌کمپوست بعد از تیمار کود شیمیایی به ترتیب در جایگاه دوم و سوم قرار گرفتند. در بین تیمارهای تلفیقی کابرد توأم کود ورمی‌کمپوست با کودهای زیستی میکوریزا و بیوسولفور نتیجه موفقیت‌آمیزی داشت (به ترتیب ۷۸۹ و ۷۰۶ کیلوگرم در هکتار). با وجود اینکه حداکثر عملکرد دانه در تیمار کود شیمیایی حاصل شد؛ تفاوت معنی‌داری از نظر این صفت در بین تیمارهای ساده و تلفیقی کود شیمیایی در مقایسه با شاهد مشاهده نشد و حتی کاربرد تلفیقی کود شیمیایی + میکوریزا تأثیر نامطلوبی در عملکرد در مقایسه با شاهد ایجاد کرد که نتیجه‌ای امیدبخش در راستای کاهش مصرف کودهای شیمیایی در زراعت گیاه دارویی ماریتیغال و توجه به استفاده بیشتر از کودهای زیستی و آلی در این زمینه می باشد. کاهش عملکرد دانه در تیمار میکوریزا + کود شیمیایی احتمالاً ناشی از محدود شدن فعالیت میکوریزا در افزایش قابلیت گیاه در جذب عناصری همچون فسفر بدلیل افزایش فسفر معدنی توسط کود شیمیایی در منطقه ریزوسفر می‌باشد، همچنانکه در بسیاری از منابع (Amijee et al., 1989; Koide et al., 1990) به کاهش کلونیزاسیون ریشه در مقادیر خیلی بالا و یا خیلی پایین فسفر در دسترس میکوریزا اشاره شده است، به علاوه دسترسی به فسفر در بیش از میزانی که گیاهان میزبان از کلونیزاسیون VAM سود می برند، عموماً تولید اسپور را کاهش می‌دهد (Nelsen et al., 1981; Menge et al., 1982). جنوا و همکاران (Geneva et al., 2008) نشان دادند که کاربرد تلفیقی کودهای محلول برگی و تدیازورن (نوعی تنظیم‌کننده رشد با فعالیت سیتوکینین زیاد) تأثیر مثبتی بر عملکرد دانه ماریتیغال و میزان سیلیمارین دانه‌ها داشت. نتایج تحقیقات چهار ساله حبان و همکاران (Habán et al., 2009) حاکی از تأثیر منفی کابرد کود شیمیایی بر عملکرد دانه ماریتیغال در دراز مدت بود.

اثر کودهای مختلف بر درصد روغن، سیلیمارین و سیلیبین

نتایج این تحقیق حاکی از آن است که تیمارهای کودی تأثیر معنی‌داری بر درصد روغن بذور نداشتند؛ با این وجود از نتایج جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) چنین برداشت می‌شود که کاربرد تلفیقی میکوریزا + کود مرغی سبب افزایش ۲۶ درصدی روغن بذور نسبت به کاربرد کود مرغی شد. دلیل این افزایش را می‌توان افزایش فسفر تأمین شده توسط کود مرغی و توانایی منحصر به فرد میکوریزا در افزایش جذب این عنصر حیاتی در طی دوره رشد گیاه ذکر نمود. ضمن اینکه باید در نظر داشت که خصوصیاتی از قبیل روغن دانه تحت تأثیر خصوصیات ژنتیکی نیز می‌باشد و عدم تغییر صفت مذکور تحت تأثیر تیمارهای اعمال شده را شاید بتوان متأثر از همین موضوع دانست.

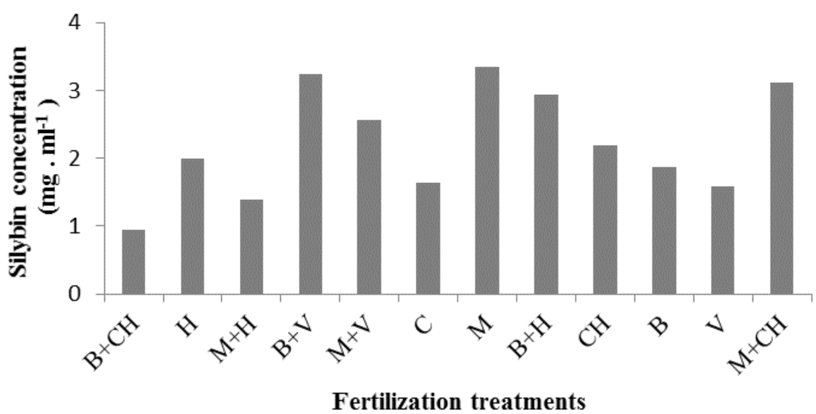


شکل ۱- غلظت سیلیمارین در پاسخ به تیمارهای تغذیه‌ای ساده و تلفیقی

Fig. 1- Silymarin concentration in response to nutritional treatments

B+CH: بیوسولفور + کود شیمیایی ، H: کود مرغی،M+H: میکوریزا+کود مرغی، B+V: بیوسولوفور+کود ورمی کمپوست، M+V: میکوریزا+ کود ورمی کمپوست، M: میکوریزا، B+H: بیوسولفور+کود مرغی، CH: کود شیمیایی، B: بیوسولوفور، V: کود ورمی کمپوست، M+CH: کود شیمیایی+ میکوریزا و C: شاهد

(B+CH: Biosulfur + Chemical Fertilizer, H: poultry manure, M+H: Mycorrhiza + poultry manure, B+V: Biosulfur + Vermicompost, M+V: Mycorrhiza + Vermicompost, M: Mycorrhiza, B+H: Biosulfur + poultry manure, CH: Chemical Fertilizer, B: Biosulfur, V: and C: Control) Vermicompost, CH+M: Chemical Fertilizer + Mycorrhiza



شکل ۲- غلظت سیلیبین در پاسخ به تیمارهای تغذیه‌ای ساده و تلفیقی

Fig. 2- Silybin concentration in response to the nutritional treatments

B+CH: بیوسولفور + کود شیمیایی ، H: کود مرغی،M+H: میکوریزا + کود مرغی، B+V: بیوسولوفور + کود ورمی کمپوست، M+V: میکوریزا + کود ورمی کمپوست، M: میکوریزا، B+H: بیوسولفور + کود مرغی، CH: کود شیمیایی، B: بیوسولوفور، V: کود ورمی کمپوست، M+CH: کود شیمیایی+ میکوریزا و C: شاهد

B+CH: Biosulfur + Cheimical Fertilizer, H: poultry manure, M+H: Mycorrhiza + poultry manure, B+V: Biosulfur + Vermicompost, M+V: Mycorrhiza + Vermicompost, M: Mycorrhiza, B+H: Biosulfur + poultry manure, CH: Chemical Fertilizer, B: Biosulfur, V: Vermicompost, CH+M: Chemical Fertilizer + Mycorrhiza and C: Control

نتایج این تحقیق حاکی از آن است کـه درصـد روغـن بـذور در تیمارهای کود شیمیایی چه بصورت تلفیقی و چه ساده تفـاوت قابـل ملاحظه با شاهد نداشت. نتایج اکبـری و همکـاران (Akbari et al., 2009) نشان داد کـه کـاربرد ۵۰ درصـدکود آلـی + ۵۰ درصـد کـود شیمیایی نسبت به شاهد از نظر درصد روغن بذور آفتـابگردان موفـق واقع نشد. به علاوه همین محققین دریافتند کـه سیسـتم ۱۰۰ درصـد

کود شیمیایی نیز تفاوت معنی‌داری با شاهد در صفت فوق ایجاد نمی-کند. محققین دریافتند که رابطه منفی بین میزان دسترسی به نیتروژن و درصد روغن آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) وجود داشت (Steer & Seiler, 1990). یزدانی بیوکی و همکاران (Yazdani Biuki et al., 2010) گزارش کردند که کود گاوی و سپس کود گوسفندی سبب افزایش معنی‌دار درصد روغن بذور ماریتیغال شدند.

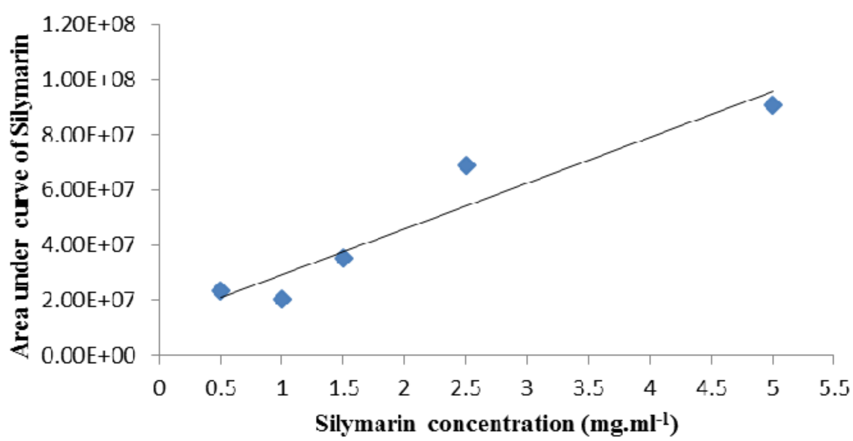
بذور خشک ماریتیغال معمولاً حاوی ۴-۱ درصد سیلیمارین هستند (Stancheva et al., 2010). نتایج تغییرات سیلیمارین و سیلیبین در پاسخ به تیمارهای مختلف کودی در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. بیشترین و کمترین میزان سیلیمارین به ترتیب به تیمار میکوریزا و میکوریزا + کود شیمیایی اختصاص داشت. حداکثر مقدار سیلیبین در بذور تحت تیمار میکوریزا و حداقل آن با کاربرد بیوسولفور + کود شیمیایی حاصل شد. شاید بتوان دلیل تفاوت را ناشی از تأثیر میکوریزا در فراهمی و افزایش جذب عناصری همچون فسفر دانست؛ به علاوه نقش این عامل در افزایش جذب آب و کاهش تأثیرات منفی ناشی از تنش‌های محیطی نیز قابل ملاحظه است. تحقیقات یزدانی بیوکی و همکاران (Yazdani Biouki et al., 2010) نشان داد که شاهد و تیمارهای کود شیمیایی، کود کمپوست و *ازتوباکتر* از نظر تأثیر بر درصد سیلیمارین دانه و همچنین شاهد، کود کمپوست، ازتوباکتر، مخلوط ازتوباکتر و کمپوست از لحاظ تأثیر بر درصد سیلیبین دانه هیچگونه اختلاف معنی‌داری نداشتند. تحقیقات نشان داده است که تجمع مواد فنلی در گیاه دارویی ماریتیغال می‌تواند به تنش عناصر غذایی حساس باشد، تا جایی که عمدتاً میزان کل فنل با کاهش میزان نیتروژن محیط افزایش می‌یابد و مقادیر اضافی نیتروژن معمولاً با تحریک رشد از تولید فنل جلوگیری می‌کند (Omidbaigi & Nobakht, 2001). محققان نشان دادند که سطوح بالای نیتروژن هیچ تأثیری بر درصد روغن در میوه‌ها و میزان سیلیمارین ماریتیغال نداشت (Omer et al., 1998).

نتیجه‌گیری

در تمامی صفات اندازه‌گیری شده در این گیاه دارویی کود شیمیایی بصورت تلفیقی یا ساده نسبت به شاهد اثرات مشابهی داشته و کودهای بیولوژیک تلفیقی و ساده در بسیاری از صفات با کود شیمیایی رقابت کردند؛ به علاوه، کاربرد تلفیقی کودهای آلی و زیستی سبب افزایش میزان روغن بذور، سیلیمارین و سیلیبین در مقایسه با شاهد و کود شیمیایی شد. با توجه به نقش موثرکودهای زیستی و آلی در افزایش مواد آلی خاک و توسعه کشاورزی پایدار، چنین به نظر می‌رسد که در صورت نیاز به کاربرد مکمل‌های تغذیه برای این گیاه می توان کودهای زیستی و آلی را بیش از پیش مورد توجه قرار داد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد که امکان اجرای این تحقیق را فراهم نمودند، تشکر و قدردانی می‌شود.



شکل ۳- منحنی استاندارد سطح زیر منحنی سیلیمارین در برابر غلظت سیلیمارین استاندارد

Fig. 3- Standard curve of silymarin in response to silymarin standard concentrations

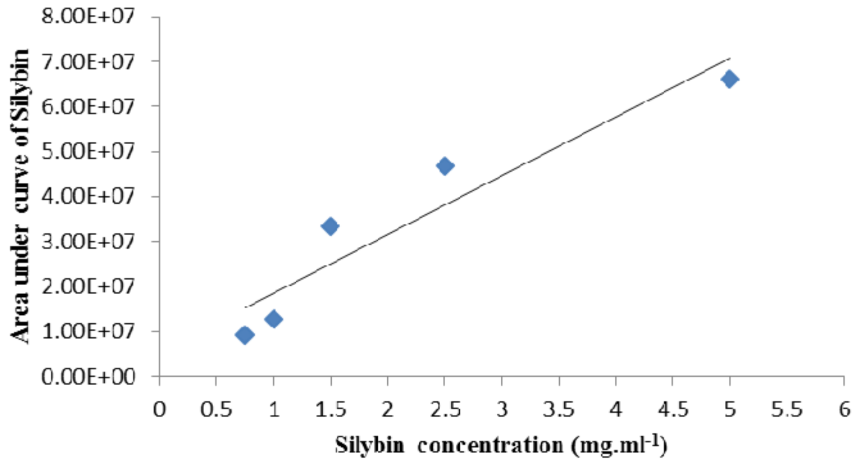
جدول ۳- مقایسه میانگین اثر مدیریت بقایا و منابع مختلف نیتروژن بر برخی از صفات گندم

Table 3- Means Comparison of residue management and various nitrogen sources interaction for some characteristics of wheat

پروتئین دانه (درصد) Grain protein (%)	شاخص برداشت (درصد) Harvest Index (%)	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار) Biological yield ($t.ha^{-1}$)	وزن هزار دانه (گرم) 1000-grain weight (g)	تعداد دانه در سنبله $Seed.spike^{-1}$	تعداد سنبله در مترمربع $Spike.m^{-2}$	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant Height (cm)	تیمارها Treatments
								مدیریت بقایا Residue management
11.8^{a}	32.3^{b}	3.9^{b}	12.05^{a}	41.5^{a}	27.9^{a}	253.2^{b}	71.2^{b}	حذف بقایا Residue remove
10.1^{c}	39^{a}	5.7^{a}	14.6^{a}	40.8^{a}	41.2^{a}	292.2^{a}	89.9^{a}	سوزاندن بقایا Residue burning
11.03^{b}	44.6^{a}	4.2^{b}	9.4^{a}	41.8^{a}	29.04^{a}	266.9^{b}	72.5^{b}	برگرداندن بقایا Incorporated residue
								منابع نیتروژن Sources of Nitrogen
10.3^{c}	38^{ab}	4.1^{b}	10.7^{bc}	40.7^{cd}	32.4^{a}	268.2^{bc}	73.1^{bc}	شاهد Control
11.3^{ab}	39.6^{a}	6.1^{a}	15.4^{a}	42.5^{ab}	38.3^{a}	314.8^{a}	85.3^{a}	کیلوگرم در هکتار اوره150 150 $kg.ha^{-1}$ urea
11.7^{a}	34.1^{b}	4.4^{b}	12.9^{ab}	41.4^{bc}	27.8^{a}	289.5^{ab}	79.9^{ab}	کیلوگرم در هکتار اوره75 75 $kg.ha^{-1}$ urea
10.5^{c}	40.2^{a}	3.9^{b}	9.7^{c}	39.3^{d}	30.1^{a}	241.5^{c}	70.6^{c}	سوپرنیتروپلاس Super nitro plus
11.2^{ab}	39.4^{a}	4.5^{b}	11.4^{bc}	42.9^{a}	34.8^{a}	239.7^{c}	80.5^{ab}	سوپرنیتروپلاس+۷۵ کیلوگرم در هکتار اوره S.N.P. +75 $kg.ha^{-1}$ urea

*Similar letters in each column show non-significant at 5% level of probability

*اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.



شکل ٤- منحنی استاندارد مجموع دو سطوح زیر منحنی پیک سیلیبین B&A در برابر غلظت سیلیبین استاندارد

Fig. 4- Standard curve of silybin A & B area under curve in response to silybin standard concentrations

منابع

Akbari, P., Ghalavand, A., and Modarres Sanavy, S.A.M. 2009. Effects of different nutrition systems and biofertilizer (PGPR) on phenology period yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Electronic Journal of Crop Plants 2: 119-134. (In Persian with English summary)

Amijee, F., Tinker, P.B., and Stribley, D.B. 1989. The development of endomycorrhizal root systems, a detailed study of soil phosphorus on colonization. New Phytologist 111: 435-446.

Arancon, N., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., and Metzger, J.D. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresource Technology 93: 145-153.

Astaraei, A., and Koochaki, A. 1997. Using of Biological Fertilizers in Sustainable Agriculture. Jihad Daneshghahi Publisher, Mashhad, Iran 168 pp. (In Persian)

D'Antuono, L.F., Moretti, A., and Lovato, S.A.F. 2002. Seed yield, yield components, oil content and essential oil content and composition of *Nigella sativa* L. and damascene. Industrial Crops and Products 15: 59-69.

Fallah Hoseini, H., Hemmati Moghaddam, A.R., and Alavian, M. 2004. Review of *silybum marianum*. Journal of Medicinal Plants 11: 14-24. (In Persian)

Fallahi, J., Koocheki, A., and Rezvani Moghaddam, P. 2009. Effects of biofertilizers on quantitative and qualitative yield of chamomile (*Matricaria recutita*) as a medicinal plant. Iranian Journal of Field Crops Research 7: 127-135. (In Persian with English Summary)

Geneva, M., Zehirov, G., Stancheva, I., Iliev, L., and Georgiev, G. 2008. Effect of soil fertilizer, foliar fertilizer, and growth regulator application on milk thistle development, seed yield, and silymarin content. Communications in Soil Science and Plant Analysis 39: 17 – 24.

Ghavami, N., and Ramin, A.A. 2008. Grain yield and active substances of milk thistle as affected by soil salinity. Communications in Soil Science and Plant Analysis 39: 2608-2618.

Gupta, M.L., Prasad, A., Ram, M., and Kumar, S. 2002. Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus Glomus fasiculatum 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: 77-79.

Habán, M., Otepka, P., Kobida, L., and Habánová, M. 2009. Production and quality of milk thistle (*Silybum marianum* [L.] Gaertn.) cultivated in cultural conditions of warm agri-climatic macroregion. Horticultural Science (Prague) 36: 25–30

Haj Seyed Hadi, M.R., Dorzi, M.T., and Sharifi Ashoorabadi, E. 2008. Study the effects of conventional and low input production system on quantitative and qualitative yield of *Silybum marianum* L. 2nd Conference of the International Society of Organic Agriculture Research ISOFAR, Modena, Italy.

Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* Mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. Bioresource Technology 93: 307-311.

Khandan, A. 2005. Effect of organic and chemical fertilizers on soil chemical and physical characteristics and isabgol. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Khorramdel, S. 2008. Application effects of nitrogen and phosphorus biofertilizers on the quantity criteria of black cumin. MSc thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Koide, R.T., and Li, M. 1990. On host regulation of the vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. New Phytologist 114:59-65.

Koocheki, A., Tabrizi, L., and Ghorbani, R. 2008. Effect of biofertilizers on agronomic and quality criteria of Hyssop (*Hyssopus officinalis*). Iranian Journal of Field Crops Research 6: 127-137. (In Persian with English Summary)

Lebaschi, M.H., Matin, A., Sharifi Ashourabadi, A., Ahmadi, L., and Amin, G.R. 2001. Effect of chemical and organic fertilizers and density on yield and active substances of St John's Wort (*Hypericum perforatum*). Medicinal and Aromatic Plants of Iran Research Periodical 10: 39-64. (In Persian)

Malakooti, M.G., and Tehrani, M.M. 1993. The role of micronutrients in crop yield and quality improvement (micro-elements with grand effect). Tarbiat Modares University publisher, Tehran, Iran pp. 190. (In Persian)

Menge, J.A., Jrrell, W.M., Labanauskas, C.K., Ojala, J.C., Huszar, C., Johnson, E.L.V., and Sibert, D. 1982. Predicting mycorrhizal dependency of Troyer Citrange on *Glomus fasciculatus* in California citrus soils and nursery mixes. Soil Science Society of the American Journal 46: 762-768.

Mohammadi Aria, M., Lakzian, A., and Haghnia, G. 2010. The Effect of inoculants of *Thiobacillus* and *Aspergillus* on corn growth. Iranian Journal of Field Crops Research 8: 82-89. (In Persian with English Summary)

Nasiri Mahallati, M., Koochaki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Beheshti, A. 2001. Agroecology. Ferdowsi University of Mashhad Publisher, Mashhad, Iran, 460 pp. (In Persian)

Nelsen, C.E., Bogliano, N.C., Furutani, S.C., Safir, G.R., and Sandstra, B.H. 1981. The effect of soil phosphorus levels on mycorrhizal infection of field grown onion plants and on mycorrhizal production. Journal of the American Society for Horticultural Science 106: 786-788.

Omer, E.A., Ahmed, S.S., Ezz-El-Din, A.A., and Fayed, T.B. 1998. Seed yield of *Silybum marianum* L. as affected by row spacing and fertilization in new reclaimed lands of Egypt. Egyptian Journal of Horticulture 25: 281-293.

Omidbaigi, R., and Nobakht, A. 2001. Nitrogen fertilizer affecting growth, seed yield and active substances of Milk thistle. Pakistan Journal of Biological Sciences 4: 1345-1349.

Omidbaigi, R., Karimzadeh, G., and Koshki, M.H. 2002. Effect of sowing date and plant density on fertility of *silybium marianum* and define the factor correlations. Journal of Science and Technology 27: 203-212. (In Persian)

Rainone, F. 2005. Milk thistle. American Family Physician 72: 1285-1288.

Saeednezhad, A.H., and Rezvani Moghaddam, P. 2010. Evaluation of biological and chemical fertilizers on morphological characteristics, yield, yield components and essential oil of cumin herb (*Cuminum cyminum*). Journal of Horticultural Science 24: 38-44. (In Persian with English Summary)

Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, India 407 pp.

Stancheva, I., Georgiev, G., Geneva, M., Ivanova, A., Dolezal, M., and Tumova, L. 2010. Infuence of foliar fertilization and growth regulator on Milk Thistle seed yield and quality. Journal of Plant Nutrition 33: 818-830.

Steer, B.T., and Seiler, G.I. 1990. Changes in fatty acid composition of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds in response to time of nitrogen application, supply rates and defoliation. Journal of the Science of Food Agriculture 51: 11-26.

Tabrizi, L. 2005. Effect of water stress and manure on quantitative and qualitative characteristics of psyllium. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Wu, S.C., Caob, Z.H., Lib, Z.G., Cheunga, K.C., and Wong, M.H. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma 125: 155–166.

Yazdani Biuki, R., Rezvanimoghaddam, P., Khazaee, H.R., and Astaraei, A. 2010. Evaluation of qualitative and quantitative traits of milk thistle (*Silybum marianum* L.) In response to organic, Biological and chemical fertilizers. Journal of Agroecology 2: 548-555. (In Persian with English Summary)

Ziayi, S. A., Fallah Hosseini, H., Rajabian, T., Pourhosseini, L., Naghdibadi, H., and Rezazade, S. 2004. Effect of different solvents on the extraction of silymarin from milk thistle fruits. Journal of Medicinal Plants 4: 7-12.

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 3, Fall 2014, p. 477-487

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 3، پاییز 1393، ص. 487-477

واکنش عملکرد و اجزای عملکرد برنج (*Oryza sativa* L.) رقم طارم هاشمی در کشت توأم برنج، اردک و *آزولا* (*Azolla* sp.)

محمد غروی بایگی[1]، همت‌اله پیردشتی[2*]، ارسطو عباسیان[3] و قاسم آقاجانی مازندرانی[4]

تاریخ دریافت: 1391/02/04
تاریخ پذیرش: 1392/08/26

چکیده

به منظور ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد برنج (*Oryza sativa* L.) رقم طارم هاشمی در کشت توأم برنج، اردک و *آزولا* (*Azolla* sp.)، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در سال زراعی 92-1391 اجرا شد. در این آزمایش تعداد اردک به عنوان عامل اصلی در چهار سطح (صفر، 400، 800 و 1200 قطعه در هکتار) و منبع کود نیتروژن به عنوان عامل فرعی در چهار سطح (بدون *آزولا* و نیتروژن، نیتروژن از منبع اوره (50 کیلوگرم در هکتار)، *آزولا* (500 گرم در متر مربع) و *آزولا* (500 گرم در متر مربع) + نیتروژن (50 کیلوگرم در هکتار)) در نظر گرفته شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس بیانگر اختلاف معنی‌دار تعداد اردک، منبع کود نیتروژن و برهمکنش آن‌ها از نظر صفات ارتفاع بوته، تعداد پنجه در بوته، تعداد دانه در خوشه و عملکرد شلتوک بود. بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین برهمکنش صفات، بالاترین مقادیر ارتفاع بوته (133 سانتی‌متر)، تعداد پنجه در بوته (38 عدد)، تعداد دانه در خوشه (171 عدد) و عملکرد شلتوک (4000 کیلوگرم در هکتار) در تیمار 1200 قطعه اردک در هکتار به همراه *آزولا* و نیتروژن مشاهده شد. در مجموع نتایج به دست آمده در این پژوهش نشان داد که افزایش تراکم اردک در واحد سطح از 400 تا 1200 قطعه در هکتار به همراه کاربرد *آزولا* و نیتروژن منجر به افزایش عملکرد و اجزای عملکرد برنج (رقم طارم هاشمی) شد.

واژه‌های کلیدی: خوشه، شلتوک، کشت تلفیقی، کشت زیستی، نیتروژن

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) یکی از غذاهای اصلی و مهم مردم جهان می‌باشد که میزان تولید جهانی آن در سال 2012 میلادی حدود 718 میلیون تن گزارش شده است. میزان تولید انواع گونه‌های شلتوک کشور حدود 2/4 میلیون تن برآورد شده که 46/3 درصد آن توسط کشاورزان مازندرانی و 24/2 درصد توسط شالیکاران گیلانی تولید شده است. این دو استان ساحلی جمعاً 70/5 درصد از شلتوک کشور را تولید کرده‌اند. همچنین سطح زیر کشت برنج در ایران 480/000 هکتار و میانگین عملکرد آن پنج تن در هکتار است (Agricultural Statistics, 2011; FAO, 2012). در ایران در سال‌های اخیر اثر مدیریت کشاورزی بر خواص خاک و عملکرد محصول به طور گسترده‌ای مورد مطالعه قرار گرفته است (Lopes et al., 2011). همچنین لزوم سلامت محصولات تولید شده در نظام‌های مختلف کشاورزی از نظر وجود بقایای سموم شیمیایی و تأثیر آن‌ها بر سلامت انسان و محیط زیست، سبب شده است تا روش‌های تولید محصولات زارعی و نهاده‌های بکار رفته در تولید آن‌ها بسیار مورد توجه واقع شود (Yu et al., 2005; Flohre et al., 2011). در این میان استفاده از عوامل طبیعی برای مبارزه با علف‌های هرز و آفات و جایگزین کردن کودهای طبیعی به جای کودهای شیمیایی علاوه بر تأمین سلامت انسان و محیط زیست، نقش بسیار مهمی در کشاورزی پایدار ایفاء می‌کند (Lopes et al., 2011).

1، 3 و 4- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، مربی گروه زراعت و مربی گروه آبیاری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
2- دانشیار گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(*- نویسنده مسئول: Email: h.pirdashti@sanru.ac.ir)

بررسی‌ها نشان می‌دهد کـه اسـتفاده از اردک بـه عنـوان عامـل بیولوژیک در بهبود شرایط اکولوژیکی رشد برنج، عـلاوه بـر افـزایش تنوع زیستی، فعالیت موجودات زنـده خـاک، کـارایی انـرژی و رشـد رویشی برنج، باعث بهبود عملکرد برنج نیز می‌گردد (Wang et al., 2006; Li et al., 2008; Lopes et al., 2011). اردک بسـیاری از علف‌های هرز کوچک و در حال رشد را که در زیر سطح آب قرار دارند به همراه بذر آنها در خاک، مورد تغذیه قرار داده و با گل‌آلود نمـودن آب به کمک منقار و شکل خاص پاهای خـود، مـانع از رسـیدن نـور کافی به سطح خاک شالیزار شده و در نتیجه از جوانه‌زنی و رشد مجدد علف‌های هرز در این مزارع به طور چشـمگیری جلـوگیری مـی‌کنـد (Zhang et al., 2009; Flohre et al., 2011). همچنـین اردک بـا تغذیه از حشرات به عنوان یک منبع غذایی، باعـث کـاهش تـراکم و خسارت آن‌ها در شالیزار می‌گـردد (Yang et al., 2004; Weiling et al., 2008). علاوه بر این، اردک می‌تواند بـه عنـوان یـک منبـع درآمد جانبی برای کشـاورزان محسـوب شـود (Xie et al., 2005; Weiling et al., 2008). این روش کشت از نظر بهره‌وری آب نیـز کاراتر از روش تک کشتی برنج می‌باشد. همچنین تراکم‌های متفاوتی از 225 تا 1200 قطعه اردک در هکتار در شالیزار برای کنترل تـراکم علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها توصیه شده است که ایـن موضـوع نشان می‌دهد تراکم‌های توصیه شده در واحد سطح بستگی به شرایط آب و هوایی، ارقام برنج و نوع اردک مـورد بررسـی در آزمـایش دارد (Wang et al., 2006; Mohammadi et al., 2013).

استفاده از کودهای شـیمیایی در کشـت بـرنج نقـش مهمـی در افزایش عملکرد و در نهایت، تولید برنج دارد. اگرچه نتـایج تحقیقـات نشان داده است که اسـتفاده بـی‌رویـه از ایـن کودهـا بـه ویـژه اوره مشکلاتی از جمله آلودگی آب‌های زیرزمینی، تجمع مواد آلاینده نظیر نیترات در اندام‌های مصرفی گیاه، کاهش باروری خاک بـه دنبـال از بین رفتن هوموس و مشکلات بهداشتی را بـه همـراه خواهـد داشـت (Phongpan & Mosier, 2003; Mohammadian, 2005). در این راستا یکی از راهکارهای کشاورزی نوین، استفاده از مواد آلی بـه عنوان منبع خوب و مناسب برای تأمین عناصر غـذایی خـاک امـری مهم تلقی می‌شود. نتایج آزمایشات نشان می‌دهد که استفاده از کـود آلی می‌تواند اثرات مثبتی بر عملکـرد دانـه بـرنج و برخـی از صـفات زراعی مرتبط با عملکرد دانه داشته باشد (Saiee et al., 2010).

آزولا (*Azolla* sp.) یکی از مهمترین موجودات زنده تأمین کننده نیتروژن مورد نیاز برنج می‌باشد که از همزیستی جلبـک سـبز- آبـی *آنابنا* آزولی[1] برخوردار اسـت و بـه واسـطه همـین زنـدگی مشـترک، نیتروژن هوا را تثبیـت مـی‌نمایـد (Subba Rao, 1988). ایـن گیـاه می‌تواند در صورت فراهم بودن شرایط مناسب سبب افزایش روزانه دو تا چهار کیلوگرم نیتروژن در هر هکتـار شـود کـه معـادل 10 تـا 20 کیلـوگرم سـولفات آمونیـوم اسـت (Ghareyazie, 1989; Mohammadi & Azimi Ghalibaph, 2008). ورود *آزولا* به ایران برای افزایش نیتروژن و تثبیت نیتروژن در شالیزارها صـورت گرفـت ولی به دلیل عدم کاربرد صحیح، امروزه خود یک مشـکل محسـوب می‌شود. در حالی‌که در کشورهای آسیای جنوب شرقی سال‌هاست که این گیاه علاوه بر انتقال نیتروژن هوا به خاک، سبب جلوگیری از رشد علف‌های هرز، جلوگیری از تبخیر آب شالیزار و در نتیجه صرفه‌جویی در مصرف آب می‌شود (Tavasoli and Baghestani, 2006). *آزولا* با کاهش تبادلات گازی و نوری در شرایط غرقاب، جمعیت علف‌های هرز را کنترل می‌کند. در مطالعه‌ای بیان شده است که استفاده از *آزولا* به میزان 500 گرم در هر متر مربع به صورت تازه و بلافاصله پس از نشاکاری برنج می‌تواند جمعیت علف‌های هـرز را بـه میـزان 72-50 درصد تا 50 روز بعد از نشاکاری برنج کاهش دهد که علت ایـن امـر سایه‌اندازی روی سطح آب می‌باشد (Alejar & Aragones, 1989; Ahmadneia & Rafiee, 2008). از سوی دیگر، این گیاه علاوه بر ارزش غذایی بالا، برای اردک بسیار خوش خـوراک بـوده و در رشـد اردک نیز اثر معنی‌دار دارد (Hossain et al., 2002). نتایج آزمایشات نشان داد که در صورت استفاده از کود شیمیایی به همراه *آزولا* میزان عملکرد برنج نسبت به سایر روش‌های کشت بیشتر است. چون *آزولا* به همراه کود شیمیایی بیشتر رشد و نمو می‌کند و به دلیـل فراوانـی جلبک سبز- آبی همزیست با آن، نیتروژن هوا را بیشتر تثبیت کرده و آن را به صورت تدریجی و مداوم در اختیار گیاه برنج قـرار مـی‌دهـد (Roger et al., 1990).

بنابراین به نظر می‌رسـد بهـره‌گیـری از اردک و *آزولا* بـه دلیـل سازگاری بسیار مناسب به عنوان عوامل کنترل بیولوژیک در شـرایط غرقاب، می‌توانند کشت برنج را به سمت پایداری، ایجاد منبع درآمدی جدید و همچنین تولید محصولی سالم‌تر نسبت به کشت مرسوم سوق دهنـد (Hasegawa et al., 2005; Lopes et al., 2011). پـژوهش حاضر با هدف بررسی واکنش عملکرد و اجزای عملکـرد بـرنج (رقـم

1- *Annabena azolli*

طارم هاشمی) در کشت توأم برنج- اردک- *آزولا* به مرحله اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری واقع در کیلومتر 9 جاده دریا با مختصات جغرافیایی 36 درجه و 39 دقیقه عرض شمالی و 53 درجه و 4 دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و ارتفاع 11 متر پایین‌تر از سطح دریا در سال زراعی 92-1391 اجرا گردید. در این پژوهش تأثیر دو عامل تعداد اردک و *آزولا* به همراه نیتروژن در قالب کرت‌های خرد شده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. عامل اصلی تعداد اردک در چهار سطح (صفر (بدون حضور اردک)، تراکم 400، 800 و 1200 قطعه در هکتار) و عامل فرعی *آزولا* به همراه نیتروژن در چهار سطح (شاهد (بدون *آزولا* و نیتروژن)، نیتروژن از منبع اوره (50 کیلوگرم در هکتار)، *آزولا* (500 گرم در متر مربع) و *آزولا* (500 گرم در متر مربع) همراه با نیتروژن (50 کیلوگرم اوره در هکتار)) در نظر گرفته شدند. رقم مورد استفاده در طرح، طارم هاشمی بود. میزان *آزولا* 500 گرم در متر مربع به صورت تازه و بلافاصله پس از نشاکاری برنج به مزرعه اضافه شد (Alejar & Aragones, 1989). زمین اصلی به مساحت 1500 متر مربع جهت اجرای آزمایش انتخاب و پس از آبیاری و دو بار شخم توسط تیلر به عمق 30-25 سانتی‌متر، تسطیح، مرزبندی و ماله‌کشی گردید. برای احداث خزانه نیز قسمتی از زمین انتخاب و پشته‌ای به عرض یک متر و طول متوسط 10 متر آماده شد. بذرپاشی شلتوک در خزانه در تاریخ 1391/2/2 انجام شد و میزان بذر مصرفی در خزانه 60 کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. نشاءکاری نیز در تاریخ 1391/3/3 صورت پذیرفت. ابعاد هر کرت 28 متر مربع، فاصله پشته‌ها از یکدیگر 50 سانتی‌متر، فاصله دو بوته روی هر خط 25 سانتی‌متر (Mohammadi et al., 2013) و تعداد گیاهچه سه عدد در هر کپه در نظر گرفته شد. آرایش بوته‌ها در داخل کرت‌ها به حالت مربعی و فاصله بین بلوک‌ها یک متر در نظر گرفته شد. همچنین برای تأمین نیاز مواد غذایی برنج، 40 روز قبل از نشاکاری کود حیوانی (گاوی) به میزان 20 تن در هکتار و در طول دوره رشد برنج میزان 340 کیلوگرم در هکتار از کود ارگانیک هیومیسل (از منبع کودهای حیوانی و سنگ‌های معدنی از شرکت مازند گستر فراسو) برای تأمین نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر میکرو در مرحله پنجه‌زنی و خوشه‌دهی استفاده گردید. نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی خاک محل آزمایش قبل از کاشت در جدول 1، کود حیوانی در جدول 2 و کود ارگانیک هیومیسل در جدول 3 ارائه شده است.

جدول 1- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق 30-0 سانتی متری

Table 1- Physical and chemical properties of soil (0-30 cm)

بافت خاک Soil Texture	ماده آلی Organic Matter	منگنز Mn	روی Zn	آهن Fe	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N	اسیدیته خاک	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)
رسی - سیلتی	(%)	(میلی‌گرم در کیلوگرم) ($mg.kg^{-1}$)					(%)	pH	EC ($dS.m^{-1}$)
Silty-clay	2.01	3.2	3.7	4.2	209.7	8.7	0.02	7.22	1.84

جدول 2- برخی از خصوصیات شیمیایی کود آلی مورد استفاده

Table 2- Some chemical properties of organic fertilizers

نوع نهاده Type of inputs	مس Cu	منگنز Mn	روی Zn	آهن Fe	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)
	میلی‌گرم در کیلوگرم ($mg.kg^{-1}$)				(%)				
کودگاوی Cow Manure	4	72	54	1611	0.81	1.02	2.4	7.73	13.6

جدول 3- برخی از خصوصیات شیمیایی کود ارگانیک هیومیسل

Table 3- Some chemical properties of organic Humisel fertilizers

نوع نهاده Type of input	آمینو اسید Amino Acid	اسیدیته pH	ماده آلی Organic Matter	پتاسیم K_2O	نیتروژن N Organic	فولویک اسید Fulvic Acid	هیومیک اسید Humic Acid
کود هیومیسل				(%)			
Humisel	15	11-13	30	5	2	7	13

آزادسازی جوجه اردک‌ها از نوع محلی با سن 20 روز بعد از گذشت 20 روز از نشاکاری انجام گرفت. در ضمن برای جداسازی اردک‌ها و اعمال تیمارها، اطراف مزرعه به وسیله توری‌های فلزی و درون مزرعه به وسیله توری‌های پلاستیکی از یکدیگر جدا گردیدند و روزانه جهت اجبار فعالیت اردک‌ها برای کنترل بهتر تراکم آفات و علف‌های هرز به میزان 30 درصد کمتر از حد مطلوب تغذیه شدند (Mohammadi et al., 2013). همچنین در طول دوره رشد برنج برای مبارزه با آفات از جمله کرم ساقه‌خوار برنج از محلول پاشی سیلیس مایع در دو مرحله پنجه‌زنی و خوشه‌دهی (غلظت سه در 1000)، زنبور تریکوگراما[1] (100 بسته در هکتار)، فرومون‌های جنسی (سه کپسول در هکتار برای هر دوره از سیکل زندگی کرم ساقه‌خوار برنج) استفاده شد.

نمونه‌برداری‌ها برای تعیین عملکرد شلتوک با استفاده از کوادرات، از درون هر کرت با رعایت اثر حاشیه به طور جداگانه بر اساس دستورالعمل موسسه تحقیقات بین‌المللی برنج (IRRI, 2002) انجام گردید. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS 9.1 (SAS Institute, 2002) انجام و مقایسه میانگین اثرات ساده و متقابل صفات با استفاده از روش آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

تعداد پنجه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد ($p\leq0/01$) اثر تعداد اردک، منبع کود نیتروژن و برهمکنش آن‌ها در تعداد پنجه در بوته (کپه) بود (جدول 4). تعداد پنجه در کپه در تمامی تیمارها با افزایش تراکم اردک در واحد سطح سیر افزایشی داشته و حداکثر تعداد پنجه در کپه در تیمار 1200 قطعه اردک در هکتار به ترتیب در *آزولا* + نیتروژن (38 عدد پنجه در کپه)، نیتروژن (34 عدد پنجه در کپه)، *آزولا* (17 عدد پنجه در کپه) و بدون *آزولا* و نیتروژن (15 عدد پنجه در کپه) بود. کمترین میزان تعداد پنجه در کپه در تیمار بدون اردک در *آزولا* + نیتروژن (24 عدد پنجه در کپه)، نیتروژن (21 عدد پنجه در کپه)، *آزولا* (15 عدد پنجه در کپه) و بدون *آزولا* و نیتروژن (13 عدد پنجه در کپه) بود که نسبت به همین تیمارها در 400 قطعه اردک در هکتار به ترتیب حدود (3، 5، 4 و 12) درصد، در 800 قطعه اردک در هکتار به ترتیب حدود (7، 11، 9 و 10) درصد و در 1200 قطعه اردک در هکتار به ترتیب حدود (57، 65، 13 و 15) درصد کاهش داشت (جدول 5). در تحقیقاتی گزارش شده است کمترین میزان تعداد پنجه در کپه در تیمار شاهد در رقم‌های شیرودی، قائم و طارم (به ترتیب 15، 14 و 13 عدد پنجه در کپه) بود که نسبت به همین ارقام در تیمار 800 قطعه اردک در هکتار به ترتیب به میزان 35، 33 و 32 درصد کاهش داشت (Mohammadi et al., 2013). در همین زمینه نتایج مشابهی توسط سایر محققان در رابطه با افزایش تعداد پنجه به‌دلیل کنترل مناسب آفات و علف‌های هرز در این مزارع گزارش شده است (Hossain et al., 2002; Zhang et al., 2009).

تعداد پنجه بارور: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر اختلاف معنی‌دار اثر تعداد اردک، منبع کود نیتروژن در سطح احتمال یک درصد ($p\leq0/01$) بود، ولی برهمکنش تعداد اردک × منبع کود نیتروژن تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول 4). بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات ساده تیمارها، تعداد پنجه بارور در تمامی تیمارها با افزایش تراکم اردک در واحد سطح سیر افزایشی داشته و حداکثر تعداد پنجه بارور در تیمار 1200 قطعه اردک در هکتار حدود (22 عدد) به دست آمد. کمترین میزان این صفت در تیمار بدون اردک (16 عدد) بود که نسبت به تراکم 400، 800 و 1200 قطعه اردک در هکتار به ترتیب 12، 18 و 35 درصد کاهش نشان داد.

1- *Trichogramma* sp.

جدول 4- میانگین مربعات اثر اردک و منبع کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج، رقم طارم هاشمی

Table 4- Mean Squares of duck and nitrogen fertilizer source on yield and yield components of rice, Tarom Hashemi

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)			
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد پنجه در بوته Tillers per plant	طول خوشه Cluster length	تعداد پنجه بارور در بوته Number of fertile tillers per plant
بلوک Block	2	297.08	47.64	10.43	15.43
اردک (A) Duck (A)	3	301.24**	153.79**	11.32 ns	71.24**
خطای اصلی Error a	6	6.01	4.50	10.16	2.82
منبع کود نیتروژن (B) Nitrogen fertilizer source (B)	3	3746.94**	563.46**	158.70**	360.91**
A×B	9	71.25**	34.74**	1.43ns	4.11ns
خطای آزمایشی Error	24	8.44	3.23	2.51	1.81
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	3	8	7	7

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)				
		وزن هزار دانه Grain weight	تعداد دانه در خوشه Number of grains per panicle	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد شلتوک Paddy yield	شاخص برداشت Harvest index
بلوک Block	2	14.08	60.25	77727.08	351039.58	104.17
اردک (A) Duck (A)	3	109.85**	1492.38**	10502952.08**	2746136.11**	11.54ns
خطای اصلی Error a	6	3.75	77.47	142143.75	190509.02	71.67
منبع کود نیتروژن (B) Nitrogen fertilizer source (B)	3	41.35**	12664.72**	27024368.75**	3202519.44**	66.40ns
A×B	9	2.13 ns	104.37**	133918.75ns	121987.96*	11.92ns
خطای آزمایشی Error	24	1.66	31.25	119839.60	52558.33	24.41
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	4	4	5	7	10

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال 5 و 1 درصد، ns نیز عدم معنی‌داری می‌باشد.

*, ** Significant at the 5 and 1 percent levels, respectively, ns is the lack of significant.

همچنین حداکثر تعداد پنجه بارور در تیمار منبع کود نیتروژن مربوط به *آزولا* + نیتروژن بود که حدود (24 عدد) به دست آمد. کمترین میزان این صفت در تیمار بدون *آزولا* و نیتروژن (13 عدد) بود که نسبت به آزولا، نیتروژن و *آزولا* + نیتروژن به ترتیب 7، 65 و

78 درصد کاهش نشان داد (جدول6). در گزارش تحقیقات آمده است که تعداد پنجه بارور در کپه (R^2=0/81) دارای بیشترین همبستگی نسبت به افزایش تراکم اردک در واحد سطح بوده است (Mohammadi et al., 2013). در همین راستا آزمایش‌های انجام شده توسط ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2009) بیانگر نقش بسیار مهم و مؤثر کشت ارگانیک برنج- اردک در بهبود شرایط اکولوژیکی رشد برنج و افزایش معنی‌دار تعداد پنجه و تعداد پنجه بارور به دلیل بهبود خصوصیات خاک، کنترل مناسب آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز در این مزارع دارد. در این آزمایش با افزایش تراکم اردک در تیمار 1200 قطعه اردک در هکتار با بهبود شرایط اکولوژیکی رشد برنج تعداد پنجه بارور نیز به طور معنی‌داری افزایش یافته بود.

ارتفاع بوته: نتایج تجزیه واریانس بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد ($p\leq0/01$) اثر تعداد اردک، منبع کود نیتروژن و برهمکنش آن‌ها بود (جدول 4). بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین برهمکنش تیمارها، میزان ارتفاع بوته با افزایش تراکم اردک در واحد سطح نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت و حداکثر ارتفاع بوته در تیمار 1200 قطعه اردک در هکتار و تیمار منبع کود نیتروژن (133 سانتی‌متر) به دست آمد. همچنین کمترین میزان آن در تیمار بدون اردک و تیمار بدون *آزولا* و نیتروژن (78 سانتی‌متر) به دست آمد (جدول 5). در گزارش تحقیقاتی آمده است با وجود اینکه در مزارع ارگانیک کشت توأم برنج- اردک از سموم و کودهای شیمیایی استفاده نشده بود، ولی نسبت به مزارع کشت رایج برنج تفاوت معنی‌داری از نظر ارتفاع بوته نبود. زیرا اردک در مزارع ارگانیک برنج به عنوان یک ابزار قدرتمند در مدیریت تلفیقی آفات و کنترل علف‌های هرز عمل کرده و باعث کاهش تراکم آفات مثل کرم ساقه-خوار و کرم برگ‌خوار، بیماری‌ها مثل بلاست، شیت بلایت (لکه قهوه-ای) و علف‌های هرز مثل اویارسلام (*Cyperus* spp.)، سوروف (*Echinocloa crus-galli* L.)، بندواش *Paspalum notatum* (L.)، قاشق‌واش (*Alisma plantago-aquatica* L.) و غیره در این مزارع می‌شود (Hossain et al., 2002). همچنین در تحقیق دیگری گزارش شده است که ارتفاع بوته با افزایش تراکم اردک در واحد سطح نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد و حداکثر آن در تیمار 400 و 800 قطعه اردک در هکتار (به ترتیب برابر با 153 و 156 سانتی‌متر) که نسبت به تیمار شاهد (87 سانتی‌متر) به ترتیب به میزان 43 و 44 درصد افزایش ارتفاع را به خود اختصاص دادند (Mohammadi et al., 2013).

تعداد دانه در خوشه: نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تعداد اردک، منبع کود نیتروژن و برهمکنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد ($p\leq0/01$) بود (جدول 4). بررسی برهمکنش تیمارها نشان داد در تمامی تیمارها با افزایش تراکم اردک در واحد سطح میزان تعداد دانه در خوشه سیر افزایشی داشته و حداکثر میزان این صفت در تیمار 1200 قطعه اردک در هکتار و تیمار منبع کود نیتروژن (171 دانه در خوشه) به دست آمد. کمترین میزان تعداد دانه در خوشه در تیمار بدون اردک در *آزولا* + نیتروژن (140 دانه در خوشه)، نیتروژن (115 دانه در خوشه)، *آزولا* (73 دانه در خوشه) و بدون *آزولا* و نیتروژن (78 دانه در خوشه) بود که نسبت به همین تیمارها در 400 قطعه اردک در هکتار به ترتیب حدود (12، 3، 37 و 9) درصد، در 800 قطعه اردک در هکتار به ترتیب حدود (18، 11، 46 و 11) درصد و در 1200 قطعه اردک در هکتار به ترتیب حدود (22، 21، 51 و 15) درصد کاهش داشت (جدول5). محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2013) بیان نمودند تعداد دانه در خوشه در رقم طارم در تیمار شاهد (95 دانه در خوشه) نسبت به تیمار 400 قطعه اردک در هکتار (127 دانه در خوشه) و نسبت به 800 قطعه اردک در هکتار (132 دانه در خوشه) به ترتیب به میزان 34 و 39 درصد کاهش داشت. حسین و همکاران (Hossain et al., 2002) گزارش نمودند که تعداد دانه در خوشه در کشت توأم برنج- اردک نسبت به تیمار شاهد و کشت خالص برنج (کشاورزی رایج) به طور معنی‌داری افزایش یافت.

طول خوشه: منبع کود نیتروژن در سطح احتمال یک درصد ($p\leq0/01$) طول خوشه را تحت تأثیر قرار داد، ولی در تعداد اردک و برهمکنش تعداد اردک × منبع کود نیتروژن تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول 4). بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات ساده تیمارها، میزان طول خوشه در تیمار تراکم اردک به ترتیب در 1200 قطعه (22/85 سانتی‌متر)، 800 قطعه (22/20 سانتی‌متر)، 400 قطعه (21/38 سانتی‌متر) و بدون حضور اردک (20/61 سانتی‌متر) بود. همچنین میزان این صفت در تیمار منبع کود نیتروژن به ترتیب در *آزولا* + نیتروژن (25/51 سانتی‌متر)، نیتروژن (24/14 سانتی‌متر)، *آزولا* (19/44 سانتی‌متر) و بدون *آزولا* و نیتروژن (17/95 سانتی‌متر) به دست آمد. بالاترین میزان طول خوشه در تیمار تراکم اردک مربوط به تیمار 1200 قطعه اردک در هکتار بود که نسبت به تیمار شاهد از

افزایش حدود 11 درصدی برخوردار بود. همچنین بالاترین میزان این صفت در تیمارهای *آزولا* به همراه نیتروژن مربوط به تیمار *آزولا* + نیتروژن به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد افزایش حدود 42 درصدی داشت (جدول 6). در تحقیقی گزارش شده است میزان طول خوشه در رقم طارم در تیمار بدون اردک (21 سانتی‌متر) نسبت به تیمار 400 قطعه اردک در هکتار (25 سانتی‌متر) و نسبت به 800 قطعه اردک در هکتار (28 سانتی‌متر) به ترتیب به میزان 19 و 33 درصد کاهش داشته است (Mohammadi et al., 2013).

وزن هزار دانه: بر اساس نتایج تجزیه واریانس عامل تعداد اردک و منبع کود نیتروژن در سطح احتمال یک درصد (p≤0/01)، اثر معنی‌داری در میزان وزن هزار دانه داشته ولی برهمکنش آن‌ها اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول 4). بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات ساده تیمارها، بالاترین میزان وزن هزار دانه در تراکم اردک مربوط به تیمار 1200 قطعه اردک در هکتار بود که نسبت به تیمار بدون اردک از افزایش حدود 27 درصدی برخوردار بود. همچنین بالاترین میزان آن در تیمارهای منبع کود نیتروژن مربوط به تیمار *آزولا* + نیتروژن به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد افزایش حدود 13 درصدی داشت (جدول 6). در مطالعه‌ای محققان بیان نمودند بالاترین میزان وزن هزار دانه متعلق به تیمار 800 قطعه اردک در هکتار (35 گرم) بود که نسبت به تیمار 400 قطعه اردک در هکتار و بدون اردک به ترتیب به میزان 11 و 26 درصد افزایش داشت (Mohammadi et al., 2013). همچنین در تحقیق دیگری نشان داده شد وزن صد دانه در تراکم 400 قطعه اردک در هکتار نسبت به تیمار شاهد به میزان 15 درصد افزایش معنی‌داری یافته بود (Hossain et al., 2002).

عملکرد شلتوک: بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها عامل تعداد اردک و منبع کود نیتروژن در سطح احتمال یک درصد (p≤0/01) و برهمکنش تعداد اردک × منبع کود نیتروژن در سطح احتمال پنج درصد (p≤0/05) عملکرد شلتوک را تحت تأثیر قرار دادند (جدول 4). بررسی برهمکنش آن‌ها نشان داد بالاترین میزان عملکرد دانه در واحد سطح در تیمار 1200 قطعه اردک در هکتار و تیمار *آزولا* + نیتروژن (4000 کیلوگرم در هکتار) به دست آمد. کمترین میزان عملکرد دانه در تیمار بدون اردک در *آزولا* + نیتروژن (3400 کیلوگرم در هکتار)، نیتروژن (2600 کیلوگرم در هکتار)، *آزولا* (1777 کیلوگرم در هکتار) و بدون *آزولا* و نیتروژن (2100 کیلوگرم در هکتار) بود که نسبت به همین تیمارها در 400 قطعه اردک در هکتار به ترتیب حدود (9، 23، 41 و 13) درصد، در 800 قطعه اردک در هکتار به ترتیب حدود (15، 31، 69 و 38) درصد و در 1200 قطعه اردک در هکتار به ترتیب حدود (18، 38، 91 و 57) درصد کاهش داشت (جدول 5).

محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2013) گزارش نمودند میزان عملکرد دانه در واحد سطح در رقم طارم در تیمار بدون اردک (202 گرم در متر مربع) نسبت به تیمار 400 قطعه اردک در هکتار و نسبت به 800 قطعه اردک در هکتار به ترتیب به میزان 48 و 79 درصد کاهش یافت. بررسی‌ها نشان داده است استفاده از اردک به عنوان عامل بیولوژیک در بهبود شرایط اکولوژیکی رشد برنج، علاوه بر افزایش تنوع زیستی، افزایش فعالیت موجودات زنده خاک، افزایش کارایی انرژی و افزایش رشد رویشی برنج، باعث افزایش عملکرد برنج نیز می‌گردد (Wang et al., 2006; Li et al., 2008; Lopes et al., 2011). در همین زمینه یو و همکاران (Yu et al., 2005) با انجام تحقیقاتی در بررسی خصوصیات رویشی و عملکرد ارقام برنج در تراکم 300 قطعه اردک در هکتار نسبت به تیمار شاهد گزارش نمودند خصوصیات رویشی و میزان عملکرد ارقام برنج در واحد سطح، در این تراکم افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار بدون اردک داشت.

عملکرد بیولوژیک: بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها عامل تعداد اردک و منبع کود نیتروژن در سطح احتمال یک درصد (p≤0/01) عملکرد بیولوژیک را تحت تأثیر قرار داده ولی برهمکنش آن‌ها اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول 4). بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات ساده تیمارها، میزان این صفت در تیمار تراکم اردک به ترتیب در 1200 قطعه (7600 کیلوگرم در هکتار)، 800 قطعه (7008 کیلوگرم در هکتار)، 400 قطعه (6325 کیلوگرم در هکتار) و بدون حضور اردک (5424 کیلوگرم در هکتار) بود. همچنین میزان این صفت در تیمار *آزولا* به همراه نیتروژن به ترتیب در *آزولا* + نیتروژن (8678 کیلوگرم در هکتار)، نیتروژن (6683 کیلوگرم در هکتار)، *آزولا* (5546 کیلوگرم در هکتار) و بدون *آزولا* و نیتروژن (5450 کیلوگرم در هکتار) به دست آمد. بالاترین میزان عملکرد بیولوژیک در تیمار تراکم اردک مربوط به تیمار 1200 قطعه اردک در هکتار بود که نسبت به تیمار شاهد از افزایش حدود 40 درصدی برخوردار بود. همچنین بالاترین میزان این صفت در تیمارهای *آزولا* به همراه نیتروژن مربوط به تیمار *آزولا* + نیتروژن به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد افزایش حدود 59 درصدی داشت (جدول 6).

جدول 5- مقایسه میانگین برهمکنش اردک و منبع کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج، رقم طارم هاشمی

Table 5- Mean comparison of interaction duck and nitrogen fertilizer source on yield and yield component of rice, Tarom Hashemi

اردک Duck	منبع کود نیتروژن Nitrogen source	ارتفاع بوته Plant height سانتی‌متر (cm)	تعداد پنجه در بوته Tillers per plant عدد (Number)	تعداد دانه در خوشه Number of grains per panicle عدد (Number)	عملکرد شلتوک Paddy yield کیلوگرم در هکتار ($kg.ha^{-1}$)
0	بدون آزولا و نیتروژن Not *Azolla* and nitrogen	78.33[g]	13.33[g]	78.00[ij]	2100.00[jk]
	نیتروژن Nitrogen	98.16[d]	21.00[e]	115.00[ef]	2600.00[hi]
	آزولا *Azolla*	82.33[e-g]	15.33[fg]	73.00[j]	1777.00[k]
	آزولا+ نیتروژن *Azolla*+Nitrogen	109.70[bc]	24.66[cd]	140.00[c]	3400.00[c-e]
400	بدون آزولا و نیتروژن Not *Azolla* and nitrogen	79.66[fg]	15.00[fg]	85.33[hi]	2367.00[ij]
	نیتروژن Nitrogen	102.70[d]	22.00[de]	119.00[de]	3200.00[e-g]
	آزولا *Azolla*	83.00[e-g]	16.00[fg]	100.00[g]	2500.00[i]
	آزولا+نیتروژن *Azolla*+Nitrogen	111.3[bc]	25.33[c]	157.00 [b]	3700.00[a-c]
800	بدون آزولا و نیتروژن Not *Azolla* and nitrogen	80.33[e-g]	14.66[fg]	87.00[hi]	2900.00[gh]
	نیتروژن Nitrogen	109.00[c]	23.33[c-e]	128.00[d]	3400.00[c-e]
	آزولا *Azolla*	84.33[ef]	16.66[f]	107.00[fg]	3010.00[fg]
	آزولا+نیتروژن *Azolla*+Nitrogen	113.50[bc]	26.33[c]	165.00[ab]	3900.00[ab]
1200	بدون آزولا و نیتروژن Not *Azolla* and nitrogen	82.33[e-g]	15.33[fg]	90.00[h]	3300.00[d-f]
	نیتروژن Nitrogen	114.20[b]	34.66[b]	138.70[c]	3600.00[b-d]
	آزولا *Azolla*	85.00[e]	17.33[f]	110.00[ef]	3400.00[c-e]
	آزولا+نیتروژن *Azolla*+Nitrogen	133.00[a]	38.66[a]	171.00[a]	4000.00[a]

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means by similar letter in each column are not significantly different at 5% probability level using LSD test.

جدول 6- مقایسه میانگین اثرات ساده اردک و منبع کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج، رقم طارم هاشمی

Table 6- Mean comparison of simple effects duck and nitrogen fertilizer source on yield and yield component of rice, Tarom Hashemi

عامل‌ها Factors	طول خوشه (سانتی‌متر) Cluster length (cm)	تعداد پنجه بارور در بوته (تعداد در بوته) Fertile tiller per plant (No.plant-1)	وزن هزار دانه (گرم) Grain weight (g)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
تعداد اردک (تعداد در هکتار) Duck ($No.ha^{-1}$)					
0	20.61^{a}	16.25^{c}	26.00^{d}	5424.20^{d}	45.41^{a}
400	21.38^{a}	18.17^{b}	28.08^{c}	6325.80^{c}	46.57^{a}
800	22.20^{a}	19.25^{b}	30.50^{b}	7008.30^{b}	47.43^{a}
1200	22.85^{a}	22.08^{a}	33.00^{a}	7600.80^{a}	47.52^{a}
منبع کود نیتروژن Nitrogen source					
بدون *آزولا* و نیتروژن Not *Azolla* and nitrogen	17.95^{d}	13.75^{c}	28.08^{c}	5450.80^{c}	48.52^{a}
نیتروژن Nitrogen	24.14^{b}	22.67^{b}	30.00^{b}	6683.30^{b}	47.77^{a}
آزولا *Azolla*	19.44^{c}	14.75^{c}	27.75^{c}	5546.70^{c}	47.37^{ab}
آزولا+ نیتروژن *Azolla*+Nitrogen	25.51^{a}	24.58^{a}	31.75^{a}	8678.30^{a}	43.28^{b}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means by similar letter in each column are not significantly different at 5% probability level using LSD test.

در مطالعه‌ای عملکرد بیولوژیک رقم طـارم در تیمـار 800 قطعـه اردک در هکتـار نسـبت بـه400 قطعـه اردک در هکتـار، 21 درصـد افـزایش و نسـبت بـه بـدون اردک 42 درصـد افـزایش نشـان داد (Mohammadi et al., 2013). در تحقیق دیگـری یـو و همکـاران (Yu et al., 2005) با انجام تحقیقاتی در بررسی خصوصیات عملکرد و اجزای عملکرد ارقـام بـرنج در تـراکم 250 قطعـه اردک در هکتـار گزارش نمودند عملکرد و اجزای عملکرد ارقـام بـرنج در ایـن تـراکم اردک به طور معنی‌داری افزایش یافته بود.

نتیجه‌گیری

در مجموع نتایج به دست آمده در ایـن پـژوهش نشـان داد کـه افزایش تراکم اردک در واحد سطح از 400 تا 1200 قطعه در هکتار به همراه کاربرد *آزولا* (500 گرم در متر مربع) و نیتروژن (50 کیلوگرم در هکتار) منجر به افزایش عملکرد و اجزای عملکرد بـرنج (رقـم طـارم هاشمی) شد. از سوی دیگر، اردک ضمن تغذیه از *آزولا* موجب کاهش تراکم و در نهایت کنترل آن شد. با توجه به نتایج پژوهش مبنی بـر کاهش مصرف کود شیمیایی نیتروژنه و افزایش قابل توجـه عملکـرد شلتوک می‌توان تیمار 1200 قطعه اردک در هکتـار بـه همـراه *آزولا* (500 گرم در متر مربع) و نیتروژن (50 کیلوگرم در هکتار) را به عنوان بهترین تیمار معرفی نمود. به طور کلـی نتـایج ایـن تحقیـق بیـانگر کـاهش اسـتفاده از مـواد شـیمیایی و اسـتفاده از عوامـل بیولوژیـک (کشاورزی ارگانیک یا حتی‌المقدور کشاورزی تلفیقی) در راستای تولید محصولات کشاورزی بالأخص برنج می‌باشد که به سلامت محصول تولیدی و حفظ اکوسیستم و پایداری آن توجه دارد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از مسئولان محترم پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان به خاطر حمایت‌های مالی در انجام این پژوهش صمیمانه تشکر و قدرانی می‌شود.

منابع

Alejar, A.S., and Aragones, M. 1989. *Azolla* microphylla as partial replacement for palay- snail-shrimp-based ration for mallared duck. In: National *Azolla* Action Program. Philippines. p. 221-239.

Ahmadnia, H.R., and Rafiee, G. 2008. Introduction of *Azolla* plants and its controlling as an invasive plant introduced. In: The First Regional Conference of Local Aquatic Ecosystem in Iran. Islamic Azad University, Bushehr Branch. p. 113-117. (In Persian)

Agricultural Statistics. 2011. Annual Statistics of Agricultural Crops during 2010-2011 Cropping Season. Ministry of Jihad-e-Agriculture, Iran. 121 pp. (In Persian).

Esmaeili, M., Mobasser, H.R., Heidari Sharifabad, H., Akbarpour Roshan, N.A., and Eftekhari, A. 2006. Study the effect of plant residues treatment and biological weeds control on weed characteristics and agronomic traits in the integrated rice Ratoon (*Oryza sativa*) cropping system. Journal of New Agricultural Sciences 2(5): 1-12. (In Persian with English Summary)

FAO. 2012. FAO/STATISTICS. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available online at: WWW.FAO.ORG.

Flohre, A., Rudnick, M., Traser, G., Tscharntke, T., and Eggers, T. 2011. Does soil biota benefit from organic farming in complex vs. simple landscapes? Agriculture, Ecosystems and Environment 141(1-2): 210-214.

Gharehyazi, B. 1989. *Azolla* provide the nitrogen for rice farms and its role in the weeds control. Master of Science Thesis in Agronomy, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Tarbiat Modarres University. (In Persian with English Summary)

Goh, B., Song, Y., and Manda, M. 2001. Effect of duck free-ranging density on duck behavior pattern and rice growth and yield under a rice-duck farming system in paddy field. Korean Journal of Environmental Agriculture 20(2): 86-92.

Hossain, S.T., Ahmed, G.J.U., Islam, M.R., and Mahabub, A.A. 2002. Role of ducks in controlling weeds and insects in integrated rice-duck farming. Bangladesh Journal Environment Sciences 6(2): 424-427.

Hasegawa, H., Furukawa, Y., and Kimura, S.D. 2005. On-farm assessment of organic amendments effects on nutrient status and nutrient use efficiency of organic rice fields in northeastern Japan. Agriculture, Ecosystems and Environmen. 108: 350–362.

International Rice Research Institute (IRRI). 2002. Find out how the qualities of rice are evaluated and scored in this authoritative sourcebook. Standard Evaluation System for Rice. p. 1-54.

Kim, H.D., Park, J.S., Bang, K.H., Cho, Y.C., Park, K.Y., Kwon, K.C., and Rhoe, Y.D. 1994. Rice growth and yield response in a rice/duck farming system in paddy fields. Korean Journal of Crop Sciences 39(4): 339-347.

Li, C.F., Cao, C.G., Wang, J.P., Zhan, M., Yuan, W.L., and Shahrear, A. 2008. Nitrogen losses from integrated rice-duck and rice-fish ecosystems in southern China. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 307: 207-217.

Lopes, A.R., Faria, C., Fernandez, A.P., Cepeda, C.T., Manaia, C.M., and Nunes, O.C. 2011. Comparative study of the microbial diversity of bulk paddy soil of two rice fields subjected to organic and conventional farming. Soil Biology and Biochemistry 43: 115-125.

Mostafavi Rad, M., and Tahmasbi Sarvestani, Z. 2003. Evaluation of nitrogen fertilizer effects on yield, yield components and dry matter remobilization in three rice genotypes. Journal of Agriculture Sciences and Natural Resources 10(2): 21-31. (In Persian)

Mohammadian, M. 2005. Study the efficiency of nitrogen fertilizer and its improvement in rice. Final Reports of Research Projects, Rice Research Institute of Iran-Deputy of Mazandaran. 65 pp. (In Persian).

Mohammadi, Z., and Azimi Ghalibaf, A. 2008. *Azolla* and its role in aquatic ecosystems. In: 2th Conference and Exhibition Community Environment. Tehran University. p. 86-89. (In Persian)

Mohammadi, M., Pirdashti, H., Aghajani Mazandarani, G., and Mosavi Toghani, S.Y. 2013. Evaluation of duck efficiency as a biocontrol agent on weeds density and diversity in rice- duck farming (*Oryza sativa* L.). Journal of Agroecology 4(4): 335-346. (In Persian with English Summary)

Phongpan, S., Mosier, A.R. 2003. Effect of rice straw management on nitrogen balance and residual effect of Urea–N in annual lowland rice cropping sequence. Biology and Fertility of Soils 37: 102-107.

Roger, P.A., and Ladha, K.J. 1990. Estimation of biological N_2 fixation and its contribution to nitrogen balance in wetland fields. 14th International Congress Soil Science. p. 2-10.

Subba Rao, N.S. 1988. Biofertilizers in agriculture. Second edition. Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd. New Delhi. 208 pp.

SAS Institute Inc. 2002. The SAS System for Windows, Release 9.0. Statistical Analysis 810 Systems Institute, Cary, North Carolina, USA.

Shariffar, P., and Hasanpour, Z. 2008. Study the effects of green manures and *Azolla* application on biophysical and agroecosystem sustainability in rice cultivation. In: 3th National Recycling Congress and the use of Organic Resources Renewed in Agriculture. Islamic Azad University, Khorasgan (Isfahan) Branch. p. 106-109. (In Persian)

Saiee, L., Hashemi Majd, K., Razavipour, T., and Rezaei, M. 2010. Reduction of nitrogen application in paddy fields using enriched compost and subsequent effect on rice yield. In: 5th National Conference on New Ideas in Agriculture. Islamic Azad University, Khourasgan (Isfahan) Branch. p. 111-115. (In Persian with English Summary)

Tavassoli, R., and Baghestani, M.A. 2006. *Azolla* (a useful plant or a weed). Journal of Zeitoon 167: 1-3. (In Persian)

Wang, J.P., Cao, C.G., Jin, H., and Liu, F.H. 2006. Effects of rice-duck farming on aquatic community in rice fields. Journal of Scientia Agricultura Sinica 39(10): 2001-2008.

Weiling, Y., Cougui, C., Jinping, W. 2008. Economic valuation of gas regulation as a service by rice-duck-fish complex ecosystem. Journal of Ecological Economics 4: 266-272.

Xie, L.Q., Chen, S.G., Liao, X.L., Luo, K., Tong, Z.X., Chen, W.J. 2005. Ecological and economical effect of rice-duck complex system. Journal of Hunan Agriculture Science 4: 93-95.

Yang, Z.H., Huang, H., and Wang, H. 2004. Paddy soil quality of a wetland rice-duck complex ecosystem. China Journal of Soi1 Science 35(2): 117–121.

Yu, S.M., Ouyang, Y.N., Zhang, Q.Y., Peng, G., Xu, D.H., and Jin, Q.Y. 2005. Effects of rice-duck farming system on *Oryza sativa* growth and its yield. Chinese Journal of Applied Ecology 16(7): 1252-1256.

Zhang, J.E., Xu, R., Chen, X., and Quan, G. 2009. Effects of duck activities on a weed community under a transplanted rice-duck farming system in southern China. Journal of Weed Biology and Management 9: 250-257.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 3، پاییز 1393، ص. 494-488

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 3, Fall 2014, p. 488-494

ارزیابی کشت مخلوط سیر (*Allium sativum* L.) با برخی گیاهان دارویی در شرایط آب و هوایی اهواز

محمود بهادر[1*]، علیرضا ابدالی مشهدی[2]، احمد کوچک‌زاده[2]، امین لطفی جلال‌آبادی[3] و حبیب‌الله یوسفیان قهفرخی[1]

تاریخ دریافت:1392/02/03
تاریخ پذیرش:1392/08/10

چکیده

به منظور ارزیابی قابلیت‌های گیاه دارویی سیر در زراعت مخلوط، آزمایشی در مزرعه گیاهان دارویی دانشگاه رامین خوزستان به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. تیمارها شامل کشت مخلوط سیر با گیاهان دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.)، سیاهدانه (*Nigella sativa* L.)، زنیان (*Carum copticum* L.)، رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)، همیشه‌بهار (*Callendula officinalis* L.) و شوید (*Anethum graveolens* L.) به صورت کشت بینابینی به نسبت 50:50 و نیز کشت خالص گیاهان مذکور بود. نتایج نشان داد که بالاترین مزیت نسبی کشت مخلوط سیر با گیاهان دارویی از لحاظ شاخص مجموع ارزش نسبی در کشت مخلوط سیر و همیشه بهار بدست آمد. بیشترین مقدار افزایش عملکرد واقعی مربوط به کشت مخلوط سیر با اسفرزه به میزان 1/78 بود و ترکیب سیر و همیشه بهار با مقدار 1/64 در سطح معنی‌داری پایین‌تر قرار گرفت. کشت خالص سیر با مقدار 7330 کیلوگرم در هکتار و مخلوط آن با زنیان با میانگین 2300 کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کم‌ترین میزان عملکرد را دارا بودند، هم‌چنین عملکرد کشت مخلوط سیر و اسفرزه با مقدار 5560 کیلوگرم در هکتار، با تیمارهای دیگر اختلاف معنی‌داری را نشان داد در حالی که در سطح آماری پایین‌تر از تیمار کشت خالص سیر بود. با افزایش تعداد دفعات آبیاری (آب مورد نیاز گیاه همراه) از میزان عملکرد سیر کاسته شد، در حالی که ارتباط مستقیمی بین مجموع ارزش نسبی و تعداد دفعات آبیاری دیده شد. در مجموع کشت مخلوط سیر با اسفرزه و همیشه‌بهار به دلیل وجود بالاترین مقدار افزایش عملکرد واقعی نسبت به کشت خالص سیر، در منطقه اهواز پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اسفرزه، کشت بینابینی، مجموع ارزش نسبی، نسبت برابری زمین، همیشه‌بهار

مقدمه

با افزایش تقاضای مصرف گیاهان دارویی در جهان و محدود بودن ظرفیت منابع طبیعی جهت تولید این گیاهان، پرورش گیاهان دارویی به صورت عمده و تجاری مورد توجه قرار گرفته است. مهم‌ترین فایده کشت و زراعت گیاهان دارویی، جلوگیری از انقراض و نابودی آن‌ها در عرصه طبیعی است. امکان استفاده از ارقام اصلاح شده و دارای عملکرد بالا و مواد مؤثر بیشتر، افزایش میزان برداشت در واحد سطح، کاهش هزینه‌های برداشت، کاهش هزینه‌های انبارداری و خشک کردن از دیگر مزایای پرورش گیاهان دارویی می‌باشد (Jafarnia et al., 2009).

سیر (*Allium sativum* L.) گیاهی حاوی ترکیبات بی‌نظیر گوگردی مانند آلیسین با آثار بسیار مفید بر روی سیستم گردش خون و قلب است. با استناد به گزارش‌های سازمان خوار و بار جهانی (FAO[3]) سطح زیر کشت جهانی سیر به صورت سالانه رو به افزایش است (FAO, 2008). این گیاه دارای تنوع زیادی در ایران است و خوشبختانه ارزش مواد دارویی سیر ایرانی بیش از مقادیر استاندارد داروشناسی جهانی است. اما میانگین عملکرد سیر در ایران به دلیل عدم مدیریت مناسب و عدم استفاده از روش‌های کشت نوین، کمتر از میانگین عملکرد جهانی آن است (Baghalian et al., 2004). اصلاح روش‌های کشت و اعمال مدیریت‌های جدید می‌تواند به

1، 2 و 3- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، استادیار و دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
(*- نویسنده مسئول: Email: mahmoudbahador@gmail.com)

3- Food and Agriculture Organization

افزایش تولید سیر در کشور بیانجامد و امکان صادرات آن را فراهم آورد.

در کشت مخلوط استفاده ترکیبی از گیاهان مختلف به شکل هندسی پوشش گیاهی این گیاهان وابسته بوده و علاوه بر آن شرایط محیطی، مدیریت، طول دوره رشد گیاه، مسائل اقتصادی و ثبات و پایداری نیز مؤثر می‌باشد (Connolly et al., 2001).

کشت مخلوط عبارتست از تولید دو یا چند محصول به طور همزمان در یک قطعه زمین (Rahimi et al., 2002). بسیاری پژوهشگران، برتری کشت مخلوط را بر کشت خالص گزارش کرده‌اند (Ghanbari Bonjar, 2000). از جمله برتری‌های کشت مخلوط نسبت به کشت خالص می‌توان به افزایش عملکرد (Hashemi-Dezfuli et al., 2000; Mazaheri, 2008 ; Rahimi et al., 2002) کاهش آفات و بیماری‌ها (Mazaheri, 2008 ; Rahimi et al., 2002) کاهش رشد علف‌های هرز (Bulsun et al., 1997)، حفاظت خاک (Mazaheri, 2008 ; Ghanbari Bonjar, 2000)، بهبود راندمان استفاده از منابع (Haymes & Lee, 1999) و کاهش ریسک (Mazaheri, 2008) اشاره کرد. علت افزایش عملکرد در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص می‌تواند در نتیجه استفاده بیشتر از عناصر غذایی و نور (Ghanbari Bonjar, 2000)، کاهش رشد علف‌های هرز (Bulsun et al., 1997)، کاهش رقابت درون گونه‌ای، حمایت گیاهان از یکدیگر (Hashemi-Dezfuli et al., 2000) و یا افزایش راندمان به ازای مصرف هر واحد از منابع (Cabllero et al., 1995) باشد. اگر توانایی اجزای تشکیل‌دهنده کشت مخلوط در نحوه استفاده از منابع محیطی مانند نور و آب متفاوت باشند، از آن منابع به نحو مؤثرتری استفاده می‌کنند (Willey, 1990).

رویکرد جهانی در تولید گیاهان دارویی به سمت استفاده از نظام‌های کشاورزی پایدار و به کارگیری روش‌های مدیریتی آن‌ها نظیر کشت مخلوط به منظور ارتقا عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی می‌باشد. در این راستا، امکان‌پذیری کشت مخلوط سیر با دامنه‌ای از گیاهان دارویی، در شرایط اقلیمی اهواز مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه گیاهان دارویی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان واقع در 36 کیلومتری شمال شرقی اهواز و در حاشیه شرقی رودخانه کارون با عرض جغرافیایی 31 درجه و 35 دقیقه و طول جغرافیایی 48 درجه و 53 دقیقه و ارتفاع 25 متر از سطح دریا در سال زراعی 91-1390 اجرا شد. خاک محل آزمایش بافتی رسی- لومی با اسیدیته 8/1 و هدایت الکتریکی 3/1 دسی‌زیمنس بر متر داشت. نتایج آزمون خاک نشان داد که خاک مورد نظر دارای 0/47 درصد مواد آلی، 6/3 میلی‌گرم بر کیلوگرم نیتروژن، هفت میلی‌گرم بر کیلوگرم فسفر و 128 میلی‌گرم بر کیلوگرم پتاسیم بود. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا درآمد. تیمارها شامل کشت خالص سیر (*Allium sativum* L.)، رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)، شوید (*Anethum graveolens* Dill.)، اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.)، همیشه‌بهار (*Callendula officinalis* L.)، زنیان (*Carum copticum* L.) و سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) به همراه کشت مخلوط به نسبت 50:50 سیر با شوید، اسفرزه، همیشه‌بهار، زنیان، سیاهدانه و رازیانه بود که به صورت ردیف‌های جایگزین بینابینی قرار گرفتند.

هر کرت به طول سه و عرض دو متر و فاصله بین کرت‌ها و بلوک‌ها، یک متر در نظر گرفته شد. در هر کرت فاصله بین دو ردیف کشت سیر 30 سانتی‌متر و فاصله بین دو بوته روی ردیف سیر هفت سانتی‌متر بود. در کشت مخلوط، سیر و هر یک از گیاهان همراه به صورت ردیف‌های جداگانه کشت شدند. جهت مبارزه با علف‌های هرز، یک ماه قبل از کاشت، زمین آبیاری شده و پس از سبزشدن علف‌های هرز، با دیسک زیر خاک برده شدند. علاوه بر آن علف‌های هرز داخل کرت‌ها به صورت دستی وجین گردید، ولی علف‌های هرز بین کرت‌ها به صورت شیمیایی (با استفاده از علف‌کش گراماکسون) کنترل شدند. میزان کود مصرفی طبق آزمون خاک و توصیه بخش تحقیقات آب و خاک استفاده شد. برای کشت سیر از توده دزفول استفاده شد. بذور گیاهان دارویی به صورت همزمان با سیر در تاریخ 11 آبان‌ماه کشت شدند. آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاهان در منطقه انجام شد. به دلیل غیرهمزمان بودن رسیدگی گیاهان دارویی، برداشت در پایان فصل رشد به صورت غیرهمزمان انجام شد. جهت تعیین عملکرد دانه گیاهان همراه در زمان رسیدگی، کل کرت برداشت و عملکرد دانه آن‌ها اندازه‌گیری شد.

با استفاده از روابط زیر، شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط بدست آمد (Banik et al., 2006):

الف- نسبت برابری زمین (LER[1]):

معادله (1)

$$\text{نسبت برابری زمین} = \frac{\text{عملکرد سیر در کشت مخلوط}}{\text{عملکرد سیر در کشت خالص}} + \frac{\text{عملکرد گیاه همراه در کشت خالص}}{\text{عملکرد گیاه همراه در کشت مخلوط}}$$

ب- شاخص مجموع ارزش نسبی (RVT[2]):

معادله (2)

$$\text{مجموع ارزش نسبی} = \frac{(\text{قیمت گیاه همراه} \times \text{عملکرد گیاه همراه}) + (\text{قیمت سیر} \times \text{عملکرد سیر})}{\text{قیمت سیر} \times \text{عملکرد سیر}}$$

پ- شاخص کاهش یا افزایش عملکرد واقعی (AYT):

معادله (3)

$$\text{کاهش یا افزایش عملکرد واقعی} = \left[LER \times \left(\frac{100}{Ig}\right) - 1\right] + \left[LER \times \left(\frac{100}{Ip}\right) - 1\right]$$

LER: نسبت برابری زمین، Ig: سهم سیر در کشت مخلوط، Ip: سهم گیاه همراه در کشت مخلوط

ت: شاخص سودمندی کشت مخلوط (IA[3]):

معادله (4)

$$\text{سودمندی کشت مخلوط} = \left(\frac{Pg}{Pg + Pp}\right) \times AYT + \left(\frac{Pp}{Pg + Pp}\right) \times AYT$$

Pg: قیمت هر واحد محصول سیر، Pp: قیمت هر واحد محصول همراه، AYT: شاخص کاهش یا افزایش عملکرد واقعی.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTATC صورت گرفت، مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد انجام شد. برای ترسیم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

مجموع ارزش نسبی (RVT) در تیمارهای مختلف در شکل 1 نشان داده شده است. همان طور که دیده می‌شود مزیت اقتصادی کشت مخلوط در مقایسه با تک کشتی آن فقط در کشت مخلوط سیر و همیشه‌بهار مشاهده شد (شکل 1). کم‌ترین مزیت اقتصادی مربوط به کشت مخلوط سیر و اسفرزه بود که با بقیه تیمارها تفاوت معنی‌دار نشان داد. نتایج پژوهشی در بررسی کشت مخلوط زعفران با گیاهان دارویی نشان داد که بالاترین شاخص ارزش نسبی در کشت مخلوط زعفران و زنیان بدست آمد (Koocheki et al., 2009). با توجه به تناقض نتایج، می‌توان چنین استنباط کرد که تطابق گیاه زنیان با زعفران بیشتر از گیاه سیر بوده است که احتمالاً به سبب تفاوت در اقلیم، طول فصل رشد، مورفولوژی گیاه، اثرات دگرآسیبی احتمالی و نیز عملیات زراعی متفاوت بوده است.

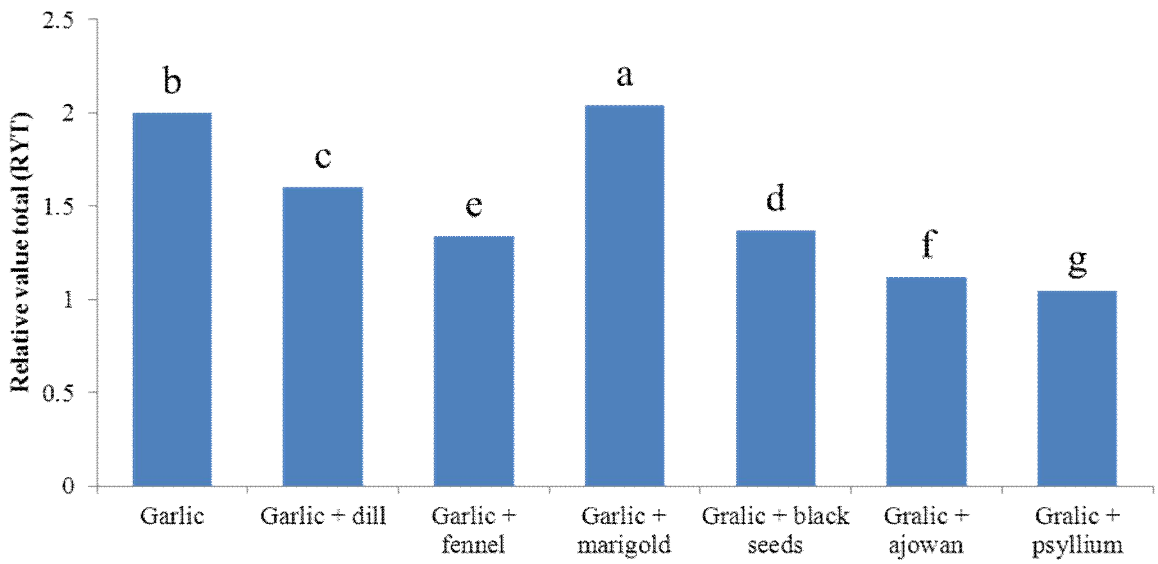
مقدار شاخص نسبت برابری زمین (LER) در همه تیمارهای کشت مخلوط به جز سیر و زنیان، بیشتر از یک بود. بیشترین مقدار این نسبت مربوط به مخلوط سیر با اسفرزه و سیر با همیشه بهار به ترتیب با مقادیر 1/39 و 1/32 و کم‌ترین آن مربوط به مخلوط سیر و زنیان با مقدار 0/95 بود. احتمالاً کاهش شدید عملکرد سیر در کشت مخلوط با زنیان، دلیل پایین بودن مقدار شاخص مذکور بوده است (جدول1).

عملکرد سیر در کشت مخلوط کمتر از کشت خالص آن بود (شکل A-2). میانگین عملکرد سیر در کشت خالص برابر 7330 کیلوگرم در هکتار بود در حالی که در کشت مخلوط بیشترین عملکرد سیر مربوط به مخلوط سیر و اسفرزه با مقدار میانگین 5560 کیلوگرم در هکتار بود که با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان داد و کم‌ترین عملکرد مربوط به مخلوط سیر و زنیان با میانگین 2300 کیلوگرم در هکتار بود. از آنجا که قدرت رقابت سیر با دیگر گیاهان برای دستیابی به نور ضعیف است (Malek-Mohamadi, 2011)، احتمالاً پوشاندن پوشش گیاهی توسط زنیان در کرت‌های مربوط به مخلوط سیر و زنیان، موجب نرسیدن نور به گیاه سیر و کاهش عملکرد آن در نتیجه کاهش فتوسنتز گیاه شده است. الگوی تغییرات در صفت تعداد سیرچه در سیر که قبلاً به عنوان مهم‌ترین جزء عملکرد سیر از آن نامبرده شده است (Malek-mohamadi, 2011)، مشابه با الگوی تغییر در عملکرد سیر بود (شکل B-2). به طوری‌که با افزایش تعداد سیرچه در سیر، عملکرد غده سیر به طور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین محاسبه ضریب همبستگی بین صفات عملکرد و تعداد سیرچه در سیر نشان از وجود همبستگی معنی‌دار و مثبت بالا (0/8) بین تعداد سیرچه در سیر با عملکرد غده بود که بیان‌گر اهمیت صفت تعداد سیرچه در عملکرد نهایی گیاه سیر می‌باشد.

1- Land Equivalent Ratio

2- Relative Value Total

3- Intercropping Advantage



شکل 1- مجموع ارزش نسبی در تیمارهای کشت خالص و مخلوط سیر

Fig. 1- Relative Value Total in sole cropping and intercropping of garlic

جدول 1- شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط

Table 1- Analyze indices of intercropping

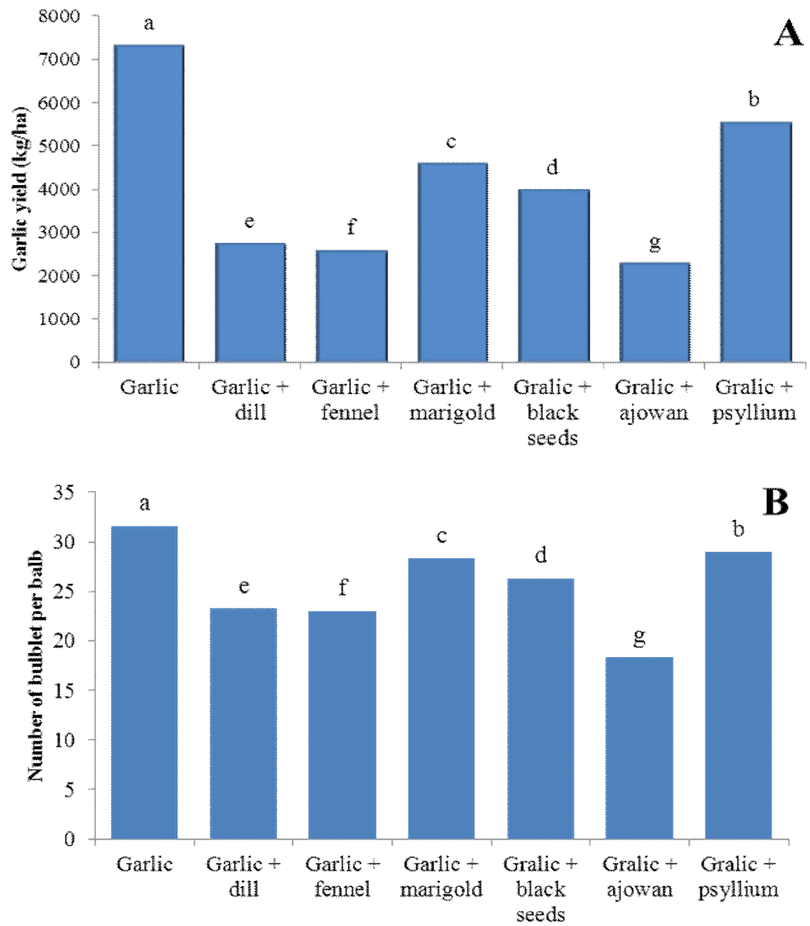
سودمندی کشت مخلوط (IA) Intercropping Advantage (IA)	کاهش یا افزایش عملکرد واقعی (AYL) Actual Yield Total (AYL)	نسبت برابری زمین (LER) Land Equivalent Ratio (LER)	ترکیب مخلوط Inrecropping combination
1.04 d	1.04 d	1.02 d**	سیر + شوید Garlic + dill
1.06 c	1.06 c	1.03 c	سیر + رازیانه Garlic + fennel
1.6 b	1.6 b	1.32 b	سیر + همیشه‌بهار Garlic + marigold
1.04 d	1.04 d	1.02 d	سیر + سیاهدانه Gralic + black seeds
0.9 e	0.9 e	0.9 e	سیر + زنیان Gralic + ajowan
1.7 a	1.7 a	1.39 a	سیر + اسفرزه Gralic + psyllium

** حروف مشابه در هر ستون، نشاندهنده‌ی عدم معنی‌داری در سطح احتمال 1% بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار هستند.

**Similar letter in each column, show the no significantly in 1% level in LSD test.

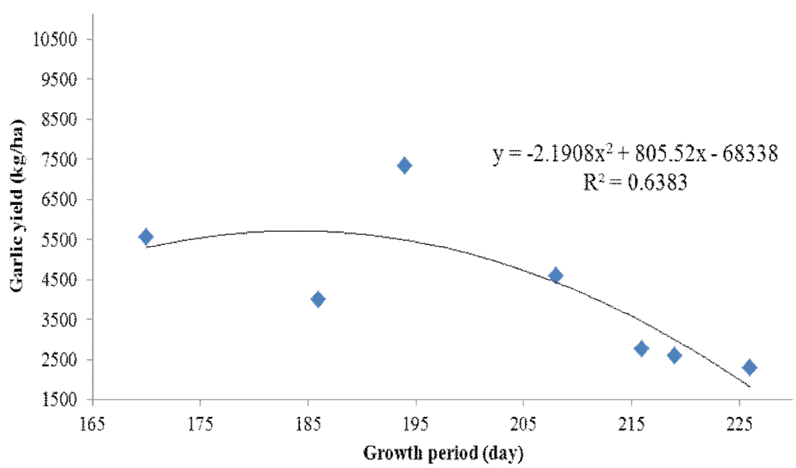
در مجموع بیشترین تعداد سیرچه در سیر در کشت خالص سیر (31/6 عدد) بود که با دیگر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت و کم‌ترین آن در کشت مخلوط سیر و زنیان (18/3 عدد) حاصل شد (شکل 2-B).

این بررسی نشان داد که افزایش طول دوره رشد گیاه همراه سیر در کشت مخلوط، بر عملکرد سیر تأثیر منفی داشت، به طوری‌که با افزایش این دوره عملکرد سیر کاهش معنی‌داری در سطح اطمینان یک درصد پیدا نمود (شکل 3). از جمله عوامل مؤثر می‌توان به کاهش تراکم سیر در کشت مخلوط نسبت به خالص و نیز مقدار کم عملکرد سیر در کشت مخلوط سیر و زنیان اشاره کرد.



شکل 2- A: عملکرد سیر و B: تعداد سیرچه در سیر در تیمارهای کشت خالص و مخلوط سیر

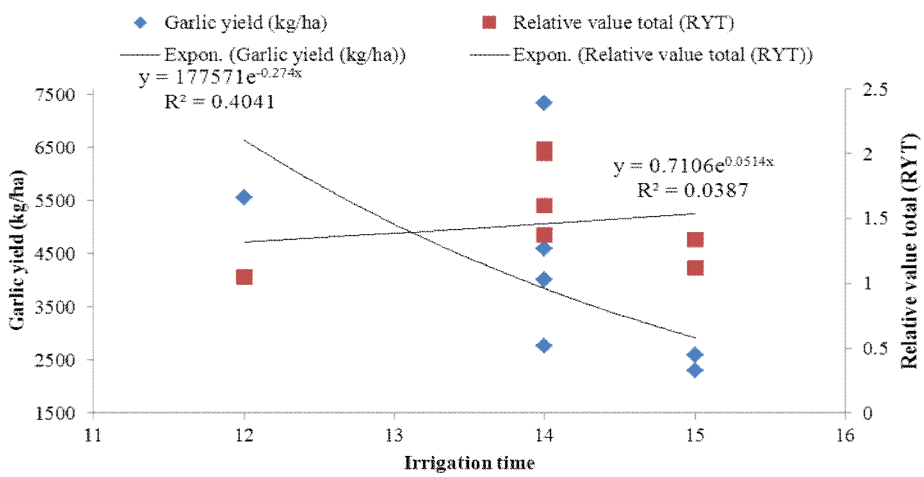
Fig. 2- A: Garlic yield and B: No. of bulblet per bulb in sole cropping and intercropping of garlic



شکل 3- ارتباط بین عملکرد سیر و دوره رشد گیاه همراه در تیمارهای کشت خالص و مخلوط سیر

Fig. 3- Relationship between garlic yield and growth period

ارتباط بین عملکرد و دفعات آبیاری در سال، در شکل 4 نشان داده شده است. با افزایش تعداد دفعات آبیاری در سال، عملکرد سیر کاهش یافت (شکل 4). با توجه به شکل 2، کاهش عملکرد در کشت مخلوط سیر با زنیان، رازیانه و شوید چشمگیرتر بود. احتمالاً نیاز بیشتر این گیاهان به آب و جلوگیری از رسیدن منابع محیطی به گیاه سیر، موجبات کاهش بیشتر عملکرد سیر را فراهم نموده است (Koocheki et al., 2009) و در نتیجه آن رابطه بین عملکرد و تعداد دفعات آبیاری به صورت منفی مشاهده می‌گردد.



شکل 4- ارتباط بین عملکرد سیر و مجموع ارزش نسبی (RVT) با دفعات آبیاری در سال در تیمارهای کشت خالص و مخلوط سیر
Fig. 4- Relationship between garlic yield and RVT with irrigation time in year

همچنین رابطه بین شاخص مجموع ارزش نسبی (RVT) و تعداد دفعات آبیاری در سال نیز در شکل 4 نشان داده شده که در آن با افزایش تعداد دفعات آبیاری، مجموع ارزش نسبی به طور معنی‌دار افزایش یافت (شکل 4). پژوهشگران دلیل آن‌را افزایش عملکرد گیاه همراه در کشت مخلوط بیان کردند (Koocheki et al., 2009). در این مورد اگرچه عملکرد سیر در کشت مخلوط این گیاه با زنیان (2300 کیلوگرم در هکتار) کم‌ترین مقدار بود ولی از مقدار شاخص ارزش نسبی بالایی (1/12) برخوردار بود.

نتایج این پژوهش نشان داد که گیاهانی مانند زنیان و رازیانه که دارای نیاز آبی بالایی بودند، عملکرد سیر را به شدت کاهش داد، اما به دلیل این‌که سهم عملکرد بالاتری در کشت مخلوط داشتند، از شاخص ارزش نسبی بیشتری برخوردار بودند. به طور کلی سیر را می‌توان با گیاهانی به صورت مخلوط کشت نمود که دوره رشد کوتاهتری داشته و لذا به تعداد دفعات آبیاری کمتری نیاز دارند. این امر موجب افزایش عملکرد سیر می‌شود، اگرچه شاخص ارزش نسبی (RVT) ممکن است روند متفاوتی را نشان دهد.

منابع

Baghalian, K., Fayazi, S.S., Naghavi, M., and Naghdi-Badi, H. 2004. Evaluation of pre-planting of Iranian garlic ecotypes in Alicine content and morphology. Journal of Medicinal Plants 4 (13): 50-59. (In Persian with English Summary)

Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghose, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in additive series experiment: Advantages and weed smothering. European. Journal of Agronomy 24(4): 325-332.

Bulsun, H.J., Snaydon, R.W., and Stopes, C.W. 1997. Effect of plant density on intercropped wheat and field bean in an organic farming system. Journal of Agricultural Science 128: 58-71.

Cabllero, R., Goiccoechea, E.L., and Hernaize, P.J. 1995. Forage yield and quality of common vetch and oat sown at varying seeding ratios and seeding rates of vetch. Field Crop Research 41(19). 135-140.

Ceotto, E., and Castelli, F. 2002. Radiation use efficiency in flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.): Response to nitrogen supply, climate variability and sink limitations. Field Crop Research 74: 117-130.

Connolly, J., Goma, H.C., and Rahim, K. 2001. The information content of indicators in intercropping research. Agriculture, Ecosystems & Environment 87: 191-207.

FAOSTAT.2008. Available at Http://faostat.fao.org.

Ghanbari Bonjar, A. 2000. Intercropped wheat (*Triticum aestivom*) and bean (*Vicia faba*) as a low-in put forage. PhD Dissertation. Wye College. University of London.

Hashemi-Dezfuli, S.A., Abdali-Mashhadi, A.R., and Siadat, S.A. 2000. Effect of mix proportion and sowing date on quantity and quality of forage and grain yield in intercropping of corn and sunflower on Ahvaz climatic conditions. Iranian Journal of Agronomy Science 2 (2): 1-12. (In Persian with English Summary)

Haymes, R., and Lee, H.C. 1999. Competition between autumn and spring planted grain intercrops of wheat (*Triticum aestivom*) and field bean (*Vicia faba*). Field Crop Research 62: 167-176.

Jafarnia, S., Khosroshahi, S., Safaei-Khoram, M., Zahmatkeshan-Torghabe, A., and Madah-Yazdi, W. 2009. Culture of medicinal and aromatic plants. Mashhad of Nashr-e-Sokhan Publication, Mashhad, Iran. 168 pp. (In Persian)

Koocheki, A., Najibnia, S., and Lalegani, B. 2009. Evaluation of saffron yield (*Crocus sativus* L.) in intercropping with cereals, pulses and medicinal plants. Iranian Agronomy Researches Journal 7(1): 173-182. (In Persian with English Summary)

Malek-mohamadi, M. 2011. Evaluation effect of different mulch on quantity and quality yield of garlic populations. MSc Dissertation, Faculty of Agriculture, Ramin Agriculture and Natural Resources University, Ahwaz, Iran. (In Persian with English Summary)

Mazaheri, D. 2008. Intercropping (Second Ed.). Tehran University Publication, Tehran, Iran 160 pp. (In Persian)

Rahimi, M.M., Mazaheri, D., Khodabande, N., and Heidari-Sharifabad, M. 2002. Evaluation of yield and yield components in intercropping of maize and soybean. Journal of Pajouhesh and Sazandegi 55: 45-51. (In Persian with English Summary)

Willey, R.W. 1990. Response use in intercropping systems. Agriculture and Water Management 17: 215-231.

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 3, Fall 2014, p. 495-507

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 3، پاییز 1393، ص. 507-495

اثر زمان مصرف کود شیمیایی در تلفیق با کود گاوی بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه (*Nigella sativa* L.)

عالیه صالحی[1]، سیف‌اله فلاح[2*]، رامین ایرانی‌پور[3] و علی عباسی سورکی[4]

تاریخ دریافت: 1392/02/10
تاریخ پذیرش: 1392/08/04

چکیده

یکی از جنبه‌های مهم تولید گیاهان دارویی مصرف کمتر نهاده‌های شیمیایی در تولید آن‌ها می‌باشد، که این موضوع می‌تواند علاوه بر افزایش تولید محصول در حفاظت از محیط زیست نیز مؤثر باشد. بنابراین، به منظور بررسی اثرات زمان مصرف کود شیمیایی در تلفیق با کود گاوی بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با نه تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد در سال زراعی 90-91 اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل شاهد (عدم مصرف نیتروژن)، کود گاوی، اوره، سه سطح کود تلفیقی تقسیطی ($\frac{2}{3}$ کود گاوی+$\frac{1}{3}$ کود اوره ، $\frac{1}{2}$ کود گاوی + $\frac{1}{2}$ کود اوره، + $\frac{1}{3}$ کود گاوی + $\frac{2}{3}$ کود اوره) و سه سطح کود تلفیقی غیر تقسیطی ($\frac{2}{3}$ کود گاوی+ $\frac{1}{3}$ کود اوره ، $\frac{1}{2}$ کود گاوی + $\frac{1}{2}$ کود اوره، + $\frac{1}{3}$ کود گاوی + $\frac{2}{3}$ کود اوره) بودند. نتایج نشان داد که کاربرد تلفیقی کود آلی + شیمیایی در مقایسه با کاربرد جداگانه موجب افزایش معنی‌دار تعداد شاخه جانبی در بوته (11/5 درصد)، تعداد کپسول در بوته (9/4 درصد)، وزن هزار دانه (7/4 درصد)، وزن کپسول (5/9 درصد) و عملکرد بیولوژیکی (36/3 درصد) در سیاهدانه گردید. کاربرد غیر تقسیطی کود اوره به همراه کود گاوی (50 :50) با بهبود تعداد کپسول در بوته و وزن هزار دانه موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه (2397 کیلوگرم در هکتار) گردید. بنابراین، استفاده از روش تلفیقی کود آلی با شیمیایی بویژه مصرف غیرتقسیطی کود اوره، با افزایش کارایی کوددهی موجب ارتقاء ویژگی‌های کمی محصول سیاهدانه می‌شود، که علاوه بر حذف هزینه کودپاشی سرک می‌تواند در حفظ محیط زیست و سلامت گیاه دارویی مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: کاربرد تقسیطی، کاربرد جداگانه، کود اوره، کود دامی

مقدمه

اگر چه امروزه استفاده از کودهای شیمیایی به عنوان سریع‌ترین راه برای جبران کمبود عناصر غذایی خاک و عملکرد بالا، گسترش چشمگیری یافته است، اما در بسیاری موارد کاربرد این کودها باعث آلودگی‌های زیست محیطی و صدمات اکولوژیکی شده و هزینه تولید را افزایش می‌دهد (Ghalavand et al., 2006)، بنابراین اخیراً جایگزینی کودهای شیمیایی با کودهای آلی به عنوان یکی از راهبردهای کشاورزی پایدار مورد توجه اکثر محققان قرار گرفته است (Pimentel & Dazhong, 1990; Sharifi Ashourabadi, 1999; Chandrasekar et al., 2005; Orhan et al., 2006; Moradi et al., 2011). در نظام‌های کشاورزی پایدار کاربرد کودهای آلی از اهمیت ویژه‌ای در افزایش تولید محصول و حفظ حاصلخیزی پایدار برخوردار است (Mehnaz & Lazarovits, 2006)، به طوری که کاربرد این کودها با افزایش سطوح کربن آلی و اثرات مستقیم و غیرمستقیم روی خصوصیات و فرآیندهای خاک در حفظ حاصلخیزی آن مؤثر است (Prakash et al., 2007). کودهای دامی منبع آلی عناصر غذایی برای تولید گیاهان به صورت پایدار می‌باشند که علاوه بر تأمین عناصر غذایی در افزایش ماده آلی خاک، قابلیت جذب عناصر توسط گیاه و حفظ تعادل نسبی نیتروژن نیز

1، 2 و 4- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، دانشیار اگرواکولوژی و استادیار اکولوژی گیاهان زراعی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
3- استادیار شیمی و حاصلخیزی خاک، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرکرد
(*- نویسنده مسئول: Email: Falah1357@yahoo.com)

مؤثرند و در نتیجه باعث افزایش درصد جوانه‌زنی بذور، رشد و توسعه ریشه و ساقه گیاه می‌شود (Blaize et al., 2005). بنابراین، در چنین سیستم‌هایی تولید گیاهان دارویی که به‌طور مستقیم در سلامت جامعه نقش دارند، می‌تواند اهمیت زیادی داشته باشد (Akbarinia et al., 2004).

سیاهدانه با نام علمی *Nigella sativa* L. گیاهی از تیره آلاله، یکساله، بومی جنوب غرب آسیا (Harzallah et al., 2011) یکی از گیاهان دارویی است که در بعضی از نقاط ایران به صورت خودرو وجود داشته و در برخی نقاط دیگر به صورت زراعی کشت و کار می‌شود (Javadi, 2008) و به دلیل نقش ترکیبات مؤثر آن به‌ویژه کوئینون[1] در درمان طیف وسیعی از بیماری‌ها مانند برونشیت، روماتیسم، فشار خون ، دیابت، آنفولانزا و حتی ایدز (Mehta Hussain et al., 2009; Erkan et al., 2008; et al., 2009)، داشته و نیز با توجه به نقش ویژه آن به عنوان گیاهی روغنی در تغذیه انسان اهمیت دارد (Ramadan & Morsel, 2003).

سیاهدانه همانند دیگر گیاهان برای رشد مناسب به عناصر پرمصرف، مخصوصاً نیتروژن نیاز دارد. در این ارتباط گزارش شده است که نیاز نیتروژن گیاه سیاهدانه 40 کیلوگرم نیتروژن در هکتار است و مقادیر زیادتر نیتروژن بیشتر جنبه تجملی داشته و تأثیر آن بر عملکرد گیاه ناچیز است (Javadi, 2008). این در حالی است که در یک آزمایش با بررسی سه سطح کود نیتروژن 40، 80 و 120 کیلوگرم در هکتار بر عملکرد سیاهدانه مشخص شد که بیشترین تعداد فولیکول در بوته و عملکرد دانه از تیمار با 80 کیلوگرم در هکتار نیتروژن و بیشترین وزن هزار دانه با تیمار 120 کیلوگرم در هکتار نیتروژن حاصل شد ولی ارتفاع گیاه و تعداد دانه در فولیکول تحت تأثیر نیتروژن قرار نگرفت (Khan, 1993). از آنجا که در سیستم تلفیقی، نقش کود شیمیایی جبران نیتروژن جذب شده توسط باکتری‌ها در اوایل دوره رشد و تأمین کمبود عناصر غذایی محیط ریشه می‌باشد. همچنین استفاده از کود شیمیایی باعث بهبود تجزیه میکروبی کود دامی شده و با پیشرفت دوره رشد نقش کود دامی در تغذیه گیاه بیشتر می‌گردد (Fallah et al., 2007)، کاربرد تلفیقی کود آلی و غیرآلی وابستگی کشاورز به کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهد و همچنین مواجه‌شدن خاک با پیامدهای کاربرد کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهد (Ayoola & Makinde, 2007). شریفی عاشورآبادی (Sharifi Ashourabadi, 1999) با بررسی مقادیر مختلف کود دامی، کودهای شیمیایی و یا به‌کارگیری توأم آنها در مورد گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) اظهار داشت که کاربرد کود دامی موجب افزایش 78 درصد و کودهای شیمیایی (NPK) 69 درصد افزایش محصول رازیانه گردیدند، در حالی‌که به‌کارگیری مخلوط تولید را 122 درصد افزایش داد. مالاناگودا (Mallanagouda, 1995) نشان داد که عملکرد دانه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) در تیمار تلفیق کودهای شیمیایی (NPK) با کود دامی بیشتر از کاربرد جداگانه هر یک از آنها بود. وی دلیل این افزایش را به نقش کود دامی در بهبود خواص فیزیکی خاک و افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه ذکر کرد. همچنین در تحقیق یاداو و همکاران (Yadav et al., 2002) بر روی اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.) ملاحظه شد که کاربرد تلفیقی کود شیمیایی به همراه کود دامی بطور معنی‌داری سبب افزایش تعداد پنجه در گیاه، ارتفاع بوته، تجمع ماده خشک، تعداد سنبله در هر بوته، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و کاه و کلش گردید که این امر را مربوط به اثر مفید کود دامی در افزایش عرضه عناصر غذایی و در نتیجه بهبود فتوسنتز و تسهیم بهتر مواد در مخازن عنوان کردند. همانطور که در مطالعات قبلی گزارش شده است، برای کاهش مشکلات زیست محیطی ناشی از کاربرد جداگانه کودهای شیمیایی به خصوص کودهای نیتروژن‌دار، می‌توان کودهای آلی را به صورت تلفیق با شیمیایی به عنوان راهکاری مؤثر و کارآمد جهت نیل به اهداف کشاورزی پایدار استفاده نمود، اما بالا بودن نسبت کربن به نیتروژن در کودهای دامی به ویژه کود گاوی موجب کاهش معدنی شدن نیتروژن آنها می‌شود (Alizadeh et al., 2012; Pourazizi, 2011) که این امر ممکن است مزیت تلفیق کودها را بی‌اثر نماید. از این‌رو در این آزمایش علاوه بر مقایسه کاربرد جداگانه و تلفیقی کود اوره با کود گاوی، اثر زمان مصرف نیتروژن شیمیایی در تیمارهای تلفیقی بر رشد و عملکرد سیاهدانه در شرایط آب و هوایی شهرکرد مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد (عرض جغرافیایی 32 درجه و 21 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 50 درجه و 49 دقیقه شرقی و با ارتفاع 2050 متر از سطح دریا) در سال زراعی 90-1391 در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. قبل از اجرای آزمایش، تجزیه نمونه‌های خاک محل اجرا و کود گاوی مورد استفاده در تحقیق در آزمایشگاه انجام شد (جدول‌های 1 و 2).

1- Quinone

جدول 1- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک
Table 1- Some physical and chemical characteristics of soil

بافت خاک Soil texture	هدایت الکتریکی EC	اسیدیته pH	کربن آلی OC	نیتروژن کل N total	فسفر قابل دسترس Available P	پتاسیم قابل دسترس Available K	روی Zn	منگنز Mn	آهن Fe	مس Cu
	(دسی‌زیمنس بر متر) ($dS.m^{-1}$)		(درصد) (%)		(میلی‌گرم در کیلوگرم) ($mg.kg^{-1}$)					
لوم رسی Clay loam	1.011	7.96	0.955	0.082	10.80	391	0.68	8.73	8.09	0.91

جدول 2- خصوصیات شیمیایی کود گاوی
Table 2- Chemical characteristics of cattle manure

هدایت الکتریکی EC (1:2.5)	اسیدیته pH	نیتروژن N	کربن آلی OC	کلسیم Ca	منیزیم Mg	فسفر P_2O_5	پتاسیم K_2O	روی Zn	منگنز Mn	آهن Fe	مس Cu
(دسی‌زیمنس بر متر) ($dS.m^{-1}$)				(درصد) (%)				(میلی‌گرم در کیلوگرم) ($mg.kg^{-1}$)			
6.76	7.48	0.41	27.50	0.10	0.03	0.38	1.21	8.41	74.5	98.4	5.9

تیمارها شامل کود گاوی، کود اوره، سه سطح کود تلفیقی تقسیطی ($\frac{2}{3}$ کود گاوی+ $\frac{1}{3}$ کود اوره، $\frac{1}{2}$ کود گاوی + $\frac{1}{2}$ کود اوره، + $\frac{1}{3}$ کود گاوی + $\frac{2}{3}$ کود اوره) و سه سطح کود تلفیقی غیر تقسیطی ($\frac{2}{3}$ کود گاوی+ $\frac{1}{3}$ کود اوره، $\frac{1}{2}$ کود گاوی + $\frac{1}{2}$ کود اوره، + $\frac{1}{3}$ کود گاوی + $\frac{2}{3}$ کود اوره) و شاهد (عدم مصرف نیتروژن) بودند. در تیمارهای کودی فوق‌الذکر، مقدار نیتروژن خالص 80 کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد که این مقدار در کود گاوی با احتساب راندمان آزادسازی 50 درصد نیتروژن کل بکار برده شد (Pimentel, 1993)، به‌گونه‌ای که پس از احتساب راندمان مربوطه مقدار نیتروژن آن معادل نیتروژن موجود در کود اوره مصرفی بود. کود گاوی در زیر پشته‌های کوچکی به عمق 12-10 سانتی‌متر که ایجاد شده بود، قرار گرفت. در تیمارهای تلفیق غیر تقسیطی، سهم کود اوره پیش از کاشت در عمق مشابه کود دامی قرار گرفت، ولی در تیمارهای تلفیق تقسیطی مشابه روشهای متداول کوددهی، $\frac{1}{3}$ از سهم اوره مطابق تیمارهای مربوطه پیش از کاشت و مابقی آن به صورت سرک هنگامی که بوته‌ها به ارتفاع 15 تا 20 سانتی‌متر بود (حدوداً یک ماه پس از سبز شدن) مصرف شد.

مساحت هر کرت شش متر مربع (3 × 2 متر مربع) در نظر گرفته شد، به‌طوری که هر کرت دارای هشت ردیف کاشت به فواصل 25 سانتی‌متر بود. پس از تهیه بستر و ایجاد شیارهایی به سانتی‌متر، در تاریخ 21 فروردین کاشت به صورت خشکه‌کاری با دست انجام شد. ابتدا بذور سیاهدانه (توده محلی سمیرم) با وزن هزار دانه 2/35 گرم به صورت متراکم روی ردیف در عمق 3-2 سانتی‌متر کاشته شد و گیاهچه‌ها در دو مرحله (3-2 برگی و 6-4 برگی)، برای دستیابی به فاصله بوته روی ردیف دو سانتی‌متر تنک گردید. اولین آبیاری پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی به فاصله هر 7-5 روز یکبار بر اساس شرایط جوی تا آخر فصل رشد به روش بارانی انجام گرفت و برای جلوگیری از اختلاط آب کرت‌ها در هر بلوک بطور جداگانه یک جوی فاضلاب ایجاد شد و فاصله بین بلوک‌ها 1/5 متر در نظر گرفته شد. علف‌های هرز مهم مزرعه شامل تاج خروس (*Amaranthus retroflexus* L.)، سلمه تره (*Chenopodium album* L.) و پیچک صحرایی (*Convolvulus arvensis* L.) بودند که در سه مرحله، دو مرحله قبل از تنک کردن و یک مرحله قبل از کود سرک، وجین دستی انجام گرفت. در طول فصل رشد بیماری یا آفت خاصی مشاهده

نشد و نیازی به مبارزه نداشت. در نهایت، عملیات برداشت با زرد شدن بوته‌ها، برگ‌ها و قهوه‌ای شدن فولیکول‌ها در 15 شهریور انجام شد. به‌منظور اندازه‌گیری ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی در بوته، وزن کپسول و اجزاء عملکرد (تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه)، در مرحله برداشت، 20 بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب گردید و صفات ذکر شده اندازه‌گیری شد. جهت تعیین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی پس از حذف یک ردیف از هر طرف و20 سانتی‌متر از ابتدا و انتهای هر کرت، برداشت صورت گرفت و با توزین بوته‌ها عملکرد بیولوژیکی تعیین شد، سپس عمل بوجاری انجام گرفت و دانه از کاه و کلش جدا و سپس با توزین دانه، عملکرد آن بر مبنای رطوبت 14% محاسبه شد. شاخص برداشت نیز از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیکی به صورت درصد محاسبه گردید. داده‌های بدست آمده با نرم‌افزار SAS V. 9 مورد تجزیه آماری قرار گرفتند و مقایسات میانگین با روش LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.فاصله 25

نتایج و بحث

خصوصیات رشدی

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس ارتفاع بوته در جدول 3 نشان داد که این صفت به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار کودی قرار گرفت ($p\leq0/01$)، به طوری‌که کمترین ارتفاع بوته مربوط به شاهد (37/42 سانتی‌متر)، و بیشترین ارتفاع بوته با میانگین 68/2 سانتی‌متر مربوط به تیمار اوره بود (شکل 1- الف).

جدول 3- نتایج آنالیز واریانس (میانگین مربعات) اثر کود اوره، گاوی و تلفیقی بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی در بوته، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه سیاهدانه

Table 3- Analysis of variance (mean of squares) of urea, cattle manure and integrated for black cumin plant height, number of branch per plant, number capsules per plant, number of seed per capsule and 1000-seed weight of black cumin

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه جانبی Number of branch	تعداد کپسول Number of capsules	تعداد دانه Number of seed	وزن هزار دانه 1000-seed weight
بلوک Block	2	4.94 ns	0.06 ns	1.55 ns	0.13 ns	0.0005 ns
کوددهی Fertilization	8	274.66**	4.77**	111.61 **	78.09 **	0.05 **
خطا Error	16	3.42	0.109	1.33	4.90	0.002
ضریب تغییرات (%) CV (%)		3.21	4.75	7.23	4.11	2.09
مقایسات گروهی						
کوددهی در مقابل شاهد Fertilization vs control	1	4.51ns(+22.65)	9.003 ** (+1.84)	417 ** (+12.51)	293 ** (+10.47)	0.170 ** (+0.26)
تلفیقی در مقابل جداگانه Integrated vs separate	1	309** (-5.13)	2.87 ** (+0.79)	10.61** (+1.54)	12.25 ns (+1.6)	0.152 ** (+0.17)
تلفیقی غیر تقسیطی در مقابل تلفیقی تقسیطی Full dose application vs split application	1	431** (+3.47)	0.47 ** (-0.33)	16.82** (1.93)	86.06 ** (-4.23)	0.005 ns (-0.04)

ns: غیرمعنی‌دار و ** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد می‌باشد. اعداد مثبت و منفی داخل پرانتز بیانگر اختلاف میانگین گروه اول با گروه دوم است.

ns: non-significant and ** is significant 1% probability level. Positive and negative numbers in parentheses indicate the mean difference between the first and second group.

در مقایسات گروهی انجام شده بین کوددهی به صورت تلفیقی و جداگانه و کاربرد تقسیط و غیر تقسیط کود اوره تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($p\leq0/01$). کاربرد جداگانه کود گاوی و اوره نسبت به کاربرد تلفیقی این کودها 8/7 درصد و کاربرد غیر تقسیطی نسبت به کاربرد تقسیطی کود اوره 6/1 درصد میزان ارتفاع را افزایش داده است. کمبود عناصر غذایی یکی از عوامل اصلی در تعیین اندازه ارتفاع گیاه است و در این ارتباط نیتروژن عامل اصلی افزایش ارتفاع در گیاه است (Singh & Chauhan, 1994). همانطور که در جدول 1 مشاهده می‌شود، بوته‌های تیمار شاهد به علت کمبود شدید نیتروژن از رشد کمتری برخوردار بود، در حالی‌که میزان مواد غذایی در کلیه تیمارهای کودی مورد استفاده برای رشد رویشی گیاه مناسب بود (جدول 2). از طرفی دلیل افزایش ارتفاع در کاربرد جداگانه و غیرتقسیطی اوره را می‌توان به دسترسی سریع گیاه به نیتروژن در اوایل فصل رشد و آزاد شدن تدریجی نیتروژن کود گاوی در طول فصل رشد نسبت داد.

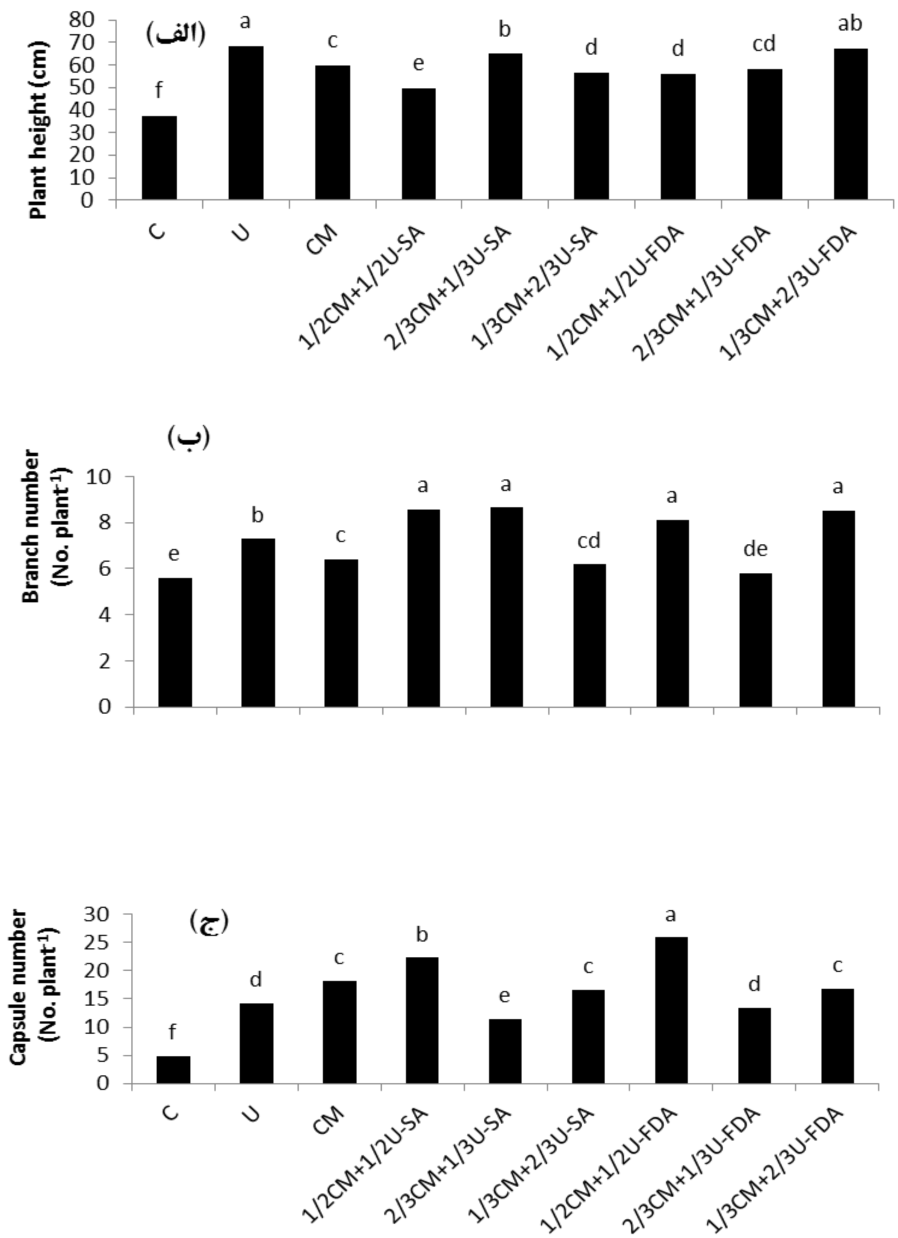
شاخه جانبی در بوته

کوددهی، تعداد شاخه اصلی در بوته گیاه دارویی سیاهدانه را به طور معنی‌داری ($p\leq0/01$) افزایش داد (جدول 3). در مقایسات گروهی نیز مشخص شد که تعداد شاخه اصلی کرت‌های دریافت‌کننده کود نسبت به شاهد 32/86 درصد بیشتر بود و تیمارهای تلفیقی به استثنای $\frac{1}{3}$ کود گاوی + $\frac{2}{3}$ کود اوره تقسیطی و $\frac{2}{3}$ کود گاوی+ $\frac{1}{3}$ کود اوره غیرتقسیطی به ترتیب برابر با 8/64، 8/58، 8/5 و 8/13 شاخه دارای بیشترین تعداد شاخه در بوته بودند (شکل 1- ب). همان‌طور که در شکل 1- ب مشاهده می‌شود اگر چه اثر کاربرد جداگانه کود اوره در افزایش این صفت نسبت به کود گاوی بیشتر بود، ولی اثر تیمارهای تلفیقی، به ویژه تلفیقی تقسیطی (با 4/42 درصد افزایش نسبت به کاربرد غیر تقسیطی) بر تعداد شاخه اصلی در بوته بیشتر بود (جدول 3 و شکل 1- ب). احتمالاً کاربرد تلفیقی به دلیل هم‌افزایی اثرات دو کود و تطابق با نیاز گیاه منجر به بهبود رشد رویشی گیاه گردیده است و از آنجا که نسبت C/N گود گاوی بسیار بالا (67) می‌باشد، مقدار نیتروژنی که در تیمارهای تلفیقی استفاده شده توانسته این نسبت را پایین آورد و تعادلی بین نیتروژن مورد نیاز گیاه در طول فصل رشد ایجاد نماید. گزارش سوجاتا و همکاران (Sujatha et al., 2008) مبنی بر بالا بودن تعداد شاخه در تیمارهای تلفیقی نسبت به تیمار جداگانه آلی در گیاه دارویی *Andrographis paniculata* نیز برتری کارکرد تلفیقی کودها نسبت به کاربرد کود آلی را نشان می‌دهد.

اجزای عملکرد

تعداد کپسول در بوته

نتایج آزمایش حاکی است که کلیه تیمارهای کودی مورد استفاده تعداد کپسول در بوته را نسبت به شاهد به طور معنی‌داری ($p\leq0/01$) افزایش دادند (جدول 3) و مقدار این افزایش 2/75 برابر شاهد بود (شکل 1- ج). بیشترین تعداد کپسول در بوته برابر با 25/83 کپسول در بوته متعلق به تیمار $\frac{1}{2}$ کود گاوی+ $\frac{1}{2}$ کود اوره تلفیقی غیر تقسیطی بود (شکل 1- ج). بر اساس مقایسات گروهی انجام شده بین تیمارهای جداگانه و تلفیقی تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت (جدول 3)، به طوری که تعداد کپسول در بوته در تیمارهای تلفیقی 15/94 درصد بالاتر از کاربرد جداگانه کود بود و بر اساس همین مقایسات کرت‌های دریافت‌کننده کود به صورت غیر تقسیطی تعداد کپسول در بوته را بیشتر افزایش دادند (شکل 1- ج). افزایش تعداد سنبله در هر بوته، طول سنبله و وزن هزار دانه گیاه در شرایط استفاده تلفیقی کود شیمیایی با کود دامی در مقایسه با کاربرد جداگانه این کودها می‌تواند مربوط به اثر مفید کود دامی در افزایش عرضه عناصر غذایی، بهبود فتوسنتز، تسهیم بهتر مواد در مخازن و در کل بهبود رشد عمومی باشد (Yadav et al., 2002). نتایجی که نشان‌دهنده برتری یا عدم برتری کاربرد غیر تقسیطی بر تقسیطی کود اوره باشد، جهت تطابق با نتایج این آزمایش در دسترس قرار نگرفت.



شکل 1- مقایسه اثر کاربرد جداگانه و تلفیقی کود گاوی و اوره بر ارتفاع بوته (الف)، تعداد شاخه جانبی در بوته (ب) و تعداد کپسول در بوته (ج) سیاهدانه در شرایط استفاده تقسیطی و غیرتقسیطی اوره

Fig. 1- Comparison of separate and combined application of cattle manure and urea on plant height (A), number of branches per plant (B), number of capsules per plant (C) of black cumin used in split and non-split application of urea

C= شاهد، U=کود اوره، CM=کود گاوی، SA و FDA= به ترتیب کاربرد تقسیطی و غیر تقسیطی کود اوره در شرایط تلفیق.

C= Control, U= Urea fertilizer, CM= Cattle manure, SA and FDA: Split and full dose application of urea in combined conditions, respectively.

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر شکل دارای تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD نیستند.

Means with similar letter, are not significantly different ($p \leq 0.05$) based on LSD test.

تعداد دانه در کپسول

کوددهی تعداد دانه در کپسول را به طور معنی‌داری ($p \leq 0/01$) نسبت به شاهد افزایش داد (جدول 3). کاربرد کود به صورت تلفیقی نسبت به کاربرد جداگانه تفاوت معنی‌داری نداشت، این در حالی است که بیشترین تعداد دانه (64/45 دانه در کپسول) متعلق به تیمار کودی $\frac{2}{3}$ کود گاوی+ $\frac{1}{3}$ کود اوره تلفیقی تقسیطی بود (شکل 2- الف). در این ارتباط می‌توان به این موضوع اشاره کرد که عناصر غذایی در کودهای آلی بر عکس کودهای شیمیایی به آهستگی آزاد شده و در طی فصل رشد در اختیار گیاه قرار می‌گیرد (Alizadeh et al., 2012)، در نتیجه فرسایش و شستشو از آن‌ها کمتر می‌باشد و تا انتهای فصل رشد می‌تواند عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را تأمین نمایند و منجر به افزایش اجزای عملکرد گیاه گردد (Pourazizi, 2011). در سیستم تغذیه تقسیطی و غیر تقسیطی نیز تفاوت وجود داشت؛ به طوری که سیستم تقسیطی تأثیر بیشتری بر تعداد دانه در کپسول داشت. اکبری (Akbari, 2009) نیز در بررسی سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای بر گیاه دانه روغنی آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) نشان داد که تیمار 50 درصد آلی + 50 درصد شیمیایی بالاترین وزن هزار دانه، تعداد دانه و قطر طبق را داشته است.

وزن هزار دانه

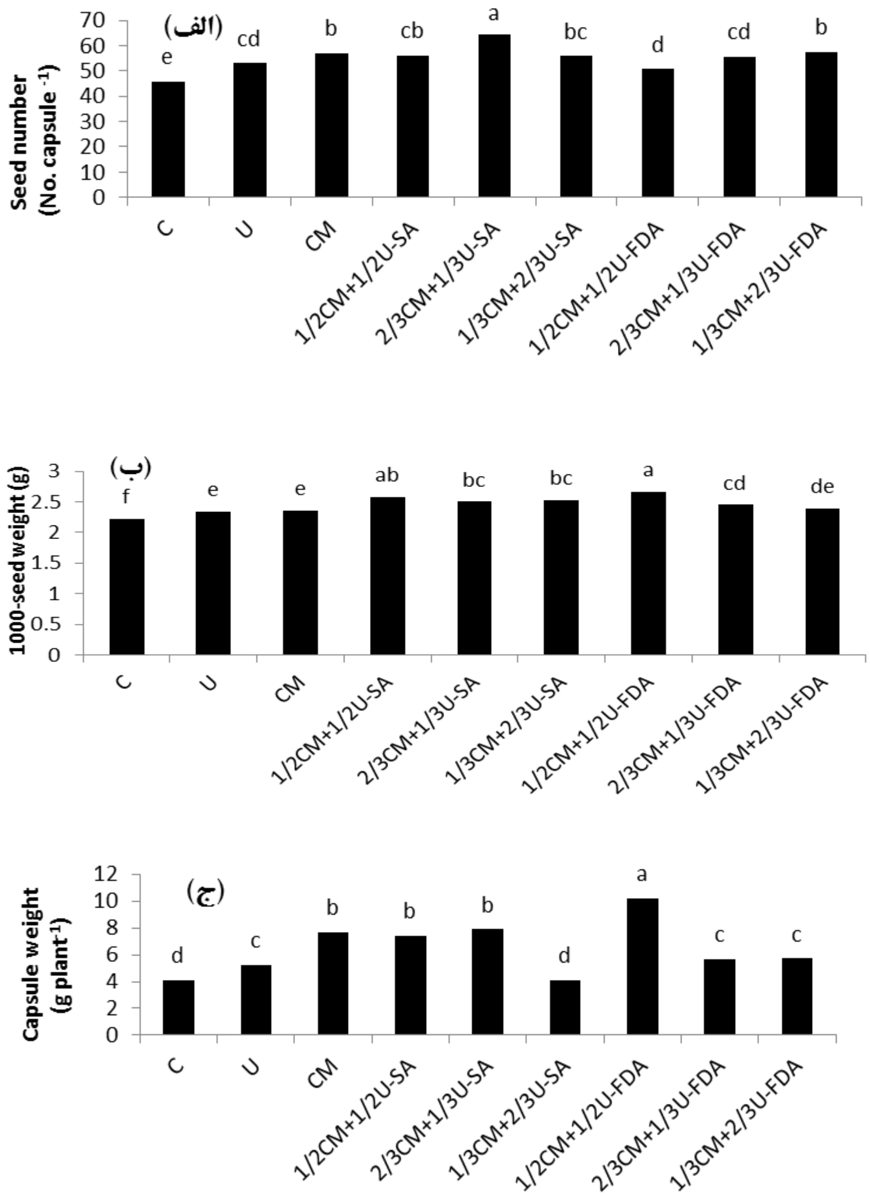
وزن هزار دانه در بوته نیز تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول 3). کلیه تیمارهای کودی مورد استفاده وزن هزار دانه را نسبت به تیمار شاهد به طور معنی‌داری افزایش دادند (شکل 2- ب). مقایسات گروهی حاکی از آن است در سیستم تغذیه‌ای تلفیقی دانه‌ها به میزان 7/23 درصد سنگین‌تر از سیستم کاربرد جداگانه کودها بودند (جدول 3 و شکل 2- ب) و از بین این تیمارها، تیمار $\frac{1}{2}$ کود گاوی+ $\frac{1}{2}$ کود اوره غیر تقسیطی 19/82 درصد وزن هزار دانه را نسبت به شاهد افزایش داد. (شکل 2- ب). به نظر می‌رسد که کودهای آلی در صورت اضافه شدن به کودهای معدنی و شیمیایی می‌توانند تأثیر جبرانی و مکملی را بر بهبود خصوصیات رشدی و عملکرد گیاهان به دنبال داشته باشند. ترکیب این دو منبع تغذیه باعث می‌شود که در ابتدای رشد گیاه، کود شیمیایی، نیتروژن و سایر عناصر غذایی قابل جذب برای آن‌ها را تأمین نموده و کود دامی نیز در مراحل بعدی رشد، نیتروژن و سایر عناصر غذایی را به تدریج آزاد کرده و در نتیجه توزیع مناسبی از عناصر غذایی در طول مدت رشد و پر شدن دانه در اختیار گیاه قرار گیرد (Carrubba, 2009 ; Alizadeh et al., 2012). علاوه بر این، ممکن است افزایش میزان آب قابل دسترس گیاه و بهبود ساختمان فیزیکی خاک (Singer et al., 2007)، سرعت و مدت فتوسنتز توسط گیاه سیاهدانه را سرعت بخشیده و باعث افزایش وزن دانه در بوته شده است. وزن هزار دانه در شرایط کاربرد تقسیطی و غیر تقسیطی کود اوره تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول 3).

وزن کپسول

وزن کپسول در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمار کوددهی قرار گرفت ($p<0/01$)، مقایسات گروهی نیز حاکی از آن است که کاربرد تلفیقی نسبت به کاربرد جداگانه وزن کپسول را افزایش داد (جدول 4). بیشترین وزن کپسول متعلق به تیمار $\frac{1}{2}$ کود گاوی+ $\frac{1}{2}$ کود اوره غیرتقسیطی با 64 درصد افزایش نسبت به شاهد بود و همچنین کاربرد غیرتقسیطی اوره 11/45 درصد وزن کپسول را در مقایسه با کاربرد تقسیطی افزایش داد (جدول 4 و شکل 2- ج). افزایش وزن کپسول در تیمار ترکیب مساوی کود گاوی و اوره غیر تقسیطی به دلیل افزایش وزن هزار دانه می‌باشد (شکل 2- ج) که مبین تأمین شرایط مناسب پر شدن دانه در این تیمار می‌باشد.

عملکرد دانه

بر اساس جدول تجزیه واریانس تیمارهای کودی بر میزان عملکرد سیاهدانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. همچنین استفاده از کود در گیاه سیاهدانه میزان عملکرد را بیش از 130 درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول 4). بر اساس مقایسات گروهی بین کاربرد تلفیقی و جداگانه کود اوره تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، این در حالی است که بیشترین میزان عملکرد مربوط به تیمار $\frac{1}{2}$ کود گاوی + $\frac{1}{2}$ کود اوره غیرتقسیطی با میزان 2397 کیلوگرم در هکتار بود (جدول 4 و شکل 3- الف).



شکل 2- مقایسه اثر کاربرد جداگانه و تلفیقی کود گاوی و اوره بر تعداد دانه در کپسول (الف)، وزن هزار دانه (ب) و وزن کپسول (ج) گیاه سیاهدانه در شرایط استفاده تقسیطی و غیر تقسیطی اوره

Fig. 2- Comparison of separate and combined application of cattle manure and urea on Seed number per capsule (A), 1000-seed weight (B), capsules weight (C) of black cumin used in split and non-split application of urea

C= شاهد، U=کود اوره، CM=کود گاوی، SA و FDA= به ترتیب کاربرد تقسیطی و غیر تقسیطی کود اوره در شرایط تلفیق.

C= Control, U= Urea fertilizer, CM= Cattle manure, SA and FDA: Split and full dose application of urea in combined conditions, respectively.

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر شکل دارای تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD نیستند.

Means with similar letter, are not significantly different ($p \leq 0.05$) based on LSD test.

جدول 4- نتایج آنالیز واریانس (میانگین مربعات) اثر کود اوره، گاوی و تلفیقی بر وزن کپسول، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت سیاهدانه

Table 4- Analysis of variance (mean of squares) of urea, cattle manure and integrated for capsule weight, seed yield, biological yield and harvest index of black cumin

شاخص برداشت Harvest index	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	وزن کپسول Capsule weight	درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
12.71 ns	218501 ns	9515 ns	0.072 ns	2	بلوک Block
413.49 **	4191621**	824801 **	12.20 **	8	کوددهی Fertilization
19.79	57761	10520	0.09	16	خطا Error
10.36	6.04	6.24	4.64		ضریب تغییرات (%) CV (%)
		مقایسات گروهی			
313 ** (+10.84)	9481228** (+1901)	2641709** (+995)	18.54 ** (+2.64)	1	کوددهی در مقابل شاهد Fertilization vs control
675 ** (-12.24)	7064182**(+1194)	30405ns (+82.33)	0.62 ** (+0.37)	1	تلفیقی در مقابل جداگانه Integrated vs separate
18.85 ns (+2.05)	1615688**(+599)	786120** (+417)	2.48 ** (+0.74)	1	تلفیقی غیر تقسیطی در مقابل تلفیقی تقسیطی Full dose application vs split application

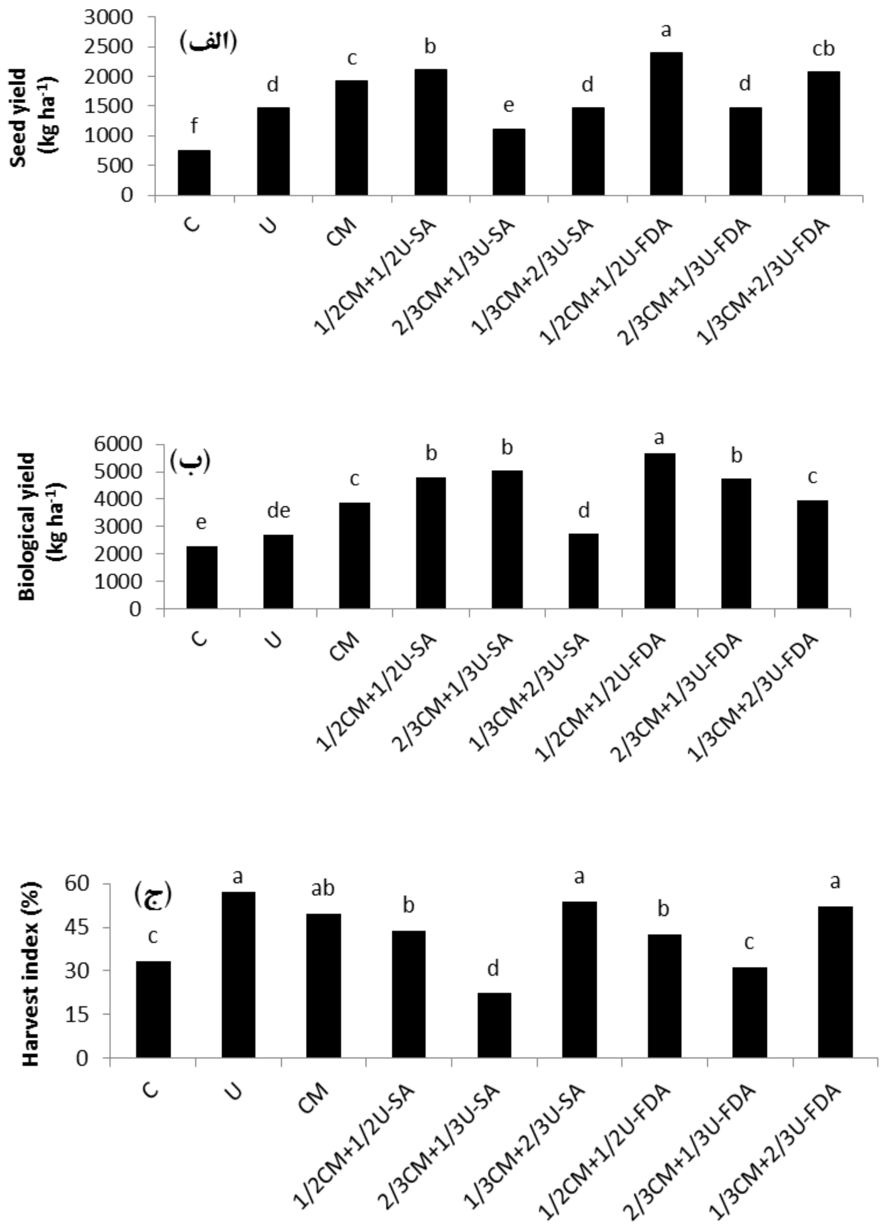
ns: غیرمعنی‌دار و **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد می‌باشد. اعداد مثبت و منفی داخل پرانتز بیانگر اختلاف میانگین گروه اول با گروه دوم است.

ns: non-significant and **: is significant 1% probability level. Positive and negative numbers in parentheses indicate the mean difference between the first and second group.

و بر اساس همین مقایسات کاربرد تلفیقی غیرتقسیطی میزان عملکرد سیاهدانه را نسبت به کاربرد تقسیطی 24/23 درصد بهبود بخشید (جدول 4). پژوهشگران دلیل این افزایش عملکرد در سیستم‌های تلفیقی را ناشی از مطابقت بیشتر بین نیتروژن قابل دسترس خاک با نیازهای گیاه در سیستم‌های تلفیقی می‌دانند (Mooleki et al., 2004) به این معنا که در اوائل رشد که نیاز غذایی کم است، میزان نیتروژن معدنی آن‌ها کمتر از کود شیمیایی است، ولی در مراحل رشد زایشی به علت تداوم فرایند معدنی شدن، جذب تا مدت زمان طولانی‌تری ادامه پیدا می‌کند؛ به طوری که این شرایط موجب زیادتر شدن تعداد کپسول در بوته (شکل 1، ج) و به خصوص افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه (شکل 2- ب) گردیده و در نتیجه میزان عملکرد دانه را افزایش داده است. نتایج این تحقیق نشان داد که تلفیق کودهای شیمیایی و دامی رشد و عملکرد سیاهدانه را بهبود می‌بخشند که با نتایج تحقیقات شریفی عاشورآبادی (Sharifi Ashourabadi, 1999) در مورد گیاه رازیانه، حسن‌زاده قورت‌تپه (Hasanzadeh Ghourttapeh et al., 2000) در مورد آفتابگردان و اکبری‌نیا و همکاران (Akbarinia et al., 2004) در مورد زنیان (*Trachyspermum copticum* L.) مطابقت داشت. کاربرد غیر تقسیطی نسبت به کاربرد تقسیطی نیز عملکرد دانه را 26/65 درصد افزایش داد (جدول 4) و در این ارتباط منبع مستقلی برای تطبیق در دسترس قرار نگرفت.

عملکرد بیولوژیکی

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که کوددهی تأثیر معنی‌داری ($p\leq0/01$) بر عملکرد بیولوژیک داشت (جدول 4). مقایسات گروهی در جدول 4 نیز نشان داد که سیستم تغذیه تلفیقی و جداگانه بر این صفت تأثیر معنی‌داری داشت، به طوری که کرت‌های دریافت‌کننده کود به روش تلفیقی عملکرد بیولوژیکی را 36 درصد نسبت به کاربرد جداگانه کود افزایش داد (شکل 3- ب). بیشترین وزن بیولوژیکی در تیمار $\frac{1}{2}$ کود گاوی + $\frac{1}{2}$ کود اوره غیرتقسیطی به میزان 5656 کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار این صفت در شاهد بدست آمد، همچنین تغذیه تلفیقی غیرتقسیطی وزن بیولوژیکی را در مقایسه با تلفیق تقسیطی به میزان 14 درصد افزایش داد (جدول 4 و شکل 3- ب).



شکل 3- مقایسه اثر کاربرد جداگانه و تلفیقی کود گاوی و اوره برعملکرد دانه (الف)، عملکرد بیولوژیک (ب) و شاخص برداشت (ج) گیاه سیاهدانه در شرایط استفاده تقسیطی و غیرتقسیطی اوره

Fig. 3- Comparison of separate and combined application of cattle manure and urea on seed yield (A), biological yield (B) and harvest index (C) of black cumin used in split and non-split application of urea

C= شاهد، U=کود اوره، CM=کود گاوی، SA و FDA= به ترتیب کاربرد تقسیطی و غیر تقسیطی کود اوره در شرایط تلفیق.

C= Control, U= Urea fertilizer, CM= Cattle manure, SA and FDA: Split and full dose application of urea in combined conditions, respectively.

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر شکل دارای تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD نیستند.

Means with similar letter, are not significantly different ($p \leq 0.05$) based on LSD test.

در شرایط تلفیق کودها به صورت غیرتقسیطی افزایش ارتفاع بوته توأم با تشکیل کپسول‌هایی که هم از نظر تعداد و هم از نظر وزن نسبت به تلفیق غیرتقسیطی برتری داشتند و مجموع این بخش‌ها موجب تولید بیشترین عملکرد بیولوژیک در تیمار $\frac{1}{2}$ کود گاوی + $\frac{1}{2}$ کود اوره غیرتقسیطی گردید. در سیستم تغذیه تلفیقی، وجود کود نیتروژنه در مراحل اولیه رشد باعث افزایش رشد رویشی شده است (Fallah et al., 2007) و همچنین در مراحل بعدی آزادسازی نیتروژن و دیگر عناصر غذایی از کود گاوی نیز موجب تقویت رشد زایشی گیاه گردیده است (Majidian et al., 2008). در نتیجه در تیماری که عناصر غذایی مورد نیاز در تمام دوره رشد به نحو مطلوبی تأمین شده، میزان عملکرد بیولوژیکی آن نیز بالاتر بوده است.

شاخص برداشت

همانطور که در جدول 4 مشاهده می‌شود، اثر کوددهی بر شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. طبق مقایسات گروهی بین کاربرد تلفیقی و جداگانه کود اوره تفاوت معنی‌داری وجود داشت؛ به‌طوری که کاربرد جداگانه 29 درصد این شاخص را نسبت به کاربرد تلفیقی افزایش داده است و بیشترین میزان شاخص برداشت (56 درصد) در تیمار کود اوره بود. در شرایط کوددهی تلفیقی تیمارهای $\frac{1}{3}$ کود گاوی و $\frac{2}{3}$ کود اوره به صورت تقسیطی یا غیرتقسیطی از برتری معنی‌داری برخوردار بودند، ولی با کاربرد جداگانه اوره و یا گاوی اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل 3- ج). افزایش شاخص برداشت در تیمارهایی که حداکثر شاخص برداشت را نشان دادند می‌تواند به کاهش بیشتر بخش‌های رویشی آنها بویژه تعداد شاخه در بوته و وزن کپسول مرتبط باشد. کاربرد تقسیطی و غیرتقسیطی کود اوره بر شاخص برداشت سیاهدانه اثر معنی‌داری نداشت.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش حاکی از برتری تلفیق کودهای آلی و شیمیایی نسبت به کاربرد جداگانه این کودها در زراعت گیاه دارویی سیاهدانه و همچنین برتری معنی‌داری تولید سیاهدانه در شرایط کاربرد 50 درصد کود دامی و 50 درصد کود اوره غیرتقسیطی مورد استفاده می‌باشد. بنابراین، استفاده از روش تلفیقی کود آلی با شیمیایی بویژه مصرف غیرتقسیطی کود اوره نه تنها موجب ارتقاء ویژگی‌های کمی محصول سیاهدانه می‌شود، بلکه با افزایش کارایی مصرف کود و حذف هزینه کودپاشی سرک می‌تواند در حفظ محیط زیست و سلامت محصول مؤثر باشد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از مساعدت‌های مالی دانشگاه شهرکرد قدردانی می‌شود.

منابع

Akbari, P., Ghalavand, A., and Modarres Sanavy, S.A.M. 2009. Effects of different nutrition systems and biofertilizer (PGPR) on phenology, yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Electronic Journal of Crop Production (2)3: 119-134. (In Persian with English Summary)

Akbarinia, A., Ghalavand, A., Sefidcon, F., Rezaee, M.B., and Sharifi, A. 2004. Study on the effect of different rates of chemical fertilizer, manure and their combination on yield and essence gradients ajowan (*Trachyspermum copticum*). Pajouhesh and Sazandegi 61: 32-41. (In Persian with English Summary)

Alizadeh, P., Fallah, S., and Raiesi, F. 2012. Potential N mineralization and availability to irrigated maize in a calcareous soil amended with organic manures and urea under field conditions. International Journal of Plant Production 6(4): 493-512.

Ayoola, O.T., and Makinde, E.A. 2007. Complementary organic and inorganic fertilizer application: influence on growth and yield of cassava/maize/melon intercrop with a relayed cowpea. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 1(3): 187-192.

Blaize, D., Singh, J.V., Bonde, A.N., Tekale, K.V., and Mayee, C.D. 2005. Effects of farmyard manure and fertilizers on yield, fiber quality and nutrient balance of rainfield cotton (*Gossypium hirsutum*). Bioresource Technology 96: 345-349.

Carrubba, A. 2009. Nitrogen fertilization in coriander (*Coriandrum sativum* L.): a review and metaanalysis. Journal of the Science of Food and Agriculture 89(6): 921-926.

Chandrasekar, B.R., Ambrose, G., and Jayabalan, N. 2005. Influence of biofertilizers and nitrogen source level on the growth and yield of *Echinochloa frumentacea* (Roxb) Link. Journal of Agricultural Technology 1(2): 223-234.

Erkan, N., Ayranci, G., and Ayranci, E. 2008. Antioxidant activities of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract, blackseed (*Nigella sativa* L.) essential oil, carnosic acid, rosmaric acid and sesamol. Food Chemistry 110: 76-82.

Fallah, S., Ghalavand, A., and Khajeh Pour, M.R. 2007. Effect of manure incorporation with soil and it integration with chemical fertilizers on yield and yield components of grain corn (*Zea mays* L.) in Khorramabad, Lorestan. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 40: 233-242. (In Persian with English Summary)

Ghalavand, A., Hamidi, I., Dehghan Shoar, M Malakouti, M.J., Asgharzade, A., and Choukan, R. 2006. Application of bio-fertilizer for the sustainable management Agro ecosystems. Key Articles 9th Agronomy and Breeding Sciences Congress. Pardis Abourayhan, Tehran University, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Harzallah, H.J., Kouidhi, B., Flamini, G., Bakhrouf, A., and Mahjoub, T. 2011. Chemical composition, antimicrobial potential against cariogenic bacteria and cytotoxic activity of Tunisian *Nigella sativa* essential oil and thymoquinone. Food Chemistry 129: 1469-1474.

Hasanzadeh Ghourttapeh, A., Ghalavand, A., Ahmadi, M., and Mirnya, K. 2000. Investigate the effect of different nutrition systems on energy efficiency of *Helianthus anus* cultivars. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 18(2): 67-78. (In Persian with English Summary)

Hussain, A., Nadeem, A., Ashraf, I., and Awan, M. 2009. Effect of weed competition periods on the growth and yield of black seed (*Nigella sativa* L.). Pakistan Journal of Weed Science Research 15(1): 71-81.

Javadi, H. 2008. Effect of planting dates and nitrogen rates on yield and yield components of black cumin (*Nigella Sativa L.*). Iranian Journal of Field Crop Research 6(1): 59-66. (In Persian with English Summary)

Khan, M.M.A. 1993. Nitrogen application ameliorates the productivity of *Nigella sativa* L. In: Govil J.N. Singh V.K. and Hashmi S. (Eds.), Glimpses in Plant Research Vol. XI. Medicinal Plant: New Vistas of Research p. 287-290.

Majidian , M., Ghalavand, A., Karimian , N., and Kamgar Haghighi, A.A. 2008. Effects of Moisture stress, nitrogen fertilizer, manure and integrated nitrogen and manure fertilizer on yield, yield components and water use efficiency of SC 704 corn. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 12(45): 417-432. (In Persian with English Summary)

Mallanagouda, B. 1995. Effects of N. P.K and FYM on growth parameters of onion, garlic and coriander. Journal of Medic and Aromatic Plant Science 4: 916-918.

Mehnaz, S., and Lazarovits, G. 2006. Inoculation effects of *Pseudomonas putida, Gluconacetobacter azotocaptans,* and *Azospirillum lipoferum* on corn plant growth under greenhouse conditions. Microbial Ecology 51: 326–335.

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

Mooleki, S.P., Schoenau, J.J., Chales, J.L., and Wen, G. 2004. Effect of rat, frequency and incorporation of freedlot cattle manure on soil nitrogen availability, crop performance and nitrogen use efficiency in east-central Saskatchewan. Canadian Journal of Soil Science 84: 199-210.

Moradi, R., Nasiri Mahallati, M., Rezvani Moghaddam, P., Lekzian, and A., Nezhadali, A. 2011. Effects of organic and biological fertilizers on essence quality and quantity of sweet fennel (*Foeniculum vulgare* var. dulce). Journal of Horticultural Science (Agricultural Sciences and Technology) 25(1): 25-33. (In Persian with English Summary)

Orhan, E., Esitken, A., Ercisli, S., Turan, M., and Sahin, F. 2006. Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient contents in organically growing raspberry. Scientia Horticulturae, Amsterdam 111: 38-43.

Pimentel, D. 1993. Economics and energies of organic and conventional farming. Journal of Agricultural and Environmental 6: 53-60.

Pimentel, D., and Dazhong, W. 1990. Technological changes in energy use in agriculture production. In: Vandermeer J.H., and Rosset P.M. (Eds.), Agroecology. Mc Graww-Hill Publication, New York p.166-174.

Pourazizi, M. 2011. Effect of integrated and conventional methods of fertilization on soil nitrogen mineralization, quantitative and qualitative characteristics of forage sorghum. MSc Thesis in College of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran. (In Persian with English Summary)

Prakash, V., Bhattacharyya, R., and Selvakumar, G. 2007**.** Long-term effects fertilization on some properties under rainfed soybean-wheat cropping in the Indian Himalayas. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 170: 224-233.

Ramadan, M.F., and Morsel, J.T. 2003. Analysis of glycolipids from black cumin (*Nigella sativa* L.), coriander (*Coriandrum sativum* L.) and niger (*Guizotia abyssinica* Cass.) oilseeds. Food Chemistry 80: 197-204.

Sharifi Ashourabadi, A. 1999. Effects of soil fertility in agroecosystems. PhD Thesis. Agric. Islamic Azad, University, Science and Research 252 pp. (In Persian with English Summary)

Singh, R.V., and Chauhan, S.P.S. 1994. Response of barley to the levels and sources of nitrogen with and without zinc in relation to yield and water use under dryland conditions. Bhartiya Krishi Anusandhan Patrika 6: 43-48.

Singer, W.J., Sally, S.D., and Meek, D.W. 2007. Tillage and compost effects on corn growth, nutrient accumulation, and grain yield. Agronomy Journal 99:80–87.

Sujatha, M.G., Lingaraju, B.S., Palled, Y.B., and Ashalatha, K.V. 2008. Importance of integrated nutrient management practices in maize under rainfed condition. Karnataka Journal of Agriculture Science 21: 334-338.

Yadav, R. D., Keshwa, G.L., and Yadva, S.S. 2002. Effect of integrated use of FYM, urea and sulphur on growth and yield of isabgol (*Plantago ovata*). Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences 25: 668-671.

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 3, Fall 2014, p. 508-519

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 3، پاییز 1393، ص. 519-508

بررسی عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیک، مورفولوژیک و فنولوژیک آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) تحت تأثیر کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژن و فسفر

زینب یوسف‌پور[1]، علیرضا یدوی[2*]، حمیدرضا بلوچی[3] و هوشنگ فرجی[3]

تاریخ دریافت: 1392/02/17
تاریخ پذیرش: 1392/08/09

چکیده

به منظور بررسی اثر کودهای شیمیایی و زیستی فسفره و نیتروژنه بر عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیک، مورفولوژیک و فنولوژیک آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) این آزمایش در مزرعه‌ای در ایوانغرب (استان ایلام) در سال زراعی 90-1389 به صورت اسپلیت فاکتوریل، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در این آزمایش عامل اصلی شامل چهار تیمار کود شیمیایی نیتروژن و فسفر (صفر، 33، 66 و 100 درصد کود شیمیایی نیتروژن و فسفر مورد نیاز) و عامل فرعی شامل فاکتوریل کاربرد کود زیستی نیتروکسین و فسفات بارور 2 در دو حالت (تلقیح و عدم تلقیح) در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که تلقیح بذور آفتابگردان با کود زیستی نیتروکسین سبب افزایش معنی‌دار 8/4 درصدی کلروفیل a در برگ آفتابگردان گردید. مصرف کودهای شیمیایی تأثیر معنی‌داری بر صفات مورفولوژیک آفتابگردان داشت، به طوری‌که کاربرد 100 درصد کود شیمیایی مورد نیاز نسبت به تیمار عدم کاربرد کود شیمیایی، باعث افزایش 4/92 درصدی در ارتفاع ساقه آفتابگردان گردید. برهمکنش نیتروکسین و فسفات بارور 2 بر GDD مورد نیاز تا غنچه‌دهی اثر کاهشی معنی‌داری داشت، به طوری‌که در عدم حضور نیتروکسین، با کاربرد فسفات بارور 2، میزان GDD مورد نیاز تا غنچه-دهی آفتابگردان 38 واحد کاهش یافت. تلقیح بذر با نیتروکسین و فسفات بارور 2 نیز به ترتیب باعث افزایش 2/25 و 2/60 درصدی GDD مورد نیاز برای پر شدن دانه آفتابگردان نسبت به عدم تلقیح شد. در نهایت، با توجه به نتایج حاصله می توان بیان نمود که تلقیح بذور آفتابگردان با کودهای زیستی نیتروکسین و فسفات بارور 2 در کنار مصرف کودهای شیمیایی از طریق بهبود صفات مختلف، افزایش عملکرد دانه را به دنبال خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: عملکرد دانه، غنچه‌دهی، فسفات بارور 2، نیتروکسین

مقدمه

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) یکی از چهار گیاه دانه روغنی مهم جهان است که در بسیاری از نقاط دنیا برای تولید روغن-های خوراکی کشت می‌شود. توقع این گیاه برای عناصر خاک بالا می‌باشد، به طوری‌که وجود تعادل عناصر غذایی برای به حداکثر رسیدن عملکرد دانه آن بسیار ضروری می‌باشد (Khajepoor, 2007). در دهه‌های اخیر تولید محصولات کشاورزی عمدتاً متکی به مصرف نهاده‌های شیمیایی بوده که منجر به مشکلات عمده زیست محیطی شده است. هزینه رو به افزایش تولید کودهای شیمیایی، آلودگی منابع آب و خاک ناشی از مواد شیمیایی، کاهش کیفیت تولیدات کشاورزی و افزایش مقاومت آفات و بیماری‌ها به انواع سموم شیمیایی تنها بخشی از مشکلات زیست محیطی ناشی از کشاورزی رایج مبتنی بر مصرف نهاده‌های شیمیایی هستند. یکی از راهکارهای رفع این مشکل، استفاده از اصول کشاورزی پایدار در بوم‌نظام‌های زراعی می‌باشد (Nasiri Mahallati et al., 2001). کشاورزی پایدار یک نظام تلفیقی مبتنی بر اصول اکولوژیک است. در این نظام به جای استفاده از نهاده‌های خارجی نظیر کودهای شیمیایی، از بقایای گیاهی، کودهای دامی، کودهای آلی و زیستی جهت ذخیره مواد غذایی در خاک استفاده می‌شود (Rigby & Caceres, 2001).

اصطلاح کودهای زیستی منحصراً به مواد آلی حاصل از کودهای دامی، بقایای گیاهی و کود سبز اطلاق نمی‌گردد، بلکه ریزموجودات باکتریایی و قارچی و مواد حاصل از فعالیت آن‌ها در رابطه با تثبیت

1، 2، 3 و 4- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج
(*- نویسنده مسئول: Email: Yadavi@mail.yu.ac.ir)

نیتروژن، فراهمی فسفر و سایر عناصر غذایی از مهمترین کودهای زیستی محسوب می‌شوند (Astaraei & Koochaki, 1996). از جمله مهمترین کودهای زیستی که امروزه در کشاورزی مورد توجه قرار گرفته‌اند می‌توان به نیتروکسین (شامل باکتری‌های *Azotobacter* و *Azospirillum*) و فسفات بارور 2 (شامل باکتری‌های *Bacillus* و *Pseudomonas*) اشاره کرد. نتایج تحقیقات انجام گرفته در زمینه استفاده از کودهای زیستی بیانگر تأثیر مکانیسم‌های مختلف این میکروارگانیسم‌ها در بهبود رشد فیزیولوژیک و مورفولوژیک و عملکرد گیاهان می‌باشد (Darzi, 2007).

کودهای زیستی از طریق تولید ترشحات حل‌کننده و کاهش pH، عناصر مختلف غذایی را به صورت محلول در اختیار گیاه قرار داده و با تولید بیشتر مواد فتوسنتزی در افزایش تولید و افزایش اندام‌های رویشی و زایشی مؤثر واقع شدند (Han et al., 2006). طبق گزارشات، تلقیح بذر با کودهای زیستی باعث افزایش ارتفاع بوته ذرت شده است که دلیل این امر، افزایش جذب عناصر غذایی، بهبود فتوسنتز و ساخت مواد در اثر افزایش سطح برگ عنوان شده است (Wu et al., 2005). در چغندرقند نیز کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات باعث افزایش عملکرد ریشه و اندام‌های هوایی شده است (Cakmakci et al., 2006).

تأثیر عناصر غذایی به ویژه نیتروژن و فسفر و قابلیت باکتری‌ها در تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفات از عوامل تأثیرگذاری این کودها بر رشد و فنولوژی آفتابگردان می‌باشد (Akbari et al., 2009). در بررسی اثرات سیستم‌های مختلف تغذیه و باکتری‌های افزاینده‌ی رشد بر فنولوژی، عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان، سیستم تغذیه آلی از طریق غلظت مواد معدنی کمتر در مراحل اولیه رشد و وجود عناصر غذایی بیشتر در مراحل پایانی رشد، سبب بهبود کیفیت تغذیه گیاه و خشک شدن دیرتر دانه‌ها در طبق و طولانی شدن زمان رسیدگی آفتابگردان شده است (Akbari et al., 2009). در گندم نیز *Azotobacter* به طور اختصاصی روی جذب و انتقال عناصر تأثیر مثبت داشته و رشد و محتوای کلروفیل را افزایش داده است (Haji Boland et al., 2004). کودهای زیستی نیتروکسین و فسفات بارور 2 از طریق کمک به جذب نیتروژن، فسفر و گوگرد و نقشی که این عناصر در تولید کلروفیل و تأمین آنزیم‌های مورد نیاز گیاه دارند، باعث افزایش میزان بافت‌های فتوسنتزی در گیاه دارویی رازیانه شده‌اند (Darzi, 2007). گزارشات حاکی از آن است که با استفاده از کود زیستی فسفر بدون کاهش عملکرد دانه، میزان مصرف کودهای شیمیایی فسفره از 250 کیلوگرم در هکتار به 125 کیلوگرم در هکتار رسیده و با مصرف این کود زیستی در بهار، می‌توان عملکرد دانه کلزا را از 4/99 تن در هکتار به 7/03 تن در هکتار (به میزان 40/8%) افزایش داد (Madani et al., 2010).

لذا با توجه به مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی، همچنین نظر به اهمیت آفتابگردان به عنوان یک گیاه روغنی مهم، این مطالعه با هدف ارزیابی بررسی اثر کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات فیزیولوژیک، مورفولوژیک و مراحل نموی آفتابگردان اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه‌ای در ایوانغرب واقع در 25 کیلومتری ایلام، با مختصات جغرافیایی 33 درجه و 45 دقیقه عرض شمالی و 46 درجه و 35 دقیقه طول شرقی در سال زراعی 90-1389 به صورت آزمایش اسپلیت فاکتوریل، در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا در آمد. عامل اصلی شامل چهار تیمار کود شیمیایی فسفر و نیتروژن (0، 33، 66 و100 درصد کود شیمیایی فسفر و نیتروژن مورد نیاز) و عامل فرعی شامل فاکتوریل کاربرد کود زیستی نیتروکسین (تلقیح و عدم تلقیح) و کاربرد کود فسفات بارور 2 (تلقیح و عدم تلقیح) بود. کود شیمیایی مورد نیاز گیاه براساس نتایج آنالیز خاک (جدول 1)، نیتروژن به صورت کود اوره به میزان 200 کیلوگرم در هکتار و کودهای فسفاته به صورت سوپرفسفات تریپل به میزان 100 کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. کود زیستی نیتروکسین (یک لیتر در هکتار) که حاوی مجموعه‌ای از فعال‌ترین سوش‌های باکتری‌های تثبیت کننده ازت شامل *Azotobacter* sp. و *Azospirillium* sp. می‌باشد و کود فسفات بارور 2 (100 گرم در هکتار) که شامل مجموعه‌ای از باکتری‌های حل‌کننده فسفات از جنس‌های مختلف *Pseudomonas* و *Bacillus* می‌باشد، به صورت بذرمال در زمان کاشت مورد استفاده قرار گرفتند. نحوه کاشت به صورت جوی و پشته بود. هر کرت آزمایشی شامل پنج پشته به فاصله‌ی 60 سانتی‌متر و طول شش متر و فاصله بوته‌ها در ردیف نیز 20 سانتی‌متر بود. فاصله‌ی بین کرت‌های اصلی دو پشته (120 سانتی‌متر) و فاصله بین کرت‌های فرعی 60 سانتی‌متر بود. فاصله بین تکرارها نیز سه متر در نظر گرفته شد.

جدول 1- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش
Table 1- Physical and chemical analysis results of testing soil

عمق (سانتی‌متر) Depth (cm)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dsm-1)	ماده آلی OC (%)	نیتروژن کل (%) Total Nitrogen (%)	فسفر قابل جذب Available P (ppm)	پتاسیم قابل جذب Available A (ppm)	رس (%) Clay (%)	سیلت (%) Silt (%)	شن (%) Sand (%)	بافت خاک Tissue soil
0-30	7.63	1.07	1.81	0.18	10.5	550	26	49	25	لومی Loam

تاریخ کاشت نیز 25 خردادماه و رقم به کار رفته، رقم یوروفلور بود. عملیات داشت شامل آبیاری و کنترل علف‌های هرز (به صورت دستی و به دفعات مورد نیاز) در زمان‌های مورد نیاز صورت گرفت. در مرحله گلدهی، کلروفیل، کاروتنوئید (Arnon, 1949) و قندهای محلول (Irigoyen et al., 1992) برگ اندازه‌گیری شد. همچنین در طول دوره رشد گیاه، مراحل فنولوژیک براساس مشاهده رسیدن 50 درصد بوته‌ها به آن مرحله در نظر گرفته شد (Schneiter & Miller, 1981). سپس تعداد روز به درجه واحد گرمایی (GDD) تبدیل گشت و با استفاده از معادله 1، میزان GDD برای هر روز تعیین شد.

$$GDD= \sum((T_{min}+T_{max})/2) - T_b \qquad (1)$$ معادله (1)

T_{min}: درجه حرارت حداقل با حد پایین 6 درجه سانتی‌گراد، T_{max}: درجه حرارت حداکثر با حد بالایی 30 درجه سانتی‌گراد و T_b: درجه حرارت پایه آفتابگردان (شش درجه سانتی‌گراد) می‌باشد (Khajepoor, 2007).

در مرحله برداشت نهایی عملکرد دانه از سه متر مربع در هر کرت فرعی و صفات مورفولوژیک ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد برگ در بوته از ده بوته در هر کرت فرعی اندازه گیری شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 صورت گرفت. مقایسه میانگین اثر ساده تیمارها بر اساس آزمون دانکن و مقایسه میانگین برهمکنش تیمارها از طریق برش‌دهی اثر کودهای زیستی در هر سطح کود شیمیایی و به روشL.S.Means در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

محتوای کلروفیل a برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کلروفیل a به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای کود شیمیایی و کود زیستی نیتروکسین قرار گرفت، ولی کود فسفات بارور 2 و هیچ یک از برهمکنش بین تیمارها بر این صفت تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول 2). مقایسه میانگین اثر کود شیمیایی بر این صفت نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل a (1/37 میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) مربوط به تیمار مصرف 100 درصد کود شیمیایی مورد نیاز و کمترین میزان آن (1/13 میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) مربوط به تیمار شاهد کود شیمیایی بود. مقادیر کاربرد 100، 66 و 33 درصد کود شیمیایی مورد نیاز، به ترتیب باعث افزایش 21/23، 10/61 و 7/96 درصدی در میزان کلروفیل a نسبت به تیمار شاهد (بدون مصرف) کود شیمیایی شدند (جدول 6). کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر مصرفی باعث می‌شود که میزان نیتروژن در دسترس گیاه افزایش یابد، پس جذب و انتقال آن به برگ‌ها افزایش می‌یابد و در نتیجه سنتز کلروفیل بیشتر می‌شود. طبق گزارش، در اثر کمبود نیتروژن در گیاه، کلروزیس به وجود می‌آید که باعث کاهش رشد گیاه و پیری زودرس برگ‌ها می‌شود. به همین دلیل گزارش شده که کمترین شاخص مقدار کلروفیل برگ ذرت (*Zea mays* L.) در کل مراحل رشد در تیمار عدم کاربرد کود به دست آمده است (Majidian et al, 2008).

تلقیح بذر با نیتروکسین، نیز سبب افزایش معنی‌داری در میزان کلروفیل a آفتابگردان گردید، به طوری‌که با تلقیح نیتروکسین، 8/40 درصد در کلروفیل a افزایش ایجاد شده است (جدول 6) که این نتیجه با توجه به اثر مثبت این کود در افزایش جذب عناصر ریزمغذی و همچنین تحریک تولید هورمون‌های رشدی گیاه دور از انتظار نبود.*Azotobacter* به طور اختصاصی روی جذب و انتقال عناصر تأثیر مثبت دارد و رشد و محتوای کلروفیل گندم را افزایش داده است (Haji Boland et al., 2004).

محتوای کلروفیل b برگ

با توجه به جدول تجزیه واریانس نتایج، مشاهده شد که هر سه

تیمار کود شیمیایی، نیتروکسین و فسفات بارور 2، بر میزان کلروفیل b تأثیر معنی‌داری داشته‌اند ولی برهمکنش این عوامل بر صفت مذکور معنی‌دار نشده است (جدول 2). در بین تیمارهای کود شیمیایی، بیشترین مقدار کلروفیل b (0/90 میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) از تیمار کاربرد 100 درصد کود شیمیایی نیتروژن و فسفر مورد نیاز حاصل شد که با تیمارهای 33 و 66 درصد کود شیمیایی، تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین میزان این صفت (0/58 میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) نیز از تیمار شاهد کود شیمیایی حاصل شد (جدول 6). افزایش در مقدار کاربرد کودهای شیمیایی مصرفی، باعث افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه می‌شود. بنابراین به واسطه ارتباط مستقیم بین غلظت نیتروژن و کلروفیل برگ، افزایش در میزان نیتروژن گیاه، شاخص مقدار کلروفیل را هم افزایش می‌دهد. تحقیقات در ذرت نیز نشان داده که بیشترین مقادیر کلروفیل از برهمکنش کود نیتروژن و کود روی حاصل شده است (Shafee et al., 2011).

تلقیح بذر با نیتروکسین و فسفات بارور 2 نیز به ترتیب باعث افزایش معنی‌دار 21/12 و 13/50 درصدی در محتوای کلروفیل b برگ آفتابگردان شدند (جدول 6). گزارشات مبنی بر این است که کود زیستی نیتروکسین، بیوسولفور و فسفات‌بارور 2 از طریق کمک به جذب نیتروژن، فسفر و گوگرد و نقشی که این عناصر در تولید کلروفیل و تأمین آنزیم‌های مورد نیاز گیاه دارند، باعث افزایش میزان بافت‌های فتوسنتزی در گیاهان می‌شوند (Darzi, 2007).

محتوای کاروتنوئید برگ

نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که اثر کود شیمیایی، نیتروکسین و فسفات بارور 2 بر میزان کاروتنوئید برگ معنی‌دار شد، ولی برهمکنش بین هیچ یک از تیمارها بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول 2). با توجه به مقایسه میانگین کود شیمیایی برای این صفت، بیشترین میزان کاروتنوئید (0/43 میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) مربوط به کاربرد 100 درصد کود شیمیایی مورد نیاز بود که با کاربرد 66 درصد کود شیمیایی مورد نیاز، تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین میزان این صفت (0/35 میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) نیز مربوط به تیمارهای 0 و 33 درصد کاربرد کود شیمیایی مورد نیاز بود که با کاربرد 66 درصد کود شیمیایی تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول 6). کاربرد مقادیر بالای کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر در خاک، موجب افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه می‌شود و از آنجا که کاروتنوئید با نیتروژن ارتباط مستقیم دارد، با افزایش میزان نیتروژن گیاه، مقدار این صفت هم افزایش می‌یابد.

نیتروژن چهارمین عنصر اصلی تشکیل دهنده وزن خشک گیاهان و یکی از اجزای تشکیل‌دهنده بسیاری از مولکول‌های مهم از قبیل پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک، برخی هورمون‌ها، کلروفیل و انواع دیگری از مواد سازنده‌ی اولیه و ثانویه گیاهان است (Hopkins, 2004). تلقیح بذر با نیتروکسین نیز سبب افزایش معنی‌داری در میزان کاروتنوئید برگ گردید، به طوری‌که با کاربرد نیتروکسین، 20/58 درصد در میزان کاروتنوئید افزایش ایجاد شده است (جدول 6). مقایسه میانگین اثر کود زیستی فسفات بارور 2 بر میزان کاروتنوئید برگ، نیز نشان دهنده افزایش 14/28 درصدی این کود بر صفت مذکور می‌باشد (جدول 7). تحقیقات نشان داده که در اثر تلقیح باکتریایی بر گیاه آفتابگردان، فعالیت آنزیم کاتالاز و میزان رنگدانه-های کلروفیل a و b و کاروتن قبل و بعد از گلدهی افزایش یافته و در نتیجه تولید انرژی و در نهایت رشد آفتابگردان در تیمار کود زیستی نسبت به تیمار کنترل (عدم تلقیح) بیشتر بود (Marius et al., 2005).

قندهای محلول برگ

با توجه به جدول تجزیه واریانس مشاهده می‌شود که قندهای محلول برگ تحت تأثیر کودهای زیستی قرار نگرفت ولی اثر کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر مورد نیاز، در سطح احتمال یک درصد برای این صفت معنی‌دار گردید. برهمکنش بین هیچ یک از فاکتورها نیز بر این صفت معنی‌دار نشده است (جدول 2). با توجه به مقایسه میانگین اثر کودهای شیمیایی بر میزان قندهای محلول برگ، می‌توان مشاهده کرد که افزایش مقدار کودهای شیمیایی، باعث سیر صعودی معنی‌دار این صفت شده است، به طوری‌که بیشترین مقدار قندهای محلول (163/84 میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در تیمار کاربرد 100 درصد کود شیمیایی مصرفی حاصل شده است که با کاربرد 66 و 33 درصد کود شیمیایی مورد نیاز تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین مقدار این صفت (133/18 میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) مربوط به تیمار شاهد کود شیمیایی بود که با کاربرد 33 درصد کود شیمیایی مصرفی تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول 6). در توجیه علت آن می‌توان اظهار داشت که فراهمی نیتروژن و سایر عناصر ضروری در اختیار گیاه، منجر به افزایش متابولیسم قندها می‌گردد. کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر

مصرفی، علاوه بر تأمین نیتروژن و فسفر مورد نیـاز گیـاه، از طریـق افزایش رشد رویشی گیاه و به دنبال آن توسعه ریشـه، باعـث بهبـود جذب و افزایش فراهمی پتاسیم و سایر عناصر ریزمغذی می‌شوند که همگی اثر مثبتی بر فرایند فتوسنتز و تولیـد قنـد دارنـد (Jeffrey & Gyles, 2003).

ارتفاع گیاه

در بین تیمارهای آزمایش تنها اثر کـود شـیمیایی بـرای صـفت ارتفاع گیاه معنی‌دار گردیده است (جدول 2). با توجه به نتایج به دست آمده، با افزایش کود شیمیایی مصرفی، ارتفاع گیاه افزایش یافته است و با توجه به جدول 6 مشاهده می‌شود که با کاربرد 100 درصد کـود شیمیایی نیتروژن و فسفر مورد نیاز، بیشترین (149/66 سانتی‌متر) و در مقابل در تیمار شاهد کود شیمیایی کمترین (142/03 سانتی‌متـر) ارتفاع حاصل شده است. همچنین بـین تیمارهـای کـاربرد 33 و 66 درصد کود شیمیایی مورد نیاز، از لحاظ آمـاری اخـتلاف معنـی‌داری وجود نداشته است. در این پژوهش مصـرف مقـادیر بـالاتر کودهـای شیمیایی با گسترش سطح ریشـه و افـزایش جـذب آب و عناصـر از خاک، موجب تحریک رشد رویشی گیاه شده و دوره رویشی را افزایش داده و از طریق افزایش سطح برگ و سطح فتوسنتزی گیـاه، میـزان اسیمیلات‌هایی را که در اختیار گیاه قرار می‌گیـرد، افـزایش داده و در نتیجه از طریق تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها موجب افـزایش ارتفـاع گیاه می‌شوند. گزارش شده که ارتفاع کنجد از 127/48 سانتی‌متـر در تیمار شاهد نیتروژن به 136/37 سانتی‌متر در تیمار کاربرد 80 کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش پیدا کرده است که دلیل این امر اثر مثبـت نیتروژن بر رشد سبزینه‌ای گیاه بیان شده که باعث افزایش ارتفـاع و حجیم شدن بخش هوایی گیاه می‌گردد (Malik et al., 2003).

قطر ساقه

اثر کود شیمیایی در سطح احتمال یک درصد بـرای قطـر سـاقه آفتابگردان معنی‌دار گردید، از سوی دیگر هیچ یک از دیگر تیمارها بر این صفت تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول 2). مقایسه میانگین اثر کود شیمیایی برای ایـن صـفت نشـان داد، بـا افـزایش در مصـرف کـود شیمیایی نیتروژن و فسفر مورد نیاز، قطر سـاقه افـزایش چشـمگیری داشته است و در تیمار کاربرد 100 درصد کود شیمیایی مورد نیاز، بـه حداکثر مقدار (20/75 میلی‌متر) خود رسید. کمترین میزان این صـفت (19/02 سانتی‌متر) نیز مربوط به تیمار شاهد کود شیمیایی بود که با تیمار کاربرد 33 درصد کود شیمیایی مورد نیاز، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول 6). در مقادیر بـالای کودهـای شـیمیایی، افزایش شاخص سطح برگ و در نتیجه استفاده بهتر از نور خورشید و سایر منابع طی فصل رشد و افزایش فتوسنتز گیاه سبب افزایش رشد اندام‌های رویشی می‌شود و در نتیجه قطر ساقه نیز افزایش می‌یابـد. طبق گزارشات دیگر نیز، کاربرد کودهای شیمیایی نیتروژن و فسـفر، باعث افزایش قطر ساقه آفتابگردان گردیده است (Babaei Aghdam et al., 2009).

تعداد برگ در بوته

در بین تیمارهای اعمال شده تنها اثرات کاربرد کـود شـیمیایی و نیتروکسین بر این صفت معنی‌دار شد (جدول 3). مقایسه میانگین اثر کود شیمیایی بر تعداد برگ در بوته نشان داد که بیشترین میزان این صفت (30/36 برگ در بوتـه) مربـوط بـه کـاربرد 100 درصـد کـود شیمیایی مصرفی بود. کمترین میزان این صفت (28/31 برگ در بوته) نیز مربوط به تیمار شاهد کود شیمیایی بود که با کاربرد 33 درصد کود شیمیایی تفاوت معنی‌داری نداشت. بین تیمارهـای کـاربرد 33 و 66 درصد کود شیمیایی نیز از لحاظ این صفت تفاوت معنـی‌داری وجـود نداشت (جدول 6). مشابه با این نتایج، نیز گـزارش شـده کـه عنصـر نیتروژن باعث افزایش رشد رویشی ذرت شده و در نتیجه تعداد برگ بیشتر و شاخص سطح برگ بالاتر با کاربرد بیشـتر نیتـروژن حاصـل می‌شود (Ayub et al., 2003). انجام تلقـیح بـذور بـا کـود زیسـتی نیتروکسین برای این صفت نیز افزایش معنی‌داری را به دنبال داشـته است (جدول 6). احتمالاً ترشح ترکیبات و هورمون‌های محرک رشـد توسط باکتری‌های موجود در کود زیستی نیتروکسین در افزایش رشد سبزینگی و در نتیجه افزایش تعداد بـرگ در بوتـه نقـش داشـته‌انـد. گزارش شده که در سیب‌زمینی نیز ، تیمار شاهد بدون کود زیستی در مقایسه با تیمارهای مصرف کود زیستی از تعداد برگ، ارتفاع بوتـه و عملکرد غده پایین‌تری برخوردار بوده است (Ghasem Khanloo et al., 2009).

GDD مورد نیاز تا غنچه‌دهی

بر صفت GDD مورد نیاز تا غنچه‌دهی آفتابگردان اثر نیتروکسین و فسفات بارور 2 و برهمکنش آن‌ها در سـطح احتمـال یـک درصـد معنی‌دار شد (جدول 2).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات آفتابگردان تحت تأثیر مقادیر مختلف کودهای شیمیایی، نیتروکسین و فسفات بارور ۲

Table 2- Analysis of variance of sunflower traits affected by different amounts of chemical fertilizers, nitroxin and phosphate barvar 2

منابع تغییر Source of variations	درجه آزادی D.F	میانگین مربعات means of squares										
		کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کاروتنوئید Carotenoid	قندهای محلول Soluble sugars	ارتفاع بوته Plant height	قطر ساقه Stem diameter	تعداد برگ در بوته Leaf in plant	GDD مورد نیاز تا غنچه‌دهی GDD needed until budding	GDD مورد نیاز تا رسیدگی فیزیولوژیک GDD needed until physiological grown	GDD مورد نیاز برای پر شدن دانه GDD needed for seed filling	عملکرد دانه Seed yield
تکرار Replication	2	0.008^{ns}	0.0035^{ns}	0.0019^{ns}	65.68^{ns}	7.35^{ns}	0.35^{ns}	0.500^{ns}	1316.60^{**}	269.02^{ns}	269.43^{ns}	4957.65^{ns}
کود شیمیایی Chemical fertilizer(a)	3	0.114^{**}	0.2395^{**}	0.0165^{*}	1965.1^{*}	117.5^{**}	7.75^{**}	9.014^{**}	813.53^{ns}	5590.67^{**}	2125.59^{*}	2830172.76^{**}
خطای اصلی Main error	6	0.007	0.0157	0.0025	355.26	1.73	0.06	0.694	1601.57	296.57	247.94	13671.02
نیتروکسین Nitroxin(b)	1	0.111^{*}	0.2760^{**}	0.0520^{**}	788.61^{ns}	2.34^{ns}	0.002^{ns}	1.687^{*}	4414.08^{**}	2505.63^{*}	2231.77^{**}	695310.09^{**}
فسفات بارور ۲ Phosphate barvar2(c)	1	0.005^{ns}	0.1302^{*}	0.0261^{**}	176.71^{ns}	1.40^{ns}	0.015^{ns}	0.007^{ns}	5231.27^{**}	2821.33^{*}	2533.16^{**}	78561.99^{*}
a×b	3	0.003^{ns}	0.0051^{ns}	0.0036^{ns}	299.32^{ns}	2.50^{ns}	0.079^{ns}	0.069^{ns}	85.70^{ns}	65.93^{ns}	377.98^{ns}	82327.18^{**}
a×c	3	0.037^{ns}	0.0097^{ns}	0.0022^{ns}	1464.0^{ns}	3.44^{ns}	0.264^{ns}	0.149^{ns}	13.59^{ns}	294.33^{ns}	61.60^{ns}	57902.70^{**}
b×c	1	0.047^{ns}	0.0005^{ns}	0.0005^{ns}	5.37^{ns}	2.00^{ns}	0.414^{ns}	0.907^{ns}	3486.72^{**}	742.61^{ns}	3.05^{ns}	18380.92^{ns}
a×b×c	3	0.038^{ns}	0.0272^{ns}	0.0065^{ns}	1575.9^{ns}	2.36^{ns}	0.373^{ns}	0.071^{ns}	138.77^{ns}	1101.37^{ns}	360.59^{ns}	7903.39^{ns}
خطا Error	24	0.020	0.0180	0.0028	555.64	3.60	0.187	0.251	213.83	474.99	148.49	10273.60
ضریب تغییرات (٪) CV(%)		11.420	16.9792	14.0794	15.81	1.30	2.191	1.717	1.52	1.14	2.08	4.18

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

ns, * and **: No significant, significant on probability of 5 and 1%, respectively

جدول3- تجزیه واریانس برش‌دهی اثر فسفات بارور 2 در تیمارهای نیتروکسین برای GDD مورد نیاز تا غنچه‌دهی آفتابگردان

Table 3- Analysis of variance of Slicing of phosphate barver 2 effect in nitroxin levels for GDD needed until budding sunflower

نیتروکسین Nitroxin	df	میانگین مربعات means of squares GDD مورد نیاز تا غنچه‌دهی GDD needed until budding
تلقیح inoculation	1	88.16^{ns}
عدم تلقیح non-inoculation	1	8629.83^{**}

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

ns, * and **: No significant, significant on probability of 5 and 1%, respectively

جدول 4 -تجزیه واریانس برش دهی اثر نیتروکسین در مقادیر کود شیمیایی برای صفت عملکرد دانه آفتابگردان

Table 4- Analysis of variance of Slicing of nitroxin effect in chemical fertilizer levels for seed yield in sunflower

کود شیمیایی نیتروژن و فسفر (درصدی از مقدار مورد نیاز) phosphorus and nitrogen chemical fertilizer (Percent of content requirements)	df	میانگین مربعات means of squares عملکرد دانه Seed Yield
0	1	689138^{**}
33	1	148474^{**}
66	1	68071^{*}
100	1	36609^{ns}

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

ns, * and **: No significant, significant on probability of 5 and 1%, respectively

جدول 5- تجزیه واریانس برش‌دهی اثر فسفات بارور 2 در مقادیر کود شیمیایی برای صفت عملکرد دانه آفتابگردان

Table 5- Analysis of variance of Slicing of phosphate barver 2 effect in chemical fertilizer levels for seed yield in sunflower

کود شیمیایی نیتروژن و فسفر (درصدی از مقدار مورد نیاز) phosphorus and nitrogen chemical fertilizer (Percent of content requirements)	df	میانگین مربعات means of squares عملکرد دانه Seed Yield
0	1	134853^{**}
33	1	107239^{**}
66	1	8352.96^{ns}
100	1	1825.33^{ns}

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

ns, * and **: No significant, significant on probability of 5 and 1%, respectively

بررسی جدول برش‌دهی اثر فسفات بارور 2 در تیمارهای مختلف نیتروکسین (جدول 3) نشان داد که تنها در تیمار عدم کاربرد نیتروکسین، کاربرد فسفات بارور 2 اثر کاهشی معنی‌داری بر این صفت داشته است، به طوری‌که در عدم حضور نیتروکسین، با کاربرد فسفات بارور 2، میزان GDD مورد نیاز تا غنچه‌دهی آفتابگردان 38 واحد کاهش یافته است، ولی در تیمار تلقیح نیتروکسین، کاربرد فسفات بارور 2، تفاوت معنی‌داری بر این صفت ایجاد نکرده است (شکل 1). در اینجا اثرات آنتاگونیستی باکتری‌های موجود در کودهای زیستی نیتروکسین و فسفات بارور 2 بر این صفت مشهود است. با توجه به فراهم شدن بهتر عناصر غذایی و تولید هورمون‌های رشد توسط باکتری‌های موجود در کودهای زیستی نیتروکسین و فسفات بارور 2، کاهش GDD مورد نیاز تا غنچه‌دهی آفتابگردان از طریق افزایش سرعت رشد قابل توجیه می‌باشد.

جدول ٦- مقایسه میانگین‌های اثرات ساده کود شیمیایی، نیتروکسین و فسفات بارور ۲ برای خصوصیات کیفی برگ آفتابگردان

Table 6- Averages comparing simple effects of chemical fertilizer, nitroxin and phosphate barvar 2 for leave quality features in sunflower

تیمارهای آزمایش Experimental Treatments		کلروفیل a Chlorophyll a (mg.g^{-1})	کلروفیل b Chlorophyll b (mg.g^{-1})	کاروتنوئید Carotenoid (mg.g^{-1})	قندهای محلول Soluble Sugars (mg.g^{-1})	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	قطر ساقه Stem diameter (mm)	تعداد برگ در بوته Leaf in plant	GDD مورد نیاز تا رسیدگی فیزیولوژیک GDD needed until physiological grown	GDD مورد نیاز برای پر شدن دانه GDD needed for grain filling
کود شیمیایی نیتروژن و فسفر (درصدی از مقدار مورد نیاز) Phosphorus and nitrogen chemical fertilizer (Percent of content requirements)	0	1.13^{c}	0.58^{b}	0.35^{b}	133.18^{b}	142.03^{c}	19.02^{c}	28.31^{c}	1882.05^{b}	566.60^{b}
	33	1.22^{b}	0.82^{a}	0.35^{b}	146.48^{ab}	145.25^{b}	19.17^{c}	28.86b^{c}	1894.06^{b}	582.38^{a}
	66	1.25^{b}	0.85^{a}	0.38a^{b}	152.81^{a}	145.70^{b}	20.02^{b}	29.23^{b}	1920.71^{a}	588.81^{a}
	100	1.37^{a}	0.90^{a}	0.43^{a}	163.84^{a}	149.66^{a}	20.75^{a}	30.36^{a}	1927.56^{a}	598.24^{a}
نیتروکسین Nitroxin	تلقیح inoculation	1.29^{a}	0.86^{a}	0.41^{a}	153.13^{a}	145.44^{a}	19.75^{a}	29.38^{a}	1913.32^{a}	590.82^{a}
	عدم تلقیح Non-inoculation	1.19^{b}	0.71^{b}	0.34^{b}	145.03^{a}	145.88^{a}	19.73^{a}	29.00^{b}	1898.87^{b}	577.19^{b}
فسفات بارور ۲ Phosphate barvar 2	تلقیح inoculation	1.23^{a}	0.84^{a}	0.40^{a}	151.00^{a}	145.49^{a}	19.76^{a}	29.20^{a}	1913.76^{a}	591.27^{a}
	عدم تلقیح Non-inoculation	1.25^{a}	0.74^{b}	0.35^{b}	147.16^{a}	145.83^{a}	19.72^{a}	29.18^{a}	1898.43^{b}	576.74^{b}

در هر ستون و برای هر گروه تیماری، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد تفاوت آماری در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون دانکن می‌باشند.

In each column and for each treatment, the means with least a similar letter do not have statistically different at a five percent probability level based on Duncan's test.

تأثیر تلقیح باکتریایی بر گیاه آفتابگردان موجب افـزایش فعالیـت آنزیم کاتالاز و میزان رنگدانه‌های کلروفیل a و b و کاروتن قبل و بعد از گلدهی شده و در نهایت موجب رشد سریع‌تر آفتـابگردان در تیمـار کود زیستی نسبت به تیمار کنترل (عدم تلقیح) شد (Marius et al., 2005).

GDD مورد نیاز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک

نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که بر این صفت، فاکتورهای کود شیمیایی، نیتروکسین و فسفات بارور 2 تأثیر معنی‌دار داشـته‌انـد (جدول 2). با توجه به جدول 5، کاربرد کود شیمیایی باعـث افـزایش معنی‌دار GDD مورد نیاز کاشت تا رسـیدگی فیزیولوژیـک شـد، بـه طوری‌که بیشـترین میـزان GDD مـورد نیـاز کاشـت تـا رسـیدگی فیزیولوژیک (1927/56) مربوط بـه تیمـار کـاربرد 100 درصـد کـود شیمیایی بود که با تیمار کاربرد 66 درصد کود شیمیایی تفاوت معنی-داری نداشت و کمترین میزان آن (1882/05) به تیمـار شـاهد کـود شیمیایی اختصاص یافت که با تیمار کاربرد 33 درصد کود شـیمیایی مصرفی تفاوت معنی‌داری نداشت. با توجه به جدول 6 مشاهده مـی-شود که تلقیح با کودهای زیستی نیتروکسین و فسفات بارور 2 نیز به ترتیب باعث افزایش 76 و 81 درصدی میزان GDD مورد نیاز کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک شده است. کودهای شـیمیایی و زیسـتی بـا تأثیرگذاری بر فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی، اثر مسـتقیمی بـر مقـدار فتوسنتز در واحد سطح برگ دارد و همچنین از طریق افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی باعث افزایش رشد رویشی گیاه می‌شود و با حفظ دوام شاخص سطح برگ، امکان تولید مواد فتوسنتزی بیشتر جهت پر شدن دانه را فراهم نموده که این مسئله می‌تواند به طولانی‌تر شـدن طول دوره پر شدن دانه و تأخیر در رسیدگی فیزیولوژیک منجر شـود. طبق گزارشات، سیستم تغذیه آلی از طریق غلظت مواد معدنی کمتـر در مراحل اولیه رشد و وجود عناصر غذایی بیشـتر در مراحـل پایـانی رشد، سبب بهبود کیفیت تغذیه گیاه و خشک شدن دیرتر دانـه‌هـا در طبق و طولانی شدن زمان رسیدگی آفتابگردان شده است (Akbari et al., 2009).

GDD مورد نیاز پر شدن دانه

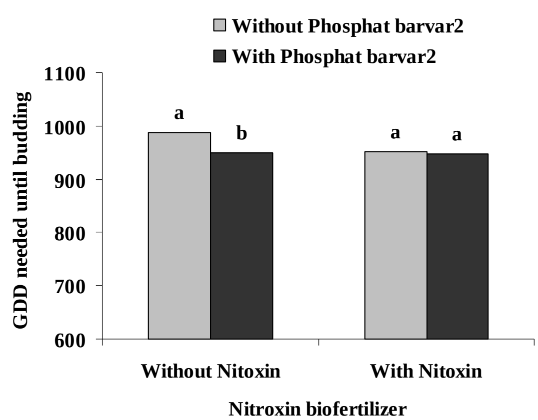
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کود شیمیایی و کودهـای زیستی نیتروکسین و فسفات بارور 2 بر میزان GDD مـورد نیـاز پـر شدن دانه آفتابگردان معنی‌دار بود (جدول 2). مقایسه میـانگین کـود شیمیایی برای این صفت نشان می‌دهد که با کاربرد کـود شـیمیایی مورد نیاز، GDD مورد نیاز پر شدن دانه افزایش می‌یابد و بین مقادیر کاربرد 33، 66 و 100 درصد کود شیمیایی مصرفی از لحاظ این صفت تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (جدول 6). تلقیح بـذر بـا کـود زیسـتی نیتروکسین و فسفات بارور 2 نیز به ترتیـب باعـث افـزایش 2/36 و 2/52 درصدی میزان GDD مورد نیاز پر شدن دانه آفتابگردان شـده است (جدول 6). کاربرد کودهای شیمیایی و کودهای زیسـتی باعـث می‌شود که گیاه در شرایط خوبی از نظر عناصر غذایی رشـد کـرده و طول دوره پر شدن دانه را در راستای استفاده بیشتر از منـابع رشـدی افزایش می‌دهد. تأثیر عناصر غذایی به ویژه نیتروژن و فسفر و قابلیت باکتری‌ها در تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفات از عوامل تأثیرگذاری این کودها بر رشد و نمو فنولوژی آفتابگردان می‌باشد، به طوری‌که با افزایش فعالیت فتوسنتزی و حفظ شاخص سـطح بـرگ، باعث طولانی‌تر شدن دوره پر شدن دانه در راستای افزایش عملکـرد دانه می‌شود (Akbari et al., 2009).

عملکرد دانه

با توجه به نتایج آنالیز آماری داده‌ها مشاهده می‌شود که مصرف کود شیمیایی، نیتروکسین و فسفات بارور 2، همچنین برهمکنش کود شیمیایی و نیتروکسین و کود شیمیایی و فسفات بارور 2 اثر معنی‌داری را در میزان عملکرد دانه آفتابگردان ایجاد کردند (جدول 2). با توجـه به معنی‌دار شدن برهمکنش کود شیمیایی و نیتروکسین بـر عملکـرد دانه و با توجه به جدول 4 مشاهده شد که تنها در مقادیر صفر، 33 و 66 درصد کاربرد کود شیمیایی مورد نیاز، تلقیح نیتروکسین از لحـاظ این صـفت تفـاوت معنـی‌داری ایجـاد کـرد، بـه طـوری‌کـه کـاربرد نیتروکسین در این تیمارها به ترتیب باعـث افـزایش 31/64، 9/78 و 5/73 درصدی در عملکرد دانه آفتابگردان شده است (شـکل 2). اگـر چه در تیمار 100 درصد کود شیمیایی مورد نیاز، نیتروکسین از لحاظ این صفت تفاوت معنی‌داری ایجاد نکرد، اما کاربرد نیتروکسین در این تیمار نیز افزایش 3/97 درصدی در عملکرد دانـه ایجـاد کـرده اسـت (شکل 2). براسـاس نتـایج پـژوهش دیگـر محققـین، عملکـرد دانـه آفتابگردان در اثر به کارگیری کودهای آلـی در تلفیـق بـا کودهـای

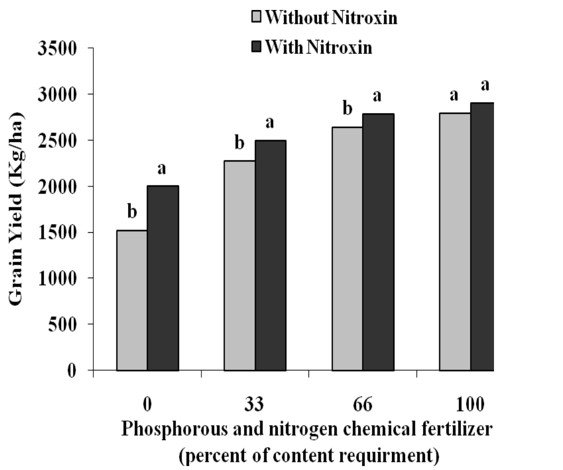
شیمیایی در مقابل استفاده از کودهای شیمیایی به تنهایی، افزایش قابل توجهی نشان داد (Gholam Hoseini et al., 2008).

همچنین بررسی جدول 5 نشان دهنده وجود تفاوت معنی‌دار بین کاربرد و عدم کاربرد فسفات بارور 2 در مقادیر صفر و 33 درصد کود شیمیایی، از لحاظ عملکرد دانه بود. به طوری‌که با کاربرد فسفات بارور 2، در این تیمارها عملکرد دانه افزایش یافت ولی در مقادیر 66 و 100 درصد کود شیمیایی، کاربرد فسفات بارور 2 نتوانسته، نسبت به عدم کاربرد آن تفاوت معنی‌داری ایجاد کند (شکل 3). بنابراین عملکرد دانه به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار تلفیقی از کود زیستی همراه با کود شیمیایی افزایش یافته است. سیستم تلفیقی کود شیمیایی و زیستی با گسترش توسعه ریشه و افزایش طول دوره رویشی گیاه و در نتیجه افزایش سطح فتوسنتز کننده، سبب افزایش طول دوره پر شدن دانه و در نتیجه انتقال مواد فتوسنتزی بیشتری به دانه می‌شود که در نهایت وزن هزاردانه و عملکرد و اجزای عملکرد گیاه افزایش می‌یابد. پژوهشگران دلیل افزایش عملکرد در سیستم‌های تلفیقی را ناشی از مطابقت بیشتر بین نیتروژن قابل دسترس خاک با نیازهای گیاه می‌دانند (Mooleki et al., 2004)، به طوری‌که در اوایل رشد که نیاز غذایی کم است، میزان نیتروژن معدنی آن‌ها کمتر از کود شیمیایی است ولی در مراحل رشد زایشی به علت تداوم فرایند معدنی شدن، جذب تا مدت زمان طولانی‌تری ادامه پیدا می‌کند.



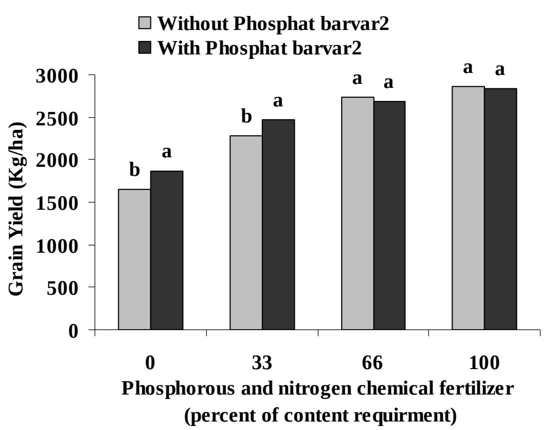
شکل 1- مقایسه میانگین برهمکنش نیتروکسین و فسفات بارور 2 برای GDD مورد نیاز کاشت تا غنچه‌دهی

Fig. 1- Average comparing interaction nitroxin and phosphate barver 2 for GDD needed until budding



شکل 2- مقایسه میانگین برهمکنش نیتروکسین و کود شیمیایی برای عملکرد دانه

Fig. 2- Average comparing interaction nitroxin and chemical fertilizer for seed yield



شکل 3- مقایسه میانگین برهمکنش فسفات بارور 2 و کود شیمیایی برای عملکرد دانه

Fig. 3- Average comparing interaction phosphate barver 2 and chemical fertilizer for seed yield

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که تلقیح بذور آفتابگردان با کودهای زیستی نیتروکسین و فسفات بارور 2 در کنار کاربرد کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر از طریق افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی (کلروفیل و کاروتنوئید) و بهبود فعالیت فتوسنتزی گیاه و همچنین افزایش طول دوره پر شدن دانه باعث افزایش پتانسیل تولید شده به طوری‌که

افزایش عملکرد دانه آفتابگردان را به دنبال داشتند. لذا بر این اساس می‌توان اظهار داشت که کاربرد تلفیقی این گونه کودهای زیستی به همراه کودهای شیمیایی از طریق تأمین عناصر غذایی کم مصرف و پرمصرف گیاه و حفظ ویژگی‌های بیولوژی خاک می‌تواند باعث بهبود تولید آفتابگردان شده و با توسعه بیشتر کشاورزی پایدار، استفاده متوالی و بهینه از زمین‌های کشاورزی را ممکن می‌سازد.

منابع

Akbari, P., Ghalavand, A., and Modarres Sanavi, A.M. 2009. Effects of different nutrition systems and biofertilizer (PGPR) on phenology period yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Electronic Journal of Crop Production 2(3): 119-134. (In Persian with English Summary)

Arnon, D.I. 1949. Copper enzyme in isolated chloroplast and polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology 24(1): 15.

Astaraei, A.R., and Koochaki, A. 1996. Application of biological fertilizers in sustainable agriculture (Translation). Mashhad Jahad-e-Daneshgahi Press, Mashhad, Iran 168 pp. (In Persian)

Ayub, M., Ather-Nadeem, M., and Tanveer, A. 2003. Influence of different nitrogen levels and harvesting times on dry matter yield and quality of odder maize. Pakistan Journal of Life Society Science 1: 59-61.

Babaei Aghdam, J., Abdi, M., Seifzade, S., and Khiavi, M. 2009. The effect of nitrogen fertilizer and bush density on seed yield and yield components of Azargol sunflower cultivar in Takestan region, Iran. Journal of New Agricultural Science (Modern Science of Sustainable Agriculture) 4(14): 1-12. (In Persian with English Summary)

Cakmakci, R., Donmes, F., Aydin, A., and Sahin, F. 2006. Growth promotion of plants by plant growth–promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions. Soil Biology and Biochemistry 38: 1482-1487.

Darzi, M. 2007. Effect of bio-fertilizers application on fennel quantity and quality yield in order to achieve a sustainable agricultural system. PhD Dissertation, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modarres University of Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Ghasem Khanloo, Z., Nasrollahzade Asl, A., Alizade, A., and Haji Hasani Asl, N. 2009. Effect of Barvar-2 phosphate biofertilizer on yield and yield components of potato varieties in chaldran. Journal of Research in Crop Science 1(3): 1-13.(In Persian with English Summary)

Gholamhoseini, M., Ghalavand, A., and Jamshidi, A. 2008. The Effect of irrigation regimes and fertilizer treatments on grain yield and elements concentration in leaf and grain of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Pajouhesh and Sazandegi (79): 91-100.(In Persian with English Summary)

Haji Bolandi, R., Asghar Zadeh, N., and Mehrfar, Z. 2004. Ecological study of Azotobacter and its inoculation effect on growth and mineral nutrition of wheat in two pastures of Azerbaijan. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 8(2): 75-90. (In Persian with English Summary)

Han, H., Supanjani, K., and Lee, D. 2006. Effect of co-inoculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. Plant Soil Environment 52(3): 130-136.

Hopkins, W.G. 2004. Introduction to plant physiology. John Wiley and Sons. New York. 557 pages.

Irigoyen, J.J., Emerich, D.W., and Sanchez-Diaz, M. 1992. Water stress induced changes in concentration of praline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa* L.) plants. Physiologia Plantarum, 84: 55-60.

Jeffrey, V., and Gyles, R. 2003. Controlled release urea as a nitrogen source of corn in southern Minnesota. Annual Report to Agrium U. S. Inc.

Khajepoor, M.R. 2007. Industrial Plants. Esfahan University Jihad Publishing, Iran. 250 pp. (In Persian)

Madani, H., Naderi Borojerdi, G.R., Aghajani, H., and Pazaki, A.R. 2010. Comparison of Effects phosphate fertilizers and phosphate solubilizing bacteria on grain yield, biological and tissues phosphorus relative content in winter rapeseed. Journal of Agronomy and Plant Breeding 6(4): 93-104.

Majidian, M., Ghalavand, A., Karimian, N.A., and Kamkar Haghighi, A.A. 2008. Effect of Nitrogen Fertilizer, manure and irrigation water on yield and yield components of maize. Electronic Journal of Crop Production 1(2): 67-85.(In

Persian with English Summary)

Malik, M.A., Farrukh Saleem, M., Cheema, M.A., and Ahmed, S. 2003. Influence of different nitrogen levels of productivity of Sesame (*Sesamum indicum* L.) under varying planting patterns. International Journal of Agriculture and Biology 4: 490-492.

Marius, S., Octavita, A., Eugen, U., and Vlad, A. 2005. Study of a microbial inoculation on several biochemical indices in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Pakistanian Journal of Biological Science 6(6): 539-543.

Mooleki, S.P., Schoenau, J.J., Charles, J.L., and Wen, G. 2004. Effect of rat, frequency and incorporation of feedlot cattle manure on soil nitrogen availability crop performance and nitrogen use efficiency in east-central Saskatchewan. Canadian Journal of Soil Science 84: 199-210.

Nasiri Mahallati, M., Koochaki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Beheshti, A. 2001. Agroecology. Mashhad University Jihad Publishing, Iran. 457 pp. (In Persian)

Rigby, D., and Caceres, D. 2001. Organic farming and the sustainability of agricultural system. Agricultural System 68: 21-40.

Schneiter, A.A., and Miller, J.F. 1981. Description of sunflower growth stages. Crop Science 21(5): 901-903.

Shafee, L., Safari, M., Emam, Y., and Mohammadinezhad, G. 2011. Effect of nitrogen and zinc fertilizers on leaf zinc and chlorophyll contents, grain yield and chemical composition of two maize (*Zea mays* L.) hybrids. Seed and Plant Production Journal 2(2): 235-246. (In Persian with English Summary)

Wu, S.C., Cao, Z.H., Li, Z.G., Cheung, K.C., and Wong, M.H. 2005. Effect of biofertilizer containing N fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma 125: 155-166.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 3، پاییز 1393، ص. 528-520

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 3, Fall 2014, p. 520-528

پیامدهای کاربرد مجزا و توأم ریزموجودات *آزوسپریلوم* و میکوریزا بر عملکرد و اجزاء عملکرد ارقام گندم (*Triticum* spp.) نواحی گرمسیری

مجید جیریایی[1*]، اسفندیار فاتح[2] و امیر آینه‌بند[3]

تاریخ دریافت: 1392/02/29
تاریخ پذیرش: 1392/08/10

چکیده

به منظور ارزیابی پیامدهای کاربرد مجزا و توأم ریزموجودات *آزوسپریلوم* و میکوریزا بر عملکرد و اجزاء عملکرد ارقـام گنـدم (*Triticum spp.*) نواحی گرمسیری پژوهشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید چمران اهواز در سال زراعی 92-1391 اجرا شد. طرح آزمایشی به صـورت فاکتوریـل در قالب بلوک کامل تصادفی و در سه تکرار بود. فاکتورها شامل باکتری *Azospirillum lipoferum* در دو سطح (تلقیح و عدم تلقیح)، قارچ میکوریزا در سه سطح (عدم کاربرد، استفاده از سویه *Glomus intradices* و سویه *G. mossaae*) و ارقام گندم در سه سطح (رقم چمران و دو رقم دوروم (دنا و بهرنگ)) بود. بررسی صفاتی همچون تراکم سنبله، وزن هکتولیتر، عملکرد دانه، شاخص بازآوری و چندین ویژگی دیگر نشاندهنده تأثیر مثبت و معنی‌دار استفاده از ریزموجودات بر ارقام گندم بود، به نحوی‌که همزیستی میکوریزایی بین 7 تا 33 درصد و همیاری *آزوسپریلوم* بین 4 تـا 32 درصـد صفات برآوردی را بهبود دادند. البته، کاربرد توأم، منجر به افزایش اثرات کاربرد کودهای بیولوژیک بر صفات برآوردی شد، اما بیشترین وزن هزاردانه (52 گرم)، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به ترتیب (1246/33 و 3000/9 گرم در متر مربع) و بیشترین تعداد روز تا سنبله دهی (71/33 روز)، سنبلچه در سنبله (22/66) و وزن هکتولیتر (805/37 گرم در لیتر) از تیمار تلقیح بذور رقم چمران با *آزوسپیلیوم* و اسـتفاده از سـویه *G. mossaae* بدسـت آمـد بنابراین می‌توان اذعان داشت *آزوسپریلوم* و میکوریزا جهت تغذیه ارگانیک گندم نان و ماکارونی و به عنوان جایگزینی مناسب برای کودهای شیمیایی هستند.

واژه‌های کلیدی: تراکم سنبله، شاخص بازآوری،کودهای بیولوژیک، وزن هکتولیتر

مقدمه

گنـدم (*Triticum aestivum* L.) در سراسـر جهـان بـه عنـوان حیاتی‌ترین محصول کشاورزی مطرح می باشد. اگرچه به دلیل تفاوت-های فرهنگی و اقتصادی میزان استفاده از گندم در کشورهای مختلف متفاوت است، اما به هر حال اصل استفاده از گندم به عنوان یک ماده اصلی غذایی در تمـام جهـان برقـرار اسـت (Azimi et al., 2012). کمبود تولید آرد سمولینا باعث شده واحدهای تولید ماکـارونی از آرد نول به جـای آرد سـمولینای گنـدم دوروم (*Triticum turjidum var. durum Desf.*) استفاده کنند. بنابراین، با رشد و توسعه زراعت گندم دوروم در کشور علاوه بر افزایش سطح تولید گندم در کشور می-توان ماده اولیه صنایع ماکارونی‌سازی را نیز تأمین کرد (Dehghan et al., 2011). به چالش کشیده شدن امنیت غذایی انسان با توجـه بـه افزایش سریع جمعیت جهان و همچنین مـدیریت نامناسـب اراضـی منجر به کاهش مواد آلی و حاصلخیزی خاک‌ها شده است (Cala et al., 2005) در ایران نیز قلیایی بودن اکثر خاک‌ها و عـدم دسترسـی کافی گیاهان به عناصر غـذایی (Giamati et al., 2009) منجـر بـه بروز مشکلات کاهش عملکرد شده اسـت کـه نتیجتـاً کشـاورزان در تولید محصول اغلب، اقدام به مصرف کودهای شیمیایی بیش از مقدار توصیه شده می کنند (Zheng et al., 2007) که نتیجه ایـن دسـت فعالیت‌ها طی سال‌های اخیر بحران آلودگی محیط زیست بـوده کـه زنجیره‌وار به منابع غذایی انسان‌ها راه یافته و سلامت جامعه بشری را مورد تهدید قرا داده است (Amirabadi et al., 2009)، ولی مشخص شده استفاده از کودهای زیستی هیچگونـه آلـودگی ایجـاد نمـی‌کنـد (Sighn & Purhit, 2008). ایـن امـر منجـر بـه افـزایش تمایـل روزافزون به استفاده از کودهای آلی و زیستی در تولید محصول شده است.

مطالعات متعدد نشان داده اسـت کـه میکـوریزا و *آزوسـپریلوم* از جمله مفیدترین ریزموجوداتی هستند که از روش‌های مختلف باعـث

1، 2 و 3- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولـوژی، اسـتادیار و دانشـیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شهید چمران اهواز
(*- نویسنده مسئول: Email: majidupdate@gmail.com)

بهبود رشد و عملکرد در گیاه، به شیوه‌ای کاملاً ارگانیک می‌شوند. البته بین میکروارگانیسم‌ها در خاک بر همکنش وجود دارد و به علت برخی روابط میکرواکولوژیکی بعضی از آن‌ها بر سایرین غالب هستند (Saini et al., 2004). ولی به طور کلی، ریشه‌های گیاه به دلیل تأمین مقدار زیادی مواد غذایی پرانرژی، قادرند جمعیت میکروارگانیسمی بزرگی را در اطراف خود جمع کنند که می‌توانند تا بیش از 50% محیط اطراف باشد (Kannayan, 2002).

قارچ‌های میکوریزا نقش مهمی در کارکرد پایدار اکوسیستم‌ها، بویژه اکوسیستم‌های کشاورزی، ایفاء می‌کنند (Cardoso & Kuyper, 2006). برخی محققین معتقدند در نظام‌های زراعی تلقیح توأم میکوریزا و باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن شامل *ازتوباکتر* و *آزوسپریلوم* می‌تواند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی و نظام‌های پرنهاده باشد (Jahan et al., 2007). تحقیقات نشان داده است که افزایش رشد و عملکرد گندم با کاربرد قارچ‌های میکوریزایی (VAM) (Daei et al., 2009) و *آزوسپریلوم* (Mostajeran et al., 2005) امکان‌پذیر است. همچنین در بررسی تأثیر تلقیح گندم با *آزوسپریلوم*، افزایش عملکرد بیولوژیک (به میزان 17/8درصد) و عملکرد دانه (به میزان 8/9 درصد) در تیمارهای آزمایش مشاهده گردید (Veresoglous & Menexes, 2010). همچنین بل و همکاران (Behl et al., 2007) در پژوهشی به افزایش عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک و جذب عناصر ماکرو در گندم تیمار شده با باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن اشاره داشتند.

بنابراین، هدف از اجرای این پژوهش بررسی پیامدهای کاربرد مجزا و توأم ریزموجودات *آزوسپریلوم* و میکوریزا بر عملکرد و اجزاء عملکرد ارقام گندم نواحی گرمسیری بود.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی پیامدهای کاربرد مجزا و توأم ریزموجودات *آزوسپریلوم* و میکوریزا بر عملکرد و اجزاء عملکرد ارقام گندم نواحی گرمسیری پژوهشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید چمران اهواز در سال زراعی 92-1391 به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل تلقیح با باکتری *Azospirillum lipoferum* در دو سطح به صورت استفاده و عدم استفاده از گونه *آزوسپریلوم لیپوفروم* در تلقیح با بذر گندم، قارچ میکوریزا در سه سطح عدم استفاده، استفاده از سویه *Glomus intradices* و استفاده از سویه *Glomus mossaae*، و فاکتور سوم ارقام گندم، شامل گندم نان (*Triticum aestivum*) رقم چمران و ارقام گندم دوروم دنا و بهرنگ بود. جهت آلوده نمودن بذر با باکتری ابتدا بذرهای گندم توسط محلول هیپوکلریت 0/5 درصد استریل شد. این بذرها را به مدت دو ساعت در آب مقطر استریل خیسانده و متعاقب آن به محلول حاوی باکتری *آزوسپیریلوم لیپوفروم* با غلظت 10^6 cfu/ml (تعداد سلول زنده در هر میلی‌لیتر) منتقل گردید (Amooaghaie et al., 2003).

جدول ۱ - تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر *آزوسپریلوم* و مایکوریزا بر خصوصیات رشد و عملکرد ارقام گندم

Table 1- Analysis of variance (square means) for effects of *Azospirillum* and mycorrhiza on growth criteria and yield of wheat varieties

منابع تغییر	S.O.V	تعداد سنبلچه در سنبله Spikelet in spike	تعداد دانه در گیاه Grains per plant	وزن ۱۰۰۰ دانه 1000-grain weight	وزن سنبله Spike weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد کاه و کلش Straw yield	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	شاخص برداشت HI	شاخص بازآوری Productivity index	روز تا سنبله‌دهی Days to spike	تراکم سنبله Spike density	وزن هکتولیتر Hectoliter weight
تکرار	Replication	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	**	*	ns	**	ns
آزوسپریلوم (A)	*Azospirillum* (A)	**	**	*	ns	**	**	**	*	*	ns	**	*
مایکوریزا (M)	Mycorrhiza (M)	**	**	**	**	**	**	**	ns	*	*	*	*
رقم (C)	Cultivar (C)	*	*	**	**	**	**	**	ns	*	ns	ns	ns
	A×M	**	*	**	*	**	*	**	ns	ns	ns	*	*
	C× A	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	C×B	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
	C×B ×A	*	ns	ns	ns	**	*	*	ns	*	ns	ns	ns
خطا	Error	8.51	114.35	4.50	0.004	1696.4	14978.6	43702.7	0.001	0.001	19.16	0.22	5982.5
ضریب تغییرات (٪)	CV (%)	13.3	11.8	5.8	6.6	8.2	7.8	10.1	16.4	6.6	6.5	16.4	10.42

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

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

پس از چهار ساعت بذرهای گندم آلوده به باکتری جهت کشت آماده شد (Mostajeran et al., 2005). همچنین جهت اعمال تیمار سویه‌های میکوریزایی از کود میکوریزای با تراکم اسپور 120 عدد در هر گرم ماده حامل (کود دامی کاملاً پوسیده) به میزان 80 کیلوگرم در هکتار استفاده شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک، تسطیح زمین و ایجاد فارو در مراحل قبل از کاشت اجرا شد. کشت بذور در آذرماه به صورت دستی انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل پنج خط کشت به طول پنج متر و فاصله 20 سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف 3-2 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. همچنین لازم به ذکر است مزرعه آزمایش در سال زراعی قبل تحت کشت گندم و ذرت بوده است و بافت خاک محل آزمایش نیز لومی شنی بود (جدول 1).

صفات اندازه‌گیری شده شامل تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، وزن سنبله، عملکرد دانه، عملکرد کاه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، شاخص بازآوری، تعداد روز تا ظهور سنبله، تراکم سنبله، وزن هکتولیتر بود. برداشت نهایی به هنگام رسیدگی فیزیولوژیکی دانه‌ها صورت گرفت. برداشت نهایی به میزان دو متر مربع از بوته‌های واقع در خطوط میانی هر کرت و از سطح خاک صورت گرفت و عملکرد دانه با رطوبت 15/5 درصد تعیین شد. شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک بر حسب درصد برآورد گردید (Mahdavi et al., 2005) و وزن هکتولیتر نیز براساس دستورالعمل شماره 55-10 که توسط انجمن آمریکایی شیمیدانان غلات AACC[1] پیشنهاد شده است، برآورد شد. برای این منظور، وزن یک لیتر بذر گندم برای هر تیمار برآورد شد (Pierre et al., 2008). برای محاسبه شاخص بازآوری نیز از معادله (1) استفاده شد (Jabbari et al., 2011).

معادله (1) عملکرد بیولوژیک / وزن سنبله = شاخص بازآوری

تراکم سنبله نیز با معادله (2) محاسبه گردید (Ma et al., 2000).

معادله (2) طول سنبله /تعداد سنبلچه روی سنبله = تراکم سنبله

برای آنالیز واریانس داده‌ها از نرم‌افزار آماری SAS (2004) و برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. رسم نمودارها با نرم‌افزار اکسل و جهت برآورد رگرسیون از نرم‌افزار آماری SPSS 20.0.1(2012) استفاده شد.

نتایج و بحث

بر طبق نتایج حاصل از تجزیهٔ واریانس *آزوسپریلوم* صفات تعداد دانه در بوته، تعداد سنبلچه، عملکرد دانه، عملکرد کاه و عملکرد بیولوژیک را در سطح احتمال 1% و صفات وزن هزار دانه، تراکم سنبله، شاخص برداشت و شاخص بازآوری را در سطح احتمال 5% تحت تأثیر قرار داد اما تأثیر معنی‌داری بر صفات وزن هکتولیتر، تعداد روز تا ظهور سنبله، و وزن سنبله نداشت. در مورد میکوریزا نیز همان طور که در جدول 2 مشاهده می شود، صفات تعداد دانه در بوته، تعداد سنبلچه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد کاه، عملکرد بیولوژیک و وزن سنبله را در سطح احتمال 1% و صفات تراکم سنبله، وزن هکتولیتر، تعداد روز تا ظهور سنبله و شاخص بازآوری را در سطح احتمال 5% تحت تأثیر قرار داد، اما تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت نداشت. همچنین بین ارقام نیز برای صفات وزن هزار دانه، وزن سنبله، عملکرد دانه، عملکرد کاه، عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال 1% و برای صفات تعداد دانه در بوته، تعداد سنبلچه و شاخص بازآوری تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال 5% مشاهده شد، اما برای صفات شاخص برداشت، تعداد روز تا ظهور سنبله، تراکم سنبله و وزن هکتولیتر تفاوت معنی‌داری بین ارقام وجود نداشت (جدول 1)، ضمناً بررسی نتایج جدول تجزیه واریانس اثرات متقابل نشان داد که اثرات دوگانه رقم و میکوریزا و همچنین رقم و *آزوسپریلوم* بر اکثر صفات تأثیر معنی‌داری را نداشتند اما اثرات سه‌گانه تیمارهای آزمایشی صفات عملکرد دانه را در سطح احتمال 1% و صفات شاخص بازآوری، عملکرد کاه، عملکرد بیولوژیک و تعداد سنبلچه در سنبله را در سطح احتمال 5% تحت تأثیر قرار داده است، ولی بر صفات تراکم سنبله، وزن هکتولیتر، تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، شاخص برداشت و وزن سنبله تأثیر معنی‌داری نداشته است. احتمالاً روند تغییرات یکسان در بین ارقام در اثر تغییر ترکیب کودی نشان از پیروی از یک قاعده خاص دارد چرا که در مورد عمده صفات، اثرات متقابل رقم معنی‌دار نبود.

با توجه به جدول 2 تلقیح بذور با *آزوسپریلوم لیپوفروم* توانست تا 13% تعداد سنبلچه و 17% تراکم سنبله را افزایش دهد. احتمالاً کاهش دسترسی گیاه به نیتروژن در شرایط عدم تلقیح سبب کاهش توان رشد رویشی و کوتاه شدن دوره رویشی گیاه (نتایج ارائه شده در همین مقاله) شده است و از این رو گیاه با کاهش تعداد سنبلچه‌های بارور سعی در تولید حداقلی از دانه‌های زایا داشته است. تبعاً کاهش تراکم سنبله نیز وابسته به همین موضوع است که در این خصوص برخی محققین نیز به نتایج مشابهی دست یافتند (Singh et al., 2004). همچنین استفاده از سویه‌های میکوریزا نیز تعداد سنبلچه را (8%) و تراکم سنبله را (18%) افزایش داد. بین سویه‌های میکوریزای مورد کاربرد در این آزمایش برای صفات تعداد سنبلچه و تراکم سنبله تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، ولی بیشترین تعداد سنبلچه (20/05) از کاربرد سویه *G. mossaae* و بیشترین تراکم سنبله (3/14) از کاربرد سویه *G. intradices* بدست آمد. به نظر می‌رسد که تلقیح با قارچ‌های میکوریزا و باکتری‌های محرک رشد از طریق بهبود تغذیه و رشد گیاهان باعث افزایش عملکرد آن‌ها می‌شوند. قاضی و الکراکی (Ghazi & Al-Karaki, 2006) در یک بررسی نشان دادند که اجزای عملکرد در گیاه گندم تلقیح شده با قارچ‌های میکوریزا افزایش یافته است. همچنین در مورد ارقام نیز شایان ذکر است که بیشترین تعداد سنبلچه (20/55 عدد) از رقم چمران و بیشترین تراکم سنبله (2/95 عدد) از رقم بهرنگ بدست آمد.

1- American Association of Cereal Chemists

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر *آزوسپریلوم* و مایکوریزا بر خصوصیات رشد و عملکرد ارقام گندم

Table 2- Mean comparisons for effects of *Azospirillum* and mycorrhiza on growth criteria and yield of wheat varieties

عملکرد بیولوژیکی (گرم بر متر مربع) Biological yield ($g.m^{-2}$)	وزن هکتولیتر (گرم بر لیتر) Hectoliter weight ($g.lit^{-1}$)	تراکم سنبله Spike density	روز تا سنبله‌دهی Days to spike	شاخص بازآوری (٪) Productivity index (%)	شاخص برداشت (٪) HI (%)	عملکرد کاه و کلش (گرم بر متر مربع) Straw yield ($g.m^{-2}$)	عملکرد دانه (گرم بر متر مربع) Grain yield ($g.m^{-2}$)	وزن سنبله (گرم) Spike weight (g)	وزن ۱۰۰۰ دانه (گرم) 1000-grain Weight (g)	تعداد دانه در گیاه Grains per plant	تعداد سنبلچه در سنبله Spikelet in spike	تیمار Treatment
1817.12b	728.24a	2.59b	65.92a	59.21b	34.21b	1390.46b	631.26b	2.72a	42.25b	81.63b	18.47b	با آزوسپریلوم With *Azospirillum*
2334.11a	755.72a	3.09a	67.4a	67.11a	39.33a	1724a	925.44a	2.82a	45.77a	98.58a	20.99a	بدون آزوسپریلوم Without *Azospirillum*
1783.96c	703.32b	2.58b	64.16b	59.14b	35.14a	1310.94c	641.11c	2.67c	40.05c	79.13b	18.71b	بدون مایکوریزا Without Mycorrhiza
2141.42b	750.00ab	3.14a	66.77ab	66.42a	37.33a	1607.55b	870.83b	2.78b	43.61b	93.12a	19.44a	*G. intradices*
2301.46a	772.62a	2.85a	69.05a	66.73a	37.52a	1754.18a	933.11a	2.86a	48.38a	98.06a	20.05a	*G. mossaae*
												رقم ultivar
2408.44a	764.02a	2.84a	67.83a	61.12a	38.22a	1830.50a	929.22a	2.89a	45.61a	96.70a	20.55a	چمران Charan
1956.31b	736.42a	2.59a	65.77a	63.25ab	3631a	1471.54b	716.39b	2.73b	43.66b	87.32b	18.77b	بهرنگ Behrang
1862.09b	725.49a	2.87a	66.38a	66.41c	36.12a	1370.63c	689.44c	2.69b	42.77b	86.30	19.88a	دنا Dena

برزویی و همکـاران (Borzouei et al., 2011) نیـز در بررسـی خود به تفاوت معنی‌دار در تعداد سنبلچه در ارقام گندم اشاره داشـتند. بر طبق نتایج جدول 3 بیشترین تعداد سنبلچه در سـنبله (22/66) از تیمار کاربرد سویه *G. mossaae* و تلقیح آزوسپریلیوم در رقم چمران بدست آمد و بیشترین تراکم سنبله (4/31) از تیمار تلقیح بذور گنـدم بهرنگ با *آزوسپریلوم* و کـاربرد سـویه *G. intradices* بدسـت آمـد (شکل 1). همچنین با توجه به جدول 3 کمتـرین تعـداد سـنبلچه در سنبله (16/33) در تیمار عدم تلقیح بیولوژیکی رقم بهرنگ و کـاربرد سویه *G. intradices* بدست آمد و کمترین تراکم سنبله نیز در تیمار عدم تلقیح رقم بهرنـگ و کـاربرد میکـوریزا سـویه *G. intradices* بدست آمد (شکل 1). احتمالاً تلقیح بذرهای گندم زمـانی مـی‌توانـد سودمند باشد که بر اساس شرایط منطقه‌ای رقم مناسـبی از گنـدم بـا نژاد مؤثری از باکتری، تلقیح شود علاوه بر آنکـه شـرایط خـاک نیـز بایستی ایده‌آل باشد. کاهش نیتروژن با محدود کردن تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها باعث کندی رشد و تولید گیاهانی ضعیف می‌شود کـه این مسئله خود باعث می شود گیاه توان کافی جهت حمایت از اندام-های زایشی خود نداشته باشد که نتیجتاً منجر به تشکیل سنبله‌هایی کوتاه‌تر و با دانه‌هـای پـوک بیشـتر مـی‌شـود. بحرانـی و همکـاران (Bahrani et al., 2010) بیان کردند که باکتری *ازتوباکتر* و میکوریزا تعداد سنبلچه گندم را به شکل معنی‌داری افزایش می‌دهد.

در ارتباط با تعداد دانه در بوته و میـانگین وزن سـنبله مشـخص گردید که تلقیح بذور با *آزوسپریلوم* به ترتیب 18% و 4% این صفات را بهبود می‌بخشد. دیاز و فرناندز (Diaz & Fernandez, 2008) بیان داشتند پس از تلقیح گنـدم بـا بـاکتری *Azospirillum brasilense* تعداد دانه در بوته افزایش یافت. کاربرد میکوریزا نیز تعداد دانه در بوته و وزن سنبله را افزایش داد به شکلی کـه سـویه *G. mossaae* %20 تعداد دانه در بوته و 7% وزن سنبله بیشتری را نسبت به تیمـار عـدم کاربرد میکوریزا نشان داد و در مورد ارقام نیز بیشترین تعداد دانـه در بوته (96/7) و وزن سنبله (2/89 گرم) در رقم چمران دیده شد (جدول 2)، اما نتایج جدول اثرات متقابل نشان داد بیشترین تعداد دانه در بوته (117/68) و وزن سنبله (3/01 گرم) از تیمار تلقیح بذور گندم چمران با *آزوسپریلوم* و کاربرد میکوریزای سویه *G. mossaae* بدسـت آمـد. فرآیند فتوسنتز با مقدار نیتروژن برگ ارتباط زیادی دارد، زیرا فتوسنتز با رابیسکو و سایر پروتئین‌های موجود در مزوفیل مرتبط است و ایـن پروتئین‌ها حدود 75 درصد از کل نیتروژن سلولی را شامل می‌شـوند، همزمان با کاهش میزان نیتروژن برگ، مقدار اکثر پروتئین‌های برگ نیز کاهش مـی‌یابـد (Ebrahimi et al., 2008). همچنـین پـس از نیتروژن، فسفر مهمترین عنصر غذایی مورد نیاز گیاه است و گیاهـان برای ساختن بسیاری از ترکیبـات آلـی ماننـد اسـیدهای نوکلئیـک، فسفولیپیدها، فسفوپروتئین‌ها و کوآنزیم‌هـا، همچنـین بـرای جـذب و انتقال انرژی شیمیایی و سوخت و ساز حیاتی به عنصر فوق نیـاز دارد (Arefi et al., 2012).

جدول 3- مقایسه میانگین اثر متقابل *آزوسپریلوم* و مایکوریزا بر خصوصیات رشد و عملکرد ارقام گندم

Table 3- Mean comparisons for interaction effects of *Azospirillum* and mycorrhiza on growth criteria and yield of wheat varieties

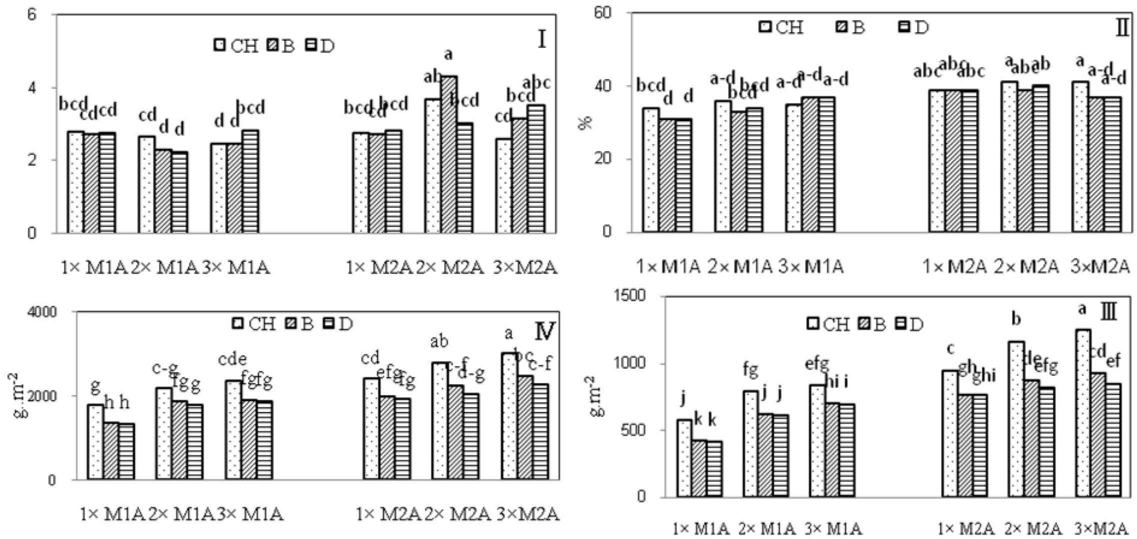
وزن هکتولیتر (گرم بر لیتر) Hectoliter weight ($g.lit^{-1}$)	روز تا سنبله‌دهی Days to spike	شاخص بازآوری (%) Productivity index (%)	عملکرد کاه و کلش (گرم بر متر مربع) Straw yield ($g.m^{-2}$)	وزن سنبله (گرم) Spike weight (g)	وزن 1000 دانه (گرم) 1000-grain Weight (g)	وزن دانه در گیاه (گرم) Grains per plant (g)	تعداد سنبلچه در سنبله spikelet in spike	تیمار Treatment
711.39a	64.33a	53.61g	1360.67f	2.72e	40.00fgh	70.61ef	18.33d	$A_1 \times M_1 \times C_1$
691.18a	62.66a	55.52fg	998.42g	2.57f	38.33h	66.51f	16.33e	$A_1 \times M_1 \times C_2$
685.12a	63.33a	56.21efg	975.27g	2.47f	38.66h	67.54f	18.00d	$A_1 \times M_1 \times C_3$
750.89a	66.66a	63.42cde	1674.67cde	2.81cde	44.00def	91.07cd	18.66cd	$A_1 \times M_2 \times C_1$
734.54a	64.66a	60.12d-g	1470.17ef	2.69e	42.44e-h	80.84def	16.66e	$A_1 \times M_2 \times C_2$
724.31a	65.66a	64.02cde	1364.92f	2.69e	39.33gh	84.93c-f	18.33d	$A_1 \times M_2 \times C_3$
759.06a	69.33a	60.24f-g	1892.67bc	2.93abc	47.33bcd	94.14bcd	18.33d	$A_1 \times M_3 \times C_1$
754.98a	67.66a	61.58d-g	1407.17f	2.79de	45.33cde	90.05cde	20.66bc	$A_1 \times M_3 \times C_2$
742.71a	68.33a	63.49c-f	1370.17f	2.79de	45.33cde	89.03cde	20.33bc	$A_1 \times M_3 \times C_3$
754.09a	65.66a	60.25d-g	1770.02cd	2.89bcd	42.33e-h	93.12cd	20.00c	$A_2 \times M_1 \times C_1$
693.12a	63.66a	63.82c-f	1418.17f	2.70e	40.66fgh	88.00cde	18de	$A_2 \times M_1 \times C_2$
684.99a	64.66a	65.75cd	1343.12f	2.70e	40.33fgh	89.03cde	20.66bc	$A_2 \times M_1 \times C_3$
803.31a	69.33a	65.12cd	2041.47ab	2.97ab	48.00bc	113.59ab	22.66a	$A_2 \times M_2 \times C_1$
749.66a	67.66a	71.31abc	1639.42de	2.81cde	45.33cde	96.19bcd	20.33bc	$A_2 \times M_2 \times C_2$
737.28a	66.33a	73.42ab	1454.67ef	2.71e	43.00efg	92.10cd	20.00c	$A_2 \times M_2 \times C_3$
805.37a	71.33a	66.33bcd	2243.52a	3.01a	52.00a	117.68a	22.66a	$A_2 \times M_3 \times C_1$
795.06a	68.33a	70.29abc	1895.92bc	2.81cde	50.33ab	102.33abc	22.33a	$A_2 \times M_3 \times C_2$
778.55a	69.33a	74.19a	1715.67cd	2.81cde	50.00ab	95.17bcd	22.00ab	$C_3 \times M_3 \times A_2$

A_1: بدون *آزوسپریلوم* ، A_2: با *آزوسپریلوم*، M_1: بدون مایکوریزا، M_2: تلقیح با *G. intradices* و M_3: تلقیح با *G. mossaae*

A_1: without *Azosprillium*, A_2: with *Azosprillium*, M_1: without Mycorrhiza, M_2: with *G. intraradices* and M_3: with *G. mossaae*

در نتیجه در این پژوهش نیز می توان اصلی‌ترین دلیل ارتقاء صفات مربوط به عملکرد را افزایش دسترسی به این عناصر در حین افزایش رشد و توسعه ریشه (سایر نتایج حاصله از این پژوهش ارائه نشده) که منجر به افزایش دسترسی به آب می‌شود دانست، اما کمترین تعداد دانه در بوته (66/51 دانه) در رقم بهرنگ بدون استفاده از کود بیولوژیک و وزن سنبله (2/47 گرم) در رقم دنا و بدون استفاده از کود بیولوژیک مشاهده شد (جدول 3). در بررسی تعداد روز تا ظهور سنبله مشخص شد تلقیح بذور با *آزوسپریلوم* توانسته این صفت را نیز افزایش دهد. بیشترین تعداد روز تا ظهور سنبله معادل 67/4 روز بود که تا 3% بیشتر از تیمار عدم تلقیح بود. طولانی‌تر شدن دوره رشدی گیاه در صورت عدم برخورد با شرایط نامساعد جوی در آخر فصل رشد می‌تواند زمینه افزایش عملکرد را فراهم کند، چرا که گیاه از طریق افزایش تولید اندام‌های فتوسنتز کننده، افزایش تولید و ذخیره اسیمیلات‌ها و تداوم بیشتر فعالیت اندام‌های فتوسنتزی توان بیشتری در تولید دانه‌هایی با ذخیره آندوسپرمی بیشتر دارد. همچنان که فرجی و همکاران (Faraji et al., 2009) نیز در پژوهشی اعلام داشتند تغذیه نیتروژنی گیاه منجر به افزایش تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی و نهایتاً عملکرد شد. کاربرد میکوریزا نیز طول دوره رشد گندم را افزایش داد به نحوی که تعداد روز تا ظهور سنبله (69/05 روز) سویه *G. mossaae* 8% بیشتر از تیمار عدم استفاده از میکوریزا بود. در مورد ارقام نیز بیشترین طول دوره رشد (67/83 روز) مربوط به رقم چمران بود (جدول 2)، اما نتایج جدول اثرات متقابل نشان داد بیشترین تعداد روز تا ظهور سنبله (71/33 روز) در تیمار تلقیح بذور گندم چمران با *آزوسپریلوم* و کاربرد میکوریزای سویه *G. mossaae* مشاهده شد و کوتاه‌ترین دوره رشد رویشی (62/66 روز) در تیمار عدم کاربرد کود بیولوژیک در رقم بهرنگ وجود داشت (شکل 1).

مطابق جدول 2 تلقیح بذور با *آزوسپریلوم* وزن هزاردانه (8%) و وزن هکتولیتر (4%) را افزایش داد تأثیر مثبت تلقیح بذور گندم با *آزوسپریلوم* بر وزن هزار دانه (Soleymanifard & Sidat, 2011) و وزن هکتولیتر (Veresoglou & Menexes, 2010) در آزمایشات زیادی به اثبات رسیده است.



شکل 1- اثر متقابل *آزوسپریلوم* و مایکوریزا بر برخی خصوصیات ارقام گندم (CH: چمران، B: بهرنگ و D: دنا) I) تراکم سنبله، II) شاخص برداشت، III) عملکرد دانه و IV) عملکرد بیولوژیکی

A_1: بدون *آزوسپریلوم* ، A_2: با *آزوسپریلوم*، M_1: بدون مایکوریزا، M_2: تلقیح با ***G. intradices*** و M_3: تلقیح با ***G. mossaae***

Fig. 1- Effect of *Azosprillium* and Mycorrhiza on some characteristics for wheat cultivars (CH: Chamran,B: Behrang and D: Dena) I) spike density, II) HI, III) grain yield and IV) biological yield

A_1: without *Azosprillium*, A_2: with *Azosprillium*, M_1: without Mycorrhiza, M_2: with *G. intraradices* and M_3: with *G. mossaae*

در پژوهش حاضر نیز بیشترین وزن هـزار دانـه (45/77 گـرم) و وزن هکتولیتر (755/72 گرم در لیتر) از تیمار تلقیح بذور با *آزوسپریلوم لیپوفروم* بدست آمد.

همچنین کاربرد میکوریزا نیز وزن هزاردانه (48/38 گـرم) و وزن هکتولیتر (772/62 گرم در لیتر) را افزایش داد. به طور کلی، در ارتباط با میکوریزا بیشترین وزن هزاردانه و عملکرد بوته از کاربرد سویه *G. mossaae* بدست آمد. شایان ذکر است که کاربرد سـویه مـذکور بـه ترتیب 18 و 9 درصد نسبت به عـدم کـاربرد میکـوریزا صـفات وزن هزاردانه و وزن هکتولیتر را ارتقاء بخشید. به نظر می‌رسد که کـاربرد کودهای زیستی باعث توسعه ریشه شده و شرایط را برای جذب عناصر غذایی فراهم می کنند که این به نوبه خود باعث افزایش فتوسنتز می‌گردد. زمانی که گیاه به دوران رسیدگی نزدیک می‌گردد مواد حاصل از فتوسنتز را به اندام‌های زایشی (دانه‌ها) منتقل می‌کند. کودهای زیستی از طریق تسریع و تقویت این عمل سبب افزایش وزن هزار دانه مـی‌گردد. سایر محققین (Idris, 2003) نیز اثر مثبت باکتری ازتوباکتر را بر وزن هزار دانه گندم تأیید کرده‌اند. در ارتباط با ارقام مورد آزمـایش نیز بیشترین وزن هزار دانه (45/61 گرم) و وزن هکتـولیتر (764/02 گرم در لیتر) در رقم چمران مشاهده شد (جدول 2). مطابق با جـدول اثرات متقابل بیشترین وزن هزار دانه (52/00 گرم) و وزن هکتـولیتر (805/37 گرم در لیتر) از تیمار تلقیح بذور گندم رقم چمران با باکتری *Azospirillum lipoferum* و کـاربرد میکـوریزای سـویه *G. mossaae* بدست آمد. سینک و همکاران (Singh et al., 2004) در پژوهشی افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه در ارقام گندم را تحت کاربرد میکوریزا اعلام داشتند. همچنین آنان عنوان داشتند تلقیح دوگانه ارقام گندم با میکوریزا و *ازتوباکتر* منجر به افزایش وزن هزار دانه بـیش از کاربرد منفرد میکوریزا می‌گردد و اما کمترین وزن هزار دانـه (38/33 گرم) در تیمار عدم تلقیح باکتریایی و عدم کاربرد میکـوریزا در بـذور رقم بهرنگ و کمترین وزن هکتولیتر (685/12 گرم در لیتـر) نیـز در تیمار عدم کاربرد کودهای بیولوژیک در بذور رقـم دنـا بدسـت آمـد (جدول 3).

بررسی و تحلیل نتایج مقایسه میـانگین صـفات عملکـرد کـاه و عملکرد بیولوژیک نشان داد تلقیح بذور با *آزوسپریلوم* توانسـته اسـت صفات فوق را نیز افزایش دهد به نحوی که بیشـترین عملکـرد کـاه (1724/33 گرم در متر مربع) و عملکرد بیولوژیک (2334/11 گرم در متر مربع) بود که به ترتیب 20 و 23 درصد نسبت به تیمار عدم تلقیح باکتریایی رشد داشتند. در این آزمایش به نظر می‌رسد که آزوسپریلیوم از طریق توسعه مکانیسم‌هایی همچون توسعه رشد و بیومـاس ریشـه (Naiman et al., 2009) موجب افزایش جـذب برخـی از عناصـر و توسعه سطوح فتوسنتزکننده شده و گیاه مـواد پـروردۀ تولیـد شـده را جهت توسعه اندام‌های خود اختصاص داده و در نهایت بیوماس گیـاه افزایش پیدا کرده است. همچنین نتایج جدول 2 نشان داد که کاربرد سویه‌های میکوریزایی عملکرد کاه و عملکرد بیولوژیک را نیز افزایش داده است، البته بین دو سویه کاربردی تفاوت معنی‌داری وجود داشت و بیشترین مقدار عملکرد کاه (1754/18 گرم در متر مربع) و عملکرد

بیولوژیک (2301/46 گرم در متر مربع) از کاربرد سویه *G. mossaae* بدست آمد. بر طبق نتایج عملکرد کاه و عملکرد بیولوژیک در تیمارهای کاربرد سویه *G. mossaae* به ترتیب 26 و 23 درصد بیشتر از تیمار عدم استفاده از میکوریزا بود. به نظر می‌رسد کاربرد میکوریزا در گندم باعث افزایش غلظت فسفر معدنی در برگ شده باشد و از این طریق بر روی فتوسنتز (از طریق انتقال فعال غیر هم-جهت[1] که خروج تریوز فسفات را از استروما به سیتوسول آسان می-کند) اثر کرده باشد، چرا که غلظت کمتر فسفات معدنی سیتوسول ممکن است اثر منفی روی چرخه کالوین و یا آنزیم‌های مورد نیاز و سطح فعالیت آنها داشته باشد همچنان که در آزمایشات مختلف مشخص شده است که کمبود فسفر کارائی فتوسنتز را در محصولات زراعی کاهش می‌دهد (Wissuwa et al., 2005). در مورد ارقام نیز بیشترین عملکرد کاه (1830/50 گرم در متر مربع) و عملکرد بیولوژیک (2408/44 گرم در متر مربع) از رقم چمران بدست آمد (جدول 2). به نظر می‌رسد که همزیستی میکوریزایی، *آزوسپریلومی* از طریق تغذیه مناسب موجب افزایش وزن اندام هوایی می‌شود اما بر طبق نتایج جدول اثرات متقابل بیشترین عملکرد کاه (2243/52 گرم در متر مربع) و عملکرد بیولوژیک (3000/9 گرم در متر مربع) مشترکاً هر دو از تیمار تلقیح بذور گندم رقم چمران با *آزوسپریلوم* و کاربرد میکوریزای سویه *G. mossaae* بدست آمد. ساین و همکاران (Sighn et al., 2004) نیز در پژوهشی اعلام داشتند تلقیح دوگانه میکوریزا و *ازتوباکتر* منجر به ارتقاء عملکرد بیولوژیک در ارقام گندم می‌شود. میکوریزا با افزایش سطح جذب فسفر و *آزوسپریلوم* با در اختیار گذاشتن نیتروژن، دو عنصر ضروری برای رشد گیاه را تأمین می‌کنند (Ortaş, 2003). همچنان که نتایج پژوهش حاضر نیز در تأیید این نتایج است و به علاوه تلقیح باکتریایی نیز منجر به افزایش اثرات مثبت کاربرد میکوریزا شده است. به نظر می‌رسد استفاده از این ریزموجودات راه مناسبی برای تولید گیاهان در خاک‌هایی با فقر عناصر غذایی باشد و کمترین عملکرد کاه (975/27 گرم در متر مربع) و عملکرد بیولوژیک (1321/1 گرم در متر مربع) در رقم دنا و بدون استفاده از کودهای بیولوژیک مشاهده شد (شکل 1).

مطابق جدول 2 تلقیح بذور با *آزوسپریلوم* عملکرد بوته (32%) را افزایش داد. تأثیر مثبت تلقیح بذور گندم با *آزوسپریلوم* بر عملکرد بوته (Veresoglou & Menexes, 2010) در آزمایشات زیادی به اثبات رسیده است. در پژوهش حاضر نیز بیشترین عملکرد بوته (925/44 گرم در متر مربع) از تیمار تلقیح بذور با *آزوسپریلوم* لیپوفروم بدست آمد. همچنین کاربرد میکوریزا نیز عملکرد بوته (933/11 گرم در متر مربع) را افزایش داد. به طور کلی، در ارتباط با میکوریزا بیشترین وزن هزار دانه و عملکرد بوته از کاربرد سویه *G. mossaae* بدست آمد. الکراکی و همکاران (Al-Karaki et al., 2004) در بررسی خود نشان دادند تلقیح میکوریزا (از طریق بهبود رشد و جذب عناصر غذایی) عملکرد گندم را ارتقا می‌دهد و در مورد ارقام نیز بیشترین عملکرد بوته (929/22 گرم) در رقم چمران مشاهده شد (جدول 2)، اما جدول اثرات متقابل نشان داد بیشترین عملکرد بوته (1246/33 گرم در متر مربع) از تیمار تلقیح باکتریایی بذور گندم رقم چمران و کاربرد میکوریزای سویه *G. mossaae* بدست آمد احتمالاً افزایش فسفر در بافت‌های گیاهی و عدم کمبود نیتروژن دو عامل مهم در افزایش عملکرد گیاه بوده‌اند. حضور میکوریزا به عنوان تأمین کننده فسفر و یک فاکتور مهم در جذب مواد غذایی و آب از خاک در کنار *آزوسپریلوم* موجبات حصول حداکثر عملکرد دانه را در بین تیمارها فراهم آورده است. همچنان که (Zaidi & Khan, 2005) نیز به افزایش معنی‌دار عملکرد گندم تحت تأثیر ریزموجودات رایزوسفر ریشه به سبب افزایش جذب عناصر غذایی اشاره داشتند. کمترین عملکرد بوته (412/00 گرم در متر مربع) نیز در تیمار عدم تلقیح باکتریایی بذور رقم دنا بدست آمد (شکل 1).

مطابق جدول 2 تلقیح بذور با *آزوسپریلوم* منجر به افزایش 13 و 12 درصدی به ترتیب برای صفات شاخص برداشت و شاخص بازآوری شد، به نحوی‌که بیشترین شاخص برداشت (39%) و شاخص بازآوری (67%) از تلقیح بذور گندم با *آزوسپریلوم لیپوفروم* بدست آمد. افزایش شاخص برداشت در گندم تلقیح شده با باکتری‌های آزادزی توسط سایر محققین نیز اثبات شده است (Singh et al., 2004). همچنین کاربرد میکوریزا نیز شاخص برداشت (6%) و شاخص بازآوری (11%) را افزایش داد. به طور کلی، در ارتباط با میکوریزا بیشترین شاخص برداشت (38%) از کاربرد سویه *G. mossaae* بدست آمد و بیشترین شاخص بازآوری (66%) به طور مشترک از کاربرد هر دو سویه *G. mossaae* و *G. intradices* بدست آمد، البته افزایش شاخص بازآوری در گندم تیمار شده با میکوریزا در تحقیقات سایرین نیز به اثبات رسیده است (Pir Dashti et al., 2012). برخی محققین معتقدند که احتمالاً تنوع زیستی قارچهای میکوریزا مهمترین عامل حفظ تنوع زیستی گیاهی و کارکرد اکوسیستمی است، چرا که نابودی تنوع زیستی قارچهای میکوریزا که در سیستم‌های کشاورزی اتفاق می‌افتد، می‌تواند باعث کاهش تنوع زیستی گیاهان و تولید اکوسیستم شده و ناپایداری اکوسیستم را افزایش دهد (Diepeningen et al., 2005)، اما در ارتباط با ارقام مورد کشت بیشترین شاخص برداشت (38%) در رقم چمران و بیشترین شاخص بازآوری (66%) در رقم دنا مشاهده شد (جدول 2)، اما تجزیه جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد بیشترین شاخص برداشت (41%) از تلقیح باکتریایی بذور گندم رقم چمران و کاربرد میکوریزای سویه *G. mossaae* و نیز در تیمار کاربرد *G. intradices* و تلقیح *آزوسپریلوم* در رقم چمران بدست آمد و بیشترین شاخص بازآوری (74%) نیز از تیمار کاربرد میکوریزای سویه *G. mossaae* و تلقیح *Azospirillum lipoferum* با بذور گندم رقم دنا بدست آمد. نوع برهمکنش قارچ میکوریزا آربسکولار و باکتری، بستگی به محیط خاک، نوع باکتری، قارچ و گیاه دارد. باکتری‌های PGPR می‌توانند با تأثیر بر میزان تمایل و پذیرش

1- Anti port

ریشه برای قارچ و رشد و جوانه‌زنی اسپورها و همچنین تغییر ترشحات ریشه‌ای و محیط ریزوسفر، تشکیل و عملکرد قارچ‌های میکوریزایی را تحت تأثیر قرار دهند (Raja et al., 2002). همچنان که در این پژوهش نیز حضور همزمان قارچ و باکتری منجر به افزایش اثرات مثبت کاربرد گردیده است. همچنین کمترین شاخص برداشت (31%) در تیمارهای عدم کاربرد کود بیولوژیک در ارقام دوروم رقم چمران دیده شد (شکل 1) و کمترین شاخص بازآوری (53%) نیز در تیمار عدم کاربرد کود بیولوژیک در رقم چمران بدست آمد (جدول 3).

نتیجه‌گیری

در مجموع، کاربرد میکوریزا (بین 7 تا 33 درصد) و تلقیح *آزوسپریلوم* (بین 4 تا 32 درصد) عملکرد و اجزای عملکرد را در ارقام گندم نسبت به تیمار کنترل بهبود خواهد داد. مصرف ریزموجودات احتمالاً از طریق بهبود خصوصیاتی همچون افزایش حجم اندام‌های فتوسنتز کننده و همچنین افزایش طول دوره رشدی، باعث افزایش مقدار و ظرفیت تولید اسیمیلات در منابع شده که در نهایت، منجر به بهبود عملکرد گردیده است. این امر بیان کننده مطلوبیت مصرف میکوریزا و *آزوسپریلوم*، در ایجاد شرایط مناسب جهت نیل به رشد حداکثری و نزدیک شدن به عملکرد پتانسیل در گندم را دارد. همچنین مصرف توأم این میکروارگانیسم‌ها نه تنها منجر به بروز هیچگونه اثرات آنتاگونیستی و نتیجتاً کاهش در میزان عملکرد نشد، بلکه از کاربرد جداگانه‌شان در حد چشم‌گیری موثرتر واقع شد (بین 4 تا 20%)، اما بین دو سویه میکوریزای به کار برده شده مصرف سویه *G. mossaae* جهت دستیابی به مقادیر حداکثری صفات برآوردی (به استثنای تراکم سنبله) لازم بود. همچنین ارزیابی صفات اندازه گیری شده حکایت از مفیدتر واقع شدن میکوریزا نسبت به آزوسپریلیوم داشت، اما احتمالاً واقعیت امر در آن باشد که مزرعه‌ای که این پژوهش در آن انجام شد، تحت تأثیر عواملی همچون عملیات نادرست خاکورزی، مصرف بی رویه کود شیمیایی و فقر ماده آلی در خاک (نتایج آزمون خاک)، بقا و فعالیت باکتری *آزوسپریلوم* دچار اختلال شده باشد. در مجموع، به نظر می‌رسد که استفاده مستمر از کودهای بیولوژیک و اعمال مدیریت خاک‌ورزی مناسب برای سال-های متمادی در یک مزرعه شرایط را برای بروز فعالیت حداکثری ریزموجودات فراهم آورد.

منابع

Al-karaki, G., Mcmichael B., and Zak, J. 2004. Field response of wheat to *Arbuscular Mycorrhizal* Fungi and drought stress. Mycorrhiza 14: 263-296.

Amirabadi, M., Ardekani, M., Rejali, F., Bourji, M., and Khaghani, S. 2009. Efficiency of mycorrhiza and Azotobacter under different levels of phosphorus on yield and yield components of maize SC704 in Arak. Journal of Crop Science 2: 45-51. (In Persian with English Summary)

Amooaghaie, R., Mostajeran, A., and Emtiazi, G. 2003. The effect of *Azospirillum* strains bacteria concentration on the growth of wheat roots. Journal of Agricultural Science 33 (2): 222-213. (In Persian with English Summary)

Arefi, E., Kafi, M., Khazaie, H.R., and Banayan Aval, M. 2012. Effect of different levels of nitrogen, phosphorus and potassium on yield, photosynthesis and Pygmanthay) photosynthesis, chlorophyll and nitrogen in components of industrial and medicine shallots (*Allium altissimum* Regel.). Journal of Agroecology 4(3): 207-214. (In Persian with English Summary)

Azimi, M., Khoda Rahmi, M., Jalal Kamali, M.R. 2012. Evaluation of some important agronomic characteristics in spring bread wheat genotypes under terminal drought stress and non-stress conditions. Journal of Agronomy and Plant Breeding 8(1): 175-193. (In Persian with English Summary)

Bahrani, A., Pourreza, J., and Haghjoo, M. 2010. Response of Winter Wheat to Co-Inoculation with *Azotobacter* and Arbescular Mycorrhizal Fungi (AMF) under Different Sources of Nitrogen Fertilizer. American-Eurasian Journal Agriculture and Environment Science 8(1): 95-103.

Behl, R.K., Ruppel, S., Kothe, E., and Narula, N. 2007. Wheat x *Azotobacter* x VA Mycorrhiza interactions towards plant nutrition and growth. Journal of Applied Botany and Food Quality 81: 95-109.

Borzouei, A., Kafi, M., and Khazaei, H.R., and Mousavi Shalman, M.A. 2011. The effect of salinity on root traits of both susceptible cultivar and resistant wheat cultivars relationship with grain yield under greenhouse conditions. Journal Science and Technology of Greenhouse Culture 8(2): 95-106.

Cala, V., Cases, M.A., and Walter, I. 2005. Biomass production and heavy metal content of *Rosmarinus officinalis* growth on organic waste-amended soil. Journal of Arid Environments 62: 401-412.

Cardoso, I.M., and Kuyper, T.W. 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility. Agriculture, Ecosystems and Environment 116: 72-84.

Daei. G., Ardakani, M.R., Rejali, F., Teimuri, S., and miransari, M. 2009. Alleviation of salinity stress on wheat yield, yield components, and nutrient uptake using *Arbuscular mycorrhizal* fungi under field conditions. Journal of plant physiology 166: 617-625.

Dehghan, A., Khodarahmi, M., Majidi Harvan, A., and Paknejad, F. 2011. Genetic Variation of Morphological and Physiological traits in Durum Wheat Lines. Seed and Plant Journal 27 (1): 103-120. (In Persian with English Summary)

Diaz-Zoritaa, M., and Fernandez-Canigia, M.V. 2008. Field performance of a liquid formulation of *Azospirillum brasilense* on dryland wheat productivity. European Journal of Soil Biology 45(1): 3–11.

Diepeningen, A.D.V., De Vos, O.J. Korthals, G.W., and Bruggen, A.H.C.V. 2005. Effects of organic versus conventional management on chemical and biological parameters in agricultural soils. Applied Soil Ecology 31: 120-135.

Ebrahimi, N., Afyooni, M., Karami, M., and Rezaie Nejad, Y. 2008. Residual and cumulative effects of organic matters on nitrogen, phosphorous and potassium concentration of soil. Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources 46: 103-113.

Faraji, A., Latifi, N., Soltani, A., and Shirani Rad, A.H. 2009. Seed yield and water use efficiency of canola (*Brassica napus* L.) as affected by high temperature stress and supplemental irrigation. Agricultural Water Management 96: 132-140.

Ghazi, N., and Al-Karaki, G.N. 2006. Nursery inoculation of tomato with *arbuscular mycorrhizal* fungi and subsequent performance under irrigation with saline water. Science Horticulture 109: 1–7.

Giamati, G., Astarraie, A.R., and Zamani, G.R. 2009. Effects of municipal compost and sulfur on sugar beet yield and soil chemical properties. Iranian Journal of Field Crops Research 7(1): 153-160. (In Persian with English Summary)

Higa, T. 2000. What is EM technology? EM World Journal 1: 1-6.

Idris, M. 2003. Effect of integrated use of mineral, organic N and *Azotobacter* on the yield, yield components and N-nutrition of wheat (*Triticum aestivum*). Pakistan Journal Biological Science 6(6): 539-543.

Jabbari, H., Daneshian, J., and Aliabadi, H. 2011. Use refreshed effort, yield and quality to identify hybrids drought tolerant sunflower. Crop Ecophysiology Journal 3(1): 9-23.

Jahan, M., Koocheki, A., and Nassiri, M. 2007. The effects of *arbuscular mycorrhizal* fungus and free living nitrogen fixing bacteria on growth, Photosynthesis and yield of corn (*Zea mays* L.) in conventional and conventional and ecological cropping systems. Iranian Journal Field Crops Research 5(1): 53-67. (In Persian with English Summary)

Kannayan, S. 2002. Biofertilizers for sustainable crop production. In: Biotechnology of Biofertilizers. Ed., Kannayan, Narosa Publishing House, New Delhi, India. 9-49.

Ma, Z., Steffenson, B.J., Prom, L.K., and Lapitan, N.L. 2000. Mapping of quantitative trait Loci for *Fusarium* head blight resistance in barley. Phytopathology 90: 1079-88.

Mahdavi, F., Esmaili, M.A., Fallah, E., Pirdashti, H. 2005. Study of morphological characteristics, physiological indices, grain yield and its components in rice (*Oryza sativa* L.) landraces and improved cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences 2(4): 280-297. (In Persian with English Summary)

Mostajeran, A., Amooaghaie, B., and Emtiazi, G. 2005. The effect of *Azospirillum* and pH irrigation water on yield and protein content of wheat cultivars. Journal of Biology 18(3): 248-260. (In Persian with English Summary)

Naiman, A.D., Latro´nico, A., García de Salamone, I.E. 2009. Inoculation of wheat with *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens*: Impact on the production and culturable rhizosphere microflora. European Journal of Soil Biology 45: 44 – 51.

Ortaş, I. 2003. Effect of selected mycorrhizal inoculation on phosphorus sustainability in sterile and non-sterile soils in the Harran Plain in South Anatolia. Journal Plant Nutrient 26: 1-17.

Pierre, C.S., Petersona, J., Rossa, A., Ohma, J., Verhoerena, M., Larsona, M., and Hoefera, B. 2008. White wheat grain quality changes with genotype, nitrogen fertilization and water stress. Agronomy Journal 100: 414-420.

Pir Dashty, H., Yaghobian, Y., Mohammedi, E., Feizi Asl, V., and Esfandiari, E. 2012. Evaluation the reaction of dry wheat (C.V Azar II) to symbiosis of Arbuscular mycorrhizal fungi and mycorrhiza-like to levels of water deficit stress. Journal of Agroecology 4 (1): 63-73. (In Persian with English Summary)

Raja A.R., Shah K.H., Aslam M., and Memon M.Y. 2002. Response of phosphor bacterial and Mycorrhiza inoculation in wheat. Asian Journal of Plant Science 4: 322-323.

Saini, V.K., S.C., Bhandari, and Tarafdar, J.C. 2004. Comparison of crop yield, soil microbial C, N and P, N-fixation, nodulation and Mycorrhizal infection and non inoculated sorghum and chickpea crops. Field Crops Research 89: 39-47.

SAS 9.01.3 Copyright (c) 2004. By SAS Institute Inc., CARY, NC, USA. SAS (r) Proprietary Software Version 9.00 (TS M0).

Sighn, and Purhit, S. 2008. Biofertilizer Technology. Published by AGROBIOS (INDIA).

Singh, R., Behl, R.K., Singh, K.P., Jain, P., and Narula, N. 2004. Performance and gene effects for wheat yield under inoculation of *arbuscular mycorrhiza* fungi and *Azotobacter chroococcum*. Haryana Agricultural University. Hisar, India. Plant Soil Environment 50(9): 409-415.

Soleymanifard, A., and Sidat, S.A. 2011. Effect of inoculation with bio-fertilizer in different nitrogen levels on yield and yields components of safflower under dry land conditions. American-Eurasian Journal of Agriculture and Environment Science 11(4): 473-477.

SPSS 20.0.1 Copyright (c) 2012. IBM Corporation., USA. Proprietary Software.

Veresoglou, S.D., and Menexes, G. 2010. Impact of inoculation with *Azospirillum* spp. On growth properties and seed yield of wheat: a meta-analysis in ISI web of science from 1981 to 2008. Plant and soil 337: 469-480.

Wissuwa, M., Gamat, G., and Ismail, A.M. 2005. Is root growth under phosphorus deficiency affected by source or sink limitation. Journal of Experimental Botany 56: 1943-1950.

Zaidi, A., and Khan, S. 2005. Interactive effect of rhizotrophic microorganisms on growth, yield, and nutrient uptake of wheat. Journal Plant Nutrient 28: 2079- 2092.

Zheng, Y.M., Ding, Y.F., Wang, Q-S., Li, G.H., Wu, H., Yuan, Q., Wang, H.Z., and Wang, S.H. 2007. Effect of nitrogen applied before transplanting on NUE in rice. Agricultural Sciences in China 6(7): 842-848.

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 3, Fall 2014, p. 529-541

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 3، پاییز 1393، ص. 541-529

عملکرد و مزیت نسبی کشت مخلوط آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در الگوهای مختلف با سویا (*Glycine max* (L.) Merrill) و ذرت (*Zea mays* L.) در شرایط تبریز

روح‌الله امینی[1*]، میثم شمایلی[2] و عادل دباغ محمدی‌نسب[3]

تاریخ دریافت: 1392/04/10
تاریخ پذیرش: 1392/08/13

چکیده

به منظور بررسی عملکرد و مزیت کشت آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) به صورت مخلوط دو و سه گونه‌ای با سویا (*Glycine max* (L.) Merrill) و ذرت (*Zea mays* L.) آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در سال زراعی 90-1389 در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و سه تکرار به اجرا درآمد. تیمارها شامل کشت‌های مخلوط جایگزینی به صورت کشت دو گونه‌ای شامل آفتابگردان- ذرت با نسبت 3:3 و آفتابگردان-سویا با نسبت 4:3 و کشت سه گونه‌ای آفتابگردان- سویا - ذرت با نسبت 3:4:3 و آفتابگردان- سویا- ذرت - سویا با نسبت 4:3:4:3، کشت مخلوط افزایشی آفتابگردان و سویا با نسبت 20:100 و کشت خالص آفتابگردان بودند. نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری برای ارتفاع بوته، شاخص کلروفیل، وزن صد دانه و عملکرد بیولوژیک آفتابگردان بین کشت خالص و کشت‌های مخلوط وجود نداشت. تعداد برگ در بوته آفتابگردان به طور معنی‌داری تحت تأثیر الگوی کاشت قرار گرفت و در تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص آفتابگردان بود. قطر طبق، تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه و شاخص برداشت آفتابگردان در کشت مخلوط دو گونه‌ای آفتابگردان- ذرت کمتر از کشت خالص و سایر تیمار های کشت مخلوط بود. کشت مخلوط دو گونه‌ای آفتابگردان- سویا عملکرد دانه و شاخص برداشت بیشتری نسبت به کشت مخلوط سه گونه‌ای آفتابگردان- سویا - ذرت داشت. بیشترین و کمترین مقدار نسبت برابری زمین (LER) به ترتیب از کشت مخلوط افزایشی آفتابگردان و سویا (1/37) و مخلوط جایگزینی آفتابگردان- ذرت (0/87) به دست آمد. کشت مخلوط سه گونه‌ای آفتابگردان- سویا- ذرت - سویا LER بیشتری (1/01) نسبت به کشت مخلوط آفتابگردان- سویا - ذرت (0/94) داشت. نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از سه گیاه زراعی در کشت مخلوط باعث افزایش عملکرد و نسبت برابری زمین شد، لذا با اجرای آن می‌توان باعث پایداری اکوسیستم زراعی گردید.

واژه‌های کلیدی: دانه در طبق، روش جایگزینی، شاخص برداشت، شاخص کلروفیل، نسبت برابری زمین

مقدمه

بر اساس گزارش فائو، سطح زیر کشت آفتابگردان در ایران طی سال 2010 حدود 67 هزار هکتار با میانگین عملکرد 670 کیلوگرم در هکتار بوده است که نسبت به سال 2000 تقریباً 14 درصد کاهش مساحت زیر کشت و 31 درصد افزایش میانگین عملکرد داشته است (FAO, 2010). تنوع یکی از مهمترین اجزای یک نظام با ثبات و پایدار کشاورزی است. چنین نظامی شرایط بهینه‌ای را برای استفاده از منابع، چرخش مواد غذایی، مدیریت آفات و افزایش عملکرد فراهم می‌کند. نظام‌های چند کشتی از طریق ایجاد تنوع می‌توانند تا حدودی باعث ثبات ذاتی سیستم‌های کشاورزی شوند (Anil et al., 2000). یکی از راهکارهای حرکت به سمت کشاورزی پایدار، به‌کارگیری مخلوطی از گیاهان گونه‌های مختلف، ارقام و یا ایزولاین‌های مختلف در زراعت می‌باشد. کشت مخلوط به عنوان سیستم جایگزین شکل پیچیده‌تری از چندکشتی هستند که در آنها دو یا چند گونه به طور همزمان در یک قطعه زمین در طی یک فصل زراعی رشد داده می‌شوند (Strydhorst et al., 2008). از مزایای کشت مخلوط، مواردی مانند تبادل مواد غذایی، افزایش کارایی جذب، مصرف و بهره‌وری نیتروژن، کاهش رقابت علف‌های هرز، ممانعت از فعالیت آفات، کنترل عوامل بیماری‌زا، کاهش تعرق و ایجاد برخی دیگر از مکانیسم‌ها را

1، 2 و 3- به ترتیب دانشیار، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استاد گروه اکوفیزیولوژی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
(*- نویسنده مسئول: Email: r_amini@ tabrizu.ac.ir)

می‌توان نام برد که هرگز در نظام‌های تک‌کشتی روی نمی‌دهند (Tsubo et al., 2001).

نسبت برابری زمین[1] (LER) به عنوان یک شاخص ساده از کارآیی کشت مخلوط بدین صورت تعریف می‌شود؛ نسبت سطح زمینی که لازم است تا با کشت گیاه به صورت تک کشتی، عملکردی مشابه کشت مخلوط به دست آید (Vandermeer, 1990). در کشت مخلوط سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) و سویا مشاهده شد که مجموع عملکرد نسبی و نسبت برابری زمین بیشتر از یک بود، مخصوصاً وقتی از کودهای بیولوژیک برای تأمین نیتروژن و فسفر استفاده شد (Ghosh et al., 2009). ژنوتیپ‌های مختلف لوبیا رونده (*Phaseolus vulgaris* L.) در کشت مخلوط با ذرت دیررس، نسبت برابری زمین بیشتر از یک داشتند (Gebeyehu et al., 2006). همچنین در کشت مخلوط ذرت و سویا مجموع عملکرد نسبی در سال‌های مختلف برابر با 1/4 و 1/29 بود (Ijoyah et al., 2013). علیرغم کاهش عملکرد دانه آفتابگردان و دال‌عدس (*Cajanus cajan* L.) در کشت مخلوط، به طور کلی، نسبت برابری زمین به 1/51 افزایش یافت (Ujjinaiah et al., 1991). برتری کشت مخلوط به کشت خالص وقتی است که رقابت بین گونه‌ای برای منابع رشد نسبت به رقابت درون گونه‌ای کمتر باشد (Weil Ray & Macfaden, 1991). کشت مخلوط آفتابگردان و ذرت باعث افزایش عملکرد در واحد سطح گردید (Tohidynejad et al., 2004). همچنین در کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) مشاهده گردید که در کشت مخلوط سودمندی نسبی در مقایسه با کشت خالص آنها بیشتر بود (Rashid et al., 2002). در کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا میزان نسبت برابری زمین LER 1/25 حاصل گردید (Singh, 2007). در کشت مخلوط آفتابگردان و سویا نیز مقدار LER به 1/37 رسید (Saudy & Elmetwally, 2009). در آزمایشی دیگر مشاهده گردید که در کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا از منابع محیطی با کارایی بیشتری استفاده گردید و مقدار LER به 1/8 رسید (Morales et al., 2009).

در ارزیابی کشت مخلوط ذرت و آفتابگردان مشاهده گردید که بیشترین نسبت برابری زمین (1/7) در کشت مخلوط با نسبت 25 : 75 درصد ذرت -آفتابگردان و کمترین نسبت برابری زمین (1/4) در کشت مخلوط 50 : 50 درصد ذرت- آفتابگردان به دست آمد (Musavian et al., 2010). در ارزیابی کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) گزارش گردید که بیشترین مقدار نسبت برابری زمین (1/353) مربوط به تیمار کشت مخلوط افزایشی آفتابگردان + 50 درصد لوبیا چیتی تعلق داشته و این ترکیب کشت مخلوط قابل توصیه بود (Nasrollahzadeh Asl et al., 2012). کشت مخلوط آفتابگردان با گیاهان زراعی دیگر مثل ذرت و سویا به دلیل افزایش تنوع بیولوژیکی و همچنین استفاده از ظرفیت تثبیت نیتروژن سویا می‌تواند در افزایش کارایی تولید موثر باشد. تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط دو و سه گونه‌ای آفتابگردان با ذرت و سویا بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان و همچنین مقایسه کارایی الگوهای مختلف کشت مخلوط آفتابگردان در شرایط آب و هوایی تبریز انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با هدف بررسی عملکرد و مزیت نسبی الگوهای مختلف کشت مخلوط آفتابگردان با ذرت و سویا در زمینی به مساحت تقریبی 1100 متر مربع در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز واقع در اراضی باسمنج با طول جغرافیایی 46 درجه و 17 دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی 37 درجه و 5 دقیقه عرض شمالی، ارتفاع 1360 متر از سطح آب های آزاد با اقلیم نیمه خشک سرد در سال زراعی 90-1389 اجرا شد. مشخصات خاک محل اجرای آزمایش در جدول 1 ارائه شده است. منطقه دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد و یک فصل خشک طولانی به ویژه در تابستان می‌باشد (Jafarzade, 1998). در پاییز زمین با گاوآهن برگردان‌دار شخم عمیق زده شد. در اول اردیبهشت‌ماه عملیات دیسک‌زنی و کولتیواتورزنی جهت آماده‌سازی انجام شد، سپس توسط فاروئر پشته هایی به عرض 50 سانتی‌متر ایجاد گردید و زمین به صورت جوی و پشته آماده شد.

آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و سه تکرار انجام گردید. آفتابگردان و ذرت به صورت یک ردیفه و سویا به صورت دو ردیفه در پشته‌هایی با فاصله 50 سانتی‌متر کشت شدند.

1- Land Equivalent Ratio

جدول 1- مشخصات خاک محل اجرای آزمایش
Table 1- Soil characteristics of experimental location

بافت Texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتی‌متر) EC (μmohs.cm^{-1})	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Potassium (mg.kg^{-1})	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Phosphorus (mg.kg^{-1})	نیتروژن (%) Nitrogen (%)	ماده آلی (%) O.C (%)
شنی سیلتی Sandy-silty	7.3	211	260	20	0.14	0.81

تیمارها شامل کشت خالص آفتابگردان، کشت مخلوط جایگزینی آفتابگردان- ذرت با نسبت 3:3 (سه ردیف آفتابگردان: سه ردیف ذرت با نسبت مخلوط جایگزینی 50%:50%)، کشت مخلوط جایگزینی آفتابگردان- سویا با نسبت‌های 4:3 (سه ردیف آفتابگردان: چهار ردیف سویا با نسبت مخلوط جایگزینی60%:40%) و کشت مخلوط افزایشی آفتابگردان و سویا با نسبت 20:100، کشت مخلوط جایگزینی سه گونه‌ای آفتابگردان-سویا-ذرت با نسبت‌های3:4:3 (سه ردیف آفتابگردان: چهار ردیف سویا: سه ردیف ذرت با نسبت مخلوط جایگزینی 37/5%: 25%: 37/5%) و کشت سه گونه‌ای آفتابگردان-سویا-ذرت-سویا به ترتیب با نسبت‌های4:3:4:3 (سه ردیف آفتابگردان: چهار ردیف سویا: سه ردیف ذرت: چهار ردیف سویا با نسبت مخلوط جایگزینی 30%: 40%: 30%) بودند. ارقام مورد استفاده در این آزمایش هیبرید زودرس ذرت دابل کراس370، آفتابگردان هیبرید یوروفور و سویا رقم ویلیامز بودند که به ترتیب از موسسه تحقیقات کشاورزی ارومیه و مرکز تحقیقات دانه‌های روغنی خوی تهیه شدند. روش مورد استفاده در کشت مخلوط نواری از نوع جایگزینی و افزایشی بود. کاشت آفتابگردان، ذرت و سویا به طور همزمان و با دست انجام گرفت. مساحت هر پلات با توجه به تیمارها متفاوت بود، ولی در تمامی تیمارها طول نوارهای کاشت پنج متر و فاصله دو پشته از یکدیگر 50 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. تراکم مطلوب برای آفتابگردان هشت بوته در متر مربع با فاصله روی ردیف 25 سانتی‌متر در یک طرف پشته و تراکم مطلوب برای ذرت 10 بوته در متر مربع با فاصله روی ردیف 20 سانتی‌متر در یک طرف پشته بود. تراکم مطلوب برای سویا 60 بوته در متر مربع بود و با فاصله روی ردیف 6/5 سانتی متر در دو طرف پشته کاشته شد. جهت اطمینان از استقرار یکنواخت بوته‌های آفتابگردان، ذرت و سویا، کشت بذور با تراکم بالا صورت گرفت سپس در مرحله سه برگی ذرت و دو تا سه برگی آفتابگردان و سویا در تمام کرت‌ها به صورت یکنواخت عمل تنک انجام گرفت. آبیاری‌ها بر حسب شرایط اقلیمی منطقه به طور متوسط هر هفته یک بار به طریقه جوی و پشته انجام گرفت. برای کنترل بیماری قارچی از جمله پوسیدگی طوقه از قارچ‌کش بنومیل با نسبت دو در هزار قبل از کاشت با بذور مخلوط و استفاده شد.

به منظور اندازه‌گیری صفات مختلف 10 بوته آفتابگردان در هر کرت علامت‌گذاری شدند و یادداشت برداری‌ها انجام گرفت. شاخص کلروفیل برگ آفتابگردان توسط دستگاه SPAD 502 هنگام بسته شدن کانوپی در برگ‌های پایینی و میانی و بالایی اندازه‌گیری شد و میانگین داده‌ها به عنوان شاخص کلروفیل برگ استفاده شد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک دانه، آبیاری قطع شد تا ضمن کاهش رطوبت مازاد بذر، محصول جهت برداشت آماده شود. برداشت بوته‌ها پس از رسیدگی فیزیولوژیکی آفتابگردان از سطح سه متر مربع پس از حذف حاشیه‌ها در هر پلات انجام گرفت بر حسب مورد با استفاده از خط-کش و ترازوی حساس صفات مورد نظر آفتابگردان اندازه‌گیری شدند. صفات مورد اندازه‌گیری در آفتابگردان شامل ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در واحد سطح و شاخص برداشت بودند.

شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط

1- عملکرد نسبی RY [1]

عملکرد نسبی A و B بر اساس معادلات (1) و (2) محاسبه شد (Mazaheri, 1998):

$$RYA = \frac{\text{محصول گونه } A \text{ در کشت مخلوط}}{\text{محصول گونه } A \text{ در کشت خالص}} \quad \text{معادله (1)}$$

$$RYB = \frac{\text{محصول گونه } B \text{ در کشت مخلوط}}{\text{محصول گونه } B \text{ در کشت خالص}} \quad \text{معادله (2)}$$

1- Relative Yield

2- نسبت برابری زمین LER

برای کشت مخلوطی که دو گونه X و Y را شامل می‌شود، مقدار شاخص LER از معادله (3) محاسبه شد (Vandermeer, 1990):

$$LER = \frac{PX}{KX} + \frac{PY}{KY} \quad (3)$$

معادله (3)

در این معادله، PX: عملکرد گونـه X در کشـت مخلـوط، KX: عملکرد گونه X در کشت خالص، PY: عملکـرد گونـه Y در کشـت مخلوط و KY: عملکرد گونه Y در کشت خالص مـی‌باشـد (Arje, 2007).

تجزیه واریانس در قالب طرح بلوک‌های کامل تصـادفی بـا سـه تکرار با استفاده از نـرم‌افـزار PSS ver.16 انجـام گرفـت. مقایسـات میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمـال پـنج درصـد انجام و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

تعداد برگ در بوته

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که کشت مخلوط بـر تعداد برگ در بوته آفتابگردان تـأثیر معنـی‌داری داشـت (جـدول 2). مقایسه میانگین داده‌ها حاکی از آن است کـه بیشـترین تعـداد بـرگ مربوط به تیمار کشت مخلوط سه گونه‌ای ذرت- سویا- آفتابگردان- سویا و کمترین تعداد برگ متعلق به کشت خـالص آفتـابگردان بـود (شکل 1). در این تیمار بوته‌های آفتابگردان از هر دو طرف با بوتـه-های سویا مجاورت داشته و احتمالاً اسـتفاده آفتـابگردان از نیتـروژن تثبیت شده سویا باعث افزایش رشد و تولید برگ بیشتر شده است. در بررسی که توسط شفشک و همکـاران (Shafshak et al., 1989) در ارتباط با کشت مخلوط آفتابگردان و سویا به عمل آمد، مشخص شد که تعداد برگ در هر بوته آفتابگردان در مخلوط بیشتر از کشت خالص بود.

ارتفاع بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول 2) بیانگر آن اسـت کـه ارتفاع بوته آفتابگردان تحت تأثیر نوع کشت قرار نگرفـت. در کشـت مخلوط سورگوم علوفه‌ای و ماشک (*Vicia ervilia* (L.) Willd) نیز مشاهده گردیدکه ارتفاع بوته سورگوم در کشت‌های خالص بیشـتر از کشت‌های مخلوط بود (Arje, 2007).

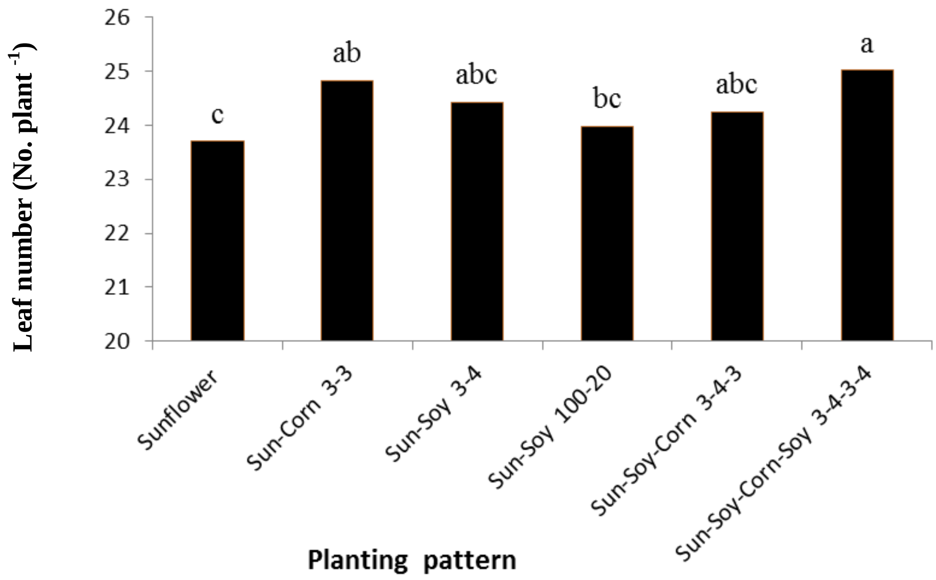
جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر الگوی کاشت بر صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان

Table 2- Analysis of variance for morphological traits, yield and yield components of sunflower in an intercropping system

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of Squares								
		تعداد برگ Leaf Number	ارتفاع بوته Plant height	شاخص کلروفیل برگ Leaf chlorophyll index	قطر طبق Head diameter	تعداد دانه Seed Number	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index
بلوک Block	2	1.37*	405.8**	4.79^{ns}	0.23^{ns}	6044.1^{ns}	2.59^{ns}	1879752.6^{ns}	111239.5^{ns}	0.0001^{ns}
الگوی کاشت Planting pattern	5	0.75*	60.9^{ns}	2.8^{ns}	4.26*	11093.1*	6.59^{ns}	690178.8^{ns}	441743.3**	0.002**
خطا Error	10	0.23	46.4	2.83	1.36	3182.6	5.56	1645901.7	66993.6	0.00001
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		1.96	4.49	4.66	6.32	6.97	3.59	9.75	6.01	4.93

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد.

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



شکل 1- اثر الگوی کاشت بر تعداد برگ آفتابگردان (Sun= آفتابگردان، Soy= سویا و Corn= ذرت)

Fig. 1- Effect of intercropping pattern on leaf number per plant of sunflower (Sun=Sunflower; Soy=Soybean)

میانگین‌های دارای حروف متفاوت دارای تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن می‌باشند ($p\leq0/05$).

The means with different letters indicate the significant difference based on Duncan test ($p\leq0.05$).

همچنین در کشت مخلوط ذرت و سویا مشاهده گردید که ارتفاع بوته ذرت در کشت خالص بیشتر از کشت مخلوط است (Panhwar et al., 2004). در بررسی کشت مخلوط آفتابگردان و سویا، در تراکم بالا ارتفاع هر دو گیاه کـاهش یافـت (Shafshak et al., 1989). در کشت مخلوط آفتابگردان و ذرت به دلیل اینکه ذرت یک گیاه برگ-باریک است، احتمالاً رقابت برای نور بین آنها رخ نداده است. همچنین در تیمارهای مخلوطی که سویا وجود دارد، به دلیـل اخـتلاف ارتفـاع ذرت و آفتابگردان با سویا رقابت برای نور به حداقل رسیده است.

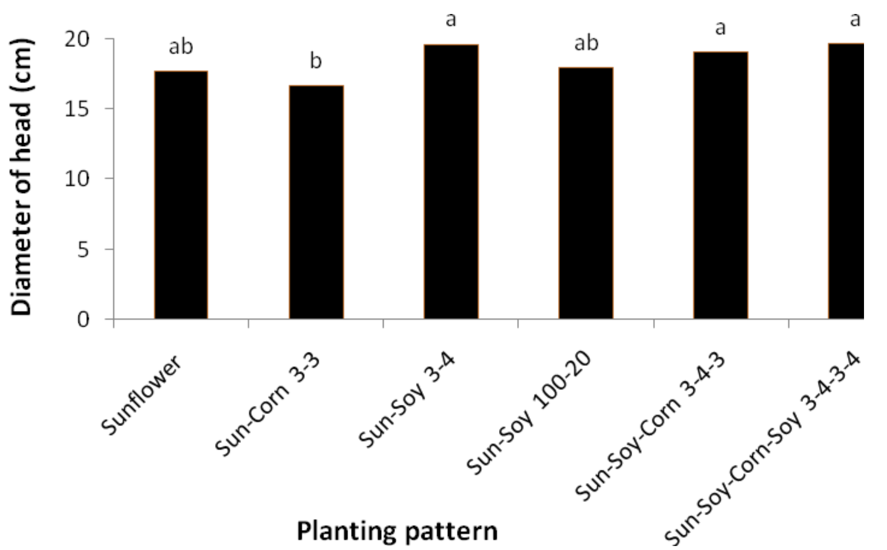
شاخص کلروفیل برگ

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول 2) مشاهده مـی-شود که اثر کشت مخلوط بر شاخص کلروفیل برگ آفتابگردان معنی-دار نمی‌باشد. در کشت مخلوط یولاف (*Avena sativa* L.) و ماشک (*Vicia ervilia* (L.) Willd)، مشاهده شد که سطح فتوسنتزکننده و محتوای کلروفیل بالاتری در واحد سطح نسبت به هر یـک از تـک-کشتی‌ها داشت و به طور متوسط 20 درصد نور بیشـتری نسـبت بـه میانگین تک‌کشتی‌ها جذب کرد که به دلیل کـاهش انعکـاس نـور و افزایش محتوای کلروفیل برگ‌های این گیاهان در کشت مخلوط بود (Mariotti & Masoni, 1997). در این آزمایش نور دریافتی کانوپی مخلوط یولاف و ماشک همبستگی بیشتری با محتوای کلروفیل برگ در مقایسه با شاخص سطح برگ داشت.

قطر طبق

تأثیر کشت مخلوط بر صـفت قطـر طبـق آفتـابگردان در سـطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول 2). بیشترین و کمتـرین قطـر طبق به ترتیب برابر با 19/65 و 16/69 سانتی‌متر از تیمارهای مخلوط سه گونه‌ای ذرت، سویا، آفتابگردان، سویا و کشت مخلوط دو گونه‌ای ذرت، آفتابگردان به دست آمد (شکل 2). به نظر می‌رسد که افـزایش در قطر طبق از تأثیر مثبت نیتروژن تثبیت شده توسـط ریشـه سـویا ناشی می‌شود که باعث افزایش میزان رشد و قطر طبق تشکیل شـده باشد. در کشت مخلوط افزایشی آفتـابگردان و لوبیـا چیتـی مشـاهده گردیـد کـه کشـت مخلـوط باعـث کـاهش قطـر طبـق گردیـد (Nasrollahzadeh Asl et al., 2012) که دلیل آن را پیچیدن لوبیا به دور بوته‌های آفتابگردان و سایه‌اندازی و در نهایت کاهش فتوسنتز و رشـد طبـق بیـان کردنـد. همچنـین در کشـت مخلـوط ذرت و آفتابگردان، مخلوط جایگزینی با نسبت 50:50 بیشترین قطر طبق را

داشت (Musavian et al., 2010).



شکل 2- اثر الگوی کشت بر قطر طبق آفتابگردان (Sun= آفتابگردان، Soy= سویا و Corn= ذرت)

Fig. 2- Effect of intercropping pattern on head diameter of sunflower (Sun=Sunflower; Soy=Soybean)

میانگین‌های دارای حروف متفاوت دارای تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن می‌باشند ($p\leq0/05$).

The means with different letters indicate the significant difference based on Duncan test ($p\leq0.05$).

تعداد دانه در طبق

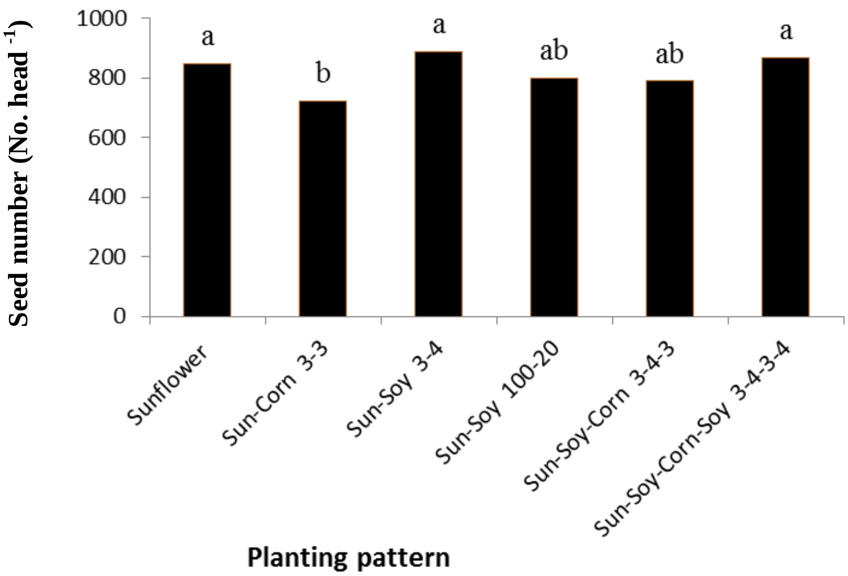
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن است که اثر کشت مخلوط بر تعداد دانه در طبق آفتابگردان در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول 2). بیشترین تعداد دانه در طبق از کشت مخلوط دو گونه‌ای آفتابگردان– سویا به دست آمد (شکل 3). کاهش تعداد دانه در بلال ذرت می‌تواند ناشی از کوتاه‌تر شدن طول بلال در تراکم‌های بالا و در نتیجه کاهش تعداد دانه در هر ردیف بلال باشد، زیرا با افزایش تراکم، از نفوذ نور به داخل کانوپی کاسته می‌شود و محدودیت در مورد دریافت تشعشع توسط برگ‌ها در نهایت، تعداد اندام‌های زایشی از قبیل تعداد دانه در بلال را کاهش داده است (Hashemi-Dezfooli et al., 1996). در ارزیابی کشت مخلوط ذرت و سویا نیز نتایج مشابهی مشاهده شد (Pirzad, 1999). همچنین کاهش تعداد دانه در طبق می‌تواند ناشی از کاهش قطر طبق باشد. در الگوی کشت مخلوط ذرت-آفتابگردان، کاهش تعداد دانه در طبق احتمالاً به دلیل رقابت این دو گیاه زراعی برای جذب آب و مواد غذایی باشد، زیرا هر دو گیاه نیاز بالایی به جذب نیتروژن دارند. در صورتی که در الگوهای کشت مخلوط دارای سویا، این کاهش معنی‌دار نمی‌باشد.

وزن هزار دانه

اثر نوع کشت بر وزن هزار دانه آفتابگردان معنی‌دار نبود (جدول 2). نتایج مشابهی نیز توسط محققان دیگر در کشت مخلوط ذرت و لوبیا چیتی (Pourtaghi, 2003) و کشت مخلوط ذرت و سویا (Barghi, 2007) گزارش شده است. چنین به نظر می‌رسد که افزایش تراکم با تشدید رقابت درون گونه‌ای بر سر استفاده از منابع موجود کاهش وزن هزار دانه آفتابگردان را به دنبال داشته است.

عملکرد دانه

اثر نوع کشت بر عملکرد دانه آفتابگردان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول 2). با مقایسه میانگین الگوهای کشت، بیشترین عملکرد دانه از تیمار کشت مخلوط دو گونه‌ای آفتابگردان-سویا برابر با 4774 کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد دانه برابر با 3677 کیلوگرم در هکتار از تیمار کشت مخلوط دوگونه‌ای آفتابگردان- ذرت حاصل شد (شکل 4).



شکل 3- اثر الگوی کشت بر تعداد دانه در طبق آفتابگردان (Sun= آفتابگردان، Soy= سویا و Corn= ذرت)

Fig. 3- Effect of intercropping pattern on grain number per head of sunflower (Sun=Sunflower; Soy=Soybean)

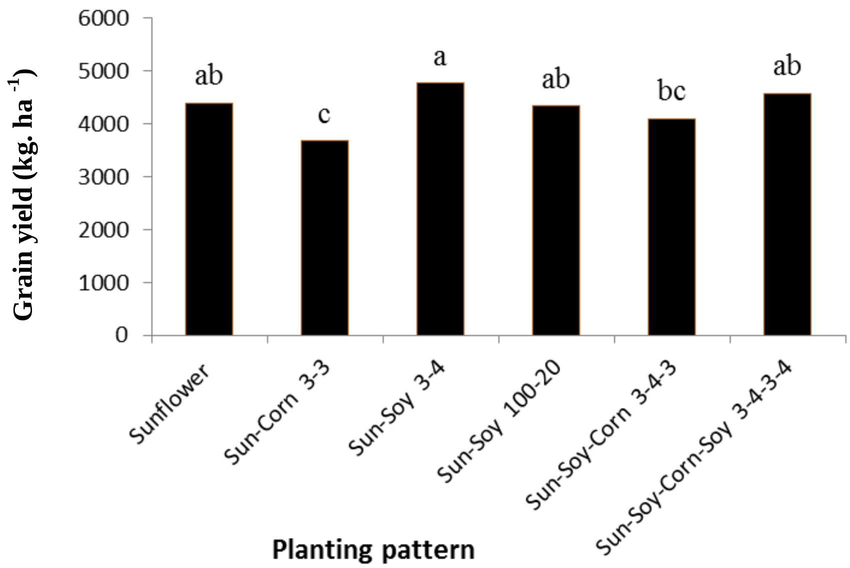
میانگین‌های دارای حروف متفاوت دارای تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن می‌باشند ($p\leq0/05$).

The means with different letters indicate the significant difference based on Duncan test ($p\leq0.05$).

کاهش عملکرد دانه را می‌توان به رقابت شدید آفتابگردان و ذرت و افزایش عملکرد دانه را به تأثیر ازت تثبیت شده توسط سویا در کشت مخلوط آفتابگردان – سویا و جذب ازت اضافی موجود در خاک توسط ریشه آفتابگردان نسبت داد. در مطالعه کشت مخلوط ذرت و آفتابگردان مشاهده شد که آفتابگردان 13 درصد افزایش و ذرت 15 درصد افزایش عملکرد دانه نشان دادند (Jehan-Bakht et al., 1989). در کشت مخلوط آفتابگردان و ذرت، عملکرد دانه آفتابگردان افزایش یافت (Shafshak et al., 1989). همچنین کاهش عملکرد دانه آفتابگردان در کشت مخلوط با لوبیای سودانی (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) مشاهده گردید (Mulik et al., 1993). عملکرد دانه آفتابگردان در تیمارهای کشت خالص آفتابگردان، مخلوط افزایشی آفتابگردان- سویا و مخلوط آفتابگردان- سویا- ذرت- سویا، تفاوت معنی‌داری با عملکرد دانه آن در تیمار آفتابگردان-سویا نداشتند. همچنین عملکرد دانه در تیمار مخلوط آفتابگردان- سویا- ذرت تفاوت معنی‌داری با تیمار آفتابگردان- ذرت نداشت. به بیان دیگر در تیمارهای مخلوطی که نسبت سویا به عنوان یک گیاه تأمین‌کننده نیتروژن کاهش یافته است، عملکرد آفتابگردان کم شده است.

عملکرد بیولوژیکی

تغییرات عملکرد بیولوژیکی تحت تأثیر تغییرات در وزن طبق و وزن بخش‌های رویشی بوته قرار می‌گیرد (Saudy & Elmetwally, 2009). تأثیر کشت مخلوط بر عملکرد بیولوژیکی آفتابگردان معنی‌دار نبود (جدول 2). گزارش شده است عملکرد بیولوژیک ذرت در کشت مخلوط با کدوی تخم‌کاغذی نسبت به کشت خالص کاهش یافت (Khorramivafa, 2006). در کشت مخلوط ذرت با لوبیا چشم بلبلی، (*Vigna unguiculata* L.) عملکرد بیولوژیک ذرت در کشت مخلوط کمتر از کشت لوبیا چشم بلبلی بود (Tayefe-Nouri, 2003). تأثیر الگوی کشت بر ارتفاع بوته و شاخص کلروفیل آفتابگردان معنی‌دار نشد و در نتیجه عملکرد بیولوژیکی آن تحت تأثیر الگوی کشت قرار نگرفت. سویا به عنوان گیاه مکمل در کشت مخلوط، قابلیت دسترسی آفتابگردان به نیتروژن را از طریق تثبیت بیولوژیکی افزایش داده و باعث افزایش قطر طبق و تعداد دانه‌های تشکیل شده در آن و عملکرد دانه گردید.



شکل 4- اثر الگوی کشت بر عملکرد دانه آفتابگردان (Sun= آفتابگردان، Soy= سویا و Corn= ذرت)

Fig. 4- Effect of intercropping pattern on grain yield of sunflower (Sun=Sunflower; Soy=Soybean)

میانگین‌های دارای حروف متفاوت دارای تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن می‌باشند ($p\leq0/05$).

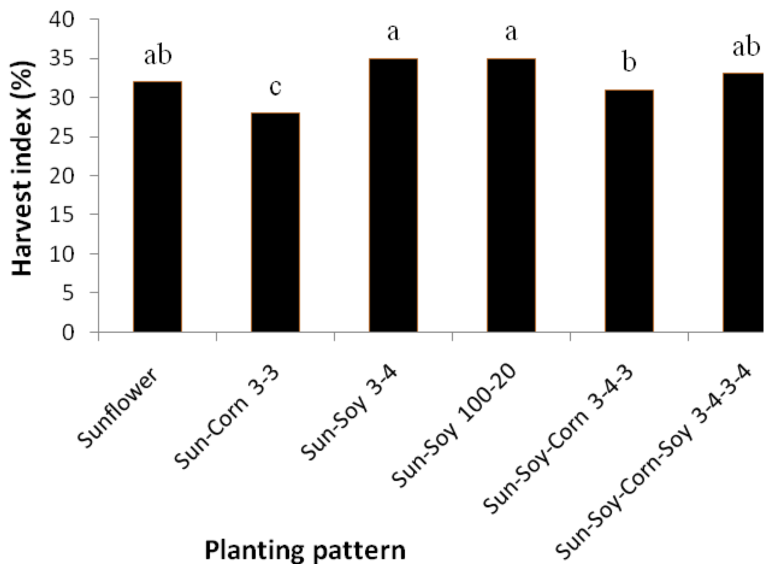
The means with different letters indicate the significant difference based on Duncan test ($p\leq0.05$).

شاخص برداشت

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول 2) شاخص برداشت تحت تأثیر الگوی کشت مخلوط قرار گرفت. بالاترین شاخص برداشت برابر با 35 درصد مربوط به کشت مخلوط افزایشی آفتابگردان- سویا بود که با کشت مخلوط جایگزینی دو گونه‌ای آفتابگردان– سویا تفاوت معنی‌دار نداشت (شکل 5). در کشت مخلوط دال‌عدس و سورگوم مشاهده گردید که شاخص برداشت از 18/8 درصد در کشت خالص به 31/6 درصد در کشت مخلوط رسید که دلیل آن را افزایش عملکرد دانه بیان کردند (Natarajan & Willey, 1980). شاخص برداشت دلالت بر میزان بیوماس گیاهی تخصیص یافته به دانه دارد، بنابراین معیار مناسبی برای میزان تقسیم ذخایر بین ساختار رویشی و زایشی است. همچنین افزایش تخصیص مواد به بخش قابل برداشت را عامل افزایش شاخص برداشت در کشت مخلوط می‌دانند (Willey, 1990). با توجه به این‌که عملکرد بیولوژیکی آفتابگردان تحت تأثیر الگوی کشت قرار نگرفت، افزایش عملکرد دانه آفتابگردان در کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی آفتابگران-سویا و کشت مخلوط آفتابگردان-سویا ذرت-سویا باعث افزایش شاخص برداشت در این الگوهای کشت گردید.

عملکرد نسبی اجزای مخلوط

بیشترین عملکرد نسبی آفتابگردان برابر با 0/99 از تیمار افزایشی آفتابگردان– سویا و کمترین آن برابر با 0/35 از تیمار کشت مخلوط سه گونه‌ای آفتابگردان – سویا – ذرت به دست آمد (جدول 3). بیشترین عملکرد نسبی ذرت مربوط به تیمار مخلوط ذرت– آفتابگردان به میزان 0/45 و کمترین آن از تیمار سه گونه‌ای آفتابگردان – سویا – ذرت (0/41) به دست آمد. همچنین بیشترین عملکرد نسبی سویا مربوط به تیمار افزایشی آفتابگردان– سویا (0/38) و کمترین آن متعلق به تیمار سه گونه‌ای آفتابگردان – سویا – ذرت (0/18) بود. عملکرد نسبی آفتابگردان و سویا در کشت مخلوط افزایشی بیشتر از کشت مخلوط جایگزینی بود. این نتایج نشان می‌دهد که کشت مخلوط افزایشی در این تحقیق بهتر از کشت مخلوط جایگزینی بوده است. عملکرد نسبی جزء در شرایطی مورد استفاده قرار می‌گیرد که کشاورز به عملکرد بالای یکی از گونه‌ها در اجزای مخلوط نیاز بیشتری دارد (Javanshir et al., 2000).



شکل 5- اثر الگوی کشت بر شاخص برداشت آفتابگردان (Sun= آفتابگردان، Soy= سویا و Corn= ذرت)

Fig. 5- Effect of intercropping pattern on harvest index of sunflower (Sun=Sunflower; Soy=Soybean)

میانگین‌های دارای حروف متفاوت دارای تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن می‌باشند ($p≤0/05$).

The means with different letters indicate the significant difference based on Duncan test ($p≤0.05$).

جدول 3-اثر الگوهای کشت مخلوط آفتابگردان با ذرت و سویا بر شاخص‌های ارزیابی کارایی مخلوط

Table 3- Effect of intercropping patterns of sunflower with corn and soybean on intercropping evaluation indices

نسبت برابری زمین **Land Equivalent Ratio**	عملکرد نسبی آفتابگردان(RYc) **Sunflower relative yield (RYc)**	عملکرد نسبی سویا(RYb) **Soybean relative yield (RYb)**	عملکرد نسبی ذرت (RYa) **Corn relative yield (RYa)**	الگوی کشت مخلوط **Intercropping pattern**
0.87	0.42	-	0.45	آفتابگردان– ذرت (3:3) Sunflower-corn (3:3)
0.93	0.65	0.28	-	آفتابگردان – سویا (4:3) Sunflower- soybean (3:4)
1.37	0.99	0.38	-	افزایشی آفتابگردان – سویا (20:100) Additive sunflower-soybean (100:20)
0.94	0.35	0.18	0.41	آفتابگردان– سویا– ذرت (3:4:3) Sunflower-soybean-corn (3:4:3)
1.01	0.39	0.19	0.43	آفتابگردان– سویا– ذرت- سویا (4:3:4:3) Sunflower-soybean-corn soybean (3:4:3:4)

در کشت مخلوط ذرت و باقلا گزارش شد که بیشـترین عملکـرد نسبی ذرت از تیمار مخلوط ذرت با تراکم شش بوته با باقلا یا تراکم-های 40 و 50 بوته در متر مربع به میزان 0/78 و بیشترین عملکـرد نسبی باقلا از تیمار مخلوط ذرت با تراکم شش بوته با باقلا با تراکم

30 بوته در متر مربع و به میزان 1/17 به دست آمد (Rezaei-Chianeh et al., 2011). همچنین در کشت مخلوط سورگوم با لوبیا چشم بلبلی مشاهده گردید که بیشترین عملکرد نسبی سورگوم مربوط به تیمار مخلوط 75% سورگوم + 25% لوبیا چشم بلبلی با تراکم کم به میزان 1/06 و بیشترین عملکرد نسبی لوبیا چشم بلبلی مربوط به تیمار مخلوط 25% سورگوم + 75% لوبیا چشم بلبلی با تراکم متوسط و به میزان 0/59 بود (Sharifi et al., 2006).

نسبت برابری زمین

نتایج نشان می‌دهد که تیمار کشت مخلوط افزایشی آفتابگردان– سویا بالاترین نسبت برابری زمین (1/37) را به خود اختصاص داد (جدول 3). در این الگوی کشت، عملکرد نسبی آفتابگردان برابر با 0/99 و عملکرد نسبی سویا برابر با 0/38 بود، در واقع در الگوی کشت افزایشی، عملکرد آفتابگردان 99 درصد حالت تک‌کشتی و عملکرد سویا به اندازه 38 درصد حالت تک‌کشتی بوده که در مجموع، سویا اثر بیشتری از مخلوط پذیرفته است. کمترین LER بدست آمده مربوط به تیمار کشت مخلوط دو گونه‌ای ذرت- آفتابگردان (0/87) بود و عملکرد نسبی آفتابگردان (0/42) و ذرت (0/45) نشان داد که هر دو گونه نسبت به حالت تک‌کشتی عملکرد کمتری تولید کرده و اثر کاهشی کشت مخلوط روی آفتابگردان بیشتر از ذرت بود. در کشت مخلوط جایگزینی آفتابگردان-سویا، عملکرد نسبی آفتابگردان (0/65) بیشتر از عملکرد نسبی سویا (0/28) بود و اثر مثبت کشت مخلوط بر عملکرد آفتابگردان بیشتر از سویا بود و در نهایت، LER برابر با 0/93 بود. در الگوهای کشت مخلوط سه گونه‌ای آفتابگردان، سویا و ذرت اثر مثبت کشت مخلوط بر عملکرد نسبی ذرت بیشتر از آفتابگردان بود و سویا کمترین اثر را از مخلوط پذیرفت. مقدار LER برای کشت مخلوط آفتابگردان- سویا-ذرت و آفتابگردان- سویا- ذرت- سویا به ترتیب برابر با 0/94 و 1/01 بود. به طور کلی، سویا در الگوهای کشت مخلوط باعث افزایش عملکرد نسبی آفتابگردان شده و در عوض عملکرد نسبی آن کاهش یافته است. همچنین بین الگوهای کشت مخلوط جایگزینی، تأثیر سویا بر عملکرد نسبی آفتابگردان در الگوی کشت مخلوط آفتابگردان- سویا-ذرت- سویا بیشترین مقدار بود.

شاخص نسبت برابری زمین به عنوان پرکاربردترین شاخص موجود و ارزیابی سودمندی نسبی کشت‌های مخلوط مطرح است. زمانی که LER برابر یک باشد، کشت مخلوط هیچ مزیتی بر تک-کشتی ندارد. این حالت در صورتی رخ می‌دهد که در اجزای مخلوط رقابت درون گونه‌ای با رقابت برون گونه‌ای برابر است. علاوه بر آن، اگر میزان افزایش یک محصول معادل با کاهش محصول دیگر در مخلوط باشد، مقدار LER برابر با یک خواهد شد. اگر مقدار LER کوچک‌تر از یک باشد، کشت خالص و اگر LER بزرگ‌تر از یک باشد در این صورت کشت مخلوط ترجیح داده می‌شود (Javanshir et al., 2000). شاخص LER به شکل گسترده جهت تعیین برتری کشت مخلوط در اشکال مختلف ترکیبات گونه‌ای در محیط‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. هنوز هم این شاخص به عنوان پرکاربردترین شاخص موجود در ارزیابی کارآیی نسبی کشت‌های مخلوط مطرح می‌باشد که از محاسبه و تفسیر ساده نتایج، قابلیت انعطاف‌پذیری و جواب‌گویی به تعابیر متفاوت و منطقی از نظر زراعی برخوردار بوده و به عنوان معیاری از کارایی استفاده از زمین بکار گرفته می‌شود (Ayineband, 2007). در مطالعه کشت مخلوط ذرت و لوبیا مشاهده گردید که روند تغییرات نسبت برابری زمین بیشتر از عملکرد ذرت، از عمکرد لوبیا پیروی می‌کند (Ofori & Stern, 1987). افزایش تراکم‌های ذرت و لوبیا باعث افزایش نسبت برابری زمین شد. این افزایش در مورد تراکم لوبیا بیشتر از تراکم ذرت بود، به طوری که تغییر تراکم در لوبیا 48 درصد و تغییر تراکم در ذرت، 16 درصد نسبت برابری زمین را تغییر داد.

اگرچه کشت مخلوط افزایشی آفتابگردان– سویا در مقایسه با سایر تیمارها، LER بیشتری داشت، ولی باید توجه داشت که بالاترین کارایی بیولوژیک در یک سیستم تنها ملاک برای انتخاب کشت مخلوط مناسب نمی‌باشد. در کشت مخلوط یولاف و باقلا نتایج نشان داد که نسبت برابری زمین برای عملکرد بیولوژیک 1/23 و برای عملکرد دانه 1/31 به دست آمد (Heleniusa & Jokinen, 1994). در کشت مخلوط ذرت با باقلا (*Vicia faba* L.) (Li et al., 1999; Hauggaard-Nielsen & Jensen, 2001) مشخص شد که LER بین 1/23-1/05 بوده است. در پژوهش‌های دیگری توسط مینال و همکاران (Minale et al., 2001) و ونکسو و همکاران (Wenxue et al., 2005) نسبت برابری زمین به ترتیب حدود 2-1/5 و 1/58-1/21 بدست آمد. در کشت مخلوط ذرت و باقلا مشاهده شد که بیشترین LER از تیمارهای مخلوط ذرت با تراکم شش بوته با تراکم-های 40 و 50 بوته باقلا در متر مربع به میزان 1/97 به دست آمد

(Rezaei-Chianeh et al., 2011). بنـابراین، بـه اسـتناد تحقیقـات مختلف، در کشت مخلوط لگوم و غلات، نسبت برابری زمین که بـه عنوان معیاری برای مزیت کشت مخلوط نسـبت بـه کشـت خـالص مطرح است، همواره بالاتر از یک است کـه حـاکی از مزیـت کشـت مخلوط نسبت به کشت خالص آنهـا مـی‌باشـد (Gebeyehu et al., 2006).

نتیجه‌گیری

به طور کلی، می‌توان نتیجه گرفـت کـه تیمـار کشـت مخلـوط افزایشی آفتابگردان- سویا با حداکثر شـاخص نسـبت برابـری زمـین بهترین کارایی را در بین الگوهای کشت مخلوط داشت. کارایی بالای این الگوی کشت مخلوط را می‌توان به اثرات متقابل بیشتر آفتابگردان و سویا نسبت داد، زیرا به دلیل اینکه سـویا در بـین بوتـه‌هـای ذرت کشت شده است، نیتروژن تثبیت شده قابل دسترس برای بوتـه‌هـای آفتابگردان افزایش یافتـه اسـت. در بـین تیمارهـای کشـت مخلـوط جایگزینی دو گونه‌ای، مخلـوط جـایگزینی آفتـابگردان-سـویا LER بیشتری نسبت به مخلوط ذرت-آفتابگردان داشت، زیرا آفتـابگردان و ذرت هر دو گیاهانی با نیاز نیتروژن بالا هستند و در نتیجه نمی‌توانند اثر مکمل روی یکدیگر داشته باشند و نیازهای یکدیگر را تأمین کنند. در نتیجه مشاهده می‌شود که کشت مخلوط ذرت-آفتابگردان کمترین LER را به خود اختصـاص داده اسـت. در مقایسـه الگوهـای کشـت مخلوط سه گونه‌ای، مشاهده می‌شود که کشت مخلوط آفتـابگردان-سویا –ذرت-سویا (در صورتی که این الگوی کشت به صورت نواری در کنار هم تکرار شود به صورت ذرت – سویا – آفتابگردان – سویا خواهد بود، یعنی نوار آفتابگردان از دو طرف با سویا مجاورت خواهـد داشت) LER بیشتری (1/01) نسبت به کشت مخلـوط آفتـابگردان-سویا –ذرت (در صورت تکرار این الگوی کشت نوار به صورت ذرت– آفتابگردان – سویا– ذرت خواهد بود که آفتابگردان فقط از یک طرف با سویا مجاورت دارد) داشت (0/94) که نشان مـی‌دهـد در الگـوی کشت مخلوطی که آفتابگردان از دو طرف با سویا در تماس بوده و از نیتروژن تثبیت شده آن استفاده می‌کند، رشد و عملکرد بهتری داشته است. استفاده از الگوهای کشت مخلوط نواری سه گونه‌ای، علاوه بـر این‌که کارایی کشت مخلوط را افزایش می‌دهد، می‌تواند باعث افزایش تنوع بیولوژیکی اگرواکوسیستم‌ها گردد که از اهداف کشاورزی پایـدار است.

منابع

Anil, L., Park, J., and Phipps, R.H. 2000. The potential of forage- maize intercrops in ruminant nutrition. Animal Feed Science and Technology 85: 157-164.

Arje, J. 2007. Evaluating the intercropping of forage sorghum and hairy vetch at different levels of N fertilizer and planting patterns. MSc Thesis. Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran. (In Persian with English Summary)

Ayineband, A. 2007. Ecology of Agro-ecosystems. University of Shahid Chamran Ahvaz Press, Ahvaz, Iran 374 pp. (In Persian)

Barghi, N. 2007. Evaluating the strip intercropping of corn and soybean with and without inoculation of Azosprillium. MSc Thesis. Agronomy, Faculty of Agriculture, Azad University of Tabriz, Tabriz, Iran. (In Persian with English Summary)

FAO. 2010. FAOSTAT. http://www.fao.org.

Gebeyehu, S., Simane, B., and Kirkby, R. 2006. Genotype×cropping system interaction in climbing beans (*Phaseolus vulgaris* L.) grown as sole crop and in association with maize (*Zea mays* L.). European Journal of Agronomy 24: 396–403.

Ghosh, P.K., Tripathi, A.K., Bandyopadhyay, K.K., and Manna, M.C. 2009. Assessment of nutrient competition and nutrient requirement in soybean/sorghum intercropping system. European Journal of Agronomy 31: 43–50.

Hashemi-Dezfooli, A., Koocheki, A., and Banayan-Avval, K. 1996. Improving crops yield (Translation). Jihad Daneshgahi of Mashhad Press, Mashhad, Iran 287 pp. (In Persian)

Hauggaard-Nielsen, H., and Jensen, E.S. 2001. Evaluating pea and barley cultivars for complementarily in intercropping at different levels of soil N availability. Field Crops Research 72: 185-196.

Heleniusa, J., and Jokinen, K. 1994. Yield advantage and competition in intercropped oats (*Avena sativa* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.): Application of the hyperbolic yield-density model. Field Crops Research 37 (2): 85-94.

Ijoyah, M.O., Ogar, A.O., and Ojo, G.O.S. 2013. Soybean-maize intercropping on yield and system productivity in Makurdi, Central Nigeria. Scientific Journal of Crop Science 2: 49-55.

Jafarzade, A. 1998. Comprehensive studies of 26 hectares of Research Station of Faculty of Agriculture of Tabriz University. Journal of Faculty of Human and Social Science 4: 16-29. (In Persian with English Summary)

Javanshir, A., Dabbagh Mohammadinasab, A., and Gholipouri, M. 2000. Ecology of intercropping (Translation). Jahad Daneshgahi of Mashhad Press, Mashhad, Iran 217 pp. (In Persian)

Jehan Bakht, S. K., Ehsanullh, K., Ehsanullh, Z.S., and Qayum, A. 1989. Yield and yield components of maize and sunflower sown alone and in different combination under various level of nitrogen. Sarhad Journal of Agriculture 5: 482-490.

Khorramivafa, M. 2006. Ecological evaluation of intercropping of corn and gourd. PhD Thesis in Faculty of Agriculture, University of Tehran, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Li, L., Yang, S., Zhang, X., and Christie, F. 1999. Interspecific complementary and competitive interactions between intercropped maize and faba bean. Plant and Soil 212: 105 – 114.

Mariotti, E.I., and Masoni, A. 1997. Light interception in an oat/vetch intercropping. Field Crops Abstract 31: 658-665.

Mazaheri, D. 1998. Intercropping. University of Tehran Press, Tehran, Iran 262 pp. (In Persian)

Minale, L., Tilahun, T., and Alemayehu, A. 2001. Determination of nitrogen and phosphorus fertilizer levels in different maize-faba bean intercropping patterns in northwestern Ethiopia, Seventh Eastern and Southern Africa Regional Maize Conference p. 513-518.

Morales, R.E.J., Escalante, E.J.A., Sosa, C.L., and Volke, H.V.H. 2009. Biomass, yield and land equivalent ratio of *Helianthus annuus* L. in sole crop and intercropped with *Phaseolus vulgaris* L. in high valleys of Mexico. Tropical and Subtropical Agro ecosystems 10: 431–439.

Mulik, S., More, S.M., Deshpade, S., and Patil, J.D. 1993. Intercropping for better stability in crop production in dryland Watersheds. Indian Journal of Agriculture 38 (4): 527 – 530.

Musavian, S. N., Lorzade, S., Ebrahim-Pour, F., and Chaab, A. 2010. Effect of Nitrogen and mixing ratio on seed yield and some morphological traits of corn sunflower in intercropping at north of Khouzestan. Iranian Journal of Field Crops Research 8 (4): 708-716. (In Persian with English Summary)

Nasrollahzadeh Asl, A., Chavoshgoli, A., Valizadegan, E., Valiloo, R., and Nasrollahzadeh Asl, V. 2012. Evaluation of sunflower (*Heliantus annus* L.) and pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropping based on additive method. Journal of Agriculture and Sustainable Production Science 22 (2): 79-90 (In Persian with English Summary)

Natarajan, M., and Willey, R.W. 1980. Sorghum-pigeon pea intercropping and the effects of plant population density. 2. Resource use. Journal of Agricultural Science 95 (1): 59-65.

Ofori, F., and Stern, W.R. 1987. Relative sowing time and density of component crops in maize/cowpea intercrop system. Experimental Agriculture 23: 42-52.

Panhwar, M.A., Memon, F.H., Kalhoro, M.A., and Soomro, M.I. 2004. Performance of maize in intercropping system with soybean under different planting patterns and nitrogen levels. Journal of Applied Science 4(2): 201-204.

Pirzad, E. 1999. Evaluating the competition, yield and yield components in intercropping of corn and soybean. MSc thesis. Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran. (In Persian with English Summary)

Pourtaghi, N. 2003. Intercropping of corn and pinto bean. MSc Thesis. Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran. (In Persian with English Summary)

Rashid, I., Shahbaz, A., and Malik, A. 2002. Sunflower-summer legumes intercropping systems under rain fed conditions: Economic analysis. Pakistan Council of Scientific and Industrial Research 45: 378-390.

Reddy, G.S. and Venkateswarlu, S. 1992. Effect of planting pattern on yield and moisture-use efficiency in sunflower (*Helianthus annuus*) pigeon pea (*Cajanus cajan*) intercropping system. Indian Journal of Agronomy 37: 659-665.

Rezaei-Chianeh, E., Dabbagh Mohammadi Nassab, A., Shakiba, M.R., Ghassemi-Golezani, K., and Aharizad, S. 2011. Study of some agronomical characteristics of maize in intercropping with faba bean. Journal of Agriculture and Sustainable Production Science 21 (2): 1-14. (In Persian with English Summary)

Sahoo, S.K., Kumar, D.S., and Reddy, C.R. 2003. Productivity of sunflower (*Helianthus annuus* L.) bases intercropping systems under irrigated conditions. Journal of Oilseeds Research 20: 284- 286.

Saudy, H.S., and Elmetwally, I.M. 2009. Weed management under different patterns of sunflower–soybean intercropping. Journal of Central European Agriculture 10: 41-52.

Seiler, G., and Jan, C.C. 2010. Basic information. In: J. Hu G. Seiler and C. Kole (Eds.). Genetics, Genomics and

Breeding of Sunflower. Science Publishers, p. 1-50.

Shafshak, S.E., Shokr, E.S.E.I., and Ahmar, B.A. 1989. Studies on soybean and sunflower intercropping, plant characteristics, and yield components of soybean and sunflower. Annuals of Agricultural Science 24 (4): 1773-1793.

Sharifi, E., Aghalikhani, M., Modarress-Sanavi, A., and Souroshzade, A. 2006. Effect of mixing ratio and plant density on forage production in intercropping of sorghum with cowpea. Iranian Journal of Agricultural Sciences 37: 363-370. (In Persian with English Summary)

Singh, J.K. 2007. Response of sunflower (*Helianthus annuus*) and French bean (*Phaseolus vulgaris*) intercropping to different row ratios and nitrogen levels under rain fed conditions of temperate Kashmir. Indian Journal of Agronomy 52: 36-39.

Strydhorst, S.M., King, J.R., Lopetinsky, K.J., and Neil Harker, K. 2008. Forage potential of intercropping barley with faba bean, lupin, or field pea. Agronomy Journal 100: 182-190.

Tayefe-Nouri, M. 2003. Intercropping of maize and cowpea. MSc Thesis. Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran. (In Persian with English Summary)

Tohidynejad, E., Mazaheri, D., and Koocheki, A. 2004. Study of maize and sunflower intercropping. Pajouhesh and Sazandegi 64: 39-45. (In Persian with English Summary)

Tsubo, M., Walker, S., and Mukhala, E. 2001. Comparisons of radiations use efficiency of mono-intercropping systems with different row orientations. Field Crops Research 71: 17-29.

Ujjinaiah, U.S., Rajashekar, B.G., Venugopal, N., and Seenappa, K. 1991. Sunflower pigeon pea intercropping. Journal of oilseed Research 8(1): 72 - 78.

Vandermeer, J.H. 1990. Intercropping. In: Agroecology. Mc Graw– Hill publishing Co. p. 481-516.

Weil Ray, R., and Macfaden, M.E. 1991. Fertility and weed stress effects on performance of maize and soybean intercrop. Agronomy Journal 63: 717-721.

Wenxue, L., Long, L., Jianhao, S., Tianwen, G., Fusuo, Z., Xingguo, B., Peng, A., and Tang, C. 2005. Effects of intercropping and nitrogen application on nitrate present in the profile of an orthic anthrosol West China. Agriculture and Ecosystem Environment 105: 483 – 491.

Willey, R.W. 1990. Resource use in intercropping system. Journal of Agriculture and Water Management 17: 215-231.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 3، پاییز 1393، ص. 551-542

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 3, Fall 2014, p. 542-551

بررسی تأثیر ورمی‌کمپوست و کودهای بیولوژیک بر برخی خصوصیات کمی گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.)

فاطمه شیرزادی[1*]، محمدرضا اردکانی[2] و هادی اسدی رحمانی[3]

تاریخ دریافت: 1392/04/11
تاریخ پذیرش: 1393/12/02

چکیده

ریحان (*Ocimum basilicum* L.) متعلق به تیره نعناع است که بعنوان گیاه دارویی، ادویه‌ای و بصورت سبزی تازه مورد استفاده قرار می‌گیرد. امروزه مصرف نهاده‌های شیمیایی در اراضی کشاورزی موجب معضلات زیست محیطی عدیده‌ای از جمله آلودگی منابع آب، خاک و کاهش میزان حاصلخیزی خاک‌ها گردیده است. استفاده از منابع بیولوژیک به جای منابع شیمیایی، نقش مهمی در باروری و حفظ فعالیت بیولوژیک خاک، افزایش کیفیت محصولات کشاورزی و سلامت اکوسیستم دارد. بدین منظور آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد کرج واقع در ماهدشت در بهار و تابستان 1391 انجام گرفت. آزمایش مزرعه‌ای بصورت فاکتوریل با استفاده از طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا گردید. فاکتورهای آزمایش شامل: قارچ میکوریزا *Glomus intraradices*، باکتری *Azotobacter chroococcum* و ورمی‌کمپوست بودند که هرکدام در دو سطح، مصرف و عدم مصرف اعمال شدند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سه‌گانه میکوریزا، *ازتوباکتر* و ورمی‌کمپوست باعث افزایش صفات رشد ریحان نسبت به شاهد شد. ارتفاع بوته، تعداد برگ بوته، تعداد گل آذین بوته، قطرساقه و عملکرد وزن خشک ($p\leq0/05$) و عملکرد وزن تر اندام هوایی ($p\leq0/01$)، معنی‌دار بودند. لذا استفاده از کودهای بیولوژیک به منظور افزایش خصوصیات کمی گیاه ریحان موثر است.

واژه‌های کلیدی: *ازتوباکتر*، رشد ،گیاه دارویی، عملکرد، میکوریزا

مقدمه

ریحان (*Ocimum basilicum* L.) گیاهی علفی، یکساله، معطر از گیاهان مهم متعلق به تیره نعناع (Lamiaceae) است که بعنوان گیاه دارویی، ادویه‌ای و بصورت سبزی تازه استفاده می‌شود (Ozcan et al.,2005; Omidbaigi, 2005). ریحان در اقلیم هایی با دمای هوای بین 7 تا27 درجه سانتگراد،بارندگی سالیانه 0/6تا 42 متر و اسیدیته خاک 4/3 تا 8/2 کشت و کار می‌شود. از نظر عملکرد تفاوت‌های زیادی بخاطر شرایط محیطی، نحوه مدیریت کاشت و داشت وجود دارد (Akbarinia et al.,2008).

برای دستیابی به توسعه پایدار در کشاورزی و تحقق اهداف پیش‌بینی شده در این راستا استفاده از راهکارهای مناسب برای تأمین نیاز غذایی گیاه ضروری خواهد بود که استفاده از کودهای بیولوژیک می‌تواند راهکار مؤثری باشد (Sokhan Sanj, 2001). به منظور افزایش تولید محصولات کشاورزی در واحد سطح، تولیدکنندگان به کودهای شیمیایی روی آورده‌اند،این کودها در درازمدت خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها را تخریب کرده و با کاهش نفوذپذیری در خاک، نفوذ ریشه گیاهان را دچار مشکل ساخته و در نهایت کاهش عملکرد را به دنبال خواهند داشت (Sharma, 2002). از طرف دیگر باعث کاهش کیفیت تولیدات کشاورزی و مشکلات زیست محیطی و آلودگی آب‌های زیرزمینی نیز می‌شوند (Wu et al., 2005). عنصر نیتروژن، بخش اصلی بسیاری از ترکیب‌های شیمیایی مانند پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک بوده و قسمتی از کلروفیل را نیز تشکیل می‌دهد و عنصری است که در بیشتر موارد، کاهش آن باعث کاهش رشد

---

[1] و 2- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت و استاد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج
[3]- دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب کرج
(*- نویسنده مسئول: Email: Shirzady_13@yahoo.com)

گیاهان سبز می‌شود (Ojaqhlo, 2007).

فسفر نیز بعد از نیتروژن مهمترین عنصر مورد نیاز برای تولید محصول است. فسفر درکلیه فرایندهای بیوشیمیایی، واکنش‌های انتقال انرژی، فتوسنتز و انتقال خصوصیات ژنتیکی نقش دارد مقادیر زیادی از فسفر موجود در کودهای شیمیایی بعد از ورود به خاک، نامحلول شده و از دسترس گیاه خارج می‌شود. از طرف دیگر تحرک این عنصر در خاک بسیار کم است و نمی‌تواند پاسخگوی جذب سریع آن توسط گیاه باشد. فراهمی و تحرک فسفر در خاک وابستگی زیادی به pH دارد. در خاک‌های اسیدی فسفر خاک با آهن و آلومینیم ترکیب شده و از دسترس گیاه خارج می‌شود لذا کم‌تحرک است. در 6/5 pH فسفر دارای بیشترین تحرک است. در خاک‌های آهکی که pH بالاست، فسفر با کلسیم موجود ترکیب شده و مجدداً از دسترس خارج می‌شود. لذا هم در خاکهای اسیدی و هم قلیایی تحرک فسفر کم است و در محدوده خنثی یا 6/5 بیشترین تحرک را دارد. کودهای بیولوژیک از مؤثرترین راهکارها جهت تأمین این عناصر در سطح مطلوب هستند (Hassanzadeh et al., 2007). امروزه با توجه به مشکلاتی که به دنبال مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی بوجود آمده، کاربرد کودهای بیولوژیک مورد توجه بیشتری قرار گرفته است Zaidi et al., 2003). کودهای بیولوژیک به مجموعه مواد نگهدارنده با تعداد زیادی از یک یا چند میکروارگانیسم مفید خاکزی و یا فرآورده‌ها ی متابولیک آنها اطلاق می‌شود که بیشتر به منظور تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و ایجاد شرایط فیزیکی و شیمیایی مناسب خاک برای رشد و نمو گیاه مصرف می‌شود. کودهای زیستی به صورت مایه تلقیح زنده برای مصرف در خاک و یا مصرف همراه با بذر تولید می‌شوند (Saleh Rastin,2001; Hamidi et al., 2006).

در حال حاضر یک سوم داروهای مورد استفاده را داروهای با منشأ گیاهی تشکیل می‌دهند. نیاز روزافزون کارخانه‌های داروسازی به ماده اولیه و لزوم حفظ منابع طبیعی گیاهی، اهمیت مطالعه روی کشت و فرآوری گیاهان دارویی را دوچندان نموده است(Badi,2000 Naghadi & Baghaliyan). با توجه به اهمیت و نقش گیاهان دارویی در صنایع مختلف، نکته مهم در تولید این گیاهان، افزایش تولید بیوماس آنها بدون کاربرد نهاده های شیمیایی است؛ به طوری که استفاده از گونه‌های میکروبی همیار با گیاهان دارویی در بهبود عملکرد و کیفیت آنها مؤثر خواهد بود (Karthikeyan et al., 2008; Koocheki et al., 2008). به همین منظور تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر کاربرد این گروه از میکروارگانیسم‌ها روی پارامترهای رشد گیاه دارویی ریحان انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج واقع در ماهدشت در سال زراعی 91-1390 انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل: قارچ میکوریزا اسپور مخلوط با خاک و ماسه سویه *Intraradices Glomus*، مایه تلقیح باکتری *Azotobacter chroococcum* و ورمی‌کمپوست با منشأ دامی (تولید شرکت ایده پردازان نیوشاک) بودند که هر کدام در دو سطح، مصرف و عدم مصرف بکار برده شدند. مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد کرج دارای گواهینامه کشت ارگانیک می‌باشد و زمین اجرای آزمایش به مدت چهار سال آیش بوده است. اندازه هر کرت آزمایش نه متر مربع و شامل شش خط کاشت بود که نمونه‌برداری از چهار خط میانی انجام شد و یک خط از هر سمت بعنوان اثر حاشیه‌ای لحاظ گردید. فاصله بین ردیف ها 50 سانتی‌متر در نظر گرفته شد و فاصله بوته‌ها روی ردیف از یکدیگر سه سانتی‌متر بود. میکوریزا و ورمی‌کمپوست در زیر بذر اعمال شد. *ازتوباکتر* بصورت بذرمال (تلقیح با بذر و آب) اعمال شد. بذر ریحان از موسسه تولید بذر گیاه ایران تهیه شد و بصورت دستپاش در خط مستقیم کشت شد و روی بذرها بوسیله ماسه بادی پوشانده شد و بلافاصله آبیاری کرتی انجام شد، در ابتدای فصل رشد سه روز یکبار و سپس هفته‌ای یکبار آبیاری انجام شد. در مرحله چهار برگی عملیات تنک کردن بوته‌ها به فاصله سه سانتی‌متر انجام شد. لازم به ذکر است که در این تحقیق از مواد شیمیایی جهت کنترل علف‌های هرز و آفات استفاده نشد و از روش‌های مدیریت زراعی کشت ارگانیک استفاده شد. اندازه‌گیری شاخص‌ها و صفات در مرحله 50 درصد گلدهی انجام شد. جهت اندازه‌گیری ارتفاع بوته‌ها از سانتی‌متر استفاده شد و برای اندازه‌گیری وزن ترگیاه از ترازوی دیجیتالی استفاده شد. برای عملکرد ماده خشک گیاه، نمونه‌ها در پاکت گذاشته شدند و به مدت 48 ساعت در دمای 70 درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شدند و سپس توزین شدند. برای اندازه‌گیری ساقه گیاه از کولیس دیجیتالی استفاده شد. منظور از تعداد برگ، برگ‌های کاملاً توسعه یافته گیاه ریحان می‌باشد. به منظور اثبات همزیستی میکوریزایی با ریشه درصد کلونیزاسیون ریشه به روش

فیلپس و هیمن انجام شد و نتایج حاکی از برقراری همزیستی میکوریزایی با ریشه گیاهان بود. داده‌های این آزمایش توسط نرم‌افزار آماری SAS 9.1 تجزیه و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن (در سطح احتمال پنج درصد) انجام شد.

جدول 1– خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک زمین

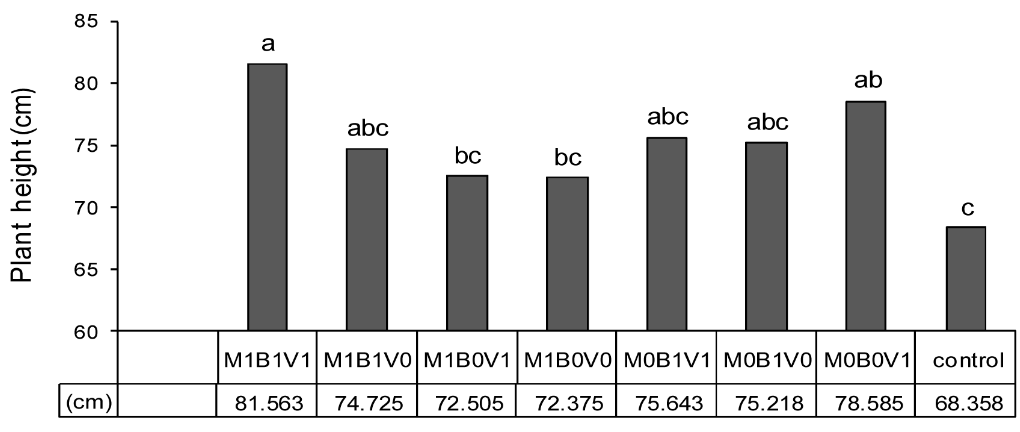
Table 1- Physico-chemical characteristics of cultivated soil

هدایت الکتریکی EC		کربن آلی Organic carbon	آهن Fe	منگنز Mn	روی Zn	مس Cu	پتاسیم K	فسفر قابل دسترس Available P	نیتروژن کل Total nitrogen	بافت خاک Soil texture
دسی زیمنس بر مترمربع ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته کل اشباع pH	(%)					(میلی‌گرم بر کیلوگرم) ($mg.kg^{-1}$)			
1.7	7.7	1.1	3.66	16.3	0.7	1.5	452	9.68	0.1	لومی Loamy

جدول 2– نتایج خصوصیات شیمیایی ورمی کمپوست

Table 2- Analysis of chemical characteristics for vermicompost

هدایت الکتریکی EC	اسیدیته pH	مواد آلی OM	نسبت کربن به نیتروژن C/N	کربن آلی O.C	کلسیم Ca	منیزیم Mg	پتاسیم K	فسفر قابل دسترس Available P	نیتروژن کل Total nitrogen	رطوبت Humidity
دسی زیمنس بر مترمربع ($dS.m^{-1}$)		(%)						(%)		
4.1	9.16	36.6	9.6	21.2	5.4	1.8	1.25	0.63	2.21	9.65



شکل 1- اثر متقابل سه گانه مایکوریزا ، *ازتوباکتر* و ورمی‌کمپوست بر ارتفاع گیاه ریحان

Fig. 1- The triple interaction of mycorrhiza and *Azotobacter* and vermicompost on plant height of Basil

M_1: با میکوریزا، B_1: با *ازتوباکتر*، V_1: با ورمی‌کمپوست، M_0: بدون میکوریزا، B_0: بدون *ازتوباکتر* و V_0: بدون ورمی‌کمپوست

M_1: with mycorrhiza, B_1: with *Azotobacter*, V_1: Use vermicompost,
M_0: without mycorrhiza, B_0: without *Azotobacter* and V_0:Without vermicompost

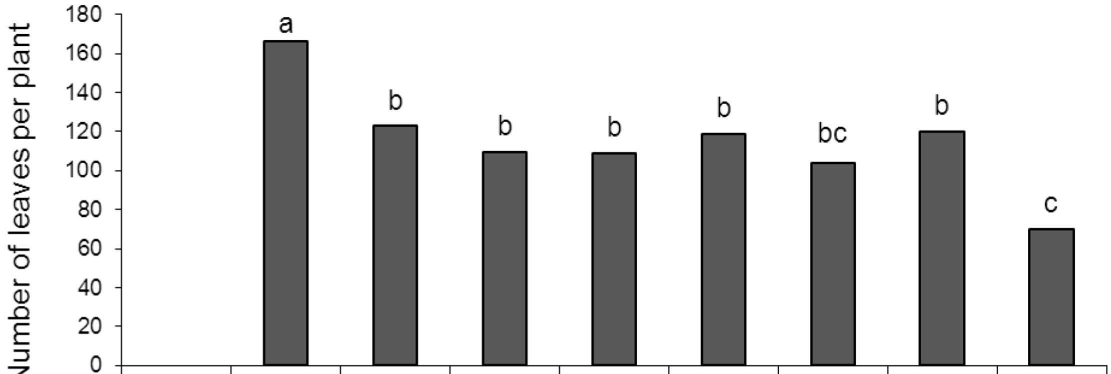
جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کاربرد ورمی‌کمپوست و کودهای بیولوژیک بر خصوصیات رشد و عملکرد ریحان

Table 3- Analysis of variance of quantitative traits in basil

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع Plant height	قطر ساقه Stem diameter	تعداد برگ بوته Number of leaves per plant	تعداد گل آذین بوته Number of inflorescences per plant	وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight	وزن خشک Dry weight
تکرار Replication	3	19.4783917^{ns}	0.15202520^{ns}	2388.583333*	6.37500000*	124808.833^{ns}	4102.2813^{ns}
مایکوریزا (M) Mycorrhizal (M)	1	5.6616125^{ns}	0.28106253^{ns}	4418.000000**	10.12500000*	596778.125^{ns}	289370.2813**
ازتوباکتر(B) Azotobacter (B)	1	117.4278125*	0.90081753**	5253.125000**	3.12500000^{ns}	1458632**	243427.5313**
ورمی کمپوست(V) Vermicompost(V)	1	155.2322*	1.07567778**	5940.500000**	6.12500000^{ns}	5040312.5**	178652.5313**
مایکوریزا*ازتوباکتر M*B	1	28.05005^{ns}	0.19328653^{ns}	703.125000^{ns}	3.12500000^{ns}	2476425.125**	10046.5313^{ns}
مایکوریزا*ورمی کمپوست M*V	1	6.7896125^{ns}	0.01553203^{ns}	220.500000^{ns}	0.12500000^{ns}	137550.125^{ns}	12760.0313^{ns}
ازتوباکتر*ورمی کمپوست B*V	1	4.7895125^{ns}	0.08313003^{ns}	28.125000^{ns}	0.12500000^{ns}	12640.5^{ns}	1696.5313^{ns}
مایکوریزا *ازتوباکتر* ورمی کمپوست M*B*V	1	136.29005*	0.69767578*	3003.125000*	10.12500000*	2550411.125**	39691.5313*
خطا Error	21	22.725625	0.11314032	562.25000	1.89880952	162689.02	9046.7336
ضریب تغییرات (٪) C.V (%)	-	6.367117	7.659800	20.59658	30.05291	17.5607	12.70998

*، ** 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.



M1B1V1	M1B1V0	M1B0V1	M1B0V0	M0B1V1	M0B1V0	M0B0V1	control
166	122.75	109.75	109	119	104	120.25	70.25

شکل 2- اثرمتقابل سه گانه میکوریزا، *ازتوباکتر* و ورمی‌کمپوست بر تعداد برگ در بوته گیاه ریحان

Fig 2 - The triple interaction of mycorrhiza and *Azotobacter* and vermicompost on plant leaves of basil.

M_1: با میکوریزا، B_1: با *ازتوباکتر*، V_1: با ورمی‌کمپوست، M_0: بدون میکوریزا، B_0: بدون *ازتوباکتر* و V_0: بدون ورمی‌کمپوست

M_1: with mycorrhiza, B_1: with *Azotobacter*, V_1: Use vermicompost,
M_0: without mycorrhiza, B_0: without *Azotobacter* and V_0:Without vermicompost

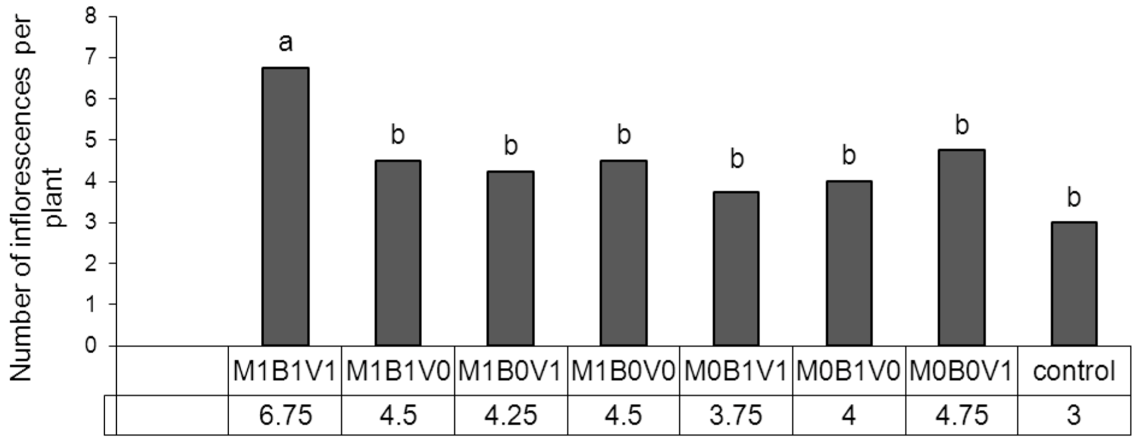
نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل سه‌گانه میکوریزا، *ازتوباکتر* و ورمی‌کمپوست تأثیر معنی‌داری ($p\leq 0/05$) بر ارتفاع گیاه ریحان داشت، بر اساس جدول مقایسه میانگین‌ها، بیشترین ارتفاع گیاه در هنگام مصرف ورمی کمپوست، میکوریزا و *ازتوباکتر* 81/5 سانتی‌متر در گروه a قرار داشت وکمترین ارتفاع در تیمار شاهد 68/4 سانتی‌متر در گروه c قرار گرفت. در خصوص اثر میکروارگانیسم‌های مفید بر افزایش ارتفاع بوته، باید اظهار داشت که این امر احتمالاً ناشی از افزایش جذب عناصر غذایی، به ویژه فسفر و نیتروژن توسط مایکوریزا و تأثیر آن بر بهبود فتوسنتز و در نتیجه افزایش رشد بوته بوده است. نتایج این آزمایش با نتایج تحقیق روی چای با مصرف قارچ میکوریزا و باکتری‌های حل‌کننده فسفات (Hazarika et al., 2000)، مصرف *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم* روی رازیانه (Azzaz et al., 2009)، مصرف باکتری‌های حل‌کننده فسفات روی گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) (Swaefy Hend et al., 2007) دارای نتیجه مشابهی است.

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل سه‌گانه میکوریزا، *ازتوباکتر* و ورمی‌کمپوست در سطح تأثیر معنی‌داری ($p\leq 0/05$) بر تعداد برگ گیاه ریحان داشت. بر اساس جدول مقایسه میانگین‌ها، بیشترین تعداد برگ (166 برگ کاملاً توسعه یافته) با مصرف میکوریزا، *ازتوباکتر* و ورمی‌کمپوست در گروه a قرار داشت و کمترین تعداد 70 برگ مربوط به تیمار شاهد در گروهc قرار داشت.

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل سه‌گانه میکوریزا، *ازتوباکتر* و ورمی‌کمپوست در سطح ($p\leq 0/05$) تأثیر معنی‌داری بر تعداد گل‌آذین گیاه ریحان داشت، بر اساس جدول مقایسه میانگین‌ها، بیشترین تعداد گل‌آذین در هنگام مصرف میکوریزا، *ازتوباکتر* و ورمی‌کمپوست در گروه *a* و کمترین تعداد گل‌آذین مربوط به تیمار شاهد در گروه b بود. در واقع هر گل‌آذین حاوی تعدادی بذر می‌باشد و این صفت کمی می‌تواند برای تولید بذر بیشتر کاربردی باشد.

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرمتقابل سه گانه میکوریزا، *ازتوباکتر* و ورمی‌کمپوست در سطح ($p\leq 0/05$) تأثیر معنی‌داری بر قطر ساقه گیاه ریحان داشت، بر اساس جدول مقایسه میانگین‌ها، بیشترین قطر ساقه در هنگام مصرف میکوریزا، *ازتوباکتر* و ورمی‌کمپوست 5/1345 میلی‌متر در گروه *a* قرار داشت و کمترین قطر ساقه مربوط به تیمار شاهد 3/9495 میلی‌متر بود. کودهای زیستی و باکتری‌های حل‌کننده فسفات با جذب بهتر عناصر غذایی و تغذیه مناسب و در نتیجه افزایش میزان فتوسنتز و رشد گیاه، در نهایت، باعث بهبود گلدهی و افزایش تعداد سرشاخه گلدار در بوته گردیده است.



شکل 3- اثرمتقابل سه گانه میکوریزا ، *ازتوباکتر* و ورمی‌کمپوست بر تعداد گل آذین بوته گیاه ریحان

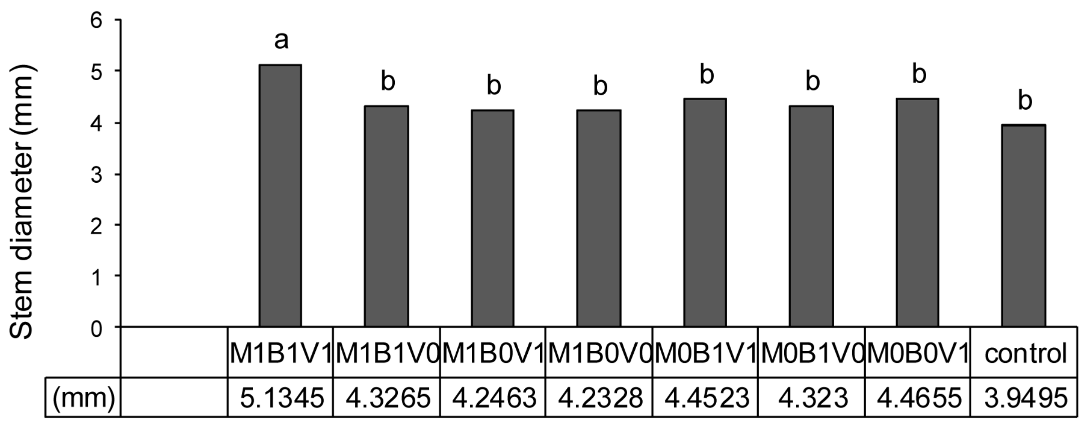
Fig 3- The triple interaction of mycorrhiza and *Azotobacter* and vermicompost on the number of inflorescences per plant of basil.

M_1: با میکوریزا، B_1: با *ازتوباکتر*، V_1: با ورمی‌کمپوست، M_0: بدون میکوریزا، B_0: بدون *ازتوباکتر* و V_0: بدون ورمی‌کمپوست

M_1: with mycorrhiza, B_1: with *Azotobacter*, V_1: Use vermicompost,
M_0: without mycorrhiza, B_0: without *Azotobacter* and V_0:Without vermicompost

در این تحقیق با مصرف کودهای بیولوژیک و ورمی‌کمپوست تعداد برگ و گل‌آذین افزایش یافت، این نتیجه با نتایج تهامی زرندی وهمکاران (Tahami Zarandi et al., 2010) مصرف کودهای آلی شامل ورمی کمپوست، کود گاوی، کود گوسفندی، کود مرغی بر روی گیاه ریحان و نتایج درزی وهمکاران (Darzi et al., 2006; Azzaz et al., 2009; Badran & Safwat, 2004) مصرف باکتری‌های حل‌کننده فسفات، کود دامی و نیتروکسین و ورمی‌کمپوست بر روی رازیانه (Falahi et al., 2009) و مصرف کود گاوی، کمپوست، ورمی‌کمپوست بر روی بابونه آلمانی، مطابقت دارد. افزایش برگ به عنوان اصلی‌ترین اندام گیاهی جهت انجام عمل فتوسنتز و تولید آسیمیلات در گیاه، به دلیل اثر مثبت نیتروژن روی رشد رویشی می‌باشد. به طور کلی باکتریهای محرک رشد گیاه از طریق تثبیت نیتروژن مولکولی موجود در اتمسفر، حلالیت فسفر نامحلول، افزایش دسترسی به عناصر غذایی در ناحیه ریزوسفر، توسعه سیستم ریشه‌ای و افزایش سطح جذب یون‌ها و ترشح هورمون‌های رشدی در مراحل مختلف رشدی باعث تحریک رشد گیاه می‌شوند و با تولید بیشتر مواد فتوسنتزی در افزایش تولید نقش مهمی دارند (Glick , 1995). اثر هورمونی القا شده در گیاه توسط تثبیت کننده‌های نیتروژن مانند *ازتوباکتر* ممکن است یا به طور مستقیم تغییراتی در مورفولوژی ساقه گیاهان تلقیح شده (قطور شدن ساقه، افزایش شاخ و برگ و تعداد سرشاخه های گلدار ایجاد کند) و یا با ازدیاد رشد ریشه و به تبع آن افزایش زمینه دسترسی به آب و املاح، رشد بیشتر بخش هوایی گیاه را ممکن سازد (Mostajeran & Amooaghaie, 2007). نتایج به دست آمده در این تحقیق با نتایج ریبادو و همکاران (Ribaudo et al., 2006) در خصوص مصرف *آزوسپیریلیوم* روی گیاه گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) و با نتایج آزات و همکاران (Azzaz et al,2009) مصرف باکتری‌های حل‌کننده فسفات بر روی گیاه دارویی رازیانه مطابقت دارد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل سه‌گانه میکوریزا، *ازتوباکتر* و ورمی‌کمپوست در سطح ($p\leq 0/05$) تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک ریحان داشت، بر اساس مقایسه میانگین‌ها، بیشترین وزن خشک 1071 کیلوگرم درهکتار با مصرف میکوریزا، *ازتوباکتر* و ورمی‌کمپوست بدست آمد که در گروه a بود در حالیکه کمترین وزن خشک مربوط به تیمار شاهد در گروهc بود. استفاده از ورمی‌کمپوست و کودهای بیولوژیک موجب افزایش عملکرد وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در این تحقیق و استفاده از کود ورمی‌کمپوست و کودهای بیولوژیک ازجمله باکتری‌های حل‌کننده فسفات در تحقیقات (Vinutha, 2005; Balakumbahan & Rajamani, 2010; Ajimoddin et al., 2005; Kumar & Singh, 2001; Shalan, 2005; Banchio et al., 2009) و نیز در تحقیقی مصرف باکتری‌های حل‌کننده فسفات شامل *سودوموناس‌ها* و *ریزوبیوم* روی سویا (*Glycine max* L.) (Raei Por & Aliasgharzadeh, 2007) موجب افزایش عملکرد وزن تر و خشک شد. ورمی‌کمپوست به عنوان یک کود غنی شده دارای آنزیم‌ها و هورمون‌های رشد بوده و در افزایش رشد و عملکرد گیاهان تأثیر دارد (Rigi,2003). ورمی‌کمپوست از طریق حلالیت مطلوب فسفر در بستر کشت، سبب جذب فسفر توسط ریسه‌های گسترده میکوریزا شده و متعاقب آن بهبود رشد خصوصاً وزن تر و خشک اندام هوایی گیاهان می‌شود (Kumar & Singh, 2001). میکوریزا موجب افزایش رشد گیاه می‌شود، که دلیل آن توانایی گیاه همزیست با قارچ در جذب کارآمد برخی عناصر معدنی مانند فسفر می‌باشد. محتوای فسفر بر صفات فیزیولوژیک گیاه از جمله فرآیند فتوسنتز مؤثر است که موجب بهبود رشد و عملکرد گیاهان می‌شود (Podila & Douds, 2001).

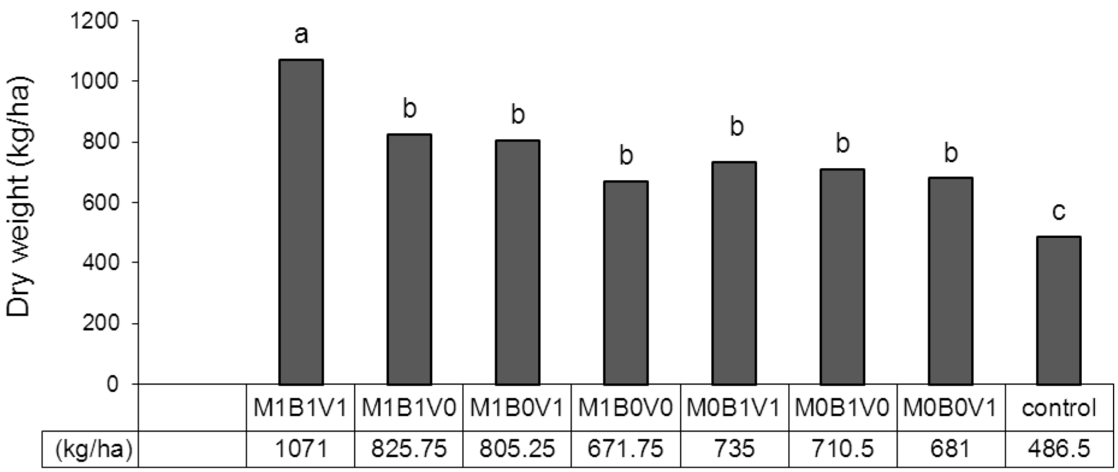


شکل 4- اثرمتقابل سه گانه میکوریزا ، *ازتوباکتر* و ورمی‌کمپوست بر قطر ساقه گیاه ریحان

Fig 4- The triple interaction of mycorrhiza and *Azotobacter* and vermicompost on plant Stem diameter of basil.

M_1: با میکوریزا، B_1: با *ازتوباکتر*، V_1: با ورمی‌کمپوست، M_0: بدون میکوریزا، B_0: بدون *ازتوباکتر* و V_0: بدون ورمی‌کمپوست

M_1: with mycorrhiza, B_1: with *Azotobacter*, V_1: Use vermicompost,
M_0: without mycorrhiza, B_0: without *Azotobacter* and V_0:Without vermicompost

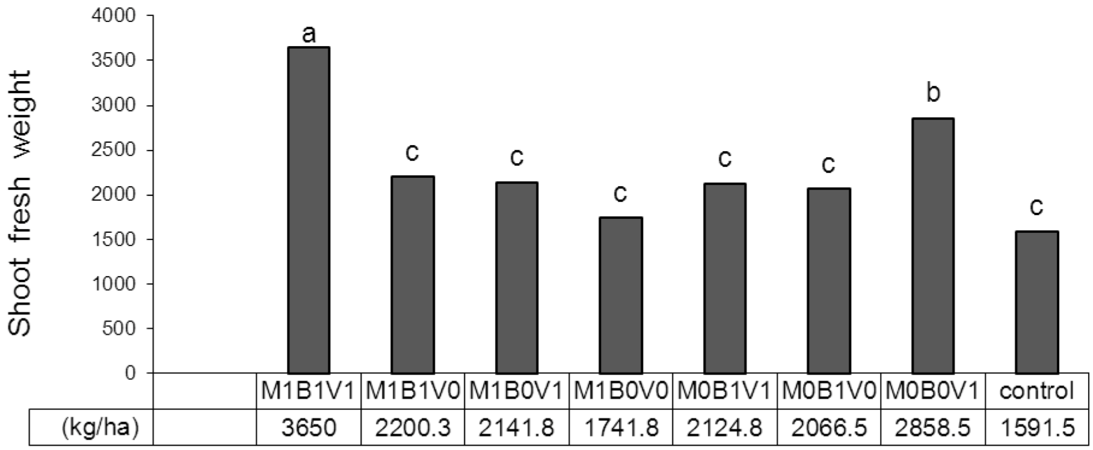


شکل 5- اثرمتقابل سه گانه میکوریزا ، *ازتوباکتر* و ورمی‌کمپوست بر وزن خشک گیاه ریحان

Fig 5- The triple interaction of mycorrhiza and *Azotobacter* and vermicompost on Dry weight of basil.

M_1: با میکوریزا، B_1: با *ازتوباکتر*، V_1: با ورمی‌کمپوست، M_0: بدون میکوریزا، B_0: بدون *ازتوباکتر* و V_0: بدون ورمی‌کمپوست

M_1: with mycorrhiza, B_1: with *Azotobacter*, V_1: Use vermicompost,
M_0: without mycorrhiza, B_0: without *Azotobacter* and V_0:Without vermicompost



شکل 6- اثرمتقابل سه گانه میکوریزا ، ازتوباکتر و ورمی‌کمپوست بر وزن تر اندام هوایی گیاه ریحان

Fig 6- The triple interaction of mycorrhiza and *Azotobacter* and vermicompost on shoot fresh weight of basil.

M_1: با میکوریزا، B_1: با *ازتوباکتر*، V_1: با ورمی‌کمپوست، M_0: بدون میکوریزا، B_0: بدون *ازتوباکتر* و V_0: بدون ورمی‌کمپوست

M_1: with mycorrhiza, B_1: with *Azotobacter*, V_1: Use vermicompost,
M_0: without mycorrhiza, B_0: without *Azotobacter* and V_0:Without vermicompost

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثـر متقابـل دوگانـه میکـوریزا و *ازتوباکتر* در سطح ($p\leq 0/01$) و اثر متقابل سه‌گانه میکوریزا، *ازتوباکتر* و ورمی‌کمپوست در سطح تأثیر معنی‌داری ($p\leq 0/05$) بر وزن تر اندام هوایی ریحان داشت، بر اساس مقایسه میانگین‌ها، بیشترین وزن تـر اندام هوایی 3650 کیلوگرم در هکتار با مصرف میکوریزا، *ازتوبـاکتر* و ورمی‌کمپوست بدست آمد که در گروه a بود و کمترین وزن تر انـدام هوایی مربوط به تیمار شاهد درگروهc بود. باتوجه به مصرف تر ریحان بعنوان یک سبزی خوراکی این مقدار جهت گزارش در مقالـه عنـوان شده است و در زمان‌های مختلف اندازه‌گیـری مـی‌توانـد دسـتخوش تغییرات وزنی شود.

یافته‌هـای بسـیاری از پژوهشـگران (Hazarika et al., 2000; Sharma, 2002; Toro et al., 1997) مؤید این حقیقت اسـت کـه حضور میکروارگانیسم‌های مفید در نظام‌های مختلف کشاورزی پایدار به ویژه از طریق اثرهای هم‌افزایی و تشدیدکننده‌ای که میان آنها بـه وجود آید، می‌تواند با ایجاد یک بستر مناسـب و پیامـد آن دسترسـی مطلوب گیاه به عناصر غذایی، موجبات بهبود رشد و افزایش بیوماس گیاه را فراهم آورد.

اگرچه تحقیقی با این فاکتورها، روی گیاه ریحـان انجـام نشـده است اما نتایج به دست آمده در این تحقیق با تحقیقات نسبتاً مشابهی که روی ریحان انجام شده بود یکسان بود. یافته‌های برخی محققان از جملـه (Basu & Srivastava, 1998; Kandeel et al., 2002; Khalid et al., 2006; Vinutha, 2005; Toussaint et al., 2007; Balakumbahan & Rajamani, 2010; Banchio et al., 2009; Sifola & Barbieri, 2006; Tahami Zarandi et al., 2010) حاکی از آن بود که کودهای بیولوژیک بـر روی خصوصـیات رشد ریحان تأثیر معنی‌داری دارند.

نتیجه‌گیری

نتایج بدست آمده از این تحقیق حاکی از تأثیرگذاری مصرف قارچ میکـوریزا *Glomus intraradices*، بـاکتری *Azotobacter chroococcum* و ورمی‌کمپوست بر صفات کمی ریحان می‌باشد اما بیشترین تأثیرگذاری ناشی از اثر متقابل سه‌گانه این فاکتورها بود. بـا توجه به نتایج بدست آمده، مصرف همزمان قارچ میکوریزا *Glomus intraradices*، بـــاکتری *Azotobacter chroococcum* و ورمی‌کمپوست در افزایش پارامترهای رشد ریحان نسـبت بـه شـاهد نقش موثری داشت. در واقع یک رابطه افزایشی بین ورمی کمپوست، میکوریزا و *ازتوباکتر* بوجود آمده است که نشان می‌دهد در اینجا آنهـا مکمل یکدیگرند و مصرف همزمان آنها باعث افزایش رشد شده است. ریحان یک گیاه دارویی مهم و بعنوان یکی از سبزیجات خوراکی پـر مصرف می‌باشد. تولید و برداشت تر و خشک این محصول بسیار حائز اهمیت است. لذا بدلیل مصـرف خـوراکی آن بعنـوان سـبزی تـازه و همچنین وجود اسانس و مواد موثره در ترکیبات این گیاه بهتر اسـت بصورت ارگانیک کشـت شـود و اسـتفاده از کودهـای بیولوژیـک در

حرکت بسوی کشاورزی ارگانیک و پایدار در حفظ محـیط زیسـت و سلامت افراد نقش بسزایی دارد.

منابع

Ajimoddin, I., Vasundhara, M., Radhakrishna, D., Biradar, S.L., and Rao, GGE. 2005. Integrated nutrient management studies in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Indian Perfume 49: 95-101.

Akbarinia, A., Jalilee Vand, H., and Kazemi, F. 2008. Cultivation of Medicinal Plants Vol. 2. Qazvin, Press Sayehgostar.(In Persian)

Amooaghaie, R., and Mostajeran, A. 2007. Symbiotic (Plants and Bacteria Assistance Systems) .Vol. III. University of Isfahan, Isfahan, Iran 237 pp. (In Persian)

Azzaz, N.A., Hassan, E.A., and Hamad, E.H. 2009. The chemical constituent and vegetative and yielding characteristics of Fennel Plants treated with organic and biofertilizer instead of mineral fertilizer. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 3(2): 579-587.

Badran, F.S., and Safwat, M.S. 2004. Response of fennel plants to organic manure and biofertilizers in replacement of chemical fertilization. Egypt Journal Agriculture Research 82(2): 247-256.

Baghaliyan, K., and Naghadi Badi, C.A. 2000. Aromatic Plants (translated). Press Release Advice, Tehran, Tehran, Iran 236 pp. (In Persian)

Balakumbahan, R., and rajamani, K. 2010. Effect of biostimulant on growth and yield of (*Cassia angustifulia*) senna var KKM.1 Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants, IDOSI publication 2(1): 16-18.

Banchio, E., Xie, X., Zhang, H., and Pare, PW. 2009. Soil bacteria elevate essential oil accumulation and emissions in sweet basil. Journal of Agricultural and Food Chemistry 57: 653–657.

Basu, M., and Srivastava, N.K. 1998. Root endophytes in medicinal plants: their population and effects. Abstract of 7th International Congress of Plant Pathology, Edinburgh, Scotland 19 August p. 9-16.

Darzi, M.T., Ghalavand, A., Rejali, F., and Sefidkon, F. 2006. Effects of biofertilizers application on yield and yield components in Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 22(4): 276-292. (In Persian with English Summary)

Falahi, J., Koocheki, A.R., and Rezvani Moghaddam, P. 2009. Biological Effects of fertilizers on the yield and quality of German chamomile herbs. (*Matricaria chamomilla*). Iranian Journal of Agricultural Research (1): 127-135. (In Persian with English Summary)

Glick, B.R. 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. Canadian Journal of Microbiology 41(2): 109-117.

Hamidi, A., Hadi, H., and Babai, N. 2006. Application of bio-fertilizers in order to achieve sustainable agriculture. Agriculture and Sustainable Development 28: 20-21. (In Persian with English Summary)

Hassanzadeh, A., Mazaheri, D., Chaichei, M. R., and Khavazy, K. 2007. Facilitating bacterial phosphorus uptake and use efficiency of fertilizer phosphorus on yield and yield components of barley. Research and Development 77: 111–118. (In Persian with English Summary)

Hazarika, D.K., Taluk Dar, N.C., Phookan, A.K., Saikia, U.N., Das, B.C., and Deka, P.C. 2000. Influence of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate solubilizing bacteria on nursery establishment and growth of tea seedlings in Assam. Symposium, No. 12, Assam Agricultural University, Jorhat- Assam, India, 7-12 December: 379.

Kandeel, A.M., Naglaa, S.A.T., and Sadek, A.A. 2002. Effect of biofertilizers on the growth, volatile oil yield and chemical composition of *Ocimum basilicum* L. plant. Ann. Journal of Agricultural Science Cairo 1: 351-371. (In Arabic with English Summary)

Karthikeyan, B., Abdul Jaleel, C., Lakshmanan, G.M.A., and Deiveekasundaram, M. 2008. Studies on rhizosphere microbial diversity of some commercially important medicinal plants. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 62: 143-145.

Khalid. A., Hendawy, S.F., and El-Gezawy, E. 2006. *Ocimum basilicum* L. Production under Organic Farming. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 2(1): 25-32.

Koocheki, A., Tabrizi, L., and Ghorbani, R. 2008. Effects of biofertilizers on growth characteristics and yield characteristics-quality herbal hyssop. Iranian Journal of Field Crops Research 6(1): 137-127. (In Persian with

English Summary)

Kumar, V., and Singh, K.P. 2001. Enriching vermicompost by nitrogen fixing and phosphate solubilizing bacteria. Bioresource Technology 76: 173-175.

Ojaqhlo, P. 2007. Effect of inoculation with bio-fertilizers (*Azotobacter* and phosphate fertilization) on the growth, yield and yield components of safflower. Master Thesis of Agronomy, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University of Tabriz, Tabriz, Iran. (In Persian with English Summary)

Omidbaigi, R. 2005. Approaches to the Production and Processing of Medicinal Plants, Behnashr Publications, Mashhad, Vol. I p. 347. (In Persian)

Ozcan, M., Derya, A.M., and Unver, A. 2005. Effect of drying methods on the mineral content of basil (*Ocimum basilicum*). Journal. Food Engine 69: 375-379.

Podila G.K., and Douds, D.D. 2001. Current advances in Mycorrhizae Research. APS Press, St. Paul. 2001, p. 127-40.

Raei Por, L., and Aliasgharzadeh, N. 2007. The interaction of phosphate solubilizing bacteria (*Bradyrhizobium japonicum*) on growth, tuber formation and absorption of nutrients in soybean. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 40: 53- 63. (In Persian with English Summary)

Ribaudo, C.M., Krumpholz, E.M., Cassan, F.D., Bottini, R., Cantore, M.L., and Cura, J.A. 2006. *Azospirillum* sp. promotes root hair development in tomato plants through a mechanism that involves ethylene. Journal of Plant Growth Regulation 24: 175-185.

Rigi, M.R. 2003. Study of greenhouse effect three type of vermicompost and nitrogen on yield and chemical composition of corn and rice. MSc Thesis. University of Shiraz, p. 5-7. (In Persian with English Summary)

Saleh Rastin, N. 2001. Biological fertilizers and their role in achieving sustainable agriculture: 1-54. In: Khavazy, K., Asadi Rahmani, H.. and Malakoti , M.J., (Written) Proceedings of the need for industrial production of biological fertilizers. Publication of Agriculture, Tehran, Iran p. 610. (In Persian with English Summary)

Tahami Zarandi, M.K, Rezvani Moghaddam, P., and Jahan, M. 2010. Effect organic and chemical treatment on yield and essential oil of basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agroecology 2: 70-82. (In Persian with English Summary)

Shalan, M.N. 2005. Influence of biofertilizers and chicken manure on growth, yield and seeds quality of *Nigella sativa* L. Plants. Egyptian Journal of Agriculture Research 83: 811-828.

Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios India 407 pp.

Sifola, M.I., and Barbieri, G. 2006 .Growth, yield and essential oil content of three cultivars of basil grown under different levels of nitrogen in the field. Scientia Horticulturae 108: 408-413.

Sokhan Sanj, M. 2001. The residual chemical-free products. Journal of Agricultural Research Olive 11: 6-9. (In Persian with English Summary)

Swaefy Hend, M.F., Weaam, R.A., Sabh, A.Z., and Ragab, A.A. 2007. Effect of some chemical and biofertilizers on peppermint plants grown in sandy soil. Agricultural Science 52(2): 451-463.

Toro, M., Azcon, R., and Barea, J.M. 1997. Improvement of arbuscular mycorrhiza development by inoculation of soil with phosphate solubilizing rhizobacteria to improve rock phosphate bioavailability and nutrient cycling. Applied and Environmental Microbiology 63(11): 4408-4412.

Toussaint, J.P., Smith, F.A., and Smith, S.E. 2007. Arbuscular mycorrhizal fungi can induce the production of phytochemicals in sweet basil irrespective of phosphorus nutrition. Mycorrhiza 17(4): 291-297.

Vinutha T. 2005. Biochemical studies on *Ocimum* sp. inoculated with microbial inoculants. MSc (Agri.) thesis, University of Agricultural Sciences, Bangalore, India.

Wu, S.C., Caob, Z.H., Lib, Z.G., Cheunga, K.C., and Wong, M.H. 2005. Effects of biofertilizers containing N-fixer, P and K Solubilizers and AM fungi on maize growth: a green house trial. Geoderma 125: 155-166.

Zaidi, A., Khan, M.S., and Amil, M.D. 2003. Interactive effect of rhizotrophic microorganisms on yield and nutrient uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.). European Journal of Agronomy 19: 15-21.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 3، پاییز 1393، ص. 560-552

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 3, Fall 2014, p. 552-560

اثر فاصله آبیاری بر خصوصیات رشدی، عملکرد کمی و کیفی گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) در شرایط کاربرد و عدم کاربرد مالچ پلاستیکی

آزاده حسینی[1*] و حسین نعمتی[2]

تاریخ دریافت: 1392/04/22
تاریخ پذیرش:1392/06/24

چکیده

به منظور بررسی اثرات مالچ پلاستیکی بر مقدار آب مورد نیاز و عملکرد گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) آزمایشی به صورت فاکتوریل و بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در اراضی فریمان در سال زراعی92- 1391 اجرا شد. فاکتور اول آزمایش شامل دو سطح استفاده از مالچ پلاستیکی تیره و بدون استفاده از مالچ و فاکتور دوم فواصل آبیاری در چهار سطح شامل 5، 7، 9 و 11 روزه بود. پارامترهای مورد اندازه-گیری شامل ارتفاع بوته، تعداد گل، تعداد میوه، عملکرد و وزن میوه بودند. نتایج آزمایش نشان داد که تیمار مالچ پلاستیکی و فاصله آبیاری بر صفات زایشی مانند تعداد گل، تعداد میوه و وزن میوه سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، ولی بر میزان ارتفاع گیاه تأثیر معنی‌داری نداشت. ارتفاع بوته، تعداد گل و میوه در تیمارهای آبیاری به طور معنی‌داری تیمار مالچ پلاستیکی بیشتر از بدون مالچ بود. بیشترین عملکرد در تیمار فاصله آبیاری پنج روز با مالچ مشاهده گردید که با فاصله آبیاری هفت روز با مالچ تفاوت معنی‌داری نداشت. در مرحله اول و دوم نمونه‌برداری، تعداد گل در تیمار با مالچ پلاستیکی بیشتر از بدون مالچ بود. نتایج این آزمایش نشان داد که مالچ پلاستیکی سبب زودرسی، افزایش دوره رشد زایشی و بالا رفتن عملکرد می شود و فواصل آبیاری را دو روز افزایش داد و بدون آن که باعث کاهش عملکرد شود. به طور کلی نتایج این آزمایش بیان داشت که استفاده از مالچ پلاستیکی سبب استفاده بهینه از آب و امکان افزایش سطح زیر کشت خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: پلی‌اتیلن تیره، دور آبیاری، رشد زایشی، عملکرد

مقدمه

گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) یکی از محصولات ارزشمند سبزی های میوهای تیره سیب زمینی سانان در خاورمیانه به شمار می‌آید که بعد از سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.) از نظر اقتصادی در مقام دوم جهان قرار دارد. اگرچه این گیاه بصورت چند ساله می‌باشد، ولی معمولاً به صورت یکساله کشت می‌گردد(Phene et al., 2008).

یکی از روش‌های صرفه‌جویی در میزان مصرف آب، افزایش بازده آب آبیاری و افزایش کارایی مصرف آب استفاده از انواع مالچ می باشد. با این‌وجود، از آن جا که هنوز مقادیر قابل توجهی از آب در ردیف‌های آبیاری از طریق تبخیر مستقیم و نیز تعرق به وسیله علف-های هرز سبز شده در آنها تلف می‌گردد، به نظر می‌رسدکه استفاده از یک مالچ پلاستیکی قرار گرفته بین ردیف‌های آبیاری بتواند ضمن حفظ رطوبت خاک از طریق کاهش تبخیر، مانع از رشد علف‌های هرز و در نتیجه کاهش مصرف آب شود (Brainard & Bellinder, 2004). علاوه بر این، کنترل علف‌های هرز بدین طریق باعث کاهش هزینه‌های کارگری، سبب افزایش عملکرد از طریق کاهش رقابت آنها با محصول می‌گردد

میرزاعلیان و همکاران (Mirzaolian et al., 2012) اظهار داشتند که با استفاده از مالچ پلی‌اتیلن می‌توان با تغییر دور آبیاری از هفت به 14 روز در طالبی ضمن صرفه جویی در مصرف آب مقدار عملکرد را نیز به میزان قابل توجهی افزایش داد. سروجیدا و همکاران

1 و 2- به ترتیب دانشجوی دکتری و استادیار گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: hhosseini58@yahoo.com)

(Cirujeda et al., 2012) بیان داشتند کـه اسـتفاده از مـالچ سـبب افزایش تولید در گوجه فرنگی گردید و تأثیر معنی‌داری بر روی کیفیت میـوه نداشـت. شـینوهارا و همکـاران (Shinohara et al., 1995) گزارش نمودند که میزان عملکرد میوه گوجه فرنگی تحت شرایط کم آبی، کاهش یافت. بلیندر و همکـاران (Bellinder, 2004; Drost, 2005) مزایای استفاده از خاکپوش را مواردی از قبیل کاهش مصرف آب، افزایش دما و رطوبـت خـاک و افـزایش کـارایی مصـرف آب و نیتروژن دانسـتند. مورینـو و همکـاران (Moreno et al., 2009) در آزمایشی بیان نمودند که اثر خاکپوش پلاستیک، کاه و کاغذ نسبت به بقیه تیمارهای خاکپوش تأثیر معنی‌داری روی عملکرد گوجه فرنگـی داشت. کاسیراجان و همکاران (Kasirajan & Ngouajio, 2012) با بررسی اثرات خاکپوش پلی‌اتیلن گزارش نمودند کـه خـاکپوش‌هـای پلی‌اتیلن به طور معنی‌داری در مقایسه با سایر تیمارها در حفظ رطوبت خاک و کنترل علف‌های هرز مؤثر بود. همچنین خاکپوش پلی‌اتـیلن شفاف موجب افزایش دمای خاک گردید.

بنابراین، با توجه به این که کشور ما دارای شـرایط آب و هـوایی خشک و نیمه‌خشک می‌باشد و صرفه‌جویی در مصرف آب مـی‌توانـد اهمیت بسزایی در این شرایط داشته باشـد، ایـن آزمـایش بـا هـدف بررسی امکـان افـزایش فاصـله آبیـاری در شـرایط اسـتفاده از مـالچ پلاستیکی در گیاه گوجه فرنگی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامـل تصادفی با چهار تکرار در اراضی فریمان واقع در مختصات جغرافیایی 35 40 و 59 49 شرقی در ارتفاع 1373 متر از سـطح دریـا در سـال زراعی 91-1390 اجرا شـد. بافـت خـاک لـوم سـیلتی رسـی، بـدون محدودیت شوری و pH= 7/7 بود.

فاکتور اول شامل دو سطح استفاده از مـالچ پلاسـتیکی و بـدون استفاده از مالچ و فاکتور دوم چهار فاصله آبیاری شامل 5، 7، 9 و 11 روز یکبار بود. رقم در سینی‌هـای کشـت نشـاء 24 تـایی در شـرایط گلخانه کشت شده و در مرحله 6-4 برگی در تاریخ نیمه اول تیر ماه به زمین اصلی منتقل شدند. کوددهی پیش از کشت، به صورت 100 کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم، 100 کیلـوگرم در هکتـار فسـفات آمونیوم، 20 کیلوگرم در هکتار سولفات آهن و 20 کیلوگرم در هکتـار اوره بود و از سیکلوتیلر جهت مخلوط نمودن کود و خاک استفاده شد. مراحل آماده‌سازی زمین شامل زیرشکن، روتیواتور بود. میزان مصرف کودهای پر مصرف و کم مصرف در طی دوره رشد گیـاه بـر اسـاس آزمون خاک و با توجه به کمبودهای گیاهی صورت پذیرفت. کوددهی در مورد تمام تیمارها به صورت یکسان صورت گرفت.

مالچ از نوع صفحات پلی‌اتیلن تیره به عرض 80 سانتی‌متـر بـر روی ردیف‌های کاشت کشیده شد.فاصله نازلها از هم 20 سانتی‌متـر بود. آبیاری طرح به صورت قطره‌ای و بـا اسـتفاده از T-tape انجـام گرفت. کشت به صورت دو طرفه با فاصله 45 سانتی‌متر در دو سوی نوار آبیاری به طول 10 متر صورت گرفت. کرت‌های آزمایش شـامل سه ردیف دو متری با طول شش متر و فاصله بین ردیف‌ها دو متر بود و بین تکرارها فاصله دو متری در نظر گرفته شد.

پارامترهای مورد اندازه‌گیری در طول فصل رشد شامل ارتفاع بوته در سه مرحله (یک هفته پـس از انتقـال نشـا، گلـدهی و برداشـت)، شمارش گلها طی سه مرحله (در سه مرحله در تاریخ‌های هفتم و 25 مرداد و 22 شهریور ماه)، شمارش تعداد میوه در دو مرحله (در تاریخ-های اول و 22 شهریور ماه) بودنـد. برداشـت در یـک مرحلـه انجـام گرفت و در زمان برداشت نیز عملکرد و اجزای عملکرد شامل تعداد در بوته و وزن میوه اندازه‌گیری شد. کلیه داده‌هـا توسـط نـرم‌افزارهـای MSTAT-C و Excel تجزیه شدند. همچنین مقایسه میانگین-ها در سطح احتمال پنج درصد و با استفاده از آزمـون چنـد دامنـه‌ای دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث

جدول نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها (جـدول 1) نشـان داد که تیمارهای مالچ پلاستیکی و فاصله آبیاری از نظر صفات زایشی مانند تعداد گل، تعداد میوه، وزن میوه در سطح احتمـال یـک درصـد تفاوت معنی‌داری نشان داد، ولی روی میزان ارتفاع گیاه تأثیر معنی-داری نداشت.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده در گوجه فرنگی

Table 1- Analysis of variance (mean of square) for measured traits in tomato

ارتفاع زمان برداشت Height at harvest time	میانگین وزن میوه Mean of fruit weight	وزن میوه در کرت Fruit weight per plot	تعداد کل میوه Total fruit number	تعداد میوه (روز بعد از نشا کاری) Fruit number (days after transplanting)		تعداد گل (روز بعد از نشاکاری) Flower number (days after transplanting)			ارتفاع Height		درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
				50	40	50	40	30	در زمان رسیدن At ripening stage	۲۵ روز بعد از نشاء 25 days after transplanting		
14.21^{ns}	429.8**	280.18**	20.13^{ns}	5.87^{ns}	3.94**	60.98**	19.58**	31.19*	3.72^{ns}	4.18^{ns}	3	تکرار Replication
0.005^{ns}	152.73	523.04**	95.32**	211.15**	9.03**	44.77**	21.12**	46.56**	0.07^{ns}	3.65^{ns}	1	مالچ (A) Mulch (A)
5.45^{ns}	988.98**	658.9**	18.71^{ns}	43.62*	0.79^{ns}	20.31*	25.83**	0.38^{ns}	7.91^{ns}	1.04^{ns}	3	دور آبیاری (B) Irrigation interval (B)
16.34^{ns}	87.89^{ns}	143.01^{ns}	10.69^{ns}	21.70^{ns}	1.49^{ns}	18.51^{ns}	1.85^{ns}	1.04^{ns}	21.59^{ns}	2.81^{ns}	3	A×B
19.32	603.4	297.2	15.87	30.13	1.01	13.76	11.30	1.84	22.43	4.6	21	خطا Error

ns: غیرمعنی‌دار، **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

Ns: non-significant, **: significant at 1% probability level.

الف) بررسی خصوصیات رشد و عملکرد کمی و کیفی گوجه فرنگی

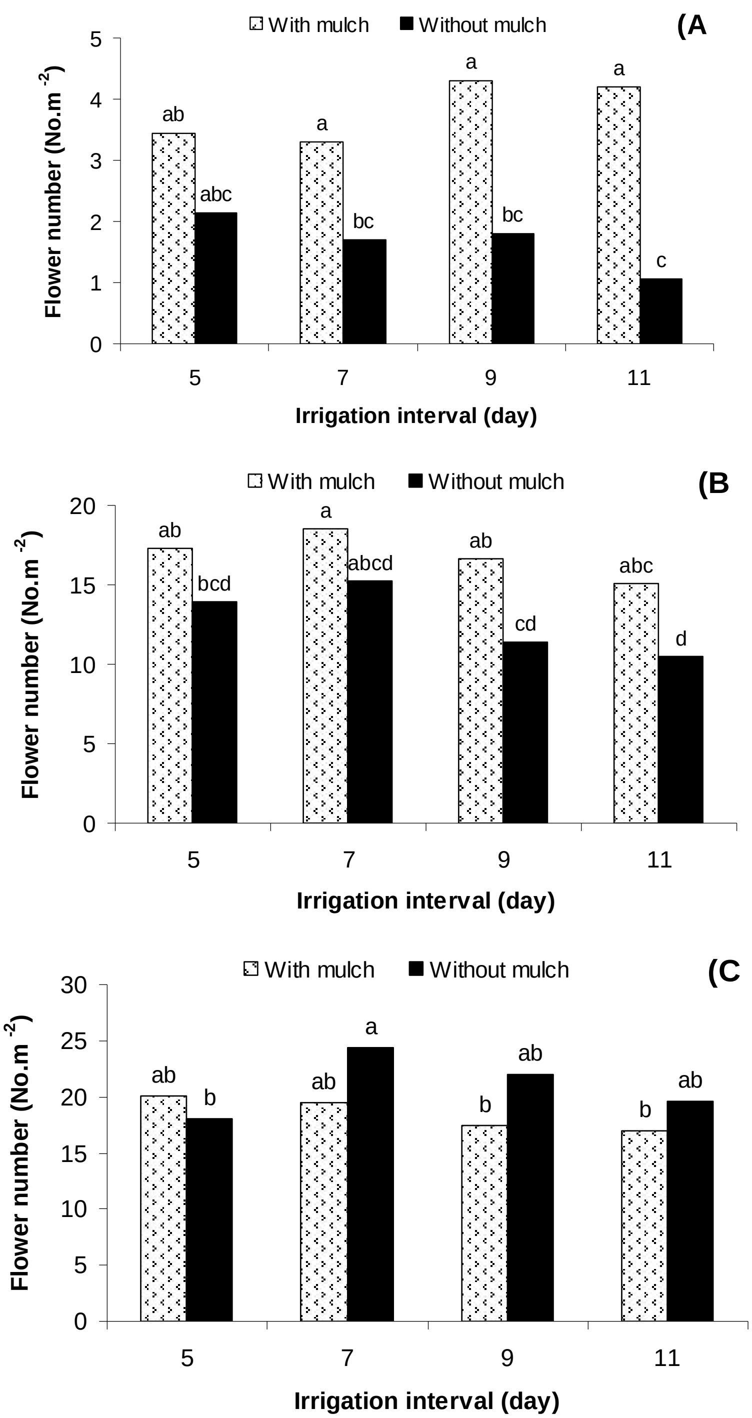
ارتفاع نهایی ساقه گیاهان در سه مرحله 25 روزه (پس از انتقال نشا به زمین اصلی، گلدهی و یک هفته پیش از برداشت) اندازه‌گیری و ثبت شد. نتایج به دست آمده از این پارامتر نشان داد که به استثناء ارتفاع اندازه‌گیری شده در مرحله اول، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف در مراحل گلدهی و برداشت وجود ندارد. بیشترین ارتفاع مربوط به تیمار آبیاری پنج روز همراه با مالچ (42 سانتی‌متر) بود. در ارتفاع اندازه‌گیری شده هفت روز پس از برداشت نیز تمامی تیمارهای آبیاری با مالچ ارتفاع بلندتری از تیمارهای بدون مالچ داشته و اختلاف آنها معنی‌دار بود. به نظر می‌رسد که اثر مالچ بر استقرار سریع‌تر بوته‌ها دلیل به وجود آمدن این نتایج باشد (جدول 1).

تعداد گل در بوته نیز در سه مرحله و در فواصل زمانی 10 روز شمارش گردید. در مرحله اول یعنی در شروع گلدهی، بیشترین تعدادگل در تیمارهای آبیاری 7، 9 و 11 روز همراه با تیمار مالچ دیده شد و این تیمارها اختلاف معنی‌داری با تیمارهای پنج روز همراه با مالچ و پنج روز بدون مالچ نشان ندارند. در مورد تعداد گل در این مرحله نیز نتایج مشابهی با ارتفاع در مرحله اول مشاهده شد، یعنی تیمارهای آبیاری با تیمار مالچ تعداد گل‌های بیشتری از تیمارهای بدون مالچ داشتند. در مرحله دوم بیشترین تعداد گل در تیمار آبیاری هفت روز با مالچ دیده شد (18/5 گل در متر مربع) و اختلاف معنی‌داری بین این تیمار با تیمارهای 7، 9 و 11 روز با مالچ و هفت روز بدون مالچ دیده نشد. در مورد اینکه تیمار هفت روز بدون مالچ با وجود مقدار کمتر آبیاری (فاصله آبیاری بیشتر) به طور معنی‌داری تعداد گل بیشتری نسبت به تیمار پنج روز بدون مالچ داشته است، می‌توان این امر را با تأثیر تنش ملایم بر القای گلدهی مرتبط دانست. در مرحله سوم بیشترین تعداد گل در تیمار هفت روز بدون مالچ مشاهده شد که بین این تیمار و تیمارهای پنج و هفت روز با مالچ و نه و 11 روز بدون مالچ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. بالا بودن تعداد گل در تیمارهای بدون مالچ در این مرحله ممکن است به دلیل تأخیر در زمان گلدهی به دلیل تنش خشکی شدید باشد. بنابراین، حداکثر میزان گلدهی مصادف با این مرحله نمونه‌برداری شده است (شکل1). شرکر و همکاران (Sarker et al.,2004) گزارش کردند که تنش خشکی در مرحله گلدهی اساساً بر عملکرد بادمجان موثر بود و باعث کاهش تعداد گل در تیمارهای تحت تنش شد.

همانگونه که در شکل2 مشاهده می‌شود، در مرحله اول بیشترین تعداد میوه در بوته در تیمار هفت روز آبیاری با مالچ (2/55 میوه در بوته) دیده شد و اختلاف معنی‌داری بین این تیمار و تیمارهای پنج و نه روز همراه با مالچ مشاهده نگردید. تیمارهای بدون مالچ تعداد میوه کمتری نسبت به تیمارهای با مالچ داشتند. به نظر می‌رسد همانگونه که تیمارهای دارای مالچ، زودتر وارد مرحله گلدهی شدند، مرحله میوه دهی را نیز زودتر آغاز نمودند. بر اساس نتایج به دست آمده، در مرحله دوم کمترین تعداد میوه در تیمارهای نه و 11 روز بدون مالچ دیده می‌شود و سایر تیمارها میوه بیشتری داشته و اختلاف معنی‌داری بین آنها مشاهده نشد. تأثیر تنش خشکی بر تعداد میوه در بوته تیمارهای 9 و 11 روز بدون مالچ مشخص است. نگوجیو (Ngoujion., 2009) نتیجه گرفت که کاهش آب آبیاری موجب کاهش تعداد میوه و عملکردگوجه فرنگی می گردد. جلینی (Jolaini et al., 2011) نشان داد که بهترین آبیاری برای گوجه فرنگی در مقدار 75 درصد نیاز آبی است، زیرا بعد از این مقدار شاخص برداشت چندان افزایش نخواهد داشت. همچنین پوسیدگی میوه کمتر بوده و اندازه، وزن و کیفیت میوه افزایش می یابد.

در شکل 2 تغییرات تعداد میوه در زمان برداشت بین تیمارهای مختلف نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، تعداد میوه در کرت در کلیه تیمارهای با مالچ و نیز تیمار پنج روز بدون مالچ در حداکثر مقدار خود بود و بین این تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. به دلیل اعمال تنش شدید خشکی، تعداد میوه در کرت تیمارهای 7، 9 و 11 روز بدون مالچ کمتر از تیمارهای همراه با مالچ و نیز پنج روز بدون مالچ بود. توجه به این نکته که در این جزء عملکرد اختلاف معنی‌داری بین آبیاری با فاصله پنج روز بدون تیمار مالچ و 11 روز با مالچ دیده نمی‌شود، جالب به نظر می‌رسد.

خشکی با تأثیر بر روی کاهش آب میوه‌ها سبب کوچکی و کاهش میانگین وزن میوه‌ها می‌شود. در این آزمایش نیز این مساله مشاهده می‌شود. همانگونه که در شکل 3 دیده می‌شود، بیشترین میانگین وزن میوه در تیمار آبیاری با فاصله پنج روز همراه با مالچ (87/1 گرم) دیده می‌شود و اختلاف معنی‌داری بین این تیمار با تیمارهای هفت روز با مالچ و پنج و هفت روز بدون مالچ مشاهده نشد. تیمارهای 9 و 11 روز با مالچ میوه‌های کوچکتری از سایر تیمارها داشتند.



شکل 1- اثر فاصله آبیاری بر تعداد گل گوجه فرنگی در مرحله (الف) اول، (ب) دوم و (ج) سوم نمونه‌برداری

Fig. 1- Effect of irrigation interval on tomato flower number at the (A) first, (B) second and (C) third stages of sampling

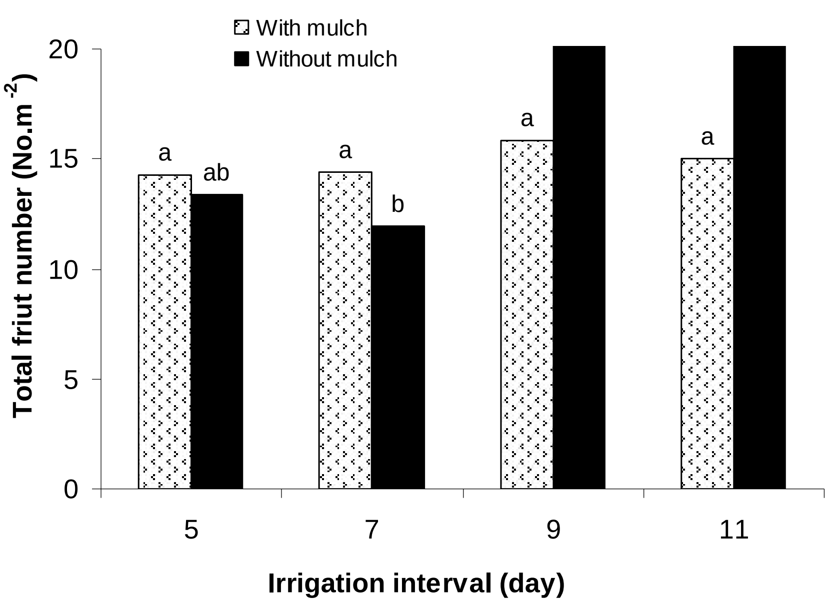
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند (p≤0/05).

* Means with the same letter(s) in each figure have not significantly difference based on Duncan's test (p≤0.05).

دودا و همکاران (Dauda et al., 2008) بیان کردند که مالچ باعث افزایش میانگین اندازه و وزن میوه و رشد سریعتر گیاه هندوانه شد و عملکرد را در این گیاه به میزان 47 درصد در مقایسه با کشتهای بدون پوشش افزایش داد. شرکر و همکاران (Sarker et al.,2004) نیز گزارش کردند که تنش خشکی در مرحله گلدهی اساساً بر عملکرد موثر بود و کمترین عملکرد را باعث شد. کاهش وزن میوه به دلیل کاهش فتوسنتز همراه با پیری برگ‌ها در اثر تنش می باشد کاهش در میزان فتوسنتز با کاهش سطح برگ و فعالیت آنزیم ریبولوز بی‌فسفات کربوکسیلاز بعلت کاهش تبادل CO_2در اثر بسته شدن روزنه‌ها تفسیر شد.

از نظر عملکرد تیمارها را می‌توان به سه گروه عملکرد بالا، متوسط و کم تقسیم نمود. در گروه عملکرد بالا دو تیمار آبیاری پنج و هفت روز با مالچ (به ترتیب با عملکردهای 63/2 و 52/8 تن در هکتار) قرار گرفته اند که با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند. در گروه عملکرد متوسط تیمارهای آبیاری هفت و نه روز با مالچ (به ترتیب با عملکردهای 45/5 و 46/12 تن در هکتار) و فاصله آبیاری پنج و هفت روز بدون مالچ (به ترتیب با عملکردهای 44/02 و 45/59 تن در هکتار) قرار دارند. و در گروه عملکرد کم دو تیمار آبیاری 9 و 11 بدون مالچ به ترتیب با عملکردهای 30/25 و 29/09 تن در هکتار قرار دارند. شینوهارا و همکاران (Shinohara et al., 1995) گزارش نمودند که میزان عملکرد میوه گوجه فرنگی تحت شرایط کم آبی، کاهش یافت. مورینو و همکاران (Moreno et al., 2009) بیان نمودند که اثر خاکپوش پلاستیک، کاه و کاغذ نسبت به بقیه تیمارها تأثیر معنی‌داری روی افزایش عملکرد گوجه فرنگی داشت. مقبلی و همکاران (Moghbeli et al., 2011) تأثیر خاکپوش-های پلی‌اتیلنی بر میزان محصول ارقام طالبی گزارش نمودند، تیمار پلی‌اتیلنی تعداد میوه را در رقم شاهپسندی برابر با 42 در آناناسی 21 و در گالیا 22 درصد نسبت به شاهد افزایش و عملکرد را در رقم شاهپسندی، آناتاسی و گالیا به ترتیب برابر با 46، 27 و 51 درصد نسبت به شاهد افزایش داد.

در مجموع، می‌توان گفت به نظر می‌رسد که مالچ سبب زودرسی، افزایش دوره رشد زایشی و بالا رفتن عملکرد تا 40 درصد شد. این نکته که با استفاده از مالچ می‌توان دوره آبیاری را، بدون آن که موجب کاهش عملکرد شود، حداقل دو روز به تأخیر انداخت سبب استفاده بهینه از آب و امکان افزایش سطح زیر کشت خواهد شد.



شکل 2- اثر فاصله آبیاری بر تعداد کل میوه گوجه فرنگی

Fig. 2- Effect of irrigation interval on total fruit number of tomato

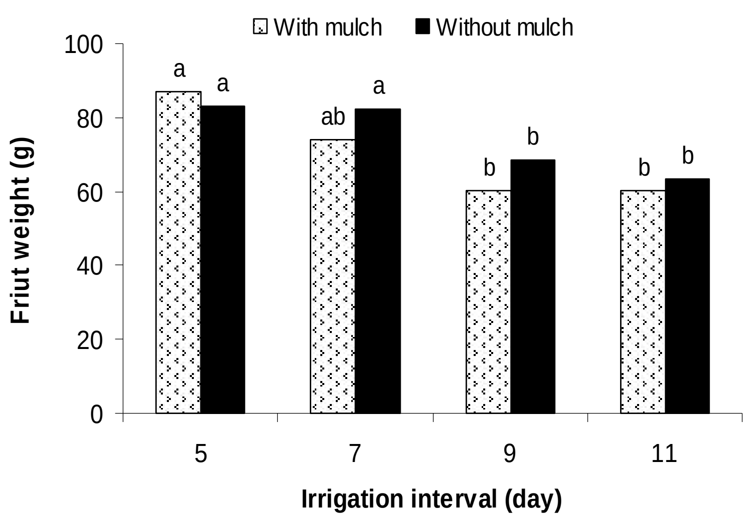
میانگین‌های دارای حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند ($p \leq 0/05$).

* Means with the same letter(s) have not significantly difference based on Duncan's test ($p \leq 0.05$).

ب – بررسی تغییرات خصوصیات کیفی و کمی گوجه فرنگی

بررسی نمودارهای تغییر میزان گلدهی با افزایش فاصله آبیاری نکات جالب توجهی را نشان می‌دهد. در مرحله اول و دوم شمارش گل (جدول 2) تمامی تیمارهای کشت با مالچ تعداد گل بیشتری را نسبت به تیمارهای کشت بدون مالچ نشان دادند. این امر نشان از مزیت قطعی استفاده از مالچ را نشان می‌دهد. در مراحل اولیه رشد، حضور آب در اطراف گیاه در شرایط کشت با مالچ اختلاف قابل توجهی را در تعداد گل گیاه نسبت به شرایط کشت بدون مالچ موجب می‌شود. نیاز آبی اندک گیاه بدلیل گسترش حجمی کمتر بوته آنرا می‌توان دلیل احتمالی سیر صعودی تعداد گل گیاه با وجود کاهش تعداد آبیاری دانست. در بقیه نمودارها شیب کاهشی تعداد گل با افزایش دور آبیاری مشاهده می‌شود. در شمارش گل 50 روز پس از نشاکاری به جز در تیمار آبیاری با دور پنج روز، در سایر تیمارها تعداد گل در شرایط بدون مالچ بیش از کشت با مالچ بود. به نظر می‌رسد گیاه در این زمان در تیمارهای با مالچ وارد دوره میوه دهی شده است و عملاً انرژی خود را صرف تولید میوه می‌کند. بررسی تعداد میوه کل کرت نیز ارجحیت کشت با مالچ در شکل 2 نشان داده شده است.

بررسی شکل 2 تغییر تعداد میوه با افزایش دور آبیاری نکات جالب توجهی را نشان می‌دهد؛ به طوری‌که افزایش دور آبیاری موجب افزایش تعداد میوه در شرایط کشت با مالچ و کاهش تعداد میوه در شرایط بدون مالچ شده است. احتمالاً در شرایط کشت با مالچ، آب به اندازه ای در اختیار گیاه قرار داشته است که افزایش دور آبیاری تنش خفیفی به گیاه وارد کرده است که تعداد گل بیشتری را به میوه تبدیل کرده است؛ اما همین تنش در شرایط بدون مالچ شرایط خود تنکی[1] را به گیاه القا نموده و موجب ریزش گل‌ها شده است. همچنانکه در شکل 3 نیز مشاهده می‌شود دلایل فوق (تحریک گلدهی با افزایش دور آبیاری در شرایط کشت با مالچ) موجب کاهش میانگین وزن این تیمار شده است، چرا که گیاه انرژی لازم جهت افزایش وزن میوه را کسب نکرده است. بررسی شکل 3 نشان می‌دهد که میانگین وزن میوه در شرایط کشت بدون مالچ بیش از شرایط کشت با مالچ است که احتمالاً بدلیل تعداد کمتر میوه بوده است.



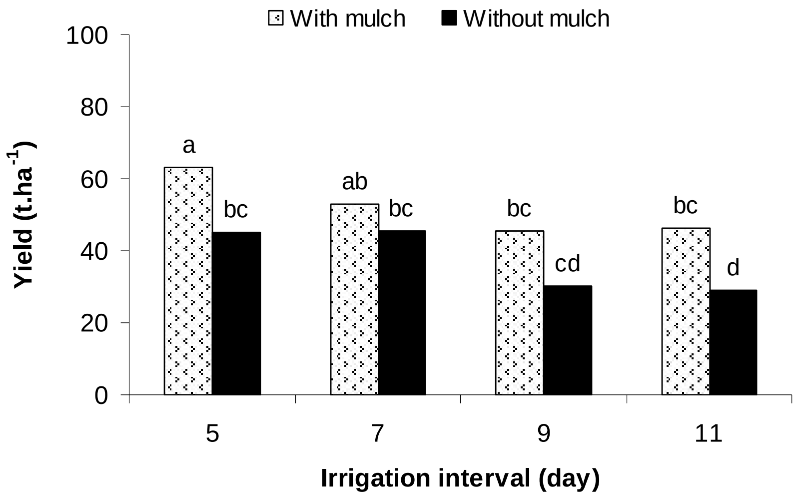
شکل 3- اثر فاصله آبیاری بر وزن میوه گوجه فرنگی

Fig. 3- Effect of irrigation interval on fruit weight of tomato

میانگین‌های دارای حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند ($p\leq0/05$).

* Means with the same letter(s) have not significantly difference based on Duncan's test ($p\leq0.05$).

1- Self Thinning



شکل 4- اثر فاصله آبیاری بر عملکرد گوجه فرنگی

Fig. 4- Effect of irrigation interval on tomato yield

میانگین‌های دارای حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند ($p\leq0/05$).

* Means with the same letter(s) have not significantly difference based on Duncan's test ($p\leq0.05$).

هر دو سری تیمارهای کشت با مالچ و کشت بدون مالچ سیر نزولی را در میانگین وزن میوه‌ها نشان می‌دهند که می‌توان آنرا به اثرات تنش خشکی در مرحله افزایش وزن میوه گوجه فرنگی مرتبط دانست. برینارد و همکاران (Brainard et al., 2012) مزایای استفاده از خاکپوش را مواردی از قبیل کاهش مصرف آب، افزایش دما و رطوبت خاک و افزایش کارایی مصرف آب و نیتروژن دانسته‌اند. میرزاعلیان و همکاران (Mirzaolian et al., 2000) اظهار داشت که با استفاده از مالچ پلی‌اتیلن می‌توان با تغییر دور آبیاری از هفت به 14 روز در طالبی ضمن صرفه جویی در مصرف آب مقدار عملکرد را نیز به میزان قابل توجهی افزایش داد. نگوجیو (Ngoujio, 2009) نتیجه گرفتند که کاهش آب آبیاری به میزان 25 و 50 در صد به ترتیب موجب کاهش عملکرد گوجه فرنگی به ترتیب برابر با 29 و 40 تن در هکتار گردید.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که امکان افزایش فاصله آبیاری و کاهش مصرف آب در شرایط استفاده از مالچ وجود دارد. به طوری‌که در مجموع نتایج حاکی از برتری استفاده از مالچ از نظر افزایش کارایی مصرف آب نسبت به بدون استفاده از مالچ می باشد. نتایج نشان داد که مالچ سبب زودرسی، افزایش دوره رشد زایشی و بالا رفتن عملکرد تا 40 درصد شد. بدین ترتیب، با توجه به این مطلب که با استفاده از مالچ پلاستیک می‌توان فاصله آبیاری را، بدون کاهش هرگونه عملکرد، حداقل دو روز به تأخیر انداخت سبب استفاده بهینه از آب و امکان افزایش سطح زیر کشت خواهد شد. لذا خاکپوش پلی‌اتیلن ایده مناسبی برای اجرا در کشت محصولات سبزی و صیفی بخصوص در مناطق خشک و کم آب می باشد.

منابع

Baghani, J., and Bayat, H. 1999. Study and comparison of and drip irrigations on yield and quality of tomato. Journal of Institute of Technician and Engineers Researches No. 129. 82 pp. (In Persian)

Brainard, D.C., and Bellinder, R.R. 2004. Weed suppression in a broccoli-winter rye intercropping system. Weed Science 52: 281-290.

Brainard, D.C., Bakker, J., Noyes, D.C., and Myers, N. 2012. Rye living-mulch effects on soil moisture and weeds in asparagus. Horticultural Science 47: 58-63.

Cirujeda, A., Anzalone, A., Aibar, J., and Moreno, M. M. 2012. Purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.) control with paper mulch in processing tomato. Crop Protection 39: 66-71.

Dauda, S.N., Ajayi, F.A., and Ndor, E. 2008. Growth and yield of watermelon as affected by poultry manure application. Journal of Agriculture and Social Sciences 4: 121-124

Drost, D.T. 2005. Improving asparagus growth through better water management. Great Lakes Fruit and Vegetable EXPO Proceedings.

Jolaini, M. 2011. Investigation the effect of different water and plastic mulch levels on yield and water use efficiency of tomato in surface and subsurface drip irrigation method. Journal of Water and Soil 25(5): 1025-1032. (In Persian with English Summary)

Kasirajan, S., and Ngouajio, M. 2012. Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications: a review. Agronomy for Sustainable Development 32(2): 501-529.

Maged, A.E. 2009. Effect of mulch types on soil environmental conditions and their effect on the growth and yield of cucumber plants. Journal of Applied Sciences Research 2(2): 67-73.

Mirzaolian, A., Kashi, A., and Sohrabi, T. 2000. Evaluation of irrigation regime and dark polyethylene sheet effects on growth and yield of cantaloupe. In: the second Congress of Iranian Horticultural Science 23 August, Karaj, Tehran, Iran 437 pp. (In Persian)

Moreno, M.M., Moreno, A., and Mancebo, I. 2009. Comparison of different mulch materials in a tomato (*Solanum lycopersicum* L.) crop. Spanish Journal of Agricultural Research 7(2): 454-464

Ngoujio, M. 2009. Colored plastic mulch and tomato production. A288 Plant and Soil Science Building Michigan State University, East Lansing, MI 48824-1325 USA.

Phene, C.J., Mc Cormick, R.L., Miyamoto, J.M., Meek, D.W., and Davis, K.R. 2008. Evapotranspiration and crop coefficient of trickle irrigated tomatoes. In: Proceedings of the 3rd International Drip/Trickle Irrigation Congress, Fresno, CA. November, ASAE Publication 10-85 (2): 823-831.

Rahman, S.M., Nawata, L., and Sakuratani, E. 2008. Effects of water stress on yield and related morphological characters among tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars. Thai Journal of Agricultural Sciences 31(1): 60-78.

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

Shinohara, Y., Akiba, K., Maruo, T., and Ito, T. 1995. Effect of water stress on the fruit yield, quality and physiological condition of tomato plants using gravel culture. ISHS Acta Horticulture 396. Hydroponics and Transplant Production 211-218.

Shrivastava, P.K., Parikh, M.M., Sawani, N.G., and Raman, S. 2003. Effect of drip irrigation and mulching on tomato yield. Agricultural Water Management 25(2): 179-184.

Valenzuela, H. 2009. Drip irrigation. Univ. Hawaii Vegetable Crops Update Newsletter 4(2) March.

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 3, Fall 2014, p. 561-570

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۳، ص. ۵۷۰-۵۶۱

ارزیابی عملکرد و سرعت پرشدن دانه لاین‌های گندم (*Triticum aestivum* L.) در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی بعد از گرده‌افشانی

علیرضا دستور[۱*]، رسول اصغری[۲] و حسین شهبازی[۳]

تاریخ دریافت:۱۳۹۲/۰۴/۲۶
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۰۸/۱۰

چکیده

این بررسی با هدف ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های گندم (*Triticum aestivum* L.) بر اساس عملکرد دانه سرعت و دوره مؤثر پر شدن دانه، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی انتهای فصل (قطع آبیاری پس از گرده افشانی)در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی اردبیل در طی سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ انجام شد. نتایج نشان داد که از نظر صفت عملکرد اثر ژنوتیپ و محیط معنی‌دار شد، ولی اثر متقابل آن‌ها غیرمعنی‌دار بود. ژنوتیپ‌های شماره ۲ (Bow"s"/Crow"s"//Kie"s"/Vee"s"/3/MV17) و۴ (Spb"s"//K134(60)Vee"s"/3/Druchamps/4/Alvd) در شرایط خشکی آخر فصل با ۳۸۳۰ و ۳۶۹۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را تولید کردند. از نظر سرعت و دوره مؤثر پر شدن دانه، اثر ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل آنها معنی‌دار بود. ضریب همبستگی بین صفات نشان داد که بین سرعت و دوره پر شدن دانه همبستگی منفی وجود دارد. از لحاظ سرعت پر شدن دانه در شرایط تنش، ژنوتیپ شماره ۷ (F130-L-1-12/MV12(ATILLA-12) با ۱/۲۹ میلی‌گرم در روز و در محیط بدون تنش ژنوتیپ‌های شماره ۳ (Owl/Siossons//Zrn)، ۴ (Spb"s"//K134(60)Vee"s"/3/Druchamps/4/Alvd) و ۷ (F130-L-1-12/MV12(ATILLA-12) با ۱/۴۱ میلی‌گرم در روز بیشترین سرعت پر شدن دانه را به خود اختصاص دادند. نتایج نشان داد که همه ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش از سرعت پر شدن بالاتری برخوردار بودند. بطور کلی، می‌توان چنین استنباط کرد که هر چند ژنوتیپ‌ها از نظر سرعت پرشدن دانه دارای تفاوت معنی‌داری هستند ولی افزایش عملکرد ژنوتیپ‌های پر محصول از طریق سرعت پرشدن دانه بیشتر میسر نگردیده است.

واژه‌های کلیدی: تحمل، ژنوتیپ، ضریب همبستگی

مقدمه

تنش خشکی یکی از مهمترین تنش‌های غیر زنده محیطی است که موجب کاهش عملکرد گیاهان زراعی، به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک جهان می‌شود (Khezrie-afravi et al., 2010). بررسی‌های بلوم (Blum, 2005) در مناطق نیمه خشک دنیا نشان می‌دهد که گندم (*Triticum aestivum L.*) *در مرحله پر شدن دانه با کاهش بارندگی و افزایش* میزان تبخیر از خاک مواجه می‌شود و در طول دوران رشد و نمو دانه، اغلب کمبود آب و افزایش دما کاهش محصول گندم را به دنبال دارد. حفظ و بهره‌گیری از تنوع ژنتیکی می‌تواند یک استراتژی مفید در فرآیند اصلاح گیاهان برای مقاومت به خشکی باشد. در این مورد یکی از روش‌های گزینش ارقام با عملکرد بالا، گزینش بر اساس صفات فیزیولوژیکی است که شامل سرعت جذب خالص، شاخص سطح برگ، سرعت تنفس و فتوسنتز، سرعت انتقال و توزیع مواد پرورده و همچنین مدت زمان این توزیع است (Moradi & Motamedi, 2010). هرچند اندازه‌گیری برخی از این صفات به منظور انتخاب در جمعیت‌های بزرگ کاری سخت و پرزحمت است، اما به نظر می‌رسد که گزینش بر اساس صفاتی نظیر سرعت و دوره پرشدن دانه می‌تواند یک روش ارزیابی فیزیولوژیکی مناسب باشد (Kheirkhah et al., 2004). از آن‌جا که هدف نهایی به‌نژادگر افزایش عملکرد گیاهان زراعی است و بین سرعت و طول

۱ و ۲- به ترتیب کارشناس ارشد اصلاح نباتات و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی
۳- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اردبیل
(*- نویسنده مسئول: Email: Dastoor.Alireza@gmail.com)

دوره پرشدن دانه با عملکرد و اجزای عملکرد روابط مستقیم وجود دارد، محققان می‌توانند از این روابط در انتخاب غیرمستقیم بهره‌برداری کنند (Moradi & Motamedi, 2010; Bradar et al., 2008).

پر شدن دانه به دو عامل سرعت و طول دوره پر شدن دانه بستگی دارد (Bradar et al., 2008). مشارکت سرعت و طول دوره پر شدن دانه از عوامل تعیین کننده در رسیدگی فیزیولوژیک و وزن نهایی دانه می‌باشد (Fani et al., 2008). وجود تنوع ژنتیکی بالایی برای سرعت و طول پر شدن دانه در گندم توسط بروکنر و فروبرگ (Bruckner & Frohberg, 1987) گزارش شده است. بین سرعت پر شدن دانه و طول دوره پر شدن دانه همبستگی منفی وجود دارد، در حالی‌که همبستگی بین سرعت پر شدن دانه و وزن دانه و همچنین دوره پر شدن دانه با وزن دانه مثبت ارزیابی شده است (Bruckner & Frohberg, 1987). بطوری‌که بررسی‌های سنجری و همکاران (Sanjari et al., 2011) نشان می‌دهد که در شرایط تنش خشکی بعد از گرده‌افشانی انتقال مواد آسیمیلات، کارآیی مواد آسیمیلات و شرکت مواد آسیمیلات به دانه‌های در حال تشکیل افزایش می‌یابد، در حالی‌که وزن دانه، میزان رشد دانه و شرکت آسیمیلات‌های جاری در تشکیل دانه به شدت کاهش نشان می‌دهد، اما طول دوره مؤثر پرشدن دانه در گیاهان تحت تنش دیده، افزایش می‌یابد. البته همبستگی سرعت پرشدن دانه با وزن دانه بیشتر از همبستگی بین طول دوره پرشدن دانه با وزن دانه می‌باشد (Bruckner & Frohberg, 1987). این محققان پیشنهاد نمودند که انتخاب برای سرعت پر شدن دانه جهت افزایش وزن دانه مفیدتر خواهد بود. در آزمایشی به کمک مدل‌های دو و سه پارامتری، فرآیند پرشدن دانه در ۱۱ رقم گندم بهاره مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که در شرایط تنش و بدون تنش ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا و سرعت پرشدن دانه بالا، عملکرد بالا همراه با سرعت پرشدن دانه متوسط و عملکرد بالا با سرعت پرشدن دانه پایین دیده شد (Gebeyhou et al., 1982). با توجه به این موضوع، امکان داشتن عملکرد بالا و سرعت پرشدن دانه بالا وجود دارد (Darroch & Baker, 1995). محفوظی و همکاران (Mahfoozi et al, 2001) با بررسی روش‌های اصلاحی برای افزایش عملکرد گندم در نواحی خشک و سرد ایران گزارش کردند تنوع ژنتیکی در میان ژنوتیپ‌ها ممکن است به افزایش عملکرد دانه در نواحی خشک کمک کند. با توجه به این‌که ایران از جمله مناطقی است که کمبود آب می‌تواند در تولید محصولات زراعی از جمله گندم مشکلات و خسارات جبران-ناپذیری ایجاد کند، بنابراین، تولید ارقام مقاوم به خشکی یا ارقامی که نیاز کمتری به آبیاری داشته باشند، از اهمیت بسزایی برخوردار است.

هدف از انجام این پژوهش برآورد سرعت و طول دوره پرشدن دانه و تعیین روابط همبستگی بین سرعت و طول دوره پرشدن دانه با وزن نهایی دانه ارقام گندم زراعی مورد بررسی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این بررسی ۱۰ رقم جدید گندم (جدول ۱) که دارای تیپ رشد زمستانه و بینابین هستند، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در دو شرایط بدون تنش خشکی و تنش خشکی بعد از گرده‌افشانی در دو آزمایش جداگانه در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل در طی سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ مورد ارزیابی قرار گرفتند. مشخصات زمین مورد کشت با ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا و طول و عرض جغرافیایی به ترتیب ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی می‌باشد. خاک مورد استفاده در این آزمایش از نوع لومی رسی و pH خاک ۷/۷ و pH آب آبیاری ۷/۱ بود. زمین مورد کشت تحت تناوب دو ساله غلات- آیش بوده و عملیات تهیه زمین شامل شخم کلش بعد از برداشت محصول قبل، یک نوبت شخم بهاره، دو بار لولر عمود بر هم، کود پاشی و ایجاد فاروئر می‌باشد. کود مصرفی بر اساس آزمون خاک با فرمول (۵۰-۹۰-۱۲۰) بود که کود پتاسه از منبع سولفات پتاس، کود فسفره از منبع فسفات آمونیم بصورت پایه و کود ازته از منبع اوره در دو نوبت پایه و سرک به مصرف رسیدند. هر ژنوتیپ در یک کرت به ابعاد ۷/۲=۱/۲×۶ متر مربع کشت شد که با حذف نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت مساحت برداشت شش متر مربع بود. میزان بذر مصرفی براساس ۴۵۰ دانه در متر مربع و با در نظر گرفتن وزن هزار دانه برای هر رقم تعیین شد. بذور آزمایشی قبل از کاشت به منظور جلوگیری از سیاهک پنهان با قارچ کش کاربوکسین تیرام به نسبت ۲ در هزار ضدعفونی شد. برای مبارزه با علف‌های هرز پهن برگ و باریک برگ مخلوطی از علف‌کش‌های گران استار و پوماسوپر به ترتیب به مقدار ۲۰ گرم و یک لیتر در هکتار در مرحله پنجه زدن تا ساقه رفتن استفاده شد. تیمارهای آبیاری شامل دو سطح، آبیاری کامل (بدون تنش) و قطع آبیاری (تنش کم‌آبی) بعد از مرحله گرده‌افشانی بود. در

شرایط بدون تنش گیاهان در مراحل کاشت، پنجه‌دهی، ساقه رفتن، سنبله‌دهی و پرشدن دانه تحت آبیاری قرار گرفتند و برای ایجاد تنش کم‌آبی، گیاهان در مراحل کاشت، پنجه‌دهی و ساقه رفتن آبیاری شدند و در اوایل مراحل سنبله رفتن آبیاری قطع شد. در این تحقیق فاصله بین گرده‌افشانی تا رسیدن فیزیولوژیکی به عنوان دوره پر شدن دانه در نظر گرفته شد. برای تعیین سرعت رشد دانه در فاصله هر چهار روز یک بار سه سنبله از هر واحد آزمایشی به صورت تصادفی برداشت، پس از انتقال به آزمایشگاه نیام‌ها از سنبله‌ها و دانه از نیام جدا شد و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد در داخل آون الکتریکی قرار گرفتند. سپس دانه‌های خشک شده توزین شده و میانگین وزن خشک دانه برای هر رقم به دست آمد. با استفاده از معادله (۱) دوره مؤثر پرشدن دانه برآورد گردید.

$$\text{دوره مؤثر پر شدن دانه} = \frac{\text{وزن خشک دانه در مرحله رسیدن}}{\text{میزان رشد خطی دانه}}$$

معادله (۱)

برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای کامپیوتری MSTAT-C، SAS 9.1 و Excel استفاده شد. برای مقایسه میانگین‌ها از روش چند دامنه‌ای دانکن استفاده گردید.

جدول ۱- ارقام و لاین‌های مورد استفاده در آزمایش گندم و شجره آن‌ها

Table 1 - wheat cultivars and lines used in the experiments and their pedigrees

شماره Number	شجره pedigrees
1	FDO 7090
2	Bow"s"/Crow"s"//Kie"s"/Vee"s"/3/MV17
3	Owl/Siossons//Zrn
4	Spb"s"//K134(60)Vee"s"/3/Druchamps/4/Alvd
5	Zarrin*2/Soissons
6	BEZ/NAD//KZM(ES85-24)/3/PTZ NISKA/UT1556-170
7	F130-L-1-12/MV12(ATILLA-12)
8	KLEIBER/2*FL80//DONSK.POLUK./3/KS82W4 09/…
9	YUGTINA/KAUZ/3/AGRI/BJY//VEE
10	DH1

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده (جدول ۲) نشان داد که بین محیط‌ها و بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ کلیه صفات مورد ارزیابی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. اثر متقابل ژنوتیپ × شرایط رطوبتی برای کلیه صفات ذکر شده بجز عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). معنی‌دار بودن اختلاف بین ژنوتیپ‌ها نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی بین ارقام مورد مطالعه است. همچنین معنی‌دار بودن اثر متقابل نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در دو محیط بدون تنش و دارای تنش رفتار یکسانی نداشتند.

سرعت پر شدن دانه

مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در دو محیط تنش و بدون تنش نشان داد که از لحاظ سرعت پرشدن دانه، ژنوتیپ شماره ۷ بیشترین سرعت پرشدن دانه (۱/۳۵ میلی‌گرم در روز) را به خود اختصاص داد (جدول ۳). همچنین مشخص گردید که سرعت پرشدن دانه تحت تنش خشکی کاهش پیدا کرد، به طوری‌که محیط دارای تنش با ۰/۹۱ میلی‌گرم در روز و محیط بدون تنش با ۱/۳۳ میلی‌گرم در روز به ترتیب دارای کمترین و بیشترین سرعت پرشدن دانه بودند. مطابق با این نتایج، معنی‌دار بودن اثر تنش رطوبتی بر روی دوره پر شدن دانه و سرعت پر شدن دانه را در ارقام مختلف گندم گزارش شده است (Paknejad et al., 2007).

در شرایط تنش، ژنوتیپ شماره ۷ (۱/۲۹ میلی‌گرم در روز) و در محیط بدون تنش ژنوتیپ‌های شماره ۳ (۱/۴۱ میلی‌گرم در روز)، ۴ (۱/۴۲ میلی‌گرم در روز) و ۷ (۱/۴۲ میلی‌گرم در روز) به طور مشترک بیشترین سرعت پر شدن دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). کمترین میزان پر شدن دانه در محیط دارای تنش مربوط به ژنوتیپ‌های ۳ و ۶ و در محیط بدون تنش مربوط به ژنوتیپ‌های ۲ و ۸ بود که از این نظر اختلاف آنها با ژنوتیپ‌های ۳، ۴ و ۷ معنی‌دار و با بقیه ژنوتیپ‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۴). ژنوتیپ ۷ در هر دو محیط دارای تنش و بدون تنش از سرعت پر شدن دانه بالاتری برخوردار است، ولی تفاوت ژنوتیپ‌های دیگر از لحاظ سرعت پر شدن دانه در دو محیط معنی‌دار نبود و همه ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش از سرعت پر شدن بالاتری برخوردار بودند (جدول ۴). با توجه به اینکه ژنوتیپ شماره ۷ عملکرد بالایی در هر دو محیط تنش و بدون تنش (۵/۳۲ و ۳/۲۲ تن در هکتار) داشت و همچنین دوره پرشدن دانه کوتاهتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشت، می‌توان گفت که عملکرد بالای این ژنوتیپ از طریق سرعت بالای پر شدن و کاهش دوره پر شدن دانه به دست آمده است. همچنین ژنوتیپ‌های گندم با سرعت

بالای پر شدن و کاهش دوره پرشدن دانه می‌توانند عملکرد بالایی در نـواحی رشـد کوتـاه تولیـد کننـد (Gebeyhou et al., 1982). ایـن یافته‌ها با نتایج ساوین و نیکولاس (Savin & Nicolas, 1999) نیـز مطابقت دارد.

طول مؤثر پر شدن دانه

از نظر طول مؤثر پر شدن دانه، ژنوتیپ‌های ۸ و ۵ بیشـترین (بـه ترتیب با ۳۲/۷۶ و ۳۱/۰۶ روز) و رقم ۷ کمترین (۲۳/۱۸ روز) مقدار را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). این امر نشان می‌دهـد بـا افـزایش سرعت پر شدن دانه از طول مـؤثر پرشـدن آن کاسـته مـی‌شـود، بـه طوری‌که ژنوتیپ ۷ با بیشترین سرعت پر شدن دانـه کمتـرین طـول مؤثر پر شدن دانه را به خود اختصاص داده است.

با بررسی مقایسات میانگین مشخص مـی‌شـود ارقـامی کـه دوره پرشدن دانه کوتاهی دارنـد، دارای سـرعت رشـد دانـه سـریع‌تـری در مقایسه با ارقام با دوره پرشدن طـولانی مـی‌باشـند. در محـیط دارای تنش ژنوتیپ شماره ۶ با ۳۳/۷۸ روز بدون داشتن اختلاف معنی‌دار بـا ژنوتیپ‌های ۳، ۴، ۵ و ۸ و در محیط بدون تنش ژنوتیپ شـماره ۸ بـا ۳۳/۹۵ روز بیشترین مقدار دوره پرشدن دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). کمترین میزان دوره مـؤثر پرشـدن دانـه در محـیط دارای تنش خشکی بعد از گرده‌افشانی مربوط به ژنوتیپ ۷ بود و ژنوتیـپ ۱، ۱۰ و ۹ در رتبـه بعـدی قـرار داشـتند. در محـیط بـدون تـنش هـم ژنوتیپ‌های ۹، ۱۰ و ۷ از دوره مؤثر پر شدن دانه پایین‌تری برخـوردار بودند. نتایج نشان داد که طول دوره مؤثر پر شدن دانه در ژنوتیپ‌های ۱، ۲، ۴، ۵، ۸ و ۱۰ در دو محیط دارای تـنش و بـدون تـنش تفـاوت معنی‌داری نشـان نمـی‌دهـد، در حـالی‌کـه طـول دوره پرشـدن دانـه ژنوتیپ‌های ۳، ۶ و ۹ در محیط دارای تـنش بیشـتر از شـرایط بـدون تنش بود. اما ژنوتیپ ۷ در شرایط تنش از طول دوره مـؤثر پـر شـدن دانه پایین‌تری نسبت به شرایط بدون تنش برخوردار بـود (جـدول ۴). نتایج به دست آمده بـا نتـایج سـیمان (Simane, 1993) کـه اعـلام نمودند وقوع تنش در مرحله گل‌دهی و دانه‌بندی دوره پر شدن دانه را کوتاه‌تر و سرعت پر شدن دانه را افزایش می‌دهد دوره پر شـدن را ۱۰ تا ۱۱ روز کوتاه‌تر می‌کند، مطابقت دارد. سرعت پر شدن دانه به مقدار زیادی به وسیله ژنوتیپ کنترل می‌شود، ولی مدت پر شدن دانه تحت تأثیر محیط است (Quarrie & Jones, 1979).

حداکثر وزن خشک تک دانه

نتـایج نشـان داد ژنوتیـپ شـماره ۸ بـا ۳۷/۳۶ میلـی‌گـرم دارای بیشترین وزن خشک نهایی دانـه و ژنوتیـپ‌هـای شـماره ۹ و ۱۰ بـه ترتیب با ۲۸/۷۱ و ۲۸/۸۶ میلی‌گرم کمترین وزن خشـک دانـه را بـه خود اختصاص دادند (جدول ۳). با توجه به نتایج مربوط به طـول دوره مؤثر پر شدن دانه و مقایسه آن با نتایج به دست آمده در حداکثر وزن خشک تک دانه مشخص می‌گـردد کـه طـول دوره پرشـدن بـا وزن خشک دانه رابطه مستقیم دارد یعنی هر چقدر دوره پرشدن دانه بیشتر باشد، حداکثر وزن خشک آن هم بیشتر خواهد شد. همچنـین از نظـر وزن خشک نهایی دانه، شرایط بـدون تـنش بـا ۳۷/۷۵ میلـی‌گـرم و محیط تنش با ۲۶/۴۸ میلی‌گرم به ترتیب دارای بیشـترین و کمتـرین وزن خشک دانه بودند. در محـیط دارای تـنش ژنوتیـپ شـماره ۸ بـا ۳۳/۰۰ میلی‌گرم و در محیط بدون تنش ژنوتیپ‌های شماره ۴ و ۸ بـه ترتیب با ۴۱/۸۰ و۴۱/۷۲ میلی‌گرم بیشترین وزن خشـک دانـه را بـه خود اختصاص دادند. وزن دانه اثر مستقیم را روی عملکرد دانه دارد و به عنوان یک صفت مهم در انتخاب برای مقاومت به خشکی و درجه حرارت بالا مورد توجه قرار گرفته است. اما باید توجه داشت که تـنش رطوبتی در طول دوره گلدهی و پر شدن دانه از طریق کاهش دوره پر شـدن دانـه (Paknejad et al., 2007) و سـرعت پـر شـدن دانـه (Brocklehurst et al., 1978) سـبب کـاهش عملکـرد مـی‌شـود. همچنین، تنش‌های محیطی از جمله کاهش رطوبت خاک در دوره پر شدن دانه، به علت نقصان فتوسنتز جـاری از طریـق کـم شـدن وزن دانه، باعث کاهش عملکرد دانه می‌شوند (Gifford & Evans., 198; Mc Caig et al., 1982,)

بـا توجـه بـه اینکـه از نظـر عملکـرد در محـیط دارای تـنش ژنوتیـپ‌هـای شـماره ۲، ۴، ۶، ۸ و ۹ و در محـیط بـدون تـنش ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۲، ۴، ۷ و ۱۰ بیشترین عملکرد دانـه را داشـتند (جدول ۴)، بنابراین، حداکثر وزن خشک دانـه بـه تنهـایی نمـی‌توانـد متضمن عملکرد بالاتر در یک رقم باشد و عوامل دیگـری مثـل دوره پرشدن دانه، تعداد دانه در سنبله و نیز تعداد پنجه در سنبله را بایـد در نظر گرفت.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر محیط بر خصوصیات رشد و عملکرد ارقام مختلف گندم تحت شرایط بدون تنش و دارای تنش

Table 2 - Analysis of variance the effect of environment on growth and yield charestrestic of different wheatcultivars under non-stress and stress condition

میانگین مربعات MS					
عملکرد دانه Grain yield	حداکثر وزن خشک دانه Maximum of grain weight	طول مؤثر پرشدن دانه Effective grain filling period	سرعت پرشدن دانه Grain filling rate	درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V.
34.29**	1908**	16.16**	2.60**	1	محیط Environment
0.670	4.045	4.45	0.01	4	تکرار × محیط Environment ×replication
1.27**	40.92**	43.92**	0.046**	9	ژنوتیپ Genotype
0.79 n.s	18.90**	22.15**	0.051**	9	ژنوتیپ × محیط Genotype × environment
0.40	2.43	2.17	0.0067	36	خطا Error
15.84	4.86	5.08	7.28	-	ضریب تغییرات(%) C.V.

n.s، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

*, **: significant at the 5 and 1% levels of probability, respectively

جدول ٤- مقایسات میانگین بین ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون تنش

Table 4 – Mean Comparison of genotypes in non-stress and stress condition

عملکرد دانه (تن) Grain yield (ton)	حداکثر وزن خشک دانه (میلی‌گرم) Maximum of grain weight (mg)	سرعت پر شدن دانه (میلی‌گرم / روز) Grain filling rate (mg/day)	دوره مؤثر پرشدن دانه (روز) Effective grain filling period (day)	ژنوتیپ Genotype	محیط Environment
	صفات Traits				
2.85ab	26.62bc	0.97bc	27.63c*	1	دارای تنش Stress
3.83a	27.24bc	0.92cd	29.70bc	2	
3.21ab	23.17d	0.73f	31.61ab	3	
3.69a	25.23cd	0.81def	31.29ab	4	
2.20b	28.39b	0.89cd	32.09ab	5	
3.73a	25.19cd	0.75ef	33.78a	6	
3.22ab	25.43bcd	1.29a	19.81d	7	
3.66a	33.00a	1.05b	34.58ab	8	
3.41a	26.17bcd	0.87cde	30.04bc	9	
2.90ab	24.33cd	0.88cde	27.70	10	
3.27b	26.48b	0.91b	29.52a	میانگین Mean	
5.43a	38.55bc	1.34ab	28.72bc	1	بدون تنش No stress
5.40a	35.27de	1.20b	29.82b	2	
4.29ab	38.90bc	1.41a	27.60bc	3	
5.23a	41.80a	1.42a	29.55b	4	
3.70b	41.13ab	1.37ab	30.04b	5	
4.41ab	37.90 cd	1.37ab	27.76bc	6	
5.32a	37.62cd	1.42a	26.55cd	7	
4.26ab	41.72a	1.23b	33.95a	8	
4.29ab	31.26f	1.27ab	24.58d	9	
5.50a	33.41ef	1.27ab	26.30cd	10	
4.78a	37.75a	1.33a	28.49a	میانگین Mean	

*میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر ندارند.

Same letter within each column indicate not-significant difference based on Duncan test at p≤0.05.

عملکرد دانه

نتایج نشان داد که ژنوتیپ شماره ۵ با ۲۹۴۰ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داده است و سایر ژنوتیپ‌ها در هر دو محیط تنش و بدون تنش تقریباً عملکرد یکسانی داشتند.

(جدول ۳). برخی گزارش نمودند که در رابطه با نقش سرعت پرشدن دانه در عملکرد باید به تغییرات ژنتیکی توجه شود زیرا فاکتورهای ژنتیکی بخش زیادی از سرعت رشد دانه را تعیین می‌نماید (Austin et al., 1977). درحالی‌که عوامل محیطی از درجه دوم اهمیت

برخوردارند. میانگین کل عملکرد دانه ژنوتیپ‌هـای تحـت بررسـی در این آزمایش برای محیط بدون تنش برابر ۴۷۸۰ کیلوگرم در هکتـار و برای محیط دارای تنش ۳۲۷۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۴). ایـن امر نشان می‌دهد که میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط دارای تنش کمتر از شرایط بدون تنش است و خشکی بعد از گرده‌افشـانی موجـب کاهش شدید عملکرد گردیده است. همانطوری که ملاحظه می‌شـود، تنش خشکی عملکرد دانه را به طور متوسط به مقدار ۱۵۱۰ کیلـوگرم در هکتار کاهش داده است. نتایج مشابهی توسط برخی محققین ارائـه شده اسـت (Ebrahimie Molabashi, 1996; Radmehr, 1996). علت کاهش عملکرد دانه در تـنش خشـکی قبـل از گـرده‌افشـانی را می‌توان به پایین آمـدن تعـداد سـنبله در متـر مربـع مـرتبط دانسـت (Radmehr, 1996). تحقیقات مؤید آن است که به منظـور دسـتیابی به عملکرد مطلوب در زراعت گندم، ضروری است که آب مورد نیاز در مرحله گرده افشانی تأمین شود.

همبستگی بین عملکرد با سرعت و دوره مؤثر پرشدن دانه

نتایج ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌هـای مختلف گندم مورد آزمایش در دو محیط تنش و بدون تنش نشان داد که بین سرعت و دوره پر شدن دانـه همبسـتگی منفـی و معنـی‌داری ($r = -0/832^{**}$) وجود دارد (جـدول ۵). همبسـتگی منفـی سـرعت و مدت پر شدن دانه به دلیل روش محاسبه دوره پر شـدن دانـه کـه از تقسیم وزن نهایی بر سرعت رشد دانه برآورد می‌شود، قابل انتظار بود. نتایج این تحقیق با یافته‌هـای نـادری و همکـاران (Naderi et al., 1999)، سـافیلد و همکـاران (Sufield et al., 1997) و اسـپیرتز و ووس (Spierts & Vos, 1985) مطابقت دارد. در ایـن رابطـه اگلـی (Egli, 1999) چنین بیان می‌کند که کاهش دوره پر شدن دانه همراه با افزایش سرعت پرشدن دانه در شرایط تنش رطوبتی می‌توانـد یـک پدیده جبرانی در گیاهان زراعی و عاملی مهـم در ثابـت نگـه داشـتن عملکرد در شرایط تنش نسبت به شرایط بدون تنش باشد.

سرعت پر شـدن دانـه در محـیط دارای تـنش و بـدون تـنش بـا عملکرد در محیط تنش همبسـتگی منفـی و غیـر معنـی‌دار داشـت و همبستگی بین عملکرد در شرایط بدون تنش و سرعت پر شدن دانـه در محیط تنش مثبت غیرمعنی‌دار بـود. همبسـتگی غیرمعنـی‌دار بـین سرعت پر شدن دانه و عملکـرد دانـه توسـط حسـین‌پـور و همکـاران (Hoseinpour et al., 2006) نیز گزارش شده است.

جدول ۳- مقایسات میانگین ژنوتیپ های گندم از لحاظ صفات مورد بررسی تحت شرایط بدون تنش و تنش خشکی آخر فصل

Table 3 - Mean comparison of traits in wheat genotypes under non-stress and terminal drought stress

عملکرد دانه (تن) Grain yield (ton)	حداکثر وزن خشک دانه (میلی گرم) Maximum of grain weight (mg)	سرعت مؤثر پرشدن دانه (میلی گرم/ روز) Effective grain filling period (mg/day)	طول دوره پرشدن دانه (روز) Grain filling period (day)	ژنوتیپ Genotype
14.14a	32.58 cd	1.15b	28.17cd	1
4.61a	31.25d	1.05b	29.75bc	2
3.74a	31.03d	1.07b	29.60bc	3
4.46a	33.51 bc	1.11b	30.41b	4
2.94b	b 34.76	1.12b	31.06ab	5
4.06a	31.54d	1.05b	30.77b	6
4.27a	31.52d	1.35a	23.18e	7
3.95a	37.36a	1.13b	32.76a	8
3.84a	28.71e	1.07b	27.31d	9
4.19a	28.86e	1.07b	27d	10

*میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر ندارند.

Same letter within each column indicate not-significant difference based on Duncan test at $p \leq 0.05$.

مشاهده رابطه منفی بین سرعت پر شدن دانه و عملکرد می‌توانـد به دلیل تأثیر زیاد تنش خشکی بر کاهش عملکرد باشـد و نمـی‌تـوان ادعا نمود که افزایش سرعت پر شدن دانه موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود.

جدول ۵- همبستگی بین شاخص های تحمل خشکی با عملکرد دانه و عوامل مؤثر در پر شدن دانه در شرایط تنش و بدون تنش

Table 5- Correlation between drought stress tolerance indices with seed yield and effective factors in seed filling in non-stress and stress condition

	عملکرد بدون تنش Grain yield (no stress)	عملکرد در محیط تنش Grain yield (stress)	سرعت پرشدن در محیط دارای تنش Grain filling period (stress)	حداکثر وزن خشک دانه در محیط تنش Maximum of grain weight (stress)	طول مؤثر پرشدن دانه در محیط تنش Effective grain filling period (stress)	سرعت پرشدن در محیط بدون تنش Grain filling period (no stress)	حداکثر وزن خشک دانه در محیط بدون تنش Maximum of grain weight (no stress)	طول مؤثر پرشدن دانه در محیط بدون تنش Effective grain filling period (no stress)
عملکرد بدون تنش Grain yield (no stress)	1							
عملکرد در محیط تنش Grain yield (stress)	0.241	1						
سرعت پرشدن در محیط دارای تنش Grain filling period (stress)	0.307	-0.076	1					
حداکثر وزن خشک دانه در محیط تنش Maximum of grain weight (stress)	-0.332	0.058	0.374	1				
طول مؤثر پرشدن دانه در محیط تنش Effective grain filling period (stress)	-0.587	0.150	-0.832**	0.183	1			
سرعت پرشدن در محیط بدون تنش Grain filling period (no stress)	-0.09	-0.281	-0.064	-0.529	-0.155	1		
حداکثر وزن خشک دانه در محیط بدون تنش Maximum of grain weight (no stress)	-0.265	-0.084	0.038	0.381	0.247	0.442	1	
طول مؤثر پرشدن دانه در محیط بدون تنش Effective grain filling period (no stress)	-0.201	0.137	0.107	0.790**	0.358	-0.255	0.753**	1

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

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

چون در شرایط تنش که سرعت پرشدن افزایش یافته، مدت پر شدن به شدت کاهش پیدا نموده است. در نتیجه در نتایج همبستگی رابطه بین سرعت پر شدن دانه‌ها و عملکرد منفی ظاهر می‌شود. بنابراین می‌توان گفت، اگر چه در شرایط بهینه سرعت پرشدن دانه با طول دوره پرشدن دانه طولانی‌تر ممکن است از نظر تئوری برآیند مطلوب‌تری داشته باشد، اما با توجه به اهداف برنامه‌های بەنژادی و گزینش ارقام زودرس و متحمل به تنش‌های محیطی، سرعت بیشتر پرشدن دانه با توجه به شرایط محیطی مناطق خشک و نیمه خشک یک مزیت تلقی می‌گردد. افزایش سرعت پرشدن دانه می‌تواند کاهش وزن دانه را در شرایط دشوار که عمدتاً از طریق کوتاه شدن دوره پر شدن دانه حادث می‌گردد، جبران نماید. علاوه بر این، از آنجا که سرعت پرشدن دانه در اکثر موارد از ثبات ژنتیکی بیشتری برخوردار می‌باشد (Kafi et al., 2001) بنابراین، استفاده از این ویژگی در برنامه‌های اصلاحی قابل اعتمادتر است.

بررسی همبستگی صفات نشان داد که بین عملکرد دانه در شرایط تنش با دوره پر شدن دانه همبستگی مثبت و غیر معنی‌دار وجود دارد. این نتیجه با تحقیقات بسیاری از محققان مطابقت داشت (Hoseipour et al., 2006; Ahmadi et al., 2005; Barma et al., 1992). در شرایط تنش خشکی بعد از گرده‌افشانی که معمولاً در مناطقی با اقلیم نیمه خشک اتفاق می‌افتد، به علت کاهش شدید فتوسنتز جاری گیاه، انباشت مواد حاصل از این فرآیند در دانه محدود می‌گردد (Johnson et al., 1981). در چنین شرایطی ممکن است طول دوره انباشت مواد کاهش یابد. در شرایطی که به دلیل کاهش فتوسنتز جاری در اثر فشار عامل محیطی سرعت و مقدار ماده خشک انباشته شده در دانه از فرآیند مذکور نقصان یابد، سایر فرآیندهای جبران‌کننده کمبود فتوسنتز جاری یعنی حرکت و انتقال مجدد مواد از اندام‌های رویشی به دانه، تحریک شده و تا حدودی کاهش وزن دانه جبران می‌گردد (Gent, 1994). در هر صورت سرعت انباشت مواد و دوره پر شدن دانه تعیین‌کننده وزن نهایی دانه به عنوان یکی از اجزاء عملکرد گندم بوده و هر دو مولفه تحت تأثیر ژنوتیپ و محیط قرار می‌گیرند (Brule-Bable, 1994& Duguid,).

منابع

Ahmadi, A., Saeidi, M., and Jahansoz, M. 2005. Distribution patterns of photosynthesis and grain filling in bread wheat genotypes under stress and non-stress. Journal of Agriculture and Natural Resources 36(6): 1333-1343.

Austin, R.B., Ford, M.A., Edrich, J.A., and Blackwell, R.D. 1977. The nitrogen economy of winter wheat. Journal of Agriculture science 88: 159-167.

Barma, N.C.D., Amin, M.R., and Sarkar, Z.T. 1992. Variability and association of grain yield with vegetative and grain filling period in spring wheat. Annuals of Bangladesh Agriculture 2: 1063-66.

Blum, A. 2005. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential-are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? Australian Journal of Agricultural Researches 56: 1159-1168.

Brdar, M.D., Marija, M., Kraljevic-Balalic and Borislav, D. 2008. The parameters of grain filling and yield components in common wheat (*Triticum aestivum* L.) and durum wheat (*Triticum turgidum* L.Var. Durum.) Central European Journal of Biology 3(1): 75-82.

Bruckner, P.L., and Frohberg, R.C. 1987. Rare and Duration of grain filling in spring wheat. Crop Science 27: 451-455.

Darroch, A.B., and Baker, R.J. 1990. Grain filling in three spring wheat genotypes. Statistical analysis Crop Science 30: 525-529.

Darroch, A.B., and Baker, R.J. 1995.To measures of grain filling in spring wheat. Crop Science 35: 164-167.

Duguid, S.D. and Brule-Bable, A.L. 1994. Rare and duration of grain filling in five spring wheat genotypes. Canadian Journal of Plant Science 74: 681-686.

Ebrahimie Mollabashi, V. 2007. Effect of drought stress after a thesis on dry material mobilization at vegetative parts to seed of promising varieties of winter wheat. MSc Thesis of Agronomy. Islamic Azad university of Mianeh Branch, Tabriz, Iran. (In Persian with English Summary)

Egli, D.B. 1999. Seed Biology and the Yield of Grain Crops, CAB International. UK. Pp. 149

Fanny, A., Julio, I., Dolors, V., Luis, F., Garciadel, M., and Conxita, R. 2008. Breeding effects on grain filling, biomass partitioning, and remobilization in Mediterranean durum wheat. Agronomy Journal 100: 361-370

Gebeyhou, G., Knott, D.R., and Baker, R.J. 1982. Relationships among duration of vegetative and Grain filling phases, yield components and grain yield in durum wheat cultivars. Crop Science 22: 287-290.

Gent, M.P.N. 1994. Photosynthesis reserves during grain filling in winter wheat. Agronomy Journal 86: 159-167.

Gifford, R.M., and Evans, L.T. 1981. Photosynthesis, carbon partitioning and yield. Annual Review in Plant Physiology 32: 485-509.

Hoseinpour, T., Siadat, A., Magani, R., Fathi, G., and Rafiei, M. 2006. Study of rate and duration of grain filling of wheat genotypes under rainfed Koohdasht of Lorestan. Journal of Agriculture and Natural Resources

Johnson, R.C., Witters, R.E., and Ciha, A.J. 1981. Daily patterns of apparent photosynthesis and evapotranspiration in developing winter wheat crop. Agronomy Journal 73: 414-418.

Kheirkhah, M., Honarnejad, R., Esfahani, M., and Golipour, M. 2004. Relationships between rate and duration of grain filling and yield, and yield components of different rice cultivars at three sowing dates. Research Journal of Agricultural Science 1(2): 36-40.

Khezrie-afravi, M., Hoseinzadeh, A., Mohamadi, V., and Ahmadi, A. 2010. Assessment of drought resistance in Iran durum wheat landraces under water stress conditions and natural irrigation. Journal of Crop Science 41(4): 741-753.

Mahfoozi, S., Roustaii, M., Jasemi, S.H., Ketata, H., and David Flower, B. 2001. Breeding for increasing wheat yield in the cold dryland regions of Iran. Proceedings of the 4th International Crop Science Congress Brisbane, Australia 26 Sep- 1 Oct.

Mc Caig, T.N., and Clark, J.M. 1982. Seasonal changes in nonstructural carbohydrate in semiarid environment. Crop Science 22: 963-970.

Moradi, M., Motamedi, M. 2010. The rate and duration of grain filling in wheat cultivars. Iranian Journal of Crop Science , 4: 37-43.

Naderi, A., Hashemie-dezfoli, A., Majidie-havan, A., Rezaei, A., and Normohamadi, G. 2000. Study of Correlation that influence of some physiological parameters influencing grain weight and grain yield of spring wheat genotypes at optimum conditions and drought stress. Iranian Journal of Crop Science 16(3): 374-386.

Paknejad, F., Mjid, E., Nourmohamadi, G., and Vazan, S. 2007. Evaluation of drought stress on effective traits at accumulative assimilate of grain in different cultivars of wheat. Journal of Agricultural Science, Islamic Azad University 13(1): 1-12. (In Persian with English Summary)

Sanjari Pireivatlou A., Aliyev, R.T., and Sorkhi Lalehloo, B. 2011. Grain filling rate and duration in bread wheat under irrigation and drought stressed conditions. Journal of Plant Physiology and Breeding 1(1): 69-86.

Savin, R., and Nicolas, M.E., 1996. Effects of short periods of drought and high temperature on grain growth and starch accumulation of two malting barley cultivars. Australian Journal of Plant Physiology 23:201-210

Simane, B.J., Peacock, M., and Struik, P.C. 1993. Differences in developmental plasticity and growth rate among drought resistant and susceptible cultivars of durum wheat. Plant and Soil 157: 155 -166

Spierts, J.H.J., and Vos, J. 1985. Grain growth of wheat and its limitation by carbohydrate and nitrogen supply, p. 129-141 in: w. Day and R. K. Atkin (ed) 129-141. Spring.de/link/service/journals/422/bibs/8113002/81130162.html.

Sufield, I.I., Evans, T., Cook, M.G, and Wardlaw, I.F. 1997. Factors influencing the rate and duration of grain filling in wheat. Australian Journal of Plant Physiology 4: 785-787.

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 3, Fall 2014, p. 571-581

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 3، پاییز 1393، ص. 581-571

ارزیابی شاخص‌های رقابتی و اقتصادی کشت مخلوط کلزا (*Brassica napus* L.) و نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) تحت مقادیر مختلف کود نیتروژن

سیف‌اله فلاح[1*]، سوسن بهارلویی[2] و علی عباسی سورکی[3]

تاریخ دریافت: 1392/04/29
تاریخ پذیرش: 1392/09/01

چکیده

این آزمایش به منظور ارزیابی شاخص‌های رقابتی و اقتصادی کشت مخلوط کلزا (*Brassica napus* L.) و نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) تحت مقادیر مختلف کود نیتروژن بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد در سال زراعی 91-1390 اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل کشت مخلوط کلزا و نخودفرنگی با نسبت 2:1، 1:1 و 1:2 و تک کشتی هر یک از دو گیاه به عنوان عامل اول و میزان مصرف نیتروژن (100، 75 و 50 درصد نیاز کودی هر یک از دو گیاه) به عنوان عامل دوم بودند. شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط شامل نسبت برابری زمین (LER)، ضریب ازدحام نسبی (K)، شاخص تولید سیستم (SPI)، کاهش یا افزایش عملکرد واقعی (AYL)، نسبت رقابت (CR) و شاخص‌های اقتصادی شامل مزیت پولی (MAI)، و سودمندی کشت مخلوط (IA) محاسبه شدند. نتایج نشان داد که تقریباً همه شاخص‌های رقابتی و اقتصادی در سطح کودی 50% بیشترین میزان را به خود اختصاص دادند. مقادیر شاخص‌های AYL_t و SPI و شاخص‌های اقتصادی MAI و IA برای همه نسبت‌های مخلوط مثبت شد و LER و K_t نیز برای همه نسبت‌های مخلوط بیشتر از یک به‌دست آمد که نشان دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به تک کشتی هر یک از دو گیاه بود. مثبت بودن مقادیر شاخص غالبیت و بزرگ‌تر از یک بودن مقادیر نسبت رقابت برای گیاه کلزا، بیانگر برتری رقابتی کلزا نسبت به نخودفرنگی یا استفاده بهتر این محصول از نهاده‌ها در کشت مخلوط بوده است. بنابراین، ارزیابی شاخص‌های رقابتی و اقتصادی به خوبی مزیت کشت مخلوط کلزا با نخود فرنگی در شرایط کاهش مصرف نهاده نیتروژن را تشریح می‌نماید.

واژه‌های کلیدی: شاخص تولید بوم‌نظام، ضریب ازدحام نسبی، غالبیت، مزیت پولی، نسبت برابری زمین

مقدمه

در سال‌های اخیر با روشن‌تر شدن مشکلات کشاورزی تک‌کشتی از جمله آلودگی آب‌ها، خاک و همچنین کاهش توان تولید زمین‌های زراعی، توجه محققین بیش از پیش به حفظ ثبات و باروری نظام‌های تولید کشاورزی معطوف شده است (Bedoussac et al., 2010). یکی از راهکارهای افزایش ثبات، ایجاد تنوع از طریق به‌کارگیری نظام‌های چندکشتی است. در این رابطه، از کشت مخلوط به دلیل قابلیت کاهش معضل آفات و علف‌های هرز، به عنوان ابزاری سودمند جهت افزایش عملکرد یک یا تمام گونه‌های همراه (Kenny & Chapman, 1988; Bauman et al., 2000; Hatcher & Melander, 2003) و ارتقاء بهره‌برداری از منابع زیست‌محیطی موجود، در مقایسه با بوم‌نظام‌های زراعی تک‌کشتی یاد شده است (Arnon, 1992; Park et al., 2002).

در بوم‌نظام کشت مخلوط، هر دو جمعیت گیاهی برای بهره‌برداری از منابع یکسان یا مشابه رقابت دارند. در این خصوص مفاهیم ریاضی می‌توانند به محققان در خلاصه‌بندی، تفسیر و تشریح نتایج رقابت‌های گیاهی کمک کنند. این مفاهیم می‌توانند جوانب مختلف رقابت در جوامع گیاهی، از قبیل شدت رقابتی، تأثیرات رقابتی و بازده رقابت را تفسیر کنند؛ همچنین می‌توانند برای تفسیر اطلاعات پیچیده به محقق کمک کنند و امکان مقایسه نتایج تحقیقات مختلف را فراهم سازند (Litourgidis et al., 2011).

در اغلب موارد متداول‌ترین شاخص برای تفسیر مزایای کشت

1، 2 و 3- به ترتیب دانشیار اگرواکولوژی، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار اکولوژی گیاهان زراعی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
(*- نویسنده مسئول: Email: Falah1357@yahoo.com)

مخلوط نسبت برابری زمین[1] (LER) است که مبین مقدار زمین مورد نیاز برای رشد محصول مورد نظر در تک کشتی می‌باشد تا عملکردی مشابه کشت مخلوط داشته باشد. زمانی که تراکم بوته در کشت خالص و کشت مخلوط برابر است، مقدار نسبت برابری زمین از لحاظ عددی برابر با عملکرد نسبی کل می‌باشد و امکان بررسی دقیق‌تر کارایی نظام کشت مخلوط را در مقایسه با تک‌کشتی فراهم می‌آورد (Anthony et al., 2006). برخی محققین عملکرد زیست‌توده و توانایی تثبیت نیتروژن نخود سبز (*Pisum sativum* L.) و شبدر قرمز (*Trifolium pretense* L.) را به صورت تک کشتی و مخلوط با چاودار (*Secale cereal* L.) به مدت پنج سال مورد آزمایش قرار دادند. در این بررسی LER مخلوط نخود سبز و چاودار 1/2 و LER مخلوط شبدر قرمز و چاودار 1/3 به‌دست آمد. آنان مشاهده کردند، زیست‌توده و عملکرد در کشت مخلوط بیشتر بود؛ همچنین میزان نیتروژن در زمان رشد کامل برای نخود سبز و شبدر قرمز به ترتیب 242 و 178 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ازای زیست‌توده موجود به‌دست آمد (Karpenstein & Stuelpnagel, 2000).

نسبت رقابت[2] (CR) نیز بیانگر میزان تفاوت ماده خشک هر گونه، هنگامی که به‌صورت مخلوط کشت شده در مقایسه با کشت خالص آن می‌باشد و با استفاده از سهم نسبی آنها در حالت مخلوط تصحیح می‌گردد. به این ترتیب می‌توان سطح رقابت را تعیین نمود (Mead & Willey, 1980). همچنین ضریب ازدحام نسبی[3] (K) برای ارزیابی تأثیرات رقابت استفاده می‌شود. هازور و همکاران (Hazor et al., 2009) در بررسی کشت مخلوط گیاه جو (*Hourdeum vulgare* L.) با گیاه عدس (*Lend culinaris* Medic.)، کلزا (*Brassica napus* L.)، کتان (*Linum usitatissimum* L.)، شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) و نخود (*Cicer arietinum* L.) نشان دادند که در بین گیاهان مخلوط شده گیاه کلزا، بیشترین میزان غالبیت (0/43)، ضریب ازدحام نسبی (7/83) و نسبت رقابت (3/29) را به خود اختصاص داد و به خوبی با جو رقابت کرد، در حالی که در سایر تیمارها جو غالب بود. از دیگر شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط می‌توان به شاخص‌های اقتصادی اشاره نمود که در آنها مزایای پولی سیستم کشت مخلوط سنجیده می‌شود (Litourgidis et al., 2011).

کلزا یکی از گیاهان روغنی مهم کشور است که سطح زیر کشت آن رو به افزایش است به طوری که سطح زیر کشت آن از 135 هکتار در سال 1373 به 1800 هکتار در سال زراعی 91-1390 رسیده است (Statistical data of Jahad Keshavarzi Ministry, 2013). از آنجا که کمبود نیتروژن قابل دسترس از عوامل مهم محدودکننده عملکرد کلزا می‌باشد و تأمین نیاز نیتروژنی این محصول از منبع کودهای شیمیایی نیتروژن، آلودگی‌های زیست‌محیطی را به همراه دارد (Ratkhe et al., 2006)، استفاده از دیگر راهکارها از جمله کشت مخلوط آن با گیاهان تثبیت‌کننده نیتروژن می‌تواند در کاهش نیاز به نیتروژن شیمیایی بسیار مؤثر باشد (Soon et al., 2004)، اما تحت این شرایط وضعیت رقابتی دو گونه نامشخص است. بنابراین، در تحقیق حاضر مزیت کشت مخلوط کلزا- نخودفرنگی تحت مقادیر مختلف کود نیتروژن، بر اساس شاخص‌های رقابتی و اقتصادی مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت فاکتوریل، در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد با عرض جغرافیایی 33 درجه و 21 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 50 درجه و 49 دقیقه شرقی و ارتفاع 2116 متر از سطح دریا در سال زراعی 91-1390 اجرا شد. تیمارهای کشت مخلوط کلزا و نخودفرنگی با نسبت 2:1، 1:1 و 1:2 و تک کشتی هر یک از دو گیاه به عنوان عامل اول و میزان مصرف نیتروژن (100%، 75% و 50% نیاز) برای دو گونه نخود فرنگی و کلزا به عنوان عامل دوم بودند. بر اساس آزمون خاک، نیتروژن مورد نیاز برای کلزا و نخود فرنگی، به ترتیب 150 و 80 کیلوگرم در هکتار از منبع اوره در نظر گرفته شد، که یک سوم نیتروژن همزمان با کاشت در شیارهایی روی خطوط کاشت، و یک سوم، در مرحله ساقه رفتن و یک سوم باقیمانده قبل از گلدهی، به صورت سرک به خاک اضافه شد. هر کرت شامل شش خط کاشت به فاصله 40 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. نخود فرنگی نیمه اول مهر و کلزا نیمه دوم اسفند با تراکم بالا کشت شد. سه هفته بعد از کاشت بوته‌های کلزا و نخود فرنگی تنک شد تا فاصله روی ردیف دو و هفت سانتی‌متر به ترتیب برای کلزا و نخود فرنگی بدست آید (Shojaie Ghaddykaie, 2010). وجین علف‌های هرز دو هفته بعد از کاشت هر گونه با دست انجام شد و در طول رشد گیاه تا بسته شدن پوشش

1- Land equivalent ratio
2- Competition ratio
3- Relative crowding coefficient

گیاهی ادامه یافت.

برداشت هر دو گیاه به طور هم‌زمان و در اواسط تیرماه انجام گرفت. با حذف اثر حاشیه‌ای از هر کرت آزمایشی، گیاهان برداشت و دانه‌ها جدا شدند. سپس نمونه‌هایی از عملکرد هر کرت تا رسیدن به وزن ثابت، در دمای 75 درجه سانتی‌گراد آون خشک گردیدند و عملکرد دانه بر اساس رطوبت 14% محاسبه شد.

برای ارزیابی کارایی و سودمندی کشت مخلوط از معیارهای نسبت برابری زمین (Mead & Willey, 1980)، ضریب ازدحام نسبی (Ghosh, 2004)، غالبیت (Agegnehu et al., 2006)، نسبت رقابت (Dhima et al., 2007)، شاخص تولید سیستم[1] (Agegnehu et al., 2006)، عملکرد از دست رفته واقعی[2] (Banik et al., 2000) و سودمندی کشت مخلوط[3] از معادلات (1) تا (16) استفاده شد (Banik et al., 2000; Ghosh, 2004).

که در این معادلات، Y_{Ci}: عملکرد دانه کلزا در شرایط کشت مخلوط با نخود فرنگی، Y_C: عملکرد کلزا در شرایط تک‌کشتی، Y_{Pi}: عملکرد دانه نخود فرنگی در شرایط کشت مخلوط با کلزا، Y_P: عملکرد نخود فرنگی در شرایط تک‌کشتی، Z_{ci}: فراوانی گونه کلزا در کشت مخلوط با نخود فرنگی، Z_{pi}: فراوانی گونه نخود فرنگی در کشت مخلوط با کلزا، P_p: قیمت هر کیلوگرم نخود فرنگی = 30000 ریال و P_c: قیمت هر کیلوگرم کلزا =60000 ریال می‌باشد.

داده‌های حاصل از آزمایش و میانگین شاخص‌های اندازه‌گیری شده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (V.9) مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند. اثرات متقابل معنی‌دار تیمارهای آزمایشی نیز توسط نرم-افزار MSTAT-C مقایسه شدند. مقایسه میانگین تیمارها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

همان‌طور که در جدول 1 مشاهده می‌شود، عملکرد نسبی نخود فرنگی، کلزا و LER مجموع دو گیاه به طور معنی‌داری تحت تأثیر کود نیتروژن و نسبت مخلوط قرار گرفت، ولی اثر متقابل این دو عامل آزمایشی فقط برای عملکرد نسبی نخود فرنگی معنی‌دار بود. با توجه به شکل 1 نسبت

معادله (1) نسبت برابری زمین مجموع	$LER = LER_C + LER_P$
معادله (2) عملکرد نسبی یا نسبت برابری زمین کلزا	$LER_C = Y_{Ci}/Y_C$
معادله (3) عملکرد نسبی یا نسبت برابری زمین نخود فرنگی	$LER_P = Y_{Pi}/Y_P$
معادله (4) نسبت رقابت کلزا	$CR_C = (LER_C/LER_P)\times(Z_{Pi}/Z_{Ci})$
معادله (5) نسبت رقابت نخود فرنگی	$CR_P = (LER_P/LER_C)\times(Z_{Ci}/Z_{Pi})$
معادله (6) ضریب ازدحام نسبی	$K = K_p K_c$
معادله (7) ضریب ازدحام نسبی کلزا	$K_c = Y_{ci}Z_{pi}/(Y_c - Y_{ci})\times Z_{ci}$
معادله (8) ضریب ازدحام نسبی نخود فرنگی	$K_P = Y_{pi}Z_{ci}/(Y_p - Y_{pi})\times Z_{pi}$
معادله (9) شاخص تولید بوم نظام	$SPI = (Y_P/Y_C)\, Y_{Ci} + Y_{Pi}$
معادله (10) عملکرد ازدست رفته واقعی مجموع	$AYL = AYL_P + AYL_C$
معادله (11) عملکرد ازدست رفته واقعی کلزا	$AYL_C = \{[(Y_{Ci}/Z_{Ci}) \div (Y_C/Z_C)] -1\}$
معادله (12) عملکرد ازدست رفته واقعی نخود فرنگی	$AYL_P = \{[(Y_{Pi}/Z_{Pi}) \div (Y_P/Z_P)] -1\}$
معادله (13) سودمندی کشت مخلوط مجموع	$IA = IA_C + IA_P$
معادله (14) سودمندی کلزا در کشت مخلوط	$IA_C = AYL_C P_C$
معادله (15) سودمندی نخود فرنگی در کشت مخلوط	$IA_P = AYL_P P_P$
معادله (16) شاخص مزیت پولی[4]	$MAI = \text{Value of combined intercrops} \times (LER-1/LER)$

1- System productivity index
2- Actual yield loss
3- Intercropping advantage
4- Monetary advantage index

برابری زمین در تمامی نسبت‌های مخلوط تحت سطوح 50% و 75% نیاز کودی و نسبت مخلوط کلزا-نخودفرنگی (1:2) با تأمین 100% نیاز کودی نسبت به تک‌کشتی هر یک افزایش داشت (LER>1)، به طوری‌که بیشترین نسبت برابری زمین در نسبت مخلوط کلزا-نخودفرنگی (2:1) با سطح کودی 50% نیاز گیاه به میزان 1/17 به‌دست آمد. افزایش LER مخلوط نسبت به تک‌کشتی توسط محققین زیادی گزارش شده است (Litourgidis et al., 2011; Bedoussac et al., 2010; Jahani et al., 2008).

بررسی عملکرد نسبی دو محصول (شکل 1) حاکی است که در تمام نسبت‌های مخلوط در سطح کودی 50 و 75% نیاز، نسبت برابری زمین برای کلزا افزایش نشان داد. این بدین معنی است که گیاه کلزا از مزایای کشت مخلوط به نحو مطلوبی استفاده کرده و این در حالی است که گیاه همراه با کلزا نیز با مقدار کمی نوسان دارای عملکردی تقریباً برابر با تک‌کشتی است. یعنی کشت مخلوط علاوه بر اینکه عملکرد کلزا را افزایش داده است، از عملکرد معمول نخود فرنگی نسبت به تک کشتی نکاسته و همین برتری نسبی برای توصیه مخلوط این دو گیاه در شرایط کمبود نیتروژن کافی است. ضمن اینکه اگر به نمودار LER کل توجه شود (شکل 1)، بالاتر بودن عملکرد کل نسبت به تک‌کشتی بیانگر همین نکته است. با توجه به شکل 1 میزان LER کلزا حتی در شرایط کاهش مصرف نیتروژن به میزان 50 و 25% نسبت به 100% کاربرد نیتروژن حفظ شده است.

در استفاده از نیتروژن، بالاتر علاوه بر اینکه عملکرد کلزا افزایش محسوسی نداشت، حتی در برخی نسبت‌های مخلوط دارای کاهش نسبی بود (شکل 1). نخود فرنگی نیز بخصوص در تراکم‌های (نسبت) بالاتر، کاهش شدیدتری نشان داد که ممکن است مربوط به مصرف بیش از حد نیتروژن به ویژه در اوایل رشد، افزایش رشد رویشی و احتمالاً گستردگی گیاه روی زمین و حالتی شبیه ورس در غلات باشد که متعاقباً عملکرد نخود فرنگی و نیز کلزا را در مراحل بعدی نسبت به تیمارهای استفاده از نیتروژن کم کاهش می‌دهد و لذا مزیت نسبی کشت مخلوط در این حالت پایین می‌آید. این امر ممکن است مرتبط با کاهش کارایی تثبیت نیتروژن نخود فرنگی و تنبل شدن گرهک‌ها در نیتروژن بالا هم باشد که احتمالاً پتانسیل بعدی گیاه را در تثبیت نیتروژن برای خود یا گیاه همراه تحت تأثیر قرار می‌دهد (Hauggard et al., 2003).

ضریب ازدحام نسبی نخود فرنگی (K_p)، ضریب ازدحام نسبی کلزا (K_c) و ضریب ازدحام نسبی کل (K_t)، تحت تأثیر میزان کود نیتروژن و نسبت مخلوط قرار گرفت ولی اثر متقابل آنها فقط برای نخود فرنگی معنی‌دار شد (جدول 2). میانگین بیشترین ضریب تراکم نسبی جزء کلزا، جزء نخود فرنگی و کل برای میزان کود 50% به ترتیب به میزان 1/95، 1/03 و 1/89 بود و با افزایش میزان کود نیتروژن این شاخص ابتدا کاهش غیرمعنی‌داری نشان داد، ولی در 100% نیاز کودی بطور معنی‌داری کاهش یافت (جدول 3).

جدول 1- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) نسبت برابری زمین کلزا و نخودفرنگی در تیمارهای کشت مخلوط و مقادیر نیتروژن

Table 1- Analysis of variance (mean square) for land equivalent ratio of canola and pea under intercropping treatments and nitrogen rates

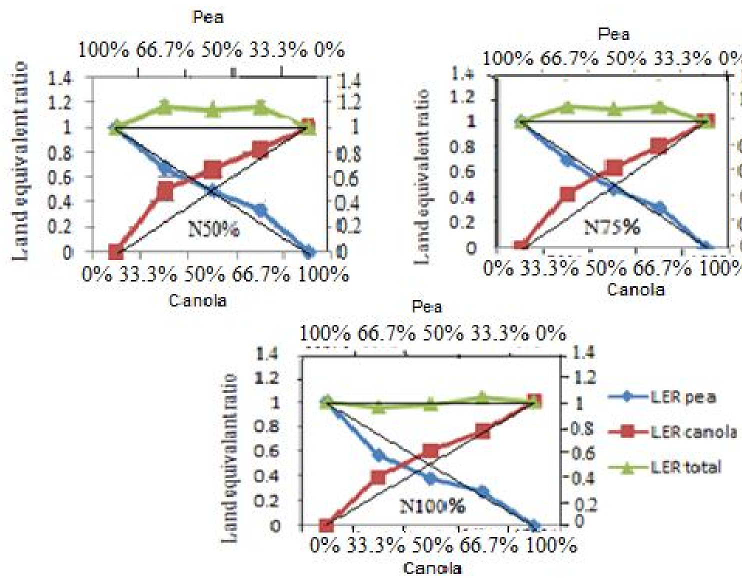
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	نسبت برابری زمین نخودفرنگی Land equivalent ratio of pea	نسبت برابری زمین کلزا Land equivalent ratio of canola	نسبت برابری زمین مجموع Total land equivalent ratio
		LERp	LERc	LERt
تکرار Replication	2	0.001^{ns}	0.003^{ns}	0.008^{ns}
سطح نیتروژن (N) Nitrogen level (N)	2	0.014**	0.008*	0.04**
نسبت مخلوط (I) Intercropping ratio (I)	4	1.26**	1.31**	0.02**
N × I	8	0.003**	0.002^{ns}	0.007^{ns}
خطا Error	28	0.0008	0.002	0.005

ns، * و **: به ترتیب نشانگر غیر معنی‌دار بودن، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

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

LERp، LERc و LERt به ترتیب بیانگر نسبت برابری زمین نخودفرنگی، نسبت برابری زمین کلزا و نسبت برابری زمین کل می‌باشند.

LERp, LERc, and LERt are represented the land equivalent ratio of pea and canola and both crops, respectively.



شکل 1- نسبت برابری زمین کشت مخلوط کلزا- نخود فرنگی در سطوح مختلف نیتروژن

Fig. 1- Land equivalent ratio of canola-pea intercropping in different levels of nitrogen

LERp، LERc و LERt: به ترتیب بیانگر نسبت برابری زمین برای نخود فرنگی، کلزا و مجموع دو گیاه می‌باشند. N50%، N75% و N100%: به ترتیب بیانگر میزان 50%، 75% و 100% نیاز کود نیتروژن برای کلزا و نخود فرنگی می‌باشند.

LERp, LERc and LERt: are represented the land Equivalent ratio for pea, canola and the sum of two plants, respectively. N50%, N75% and N100% are represented 50%, 75% and 100% of the nitrogen fertilizer requirement for canola and pea, respectively.

موسویان و همکاران (Mousavian et al., 2010) نیز بیشترین ضریب تراکم نسبی برای کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) را در سطوح کود کمتر به‌دست آوردند.

جدول 2- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ضریب تراکم نسبی کلزا و نخود فرنگی تحت نسبت‌های کشت مخلوط و مقادیر نیتروژن

Table 2- Analysis of variance (mean square) for relative crowding coefficient of canola and pea under intercropping ratios and nitrogen rates

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی جزء Partial df	درجه آزادی کل Total df	ضریب نسبی تراکم نخودفرنگی Relative crowding coefficient of pea Kp	ضریب نسبی تراکم کلزا Relative crowding coefficient of canola Kc	ضریب نسبی تراکم مجموع Total relative crowding coefficient Kt
تکرار Replication	2	2	0.04 ns	0.93*	1.87 ns
(N) سطح نیتروژن Nitrogen level (N)	2	2	0.24**	1.07*	2.82**
(I) نسبت مخلوط Intercropping ratio (I)	3	4	0.05*	1.94**	1.85*
N × I	6	8	0.04 ns	0.19 ns	0.58 ns
خطای آزمایشی Error	22	28	0.02	0.36	0.59

ns، * و **: به ترتیب نشانگر غیر معنی‌دار بودن، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

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

Kp، Kc و Kt به ترتیب بیانگر ضریب تراکم نسبی نخودفرنگی، ضریب تراکم نسبی کلزا و ضریب تراکم نسبی کل می‌باشند.

Kp, Kc, and Kt: are represented the relative crowding coefficient of pea and canola and both crops, respectively.

جدول 3- مقایسه میانگین ضریب تراکم نسبی کلزا، نخودفرنگی و مجموع دو گیاه، در سطوح مختلف نیتروژن

Table 3- The mean comparison for relative crowding coefficient of canola, pea and sum of two plants in different rates of nitrogen

تیمار Treatment	ضریب تراکم نسبی نخودفرنگی Relative crowding coefficient of pea Kp	ضریب تراکم نسبی کلزا Relative crowding coefficient of canola Kc	ضریب تراکم نسبی کل Total relative crowding coefficient Kt
سطح نیتروژن Nitrogen level			
50% نیاز N50%	1.03a	1.95a	1.89 a
75% نیاز N75%	0.98a	1.53ab	1.40ab
100% نیاز N100%	0.76b	1.37b	1.03b
نسبت مخلوط Intercropping ratio			
نخودفرنگی Pea	1a	-	1b
کلزا Canola	-	1c	1b
نخودفرنگی- کلزا (2:1) Pea-Canola (2:1)	0.96a	1.57ab	1.58ab
نخودفرنگی- کلزا (1:1) Pea-Canola (1:1)	0.61ab	1.79a	1.53ab
نخودفرنگی- کلزا (1:2) Pea-Canola (1:2)	0.82b	2.10a	2.08a

در هر گروه و در هر ستون، میانگین‌های دارای حرف مشترک فاقد تفاوت آماری معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Within each group and each column, means with similar letter, are not significantly different ($p\leq0.05$) based on LSD test.

Kp، Kc، و Kt به ترتیب بیانگر ضریب تراکم نسبی نخودفرنگی، ضریب تراکم نسبی کلزا و ضریب تراکم نسبی کل می‌باشند.

Kp, Kc, and Kt: are represented the relative crowding coefficient of pea and canola and both crops, respectively.

کشت مخلوط، ضریب تراکم نسبی نخود فرنگی را کاهش و میانگین ضریب تراکم نسبی کلزا و کل را نسبت به تک‌کشتی افزایش داد و ضریب نسبی تراکم کل، بیشتر تحت تأثیر ضریب نسبی تراکم کلزا قرار گرفت به طوری که نسبت مخلوط نخود-کلزا (2-1) بیشترین K_t به میزان 2/08 را به خود اختصاص داد (جدول 3). از طرفی، مشاهده شد که میانگین ضریب تراکم نسبی کل در همه نسبت‌های مخلوط نسبت به تک‌کشتی افزایش داشت که این امر بیانگر سودمندی کشت مخلوط این دو گیاه بود (Litourgidis et al., 2011).

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول 4)، نسبت رقابت نخود فرنگی (CRp) برای میزان کود نیتروژن و نسبت مخلوط و همچنین اثر متقابل آنها معنی‌دار بود اما نسبت رقابت کلزا (CRc) تحت تأثیر میزان کود نیتروژن و اثر متقابل میزان کود با نسبت مخلوط قرار گرفت ($p\leq0/01$). میانگین نسبت رقابت در شکل 2 نشان دهنده بالاتر بودن شاخص CR برای مخلوط کلزا نسبت به تک‌کشتی آن است، این در حالی است که این شاخص برای مخلوط نخود فرنگی کمتر از یک شده است. بیشترین نسبت رقابتی برای کلزا و کمترین میزان آن برای نخود فرنگی در نسبت مخلوط نخود-کلزا (1-1) با سطح 100% نیاز کودی به ترتیب به میزان 1/59 و 0/83 حاصل شد (شکل 2). از آنجا که طول دوره رشد، سرعت رشد گیاه، تراکم زراعی، تفاوت در عمق توسعه و تراکم ریشه از عواملی هستند که بر میزان رقابت بین اجزای کشت مخلوط در مصرف عناصر غذایی تأثیر می‌گذارند. بنابراین، کلزا که در مقایسه با لگوم‌ها دارای ارتفاع بیشتر و سیستم ریشه‌ای گسترده‌تر می‌باشد، در جذب برخی از عناصر قدرت رقابتی بیشتری دارد (Eskandar & Ghanbari, 2011). مطالعه انجام شده در رابطه با تولید پایدار رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) و شوید (*Anethum graveolens* L.)، حاکی است که کارآمدترین بوم‌نظام زراعی مورد استفاده، کشت مخلوط با نسبت

بالاتر رازیانه بود که در این بوم‌نظام، مقدار نسبت رقابت محاسبه شده برای شوید به 1/9 رسید (Carruba et al., 2008).

جدول 4- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص‌های رقابتی تحت نسبت‌های کشت مخلوط و مقادیر نیتروژن

Table 4- Analysis of variance (mean square) for competitive indices in intercropping ratio and nitrogen rates

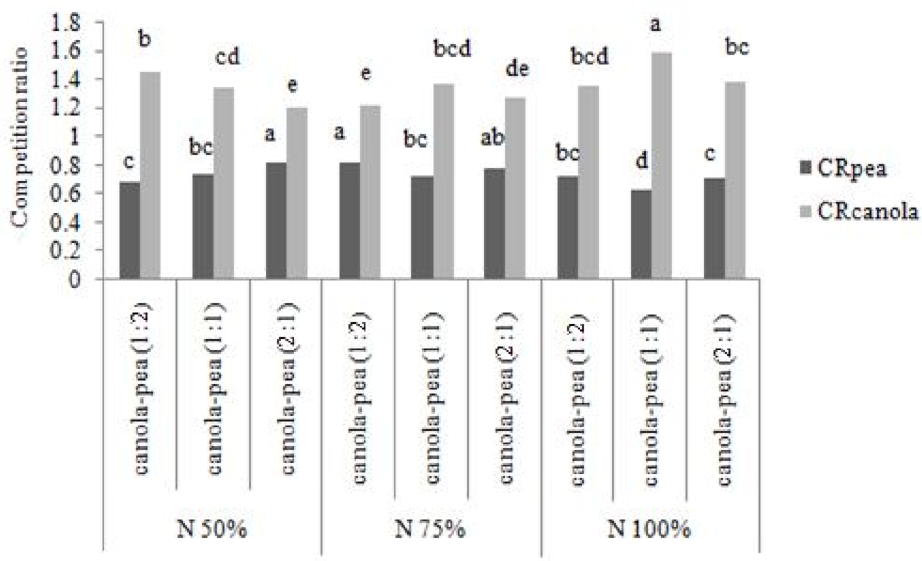
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	نسبت رقابت Competition ratio CR_p	CR_c	شاخص تولید سیستم System production index SPI	عملکرد از دست رفته واقعی Actual yield loss AYL_p	AYL_c	AYL_t
تکرار Replication	2	0.0003^{ns}	0.002^{ns}	170051*	0.01^{ns}	0.08^{ns}	0.11^{ns}
سطح نیتروژن (N) Nitrogen level (N)	2	0.01**	0.05**	130135^{ns}	0.09**	0.25**	0.59**
نسبت مخلوط (I) Intercropping ratio (I)	2	0.01**	0.05**	26790^{ns}	0.01^{ns}	0.02^{ns}	0.06^{ns}
N × I	4	0.008**	0.03**	17338^{ns}	0.002^{ns}	0.04^{ns}	0.05^{ns}
خطای آزمایشی Error	16	0.001	0.003	42435	0.01	0.07	0.09

ns، * و **: به ترتیب نشانگر غیر معنی‌دار بودن، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

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

CRp، CRc، SPI ، AYLp ، AYLc، و AYLt به ترتیب بیانگر نسبت رقابت نخودفرنگی، نسبت رقابت کلزا، شاخص تولید سیستم، عملکرد از دست رفته واقعی نخودفرنگی، کلزا و مجموع دو گیاه می‌باشند.

CRp, CRc, IAp, AYLp, AYLc, and AYLt: are represented the pea competition ratio, canola competition ratio, system production index, actual yield loss of pea and canola and both crops, respectively.



شکل 2- مقایسه میانگین نسبت رقابت کلزا و نخودفرنگی در سطوح مختلف نیتروژن

Fig. 2- The means comparison for competition ratio of canola and pea in different levels of nitrogen.

CRpea و CRcanola به ترتیب بیانگر نسبت رقابت گیاه نخودفرنگی و کلزا می‌باشند.

CRpea and CRcanola are represented the competition ratio of pea and canola, respectively.

میانگین‌های دارای حرف مشترک فاقد تفاوت آماری معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Means with similar letter, are not significantly different (p≤0.05) based on LSD test.

شاخص تولید بوم‌نظام برای هیچ یک از عوامل آزمایشی معنی‌دار نشد (جدول 4). در مقایسه میانگین‌ها مشاهده شد که سطح نیتروژن 75% نیاز گیاه از شاخص تولید بالایی برخوردار بود و اختلاف آن نیز با سطح نیتروژن 50 درصد نیاز گیاه معنی‌دار نبود (جدول 5).

عملکرد از دست رفته واقعی (AYL) نخود فرنگی، کلزا و مجموع دو گیاه برای کود نیتروژن در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار شد (جدول 4). بیشترین میزان میانگین AYL در سطح کودی 50% و 75% به‌دست آمد و با افزایش کود نیتروژن عملکرد واقعی جزء نخود فرنگی منفی‌تر شد. همچنین اختلاف معنی‌داری بین مقادیر میانگین AYL در نسبت مخلوط مشاهده نشد (جدول 5). با توجه به مثبت بودن مقادیر AYLt در تمامی نسبت‌های مخلوط و سطوح 50% و 75% نیاز کودی (جدول 5)، کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی هر یک از این دو گیاه سودمند بوده و دارای رعایت اصل تولید حمایتی است (Ahmadi et al., 2010). محققان نیز مشاهده نمودند که کشت مخلوط گندم دوروم و نخود فرنگی در تیمار کودی حداقل سبب تثبیت بیشتر نیتروژن مولکولی هوا نسبت به تک‌کشتی آن شد و با شیب بیشتری عملکرد را افزایش داد (Bedoussac et al., 2010).

شاخص مزیت مخلوط (IA) گیاه کلزا، نخود فرنگی و مجموع دو گیاه فقط برای عامل کود نیتروژن معنی‌دار شد (جدول 6). مقایسه میانگین مزیت مخلوط در سطوح مختلف کودی در جدول 7 ارائه شده است. میانگین IA گیاه نخود فرنگی در سطوح کودی به استثناء 50% نیاز کودی و نسبت‌های مختلف مخلوط منفی بود ولی برای گیاه کلزا و مجموع دو گیاه مثبت بود (جدول 7). برخی محققین علت بالا رفتن شاخص مزیت مخلوط را استفاده بهتر از منابع موجود مانند نور، آب و مواد غذایی معرفی کرده‌اند (Litourgidis et al., 2011). با توجه به این که نیتروژن یکی از منابع اساسی رشد گیاه می‌باشد، به نظر می‌رسد در سطوح کودی پایین‌تر، انتقال نیتروژن از گیاه نخود فرنگی به کلزا بهتر صورت گرفته است (Ahmadi et al., 2010) و سبب افزایش سودمندی مخلوط نسبت به تک‌کشتی شده است.

جدول 5- مقایسه میانگین‌های شاخص تولید بوم نظام و عملکرد از دست رفته واقعی کلزا و نخودفرنگی تحت نسبت‌های کشت مخلوط و مقادیر نیتروژن

Table 5- The mean comparisons for system production index and actual yield loss of canola and pea in intercropping ratios and nitrogen rates

تیمار Treatment	شاخص تولید بوم نظام System production index SPI	عملکرد از دست رفته واقعی Actual yield loss AYL_p	AYL_c	AYL_t
سطح نیتروژن Nitrogen level				
50% نیاز N50%	3268ab	0.02a	0.49a	0.51a
75% نیاز N75%	3473a	-0.02a	0.26ab	0.23ab
100% نیاز N100%	3262b	-0.18b	0.18b	-0.003b
نسبت مخلوط Intercropping ratio				
نخودفرنگی - کلزا (2:1) Pea-Canola (2:1)	3306a	-0.02a	0.32a	0.3a
نخودفرنگی - کلزا (1:1) Pea-Canola (1:1)	3300a	-0.11b	0.27a	0.16a
نخودفرنگی - کلزا (1:2) Pea-Canola (1:2)	3397a	-0.06ab	0.35a	0.29a

در هر گروه و هر ستون، میانگین‌های دارای حرف مشترک فاقد تفاوت آماری معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Within each group and each column, means with similar letter, are not significantly different ($p\leq0.05$) based on LSD test.

SPI ، AYLp ، AYLc و AYLt به ترتیب بیانگر شاخص تولید سیستم، عملکرد از دست رفته واقعی نخودفرنگی، کلزا و مجموع دو گیاه می‌باشند.

IAp, AYLp, AYLc, and AYLt: are represented the system production index, actual yield loss of pea and canola and both crops, respectively.

جدول 6- تجزیه واریانس(میانگین مربعات) شاخص‌های سودمندی تحت نسبت‌های کشت مخلوط و مقادیر نیتروژن

Table 6- Analysis of variance (mean square) for advantage indices in intercropping ratios and nitrogen rates

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	شاخص سودمندی مخلوط Intercropping advantage			شاخص مزیت پولی Monetary advantage index
		IA_p	IAc	IA	MAI
تکرار Replication	2	7584092 ns	276281279 ns	329681010 ns	12221812 ns
سطح نیتروژن (N) Nitrogen level (N)	2	86266264**	881013203*	1421310337*	103233975**
نسبت مخلوط (I) Intercropping ratio (I)	2	1658550 ns	54416610 ns	112145760 ns	10064190 ns
N × I	4	2309196 ns	145635331 ns	154393948 ns	1410732 ns
خطای آزمایشی Error	16	6636648	243839478	276616266	11410541

ns، * و ** به ترتیب نشانگر غیر معنی‌دار بودن، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

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

IAP ، IAc ، IA و MAI به ترتیب بیانگر شاخص مزیت مخلوط نخود، شاخص مزیت مخلوط کلزا، شاخص مزیت مخلوط و شاخص مزیت پولی می‌باشند.

IAp, IAc, IA and MAI: are represented the intercropping advantage of pea and canola and both crops, and monetary advantage index, respectively.

در بررسی کشت‌های ترکیبی نخود با گندم، برنج و تریتیکاله در نسبت‌های مختلف، بالاترین سود اقتصادی مربوط به نخود-تریتیکاله (20:80) و نخود-گندم (20:80) بود (Litourgidis et al., 2011).

جدول 7- مقایسه شاخص‌های سودمندی مخلوط کلزا و نخود فرنگی تحت نسبت‌های کشت مخلوط و مقادیر نیتروژن

Table 7- The mean comparisons for intercropping advantage indices of canola and pea in intercropping ratios and nitrogen rates

تیمار Treatment	شاخص سودمندی مخلوط Intercropping advantage			شاخص مزیت پولی Monetary advantage index
	IA_P	IA_c	IA	MAI
سطح نیتروژن Nitrogen level				
50% نیاز N50%	460a	29681a	30141a	6055a
75% نیاز N75%	-728a	15535ab	14806ab	4437a
100% نیاز N100%	-5397b	10625b	5229b	450b
نسبت مخلوط Intercropping ratio				
نخودفرنگی- کلزا (2:1) Pea-Canola (2:1)	-613a	18991a	18378a	2624a
نخودفرنگی- کلزا (1:1) Pea-Canola (1:1)	-3316b	15988a	12672a	2857a
نخودفرنگی- کلزا (1:2) Pea-Canola (1:2)	-1736ab	20862a	19126a	4561a

در هر گروه و در هر ستون، میانگین‌های دارای حرف مشترک فاقد تفاوت آماری معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Within each group and each column, means with similar letter, are not significantly different ($p \leq 0.05$) based on LSD test.

IAP ، IAc ، IA و MAI به ترتیب بیانگر نسبت شاخص مزیت مخلوط نخود، شاخص مزیت مخلوط کلزا، شاخص مزیت مخلوط و شاخص مزیت پولی می‌باشند.

IAp, IAc, IA and MAI: are represented the intercropping advantage of pea and canola and both crops, and monetary advantage index, respectively.

اگرچه شاخص مزیت مخلوط جزء و کل از لحاظ آماری تحت تأثیر نسبت‌های مخلوط قرار نگرفت ولی مقادیر این شاخص برای مجموع دو گیاه در تمام نسبت‌های مخلوط دارای مقادیر مثبت بود (جدول 7). مثبت بودن شاخص مزیت پولی نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی هر یک از دو گیاه می‌باشد (Litourgidis et al., 2011). بالا بودن LER و K به ترتیب در شکل 1 و جدول 3 تحت تیمار 50 تا 75 % نیاز کودی گیاه موجب افزایش مزیت پولی این تیمارها شده است (Ghosh, 2004). علاوه بر این، مزایای تنوع در سیستم اکولوژیکی می‌تواند ارزش بسیار زیادی داشته باشد که محاسبه آن در معنی‌داری شدن شاخص مزیت مخلوط نیز دخیل خواهد بود.

شاخص مزیت پولی (MAI) به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار کودی قرار گرفت اما نسبت مخلوط و اثر متقابل میزان کود با نسبت مخلوط بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول 6). این شاخص در شرایط کاهش 25 تا 50% نیتروژن مورد نیاز برتری بسیار معنی‌داری در مقایسه با مصرف کامل نیتروژن مورد نیاز گیاه داشت (جدول 7). این شرایط به دلیل بهره‌گیری سیستم کشت کلزا-نخود فرنگی از تثبیت نیتروژن مولکولی هوا بوده است که با جایگزینی بخشی نهاده کود شیمیایی می‌تواند در ارتقاء جنبه اکولوژیکی سیستم زراعی نیز مؤثر باشد.

نتیجه‌گیری

به طور کلی، کاهش 25 تا 50 درصد نیتروژن مورد نیاز دو گیاه کلزا و نخود فرنگی تحت سیستم کشت مخلوط موجب افزایش شاخص‌های رقابتی شد و با افزایش عملکرد واقعی و شاخص تولید سیستم برای همه نسبت‌های مخلوط منجر به برتری شاخص‌های اقتصادی نسبت به تک‌کشتی هر یک از این دو گیاه شده است. بنابراین، ارزیابی شاخص‌های رقابتی و اقتصادی به خوبی مزیت کشت مخلوط کلزا با نخود فرنگی در شرایط کاهش مصرف نهاده نیتروژن و در نتیجه تحقق اهداف کشاورزی پایدار را تشریح می‌نماید.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از حمایت‌های مالی دانشگاه شهرکرد در اجرای این پژوهش قدردانی به عمل می‌آید.

منابع

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

Ahmadi, A., Dabbagh MohammdiNasab, A., ZehtabSalmasi, S., Amini, R., and Janmohammadi, H. 2010. Evaluation of yield and advantage indices in barley and vetch intercropping. Agricultural Science and Sustainable Production 20(2): 76-87. (In Persian with English Summary)

Anthony, R., Szumigalski, A.R., and Van Aoker, R.C. 2006. Nitrogen yield and land use efficiency in annual sole crops and intercrops. Agronomy Journal 98: 1030-1040.

Arnon, I. 1992. Agriculture in dry land, principles and practice: Climatic factors and their effect on crop production. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V.

Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghoshe, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: advantages and weeds mothering. European Journal of Agronomy 24: 325-332.

Baumann, D.T., Kropff, M.J., and Bastiaans, L. 2000. Intercropping leeks to suppress weeds. Weed Research 40: 359-374.

Bedoussac, L., and Justes, E. 2010. Dynamic analysis of competition and complementarity for light and N use to understand the yield and the protein content of a durum wheat–winter pea intercrop. Plant and Soil 330: 37-54.

Carruba, A., La Torre, R., Saiano, F., and Aiello, P. 2008. Sustainable production of fennel and dill by intercropping. Agronomy for Sustainable Development 28: 247-256.

Dhima, K.V., Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., and Dordas, C.A. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. Field Crops Research 100: 249-256.

Eskandar, H., and Ghanbari, A. 2011. Evaluation of competition and complementarity of corn (*Zea mays*) and cowpea (*Vigna sinensis*) intercropping for nutrient consumption. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production

21(2): 67-75. (In Persian with English Summary)

Ghosh, P.K. 2004. Growth, yield, competition and economics of groundnut/cereal fodder intercropping systems in the semi-arid tropics of India. Field Crops Research 88: 227-237.

Hatcher, P.E., and Melander, B. 2003. Combining physical, cultural and biological methods prospects for integrated non-chemical weed management strategies. Weed Research 43: 303-322.

Hauggard-Nielsen, H. Ampus, P., and Jenssen, E.S. 2003. The comparison of nitrogen use and leaching in sole cropped versus intercropped pea and barley. Nutrient Cycling in Agroecosystems 65: 289-300.

Jahani M., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2008. Comparison of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum*) and lentil (*Lens culinaris*). Iranian Journal of Field Crops Research 6(1): 67-78. (In Persian with English Summary)

Karpenstein-Machan, M., and stuelpnagel, R. 2000. Biomass yield and nitrogen fixation of legumes monocropped and intercropped with rye and rotation effects on a subsequent maize crop. Plant and Soil 218: 215-232.

Kenny, G.J., and Chapman, R.B., 1988. Effects of an intercrop on the insect pests, yield and quality. New Zealand Journal of Experimental Agriculture 16: 67-72.

Lithourgidis, A.S., Vlachostergios, D.N., Dordasc, C.A., and Damalas, C.A. 2011. Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea–cereal intercropping systems. European Journal of Agronomy 34: 287-294.

Mead, R., and Willey, R.W. 1980. The concept of a 'land equivalent ratio' and advantages in yields from intercropping. Experimental Agriculture 16: 217-228.

Mousavian, S.N., Lorzadeh, S., Ebrahimpur, F., and Mohammadi, S.A. 2010. Effect of nitrogen levels and cropping ratios on yield of intercropping corn and sunflower in Khuzestan conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 8: 708-47016. (In Persian with English Summary)

Park, S.E., Benjamin, L.R., and Watkinson, A.R. 2002. Comparing biological productivity in cropping system a competition approach. Journal of Applied Ecology 39: 416-426.

Rtkhe, G.W., Bhrens, T., and Diepenbrock, W. 2006. Integrated nitrogen management strategies to improve seed yield, oil content and nitrogen efficiency of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): A review. Agriculture, Ecosystem and Environment 117: 80-108.

Soon, Y.K., Harker, K.N., and Clayton, G.W. 2004. Plant competition effects on the nitrogen economy of field pea and the subsequent crop. Soil Science Society of America Journal 68: 552-557.

Statistical data of Jahad Keshavarzi Ministry. 2013. Available online at: http://www.maj.ir/portal/ Home/Default

Wahla, I.H., Ahmad, R., Ehsanullah, Ahmad, E.A., and Jabbar, A. 2009. Competitive functions of Components crops in some barley based intercropping systems. International Journal of Agriculture and Biology 11: 69-72.

Willey, R.W., and Rao, M.R. 1980. A competitive ratio for quantifying competition between intercrops. Experimental Agriculture 16: 117-125.

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 3, Fall 2014, p. 582-594

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۳، ص. ۵۹۴-۵۸۲

ارزیابی کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد کمّی و کیفی زنیان (*Carum copticum* L.) در کشت مخلوط نواری با شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.)

اسماعیل رضائی چیانه[1*] و عادل دباغ محمدی‌نسب[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۶/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۹/۰۸

چکیده

به منظور ارزیابی کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد کمّی و کیفی زنیان (*Carum copticum* L.) در کشت مخلوط با شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ای واقع در استان آذربایجان غربی- شهرستان نقده در سال زراعی ۹۱- ۱۳۹۰ به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح کود: ۱۰۰٪ کود شیمیایی (NPK)، ۵۰٪ کود شیمیایی + کود زیستی (فسفاته بارور ۲ + ازتوباکتر)، عدم کاربرد کود (شاهد) و پنج الگوی کشت مخلوط نواری شامل ۴ ردیف زنیان + ۲ ردیف شنبلیله، ۸ ردیف زنیان + ۴ ردیف شنبلیله، ۱۲ ردیف زنیان + ۶ ردیف شنبلیله و کشت خالص دو گیاه بود. صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع بوته، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، درصد اسانس و عملکرد اسانس بودند. نتایج نشان داد که الگوی کشت مخلوط بر کلیه صفات مورد بررسی زنیان به غیر از ارتفاع بوته تأثیر معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۱$) داشت. بیشترین عملکرد دانه زنیان (۷۵۷ کیلوگرم در هکتار) از تیمار ۴ ردیف زنیان و ۲ ردیف شنبلیله و کمترین مقدار آن (با ۶۰۴ کیلوگرم در هکتار) از تیمار ۱۲ ردیف زنیان و ۶ ردیف شنبلیله به دست آمد. درصد اسانس در تمامی تیمارهای کشت مخلوط بالاتر از تیمار کشت خالص بود. اثر نوع کود نیز بر عملکرد و اجزای عملکرد زنیان به جز تعداد دانه در چتر زنیان معنی‌داری بود. بالاترین و کمترین مقدار عملکرد بذر و اسانس زنیان به ترتیب در تیمارهای تلفیقی و شاهد به دست آمد. در مجموع بیشترین LER از کشت مخلوط نواری با نسبت ۴ ردیف زنیان + ۲ ردیف شنبلیله با تیمار کود شیمیایی (۱/۹۷)، عدم کاربرد کود (۱/۹۵) و تیمار تلفیقی (۱/۸۹) به دست آمد . همچنین، کشت مخلوط نواری با نسبت ۸ ردیف زنیان + ۴ ردیف شنبلیله با تیمار تلفیقی (۱/۹) نیز LER بالاتری را نشان داد. با توجه به اهداف کشاورزی پایدار با هدف حذف یا کاهش قابل ملاحظه مصرف نهاده‌های شیمیایی، تیمار عدم کاربرد کود و کود دهی تلفیقی برای ترکیب ۴ ردیف زنیان + ۲ ردیف شنبلیله و کوددهی تلفیقی برای ترکیب ۸ ردیف زنیان + ۴ ردیف شنبلیله مناسب و قابل توجیه است.

واژه‌های کلیدی: اسانس، کشاورزی پایدار، گیاه دارویی، نسبت برابری زمین

مقدمه

زنیان (*Carum copticum* L.) گیاهی یکساله متعلق به تیره چتریان[3]، به ارتفاع ۳۰ تا ۹۰ سانتی‌متر، برگ‌ها بریده و نخی‌شکل، گل‌ها با گلبرگ‌های سفید و کوچک و پرچم‌های صورتی رنگ است. بذر زنیان دارای اسانس حاوی تیمول، ترکیبات سیمن، آلفا پینن، بتاپینن، گاما ترپینن، میرسن و لیمونن می‌باشد (Majnoun Hosseini & Davazdah Emami, 2007).

شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) گیاهی است یکساله از تیره بقولات[4] که به دلیل توانایی همزیستی با باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن می‌تواند بخش زیادی از از نیتروژن مورد استفاده خود را تولید کند. این گیاه به ارتفاع ۱۰ تا ۵۰ سانتی‌متر با گل‌هایی منفرد و به رنگ روشن که رنگ میوه‌های آن زرد تا قهوه‌ای است،

۱- استادیار گروه گیاهان دارویی مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه
۲- دانشیار گروه اکوفیزیولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
(*- نویسنده مسئول: Email: Ismaeil.rezaei@gmail.com)

3- Apiaceae
4- Fabaceae

دیده می‌شود. منشاء این گیاه ایران بوده و به عنوان گیاه داورویی مصرف و کاربرد دارد. دانه آن دارای آلکالوئیدی به نام تریگونیلین، ترکیب‌های موسیلاژی، پروتئین و روغن می‌باشد (Omidbaigi, 2008).

سلامت محصولات تولید شده در سیستم‌های مختلف از نظر وجود بقایای سموم و مواد شیمیایی و تأثیر آنها بر سلامت انسان و محیط زیست، توجهات ویژه‌ای را به روش‌های تولید و نهاده‌های بکار رفته در امر تولید معطوف داشته و ضرورت ایجاد تغییر در نظام‌های زراعی رایج را توجیه می‌نماید. بنابراین، بهره‌گیری از اصول بوم‌شناختی در تولید این محصولات زراعی امری ضروری می‌باشد (Nassiri Mahallati et al., 2001). کاربرد کودهای زیستی به همراه کشت مخلوط از جمله راهکارهای مناسب جهت نیل به اهداف کشاورزی اکولوژیکی است که می‌تواند برای رفع این مشکلات مورد توجه قرار گیرد. استفاده از کودهای زیستی در کشت مخلوط ضمن افزایش حاصلخیزی خاک و کاهش مصرف کودهای شیمیایی، می‌تواند منجر به بهبود عملکرد کمّی و کیفی گیاهان تولید شده نیز شود. نتایج تحقیقات قبلی نشان داده است که کودهای زیستی یا کودهای شیمیایی به تنهایی نمی‌توانند برای تولید پایدار کشاورزی مفید واقع شده و در اکثر موارد کودهای زیستی به عنوان مکمل کودهای شیمیایی می‌توانند پایداری تولید را در نظام‌های کشاورزی تضمین کنند (Muyayabantu et al., 2013; Saleem et al., 2011).

در مطالعه‌ای که روی کشت مخلوط زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) و شنبلیله صورت گرفت، مشاهده شد که استفاده از کودهای زیستی در کشت مخلوط بر عملکرد دانه و اسانس هر دو گونه اثر مثبتی داشت، به طوری که بیشترین عملکرد دانه و اسانس زیره سبز از تیمار ترکیبی *ازتوباکتر + آزوسپریلوم* و در گیاه شنبلیله از تیمار *سودوموناس* به دست آمد. همچنین، تیمار *سودوموناس* نسبت به تیمار ترکیبی *ازتو باکتر + آزوسپریلیوم* و تیمار شاهد از نسبت برابری زمین (LER) [1] بالاتری برخوردار بود (Rezvani Moghaddam & Moradi, 2012). نتایج آزمایش انجام شده در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و کاساوا (*Manihot esculenta* Crantz) نشان داد که بالاترین عملکرد ذرت از تیمار تلفیقی کودهای ارگانیک و شیمیایی حاصل شد (Ayoola & Makinde, 2011). در مطالعه دیگری روی کشت مخلوط ذرت و سویا (*Glycine max* L.) مشخص گردید که کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی ضمن افزایش عملکرد دو گونه، مصرف کودهای شیمیایی را نیز کاهش داد (Muyayabantu et al., 2013). نقی‌زاده و گلوی (Naghizadeh & Galavi, 2012) با ارزیابی کشت مخلوط ذرت و خلر (*Lathyrus sativus* L.) بیان داشتند که کاربرد توأم کودهای زیستی و شیمیایی، سبب بهبود عملکرد و اجزای عملکرد هر دو گونه گردید. در بررسی اکولوژیک الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) مشخص شد که بیشترین عملکرد اقتصادی لوبیا و گاوزبان اروپایی از کشت خالص و کمترین مقدار آنها از الگوی چهار ریف لوبیا و چهار ردیف گاوزبان (۴:۴) به دست آمد، اما بالاترین نسبت برابری زمین (LER) در الگوی کشت نواری ۲:۲ مشاهده گردید (Koocheki et al., 2012).

به نظر می‌رسد با کاربرد تلفیقی کود های شیمیایی و زیستی، تا اندازه‌ای بتوان مصرف کودهای شیمیایی را کاهش داد. حتی در صورتی‌که عملکرد این گیاهان در نتیجۀ استفاده از کودهای زیستی، کمتر و یا برابر با عملکرد آنها در نتیجۀ مصرف کودهای شیمیایی باشد، تولید این گیاهان با استفاده از نهاده‌های طبیعی مثل کودهای زیستی، راه‌حل مناسبی برای تولید محصولات کشاورزی در راستای اهداف کشاورزی پایدار باشد. اکثر مطالعات انجام شده در مورد کود های زیستی بر مبنای کشت خالص بوده است. لذا شناخت تأثیر کودهای زیستی بر عملکرد کمی و کیفی این گیاهان در کشت مخلوط، نیازمند مطالعه و تحقیق می‌باشد. با توجه به اهمیت این موضوع، آزمایشی جهت بررسی تأثیر تلفیقی کود شیمیایی و زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی زنیان در کشت مخلوط نواری با شنبلیله اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه‌ای واقع در استان آذربایجان غربی- شهرستان نقده با طول جغرافیایی ˚۴۵ و ´۲۴ و عرض جغرافیایی ˚۳۶ و ´۵۷ و ارتفاع ۱۳۲۸ متر از سطح دریا و با متوسط درجه حرارت و بارندگی سالیانه به ترتیب برابر ۱۲/۴ درجه سانتی‌گراد و ۳۲۳ میلی‌متر درسال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ به اجرا در آمد. قبل از کاشت، از محل اجرای آزمایش نمونۀ خاک تهیه و سپس تیمارهای کودی بر اساس نقشه طرح، در کرت‌های مورد نظر اعمال و با خاک مخلوط گردید.

1- Land equivalent ratio

جدول ۱ - خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک
Table 1- Physical and chemical characteristics of the soil

بافت خاک Soil texture	شن (درصد) Sand (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	رس (درصد) Clay (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) $EC \times 10^3$ ($dS.m^{-1}$)	نیتروژن کل (درصد) %T. N	درصد مواد آلی %O.C.	فسفر قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available P (ppm)	پتاسیم قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available K (ppm)
رس سیلتی Silty clay	17	41	42	7.9	0.83	0.14	1.48	10.5	407

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جـدول ۱ آورده شده است. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۱۵ تیمار اجرا شد.

عامل اول شامل نوع الگوی کاشت دارای پنج سطح شامل کشت خالص زنیان، کشت خالص شنبلیله، کشت مخلوط نواری با نسـبت ۴ ردیف زنیان+ ۲ ردیف شنبلیله، کشت مخلوط نواری با نسبت ۸ ردیف زنیان+ ۴ ردیف شنبلیله، کشت مخلـوط نـواری بـا نسـبت ۱۲ ردیـف زنیان+ ۶ ردیف شنبلیله و عامل دوم نوع کود دارای سـه سـطح عـدم کاربرد کود (شاهد)، ۱۰۰٪ کود شیمیایی (NP) و ۵۰٪ کود شـیمیایی + کود زیستی (فسفاته بارور ۲ +*ازتوباکتر*) بود.

کوددهی بر اساس آزمون خاک به مقدار ۱۵۰ کیلو گـرم کـود اوره به صورت سرک (در سه مرحله قبل از کاشت، مرحله ساقه رفتن زنیان و شروع گلدهی زنیان)، ۱۵۰ کیلـوگرم کـود سـوپر فسـفات تریپـل در هکتار به صورت نواری عمقی همزمان با بذرکاری تماماً قبل از کاشت برای تیمار ۱۰۰٪ شیمیایی مورد نظر اعمال گردیـد. در تیمـار کـودی ۵۰ ٪ کود شیمیایی + کود زیستی نصف این مقادیر اعمـال شـد. بـه علت بالا بودن مقدار پتاسیم قابل جذب، از کود پتاسیم اسـتفاده نشـد. بذر هر دو گیاه یک ساعت قبل از کشت با کود زیستی فسفاته بـارور-۲ (حاوی دو نوع باکتری حل‌کننـده فسـفات از گونـه‌هـای *باسـیلوس لنتوس*[1] و *سودوموناس پوتیدا*[2]) و *ازتو باکتر* (حاوی باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن) هر دو به صورت پودر با نسبت‌هـای مشـخص (۱۰۰ گرم در هکتار) و بر اساس دستور العمل توصیه شده تلقیح شـدند. بـه این صورت که محتوی بسته با آب مخلوط و روی بذرها اسپری شدند تا یک پوشش یکنواخت روی سطح آن‌ها تشکیل شود. سپس بذرها در سایه خشک شده و عملیات کاشت صورت گرفت.

فاصله بین ردیف برای هر دو گونـه ۴۰ سـانتی‌متـر و طـول هـر ردیف چهار متر بود. بذور زنیان به فاصله ۲۵ سانتی‌متر و بذور شنبلیله به فاصله ۱۰ سانتی‌متر روی ردیف‌ها با عمق دو الی چهار سانتی‌متـر، در تاریخ ۲۰ فروردین ماه به صورت جوی و پشته، به صورت همزمان کشـت شـدند. بـذور شـنبلیله قبـل از کاشـت بـا بـاکتری *ریزوبیـوم لگومینوزاروم*[3] آغشته گردید. عملیات وجین علف‌های هـرز در هنگـام لزوم و به صورت دستی انجام شد و آبیاری به طور متوسط هـر هفتـه یک‌بار به روش آبیاری جوی و پشته انجام گرفت.

1- *Bacillus lentus*
2- *Pseudomonas putida*
3- *Rhizobium leguminozarum*

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) بر برخی صفات کمّی زنیان تحت تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط و نوع کود

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) of some ajowan traits affected by different intercropping patterns and fertilizer

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	ارتفاع بوته Plant height	تعداد چتر در بوته Number of umbels per plant	تعداد دانه در چتر Number of seed per umbel	وزن هزاردانه 1000-seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	درصد اسانس Essential oil percentage	عملکرد اسانس Essential oil yield
تکرار Replication	2	38.3 n.s	23.4 n.s	151.7 n.s	0.1 n.s	9077.7 n.s	1351717.4 *	0.8 **	77.2 **
الگوی کشت مخلوط (A) Intercropping pattern (A)	3	32.9 n.s	224.9 **	1118. 2 **	0.16 **	76047.2 **	4818352.8 **	3.2 **	333.4 **
کود (B) Fertilizer (B)	2	148.3 *	247.5 **	106.7 n.s	0.08 *	45411.1 **	1724355.1 *	0.9 **	170.4 **
A×B	6	31.2 n.s	13.2 n.s	317 n.s	0.53 n.s	1355.5 n.s	827109.8 n.s	0.09 n.s	2.4 n.s
خطا Error	22	32.9	20.5	167.8	0.02	5156.5	408341.7	0.1	13.1
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	7	11.9	7.9	9.3	10.7	15.1	10.9	17.5

n.s، *، **: به ترتیب نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد است.

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

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط زنیان و شنبلیله بر صفات کمّی و کیفی زنیان

Table 3- Comparison of means for the effect of different intercropping patterns of ajowan and fenugreek on quantitative and qualitative traits of ajowan

الگوی کشت Cropping pattern	تعداد چتر در بوته Number of umbels per plant	تعداد دانه در چتر Number of seed per umbel	وزن هزار دانه (گرم) 1000- seed weight (g)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	درصد اسانس Essential oil percentage	عملکرد اسانس (کیلوگرم در هکتار) Essential oil yield ($kg.ha^{-1}$)
کشت خالص Sole cropping	34.2 b*	159.2 b	1.54 a	632.2 b	3943.56 b	2.17 c	14 b
۴ ردیف زنیان + ۲ردیف شنبلیله 4 rows of ajowan + 2 rows of fenugreek	43.1 a	172.3a	1.65 a	757.7 a	4821.89 a	3.47 a	26.1 a
۸ ردیف زنیان + ۴ ردیف شنبلیله 8 rows of ajowan + 4 rows of fenugreek	41.6 a	174 a	1.57 a	732.2 a	4806.67 a	3.42 a	25.5 a
۱۲ ردیف زنیان + ۶ ردیف شنبلیله 12 rows of ajowan + 6 rows of fenugreek	33.4 b	149.7 b	1.32 b	558.9 c	3312.70 c	2.95 b	16.9 b

*میانگین‌های فاقد حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد هستند.

*Means with different letters in each column are significantly different based on Duncan's multiple range tests at 5% probability level.

جدول ٤- اثر کود بر صفات کمّی و کیفی مورد مطالعه گیاه زنیان درکشت مخلوط با شنبلیله

Table 4- Comparison of means the effect of fertilizer on quantitative and qualitative traits of ajowan in intercropping with Fenugreek

کود Fertilizer	ارتفاع بوته (سانتیمتر) Plant height (cm)	تعداد چتر در بوته Number of umbels per plant	وزن هزار دانه (گرم) 1000-Seed weight (g)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	درصد اسانس Essential oil percentage	عملکرد اسانس (کیلوگرم در هکتار) Essential oil yield ($kg.ha^{-1}$)
عدم کاربرد کود (شاهد) Control	77.9 b*	33 b	1.42 b	604.1 b	3784 b	2.7 b	16.5 b
کود شیمیایی Chemical fertilizer	84.6 a	39.3 a	1.54 ab	680.8 a	4419.8 a	3 a	21.5 a
کود شیمیایی + کود زیستی Chemical fertilizer + biofertilizer	83 a	41.9 a	1.6 a	725.8 a	4459.6 a	3.23 a	23.8 a

*میانگین‌های فاقد حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد هستند.

*Means with different letters in each column are significantly different based on Duncan's multiple range tests at 5% probability level.

در پایان فصل رشد، ابتدا از هر کرت به طور تصادفی تعداد ۱۰ بوته انتخاب و صفاتی نظیر ارتفاع بوته، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر و وزن هزار دانه زنیان اندازه گیری شد. سپس با در نظر گرفتن حاشیه از هر طرف، برداشت گیاهان هر کرت به منظور تعیین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی صورت گرفت. برای تعیین عملکرد بیولوژیکی، پس از جدا نمودن بذور، نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا ثابت ماندن وزن خشک درون آون قرار گرفتند و سپس وزن شدند.

برای ارزیابی کشت مخلوط زنیان و شنبلیله در مقایسه با کشت خالص از شاخص نسبت برابری زمین (بر اساس عملکرد دانه) با استفاده از معادله (۱) استفاده شد (Mazaheri, 1998).

$$LER = \frac{Y_1}{F_1} + \frac{Y_2}{A_2}$$ (معادله ۱)

در این معادله، Y_1 و Y_2: به ترتیب عملکرد گونه‌های زنیان و شنبلیله در کشت مخلوط و F_1 و A_2: نیز عملکرد گونه‌های شنبلیله و زنیان در کشت خالص است.

استخراج اسانس زنیان به روش تقطیر با آب، توسط دستگاه کلونجر از ۳۰ گرم نمونه بذری هر کرت صورت گرفت. سپس درصد اسانس به روش وزنی و عملکرد اسانس براساس عملکرد دانه × درصد اسانس محاسبه گردید. جهت تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده از نرم‌افزار SPSS 16 استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها توسط روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

خصوصیات رشدی، اجزای عملکرد و عملکرد زنیان

ارتفاع بوته تحت تأثیر الگوی کاشت قرار نگرفت، اما اثر نوع کود مصرفی بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۲). به طوری که بیشترین ارتفاع بوته گیاه زنیان (۸۴/۶ سانتی‌متر) در تیمار کود شیمیایی به دست آمد که با تیمار ۵۰ ٪ کود شیمیایی + کود زیستی اختلاف معنی‌داری نشان نداد. کمترین ارتفاع بوته (۷۷/۹ سانتی‌متر) نیز از تیمار شاهد حاصل شد (جدول ۴).

بالا بودن فراهمی عناصر غذایی به خصوص نیتروژن از طریق تحریک رشد رویشی و افزایش طول میانگره‌ها باعث افزایش ارتفاع گیاه می‌شود. محققین افزایش ارتفاع گیاه در نتیجه کاربرد کودهای زیستی را نیز ناشی از افزایش توسعه ریشه و جذب بهتر آب و مواد غذایی و تولید هورمون‌های رشد از جمله جیبرلین و اکسین‌ها می‌دانند (Nazeri et al., 2010). در مطالعه اثر کاربرد مواد آلی، کودهای بیولوژیک و کود شیمیایی در گیاه سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L.)، مشخص شد که در تمامی تیمارهای اعمال شده نسبت به شاهد، ارتفاع گیاه افزایش معنی‌داری یافت (Saeidnejad et al., 2012). رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2012) در پژوهش خود مشاهده نمودند که مصرف کودهای بیولوژیک (نیتراژین، نیتروکسین و ورمی‌کمپوست) سبب افزایش ارتفاع بوته در گیاه مرزه (*Satureja hortensis* L.) شد.

الگوی کاشت بر تعداد چتر در بوته زنیان تأثیر معنی‌داری (p≤۰/۰۱) داشت (جدول ۲). بیشترین تعداد چتر در بوته با میانگین ۴۳ چتر در بوته از تیمار کشت مخلوط نواری ۴ ردیف زنیان+ ۲ ردیف شنبلیله و کمترین آن با میانگین ۳۳ چتر در بوته در تیمار ۱۲ ردیف زنیان+ ۶ ردیف شنبلیله حاصل شد که البته تفاوت معنی‌داری با کشت خالص نداشت (جدول ۳). به نظر می‌رسد که در کشت مخلوط نواری ۴ ردیف زنیان+ ۲ ردیف شنبلیله، شرایط مطلوبی برای بوته‌های زنیان در دستیابی به شرایط و منابع محیطی از جمله فراهمی نیتروژن حاصل از جزء شنبلیله و با بهره برداری مطلوب‌تر از این منابع بر تعداد چتر در بوته افزوده شده است، اما با افزایش عرض نوار، به دلیل کاهش اثرات تسهیل و تکمیل‌کنندگی دو گونه از تعداد چتر در بوته کاسته شده است. در کشت مخلوط سویا و نعناع (*Mentha piperita* L.) مشخص شد که تعداد غلاف در بوته سویا در کشت مخلوط به دلیل افزایش بهره‌وری در استفاده از منابع بالاتر از کشت خالص بود (Maeffei & Mucciarelli, 2003). نامداری و محمودی (Namdari & Mahmoudi, 2012) در کشت مخلوط کلزا (*Brassica na*pus L.) و نخود (*Cicer arietinum* L.) بیان داشتند که تعداد خورجین در بوته کلزا در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بوده است که علت آن را افزایش تعداد شاخه‌های فرعی کلزا و بهبود فراهمی و کارایی مصرف منابع محیطی عنوان کردند.

بین تیمارهای کودی مورد استفاده از نظر تعداد چتر در بوته اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (p≤۰/۰۱) (جدول ۲). تیمار تلفیقی کود زیستی با کود شیمیایی بیشترین (۴۱/۹۲ چتر در بوته) و تیمار عدم مصرف کود کمترین (۳۳ چتر در بوته) تعداد چتر در بوته را دارا

بودند (جدول ۴). به نظر می‌رسد در تحقیق حاضر، وجود باکترهای ناشی از کاربرد کود *ازتو باکتر* و فسفر بارور-۲ در محیط ریشه، میزان فراهمی نیتروژن و جذب فسفر نامحلول موجود در خاک را برای گیاه به خصوص در مرحله زایشی افزایش داده و سبب بهبود رشد گیاه و اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتر به بخش زایشی و در نتیجه افزایش تعداد چتر در بوته شده است. از طرفی، افزودن کود شیمیایی (مانند نیتروژن و فسفر) که در فرایندهای رویشی و زایشی گیاه نقش کلیدی دارند، می‌تواند اجزای عملکرد گیاه را به میزان قابل توجهی افزایش دهد، اما تغییرات این افزایش در حضور کود زیستی چشمگیرتر می‌باشد. رضوانی مقدم و مرادی (Rezvani Moghaddam & Moradi, 2012) در کشت مخلوط زیره سبز و شنبلیله مشاهده کردند که کودهای زیستی سبب افزایش تعداد چتر در گیاه زیره سبز گردید. خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2010) با بررسی اثر تلقیح باکتری های محرک رشد بر سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) اظهار داشتند که تلقیح با *آزوسپیریلوم*، *ازتوباکتر* و میکوریزا باعث افزایش تعداد کپسول در بوته شد.

اثر الگوی کاشت بر تعداد دانه در چتر معنی‌دار ($p\leq۰/۰۱$) بود، اما نوع کود مصرفی بر این صفت اثر معنی‌دار نداشت (جدول ۲). بیشترین تعداد دانه در چتر در دو تیمار کشت مخلوط نواری ۸ ردیف زنیان+ ۴ ردیف شنبلیله و ۴ ردیف زنیان و ۲ ردیف شنبلیله و کمترین آن در تیمار ۱۲ردیف زنیان و ۶ ردیف شنبلیله به دست آمد (جدول ۳). هنگامی که گیاهان تیره حبوبات همراه با گیاهان دیگر به صورت مخلوط کشت می‌شوند، اغلب نیتروژن تثبیت شده توسط این دسته از گیاهان در خاک می‌تواند مورد استفاده گیاه همراه قرار گرفته و در نتیجه منجر به بهبود اجزا عملکرد و در نهایت، افزایش محصول آن گردد. جهانی و همکاران (Jahani et al., 2007) نیز در کشت مخلوط زیره سبز و عدس (*Lens culinary* L.) نشان دادند که بیشترین تعداد دانه در چتر زیره سبز در کشت مخلوط ردیفی و نواری ۳:۳ به دست آمد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) داده‌ها نشان داد که اثر الگوی کاشت بر وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ($p\leq۰/۰۱$). از نظر تأثیر الگوهای کاشت مخلوط بر وزن هزار دانه مشاهده شد که کشت مخلوط نواری با نسبت ۴ ردیف زنیان+ ۲ ردیف شنبلیله با میانگین ۱/۶۵ گرم بیشترین و کشت مخلوط نواری با نسبت ۱۲ ردیف زنیان+ ۶ ردیف شنبلیله با میانگین ۱/۳۲ گرم کمترین وزن هزار دانه را دارا بودند. وزن هزار دانه در تیمار کشت مخلوط نواری با نسبت ۴ ردیف زنیان+ ۲ ردیف شنبلیله با کشت مخلوط نواری با نسبت ۸ ردیف زنیان+ ۴ ردیف شنبلیله و کشت خالص تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳). طبق نتایج به دست آمده توسط سایر محققان نیز مشخص گردید هنگامی‌که ساختار کانوپی در کشت مخلوط طوری طراحی گردد که فشار رقابت بین گونه‌ای کمتر باشد و نفوذ نور و جذب آن توسط کانوپی گیاه افزایش یابد، اجزای عملکرد بهبود می‌یابد (Rezaei-Chianeh et al., 2010). بررسی‌های مختلف نشان داده است که در صورت انتخاب آرایش کاشت و تراکم مناسب در کشت مخلوط، جذب آب و مواد غذایی به دلیل تفاوت در توانایی رقابت بین گیاهان مختلف افزایش می‌یابد (Hauggard-Nielson et al., 2001). بنابراین به نظر می‌رسد که درکشت مخلوط نواری با نسبت ۴ ردیف زنیان+ ۲ ردیف شنبلیله با ایجاد ساختار کانوپی و آرایش مطلوب باعث افزایش جذب نور کانوپی و در نتیجه تولید مواد فتوسنتزی بالاتر توانسته مواد فتوسنتزی بیشتری را به مخازن (دانه‌ها) خود اختصاص دهد و در تولید بیشتر وزن هزار دانه موفق‌تر از سایر الگوهای کشت عمل کند، اما در کشت مخلوط نواری با نسبت ۱۲ ردیف زنیان+ ۶ ردیف شنبلیله به موازات افزایش عرض نوارها به دلیل کاهش اثرات تسهیل و تکمیل‌کنندگی دو گونه در کنار یکدیگر منجر به کاهش وزن هزار دانه گردید. در کشت مخلوط زیره سبز و عدس مشخص شد که با جابجایی از کشت خالص به سمت کشت مخلوط ردیفی وزن هزار دانه افزایش پیدا کرد (Jahani et al., 2007). نقی زاده و همکاران (Naghizadeh et al., 2012) در کشت مخلوط ذرت و خلر دریافتند که وزن هزار دانه ذرت در نسبت ۷۵ ذرت: ۲۵ خلر بالاتر از سایر نسبت‌های کاشت بود.

وزن هزار دانه زنیان تحت تأثیر نوع کود مصرفی ($p\leq۰/۰۵$) قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین و کمترین وزن هزار دانه به ترتیب به تیمارهای تلفیقی کود زیستی با کود شیمیایی و شاهد برابر با ۱/۶ و ۱/۴ گرم تعلق داشت؛ به طوریکه وزن هزاردانه در تیمار تلفیقی کود زیستی با کود شیمیایی نسبت به تیمار شاهد حدود ۱۱ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴). کود زیستی با بهبود رشد ریشه و افزایش آسیمیلاسیون مواد فتوسنتزی از طریق افزایش سطح برگ و افزایش ظرفیت فتوسنتزی در دوره قبل از گلدهی، می‌تواند در مرحله پس از گلدهی با انتقال مجدد این مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن وزن هزار دانه را بهبود ببخشد (Jahan et al., 2010). سلیم و همکاران

(Saleem et al., 2011) ضمن بررسی کشت مخلوط ذرت با دو گونه از حبوبات گزارش کردند که بیشترین وزن هزار دانه ذرت از تیمار تلفیقی کودآلی+کود شیمیایی+ کود زیستی به دست آمد. در بررسی تأثیر کاربرد سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای و کود زیستی در گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) مشخص شد که بالاترین وزن هزار دانه از تیمار تلفیقی کود آلی و شیمیایی به دست آمد (Akbari et al., 2009).

تأثیر الگوی کاشت بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی زنیان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار ($p\leq0/01$) بود (جدول ۲). بیشترین میزان عملکرد دانه برابر با ۷۵۷ کیلوگرم در هکتار و عملکرد بیولوژیکی زنیان برابر با ۴۸۲۱ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار کشت مخلوط نواری با نسبت ۴ ردیف زنیان+ ۲ ردیف شنبلیله بود که البته تفاوت معنی‌داری با تیمار ۸ ردیف زنیان+ ۴ ردیف شنبلیله نداشت و کمترین میزان عملکرد دانه با ۵۵۸ کیلوگرم در هکتار و عملکرد بیولوژیکی با ۳۳۱۲ کیلوگرم در هکتار از کشت مخلوط نواری با نسبت ۱۲ردیف زنیان+ ۶ ردیف شنبلیله به دست آمد (جدول ۳). اگر اجزای تشکیل دهنده کشت مخلوط در نحوه استفاده از منابع محیطی متفاوت عمل کنند از این منابع به طور مؤثرتری استفاده خواهد شد و در نتیجه در چنین حالتی عملکرد افزایش می‌یابد (Willey, 1990). از آنجا که زنیان نسبت به شنبلیله دارای ارتفاع و زیست توده بیشتری می‌باشد، به نظر می‌رسد که زنیان در کشت مخلوط فشار رقابتی کمتری نسبت به کشت خالص تحمل کرده و با بهره‌برداری مطلوبتر از شرایط و احتمالاً منابع ایجاد شده از طرف شنبلیله به ویژه نیتروژن تثبیت شده، سبب بهبود اجزای عملکرد و عملکرد دانه شده است. حسن‌زاده اول و همکاران (Hasanzadeh Aval et al., 2011) در کشت مخلوط مرزه و شبدر دریافتند که عملکرد شبدر در کشت مخلوط افزایش یافت. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2012) درکشت مخلوط گاوزبان اروپایی با لوبیا بیان نمودند که بین الگوهای مختلف کشت مخلوط لوبیا و گاوزبان اروپایی، الگوی دو ردیف لوبیا+ دو ردیف گاوزبان، دارای رقابت بین گونه ای کمتری در مقایسه با رقابت درون گونه‌ای بود و باعث شد 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 گردید.

عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی گیاه زنیان نیز تحت تأثیر نوع کود مصرفی قرار گرفت (به ترتیب $p\leq0/01$ و $p\leq0/05$)، به طوری‌که بیشترین میزان عملکرد دانه با ۷۲۵ کیلوگرم در هکتار و عملکرد بیولوژیکی با ۴۴۵۹ با کیلوگرم در هکتار از تیمار تلفیقی کود زیستی و شیمیایی و کمترین مقدار عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی از تیمار شاهد به ترتیب به میزان ۶۰۴ و ۳۷۸۴ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۴). تیمار تلفیقی کود زیستی و شیمیایی سبب افزایش ۱۷ و ۶ درصدی عملکرد دانه به ترتیب نسبت به دو تیمار شاهد و شیمیایی گردید. اگرچه فراهمی عناصر غذایی موجود در انواع کودهای شیمیایی در رشد و نمو گیاهان تأثیر بسزایی دارد، اما عناصر غذایی مثل فسفر شیمیایی در خاک به سرعت تثبیت می‌شود. باکتری‌های موجود در کود زیستی نیز برای شروع فعالیت اولیه نیاز به مقداری فسفر دارند. در صورت نبود فسفر یا عدم دسترسی باکتری‌های موجود در کود زیستی به فسفر مورد نیاز در خاک فعالیت آنها کاهش می‌یابد. در نتیجه کارایی کود زیستی پایین می‌آید. به نظر می‌رسد که تغذیه تلفیقی توانسته است با متعادل کردن جذب عناصر اصلی پر مصرف و ریزمغذی مورد نیاز گیاه سبب افزایش رشد، تولیدات فتوسنتزی و در نهایت موجب افزایش عملکرد شود. همچنین در سیستم کشت مخلوط، به دلیل اثرات مکملی اجزای کشت مخلوط در جذب عناصر غذایی، امکان جذب بیشتر عناصر غذایی در طول نیمرخ خاک به دلیل تفاوت در عمق توسعه ریشه فراهم می‌شود (Willey, 1990) که این مسأله نیز در افزایش عملکرد دانه نیز می‌تواند تأثیر داشته باشد. رضوانی مقدم و مرادی (Rezvani Moghaddam & Moradi, 2012) در کشت مخلوط زیره‌سبز و شنبلیله گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه زیره‌سبز از تیمار ترکیبی *ازتو باکتر + آزوسپریلوم* حاصل شد. نقی‌زاده و همکاران (Naghizadeh et al., 2012) در کشت مخلوط ذرت و خلر بیان داشتند که بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی ذرت در کاربرد توأم کود زیستی و شیمیایی مشاهده شد. سلیم و همکاران (Saleem et al., 2011) ضمن بررسی کشت مخلوط ذرت با دو گونه از ماش (*Vigna radiata* L.) گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی ذرت از تیمار تلفیقی کود آلی + کود شیمیایی + کود زیستی به دست آمد.

تأثیر الگوی کاشت بر درصد اسانس و عملکرد اسانس معنی‌دار ($p\leq0/01$) شد (جدول ۲). درصد اسانس در تمامی تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بود. بیشترین درصد اسانس (۳/۴۷ درصد) و عملکرد اسانس (۲۶/۱۱ کیلوگرم در هکتار) از تیمار کشت

مخلوط نواری با نسبت ۴ ردیف زنیان+ ۲ ردیف شنبلیله و کمترین درصد اسانس (۲/۱۷ درصد) و عملکرد اسانس (۱۴ کیلوگرم در هکتار) از تیمار کشت خالص حاصل شد (جدول ۳). عملکرد اسانس برآیندی از عملکرد دانه و درصد اسانس دانه می‌باشد. بنابراین بالا بودن عملکرد اسانس در کشت مخلوط نواری با نسبت ۴ ردیف زنیان+ ۲ ردیف شنبلیله به دلیل بالا بودن عملکرد دانه و درصد اسانس در این تیمار بود. افزایش درصد اسانس در کشت مخلوط نسبت به تک کشتی را می‌توان به افزایش فراهمی نیتروژن از طریق تثبیت زیستی نیتروژن توسط شنبلیله نسبت داد. از آنجا که نیتروژن یکی از عناصر غذایی موثر بر میزان فعالیت آنزیم‌های فتوستزی گیاهان است (Ekrena et al., 2012)، چنین به نظر می‌رسد که وجود شرایط مناسب برای رشد بوته‌های زنیان از جمله فراهم شدن نیتروژن در شرایط مخلوط با شنبلیله، باعث بهبود رشد و فتوسنتز و به تبع آن افزایش میزان اسانس در مقایسه با کشت خالص شده است. علیزاده و همکاران (Alizadeh et al., 2012)، در بررسی کشت مخلوط لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) و ریحان (*Ocimum basilicum* L.) دریافتند که از نظر درصد اسانس بین تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما عملکرد اسانس در کشت خالص و کشت مخلوط چهار ریحان دو لوبیا در شرایط کنترل علف هرز بیشتر از همه تیمارها بود. راجسوارا (Rajsawara, 2002) در کشت مخلوط شمعدانی عطری (*Pelargonium* sp.) و نعناع دریافت که عملکرد اسانس نعناع با افزایش عرض نوار از ۶۰ به ۱۲۰ سانتی‌متر به دلیل کاهش عملکرد بیوماس این گیاه به طور معنی‌داری کاهش یافت، اما عملکرد اسانس شمعدانی عطری تحت تأثیر عرض نوار قرار نگرفت.

درصد اسانس دانه و عملکرد اسانس تحت تأثیر کود مصرفی ($p \leq ۰/۰۱$) قرار گرفت (جدول ۲) و تلفیق کود زیستی و شیمیایی سبب افزایش درصد اسانس نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۴). همچنین، تیمار تلفیقی کود زیستی با کود شیمیایی بیشترین و تیمار شاهد کمترین عملکرد اسانس را تولید کردند. میزان تشکیل مواد موثره گیاهان تحت تأثیر عوامل متعددی قرار می‌گیرد. نتایج برخی از تحقیقات نشان داده که کاربرد کودهای زیستی و فراهمی عناصر غذایی، باعث افزایش تولید اسانس شده است. به طور مثال، رضوانی مقدم و مرادی (Rezvani Moghaddam & Moradi, 2012) در کشت مخلوط زیره سبز و شنبلیله، به اثر مثبت استفاده از کود زیستی در افزایش عملکرد اسانس گیاه دارویی زیره سبز اشاره داشتند. اکبری‌نیا و همکاران (Akbarinia et al., 2003) گزارش کردند که بیشترین اسانس دانه زنیان در سیستم تغذیه تلفیقی کودهای شیمیایی و کود دامی به دست آمد. در تحقیق علیجانی و همکاران (Alijani et al., 2011)، بیشترین درصد و عملکرد اسانس گیاه دارویی بابونه (*Matricaria recutita* L.) از تیمار تلفیقی کود شیمیایی فسفر و کود زیستی فسفر بارور-۲ حاصل شد. رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2013) در یک بررسی روی مرزه نشان دادند که تیمار ترکیبی نیتراژین، حل‌کننده فسفات و ورمی کمپوست، درصد اسانس را به طور چشمگیری نسبت به شاهد افزایش داد.

نسبت برابری زمین (LER)

همانگونه که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، LER جزئی زنیان در تمامی تیمارها نسبت به شنبلیله بالاتر بود که نشان می‌دهد گیاه زنیان از کشت مخلوط با شنبلیله اثر مثبت پذیرفته است. بالاترین LER جزئی شنبلیله (۰/۸۷) و زنیان (۱/۱۶) از کشت مخلوط نواری با نسبت ۴ ردیف زنیان و ۲ ردیف شنبلیله به دست آمد (جدول ۵). LER جزئی در زنیان در تمامی تیمار ا بالاتر از شنبلیله بود که می‌توان چنین نتیجه گیری نمود که زنیان از کشت مخلوط با شنبلیله اثر مثبت پذیرفته است. LER جزئی زنیان در تیمارهای تلفیقی کود زیستی و شیمیایی مصرف کود نسبت به تیمار عدم کاربرد کود (شاهد) بالاتر بود. LER جزئی شنبلیله در تیمار عدم کاربرد کود (شاهد) نسبت به تیمار مصرف کود بیشتر بود. افزیش کود شیمایی به خصوص نیتروژن در مخلوط لگوم (شنبلیله) با غیرلگوم (زنیان) رقابت را به نفع گونه غیرلگوم افزایش می‌دهد و این امر در LER جزئی شنبلیله در تیمار عدم کاربرد کود (شاهد) و کود دهی قابل ملاحظه است. همچنین، با توجه به نیاز غذایی پایین شنبلیله، واکنش ضعیف گیاه شنبلیله به تیمارهای کودی مختلف، به نیاز کم این گیاه به عناصر غذایی که خود ناشی از خصوصیات ژنتیکی این گیاه می‌باشد. در تحقیق مشابهی نیز گزارش شد که ارقام محلی گیاهان زراعی دارای ظرفیت کودپذیری پایینی بوده و عملکردشان تحت تأثیر مصرف عناصر غذایی قرار نمی‌گیرد (Mohammad Abadi et al., 2012).

با توجه به نتیجه آزمایش نسبت برابری زمین کل در تمامی تیمارهای مخلوط بیشتر از یک بود که نشان دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به تک کشتی در این الگوهای کشت می‌باشد. کشت مخلوط نواری با نسبت ۴ ردیف زنیان + ۲ ردیف شنبلیله بالاترین نسبت برابری زمین کل را در بین الگوهای مختلف کشت مخلوط به خود اختصاص داد، اما با افزایش عرض نوارها میزان LER کاهش یافت (جدول ۵). علت کاهش LER با افزایش عرض نوارها احتمالا به دلیل کاهش اثرات تسهیل و تکمیل کنندگی دو گونه باشد. کشت مخلوط زمانی سودمند است که عملکرد دانه مخلوط، بیشتر از حداکثر محصول تک کشتی باشد. اضافه عملکرد به دست آمده را می‌توان به استفاده بهتر از منابع موجود توسط دو گیاه و اختلافات مورفولوژیک و فیزیولوژیک بین آنها و کمتر بودن علف هرز در سیتم کشت مخلوط نسبت داد (Hemayati et al., 2012). شاید بتوان بالا بودن LER از یک را به خاطر تثبیت و جذب نیتروژن در کشت مخلوط نسبت داد (Ghanbari-Bonjar & Lee, 2003). وقتی دو گونه در مجاورت هم رشد می‌کنند، هر دو گونه برای جذب عناصر غذایی در رقابت خواهند بود. اگر یکی از گونه‌ها دارای منبع دیگری مانند گره‌های تثبیت نیتروژن باشد، در این صورت فشار رقابتی کاهش می‌یابد. زیرا گونه لگوم در جذب نیتروژن موجود در خاک با گونه مجاور رقابت کمتری خواهد داشت. در نتیجه دو گونه به رقابت در مورد سایر منابع می‌پردازند (Vandermeer, 1989).

در کشت مخلوط لوبیا و گاوزبان، مقدار نسبت برابری زمین جزئی دو گونه با افزایش عرض نوار کاهش یافت (Koocheki et al., 2012). نتایج تحقیقات نامداری و محمودی (Namdari & Mahmoudi, 2012) نشان داد در بین نسبت‌های مختلف کشت مخلوط ارقام پاکوتاه و پابلند سویا بیشترین نسبت برابر زمین (LER= ۱/۳۹) مربوط به الگوی کاشت یک ردیفه بود. رضائی چیانه و همکاران (Rezaei-chianeh et al., 2010) در کشت مخلوط ذرت و باقلا (*Vicia faba* L.) مقدار LER را در تمام تیمارهای مخلوط بالاتر از یک گزارش کرده اند که این امر نشان دهنده برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص است. شایگان و همکاران (Shayagan et al., 2008) در کشت مخلوط ذرت با لوبیا، کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2010) در کشت مخلوط نواری ذرت و لوبیا، رضوانی‌مقدم و مرادی (Rezvani Moghaddam & Moradi,

جدول ۵- نسبت برابری زمین جزئی و نسبت برابری زمین کل برای عملکرد دانه زنیان و شنبلیله در تیمارهای کشت مخلوط

Table 5- Partial Land Equivalent Ratio and Land Equivalent Ratio (LER) for grain yields of Ajowan and Fenugreek at intercropping treatment

تیمار Treatment	۴ زنیان+۲ شنبلیله 4 Ajowan + 2 Fenugreek			۸ زنیان+۴ شنبلیله 8 Ajowan + 4 Fenugreek			۱۲ زنیان+۶ شنبلیله 12 Ajowan + 6 Fenugreek		
	شاهد	کود شیمیایی	تیمار تلفیقی	شاهد	کود شیمیایی	تیمار تلفیقی	شاهد	کود شیمیایی	تیمار تلفیقی
نسبت برابری زمین جزئی زنیان Partial Land Equivalent Ratio of ajowan	1.08	1.16	1.15	0.76	1.1	1.13	0.82	0.79	0.87
نسبت برابری زمین جزئی شنبلیله Partial Land Equivalent Ratio of Fenugreek	0.87	0.81	0.74	0.92	0.73	0.77	0.65	0.69	0.72
Total LER نسبت برابری زمین کل	1.95	1.97	1.89	1.68	1.83	1.9	1.47	1.48	1.59

2012) در کشت مخلوط زیره سبز و شنبلیله و لیلی و همکاران (et Lili al., 2012) در کشت مخلوط ذرت و نخود فرنگی نیز مقدار LER را بالاتر از یک گزارش کرده‌اند.

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج آزمایش حاضر نشان داد که عملکرد زنیان تحت تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط و نوع کود قرار گرفت. به طوری که با افزایش عرض نوار به دلیل کاهش اثرات تسهیل و تکمیل‌کنندگی دو گونه، عملکرد و LER کاهش پیدا کرد. در تیمارهای کشت مخلوط، زنیان گیاه غالب بود و از کشت مخلوط با شنبلیله اثر مثبت پذیرفت. به احتمال زیاد با حضور شنبلیله در کنار گیاه زنیان از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن سبب افزایش تولید دانه و اسانس زنیان گردید. در تحقیق حاضر کاربرد تغذیه تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی نیز توانست عملکرد و اجزای عملکرد دانه را بهبود ببخشد. بنابراین، چنین به نظر می‌رسد که استفاده از کودهای زیستی در کشت مخلوط یکی از راهکارهای مناسب برای دسترسی به عملکرد مطلوب با حداقل مصرف نهاده‌های خارجی است که در بلندمدت می‌تواند منجر به کاهش نیاز سیستم‌های زراعی به نهاده‌های شیمیایی شود.

منابع

Akbari, P., Ghalavand, A., and Modarres Sanavi, S.A.M. 2009. Effects of different nutrition systems (organic, chemical and integrated) and biofertilizer on yield and other growth traits of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Journal of Sustinable Agriculture and Prodution Science 1: 84-93. (In Persian with English Summary)

Akbarinia, A., Ghalavand, A., Sefidcon, F., Rezaee, M.B., and Sharifi, A. 2003. Study on the effect of different rates of chemical fertilizer, manure and mixure of them on seed yield and main, compositions of essential oil of ajowan (*Trachyspermum copticum*). Pajouhesh and Sazandegi 61: 32-41. (In Persian with English Summary)

Alijani, M., Amini Dehaghi, M., Malboobi, M.A., Zahedi, M., and Modares Sanavi, S.A.M. 2011. The effect of different levels of phosphorus fertilizer together with phosphate bio-fertilizer (Barvar II) on yield, essential oil amount and chamazulene percentage of *Matricaria recutita* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 3: 450-459. (In Persian with English Summary)

Alizadeh, Y., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2010. Yield, yield components and potential weed control of intercropping bean (*Phaseolus vulgaris*) with sweet basil (*Ocimum basilicum*). Iranian Journal of Field Crops Research 7: 541-553. (In Persian with English Summary)

Ayoola, O., and Makinde, T.E.A. 2011. Cassava/maize intercrop performance and soil nutrient changes with fertilizers. Journal of Agricultural Science 3: 136-140.

Ekrena S., Sonmez, C., Ozcakal, E., Kurttas, Y.S.K., Bayram, E., and Gurgulu, H. 2012. The effect of different irrigation water levels on yield and quality characteristics of purple basil (*Ocimum basilicum* L.). Agricultural Water Management 109: 155–161.

Ghanbari-Bonjar, A., and Lee, H.C. 2003. Intercropped wheat (*Triticum aestivum* L.) and bean (*Vicia faba* L.) as whole-crop forage: effect of harvest time on forage yield and quality. Grass and Forage Science 58: 28–36.

Hassanzadeh Aval, F., Koocheki, A., Khazaie, H.R., and Nassiri Mahallati, M. 2011. Effect of plant density on growth characteristics and yield of summer savory (*Satureja hortensis* L.) and Persian clover (*Trifolium resupinatum* L.) Intercropping. Iranian Journal of Field Crops Research 8: 920-929. (In Persian with English Summary)

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.

Hemayati, S., Siadat, A., and Sadeghzade, F. 2002. Evaluation of intercropping of two corn hybrids in different densities, Iranian. Journal of Agricultural Science 25: 73-87. (In Persian with English Summary)

Jahan, M., Nassiri Mahallati, M., Salari, M.D., and Ghorbani, R. 2010. The effects of time of manure application and different biological fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of *Cucurbita pepo* L. Iranian Journal of Field Crops Research 4: 726-737. (In Persian with English Summary)

Jahani, M., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2007. Comparison of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum*) and lentil (*Lens culinaris*). Iranian Journal of Field Crops Research 1: 67-78 (In Persian with English Summary)

Khorramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2010. Effect of biofertilizers on the yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 5: 768-776. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Feizi, H., Amirmoradi, S., and Mondani, F. 2010. Effect of strip intercropping of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) on yield and land equivalent ratio in weedy and weed free conditions. Agroecology 2: 225-235. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Shabahang, J., Khorramdel, S., and Amin Ghafouri, A. 2012. Row intercropping of borage (*Borago officinalis* L.) with bean (*Phaseolus vulgaris* L.) on possible evaluating of the best strip width and assessing of its ecological characteristics. Agroecology 4: 1-11. (In Persian with English Summary)

Lili, M., Zhang, L., Li, W., Werf, W.V., Sun, J., Spiertz, H., and Li, L. 2012. Yield advantage and water saving in maize/pea intercrop. Field Crops Research 138: 11–20.

Maeffei, M., and Mucciarelli, M. 2003. Essential oil yield in peppermint/ soybean strip intercropping. Field Crops Research 84: 229-240.

Majnoun Hosseini, N., and Davazdah Emami, S. 2007. Cultivation and production of certain herbs and spices. Tehran University Press, Theran, Iran 300 pp. (In Persian)

Mazaheri, D. 1998. Intercropping. (First Ed.) Tehran University Press, Theran, Iran 262 pp. (In Persian)

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. Journal of Agroecology 3: 491-499. (In Persian with English Summary)

Muyayabantu, G.M., Kadiata, B.D., and Nkongolo, K.K. 2013. Assessing the effects of integrated soil fertility management on biological efficiency and economic advantages of intercropped maize (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.) in DR Congo. American Journal of Experimental Agriculture 3: 520-541.

Naghizadeh, M., Ramroodi, M., Galavi, M., Siahsar, B., Heydari, M., and Maghsoodi, A. 2012. The effects of various phosphorus fertilizers on yield and yield components of maize and grass pea intercropping. Iranian Journal of Field Crop Sciences 2: 203-215 (In Persian with English Summary)

Namdari, M., and Mahmoudi, S. 2012. Evaluation of yield and productivity indices in planting ratios of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and canola (*Brassica napus* L.) intercropping. Iranian Journal of Field Crop Sciences 4: 346-357. (In Persian with English Summary)

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Beheshti, A. 2001. Agroecology. Ferdowsi University Mashhad Press, Mashhad, Iran 460 pp. (In Persian)

Nazeri, P., Kashani, A., Khavazi, K., Ardakani, M.R., Mirakhori, M., and Pour siah bidi, M. 2010. The effect of biofertilizer and phosphorus fertilizer banding with zinc on white bean (*Phaseolus vulgaris* L). Agroecology 2: 175-185. (In Persian with English Summary)

Omidbaigi, R. 2008. Production and Processing of Medicinal Plants. (5th Ed.). Astan Ghods Press, Mashhad, Iran Vol. III 397 pp. (In Persian)

Rajsawara, R.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. piperascens Malin. ex Holmes). Crop Production 16: 133-144.

Rezaei-chianeh, E., Dabbagh Mohammadi Nassab, A., Shakiba, M.R., Ghassemi-Golezani, K., and Aharizad, S. 2010. Evaluation of light interception and canopy characteristics in mono-cropping and intercropping of maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L). Agroecology 2: 437-447. (In Persian with English Summary)

Rezvani Moghaddam, P., Aminghafori, A., Bakhshaie, S., and Jafari, L. 2013.The effect of organic and biofertilizers on some quantitative characteristics and essential oil content of summer savory (*Satureja hortensis* L.). Agroecology 2: 105-112.

Rezvani Moghaddam, P., and Moradi, R. 2012. Assessment of planting date, biological fertilizer and intercropping on yield and essential oil of cumin and fenugreek. Iranian Journal of Field Crop Sciences 2: 217-230. (In Persian with English Summary)

Saeidnejad, A.H., Khazaei, H.R., and Rezvani Moghaddam, P. 2012. Assessing the effect of organic compounds, biofertilizers and chemical fertilizers on morphological properties, yield and yield components of forage sorghum (*Sorghum bicolor*). Iranian Journal of Field Crops Research 3: 503-510. (In Persian with English Summary)

Saleem, R., Zammurad, I.A., Ahmed, M., Muhammad, A., Muhammad, A.M., Muhammad, S., and Muhammad, A.K.

2011. Response of maize-legume intercroppoing system to different fertility sources under rained conditions. Sarhad Journal of Agriculture 4: 503-511.

Shaygan, M., Mazaheri, D., Rahimian Mashhadi, H., and Peyghambari, S.A. 2008. Effect of planting date and intercropping maize (*Zea mays* L.) and foxtail millet (*Setaria italica* L.) on their grain yield and weeds control. Iranian Journal of Crop Sciences 10: 31-46. (In Persian with English Summary)

Vandermeer, J.H. 1989. The Ecology of Intercropping, Cambridge. University Press, 297 pp.

Willey, R.W. 1990. Resource use in intercropping system. Journal of Agriculture and Water Management 17: 215-231.

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 3, Fall 2014, p. 595-606

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 3، پاییز 1393، ص. 606-595

اثر روش‌های مختلف کاربرد کودهای سبز، دامی و زیستی بر پویایی نیتروژن در خاک، برگ و دانه ذرت (*Zea mays* L.)

علی اصغر مومنی[1]، محمد علی بهمنیار[2] و همت‌اله پیردشتی[3*]

تاریخ دریافت:1392/06/25
تاریخ پذیرش:1393/12/02

چکیده

جهت بررسی کاربرد جداگانه و تلفیقی کودهای سبز، دامی و زیستی بر پویایی نیتروژن خاک و گیاه ذرت (*Zea mays* L.)، رقم سینگل کراس 704، پژوهشی به صورت کرت‌های دوبار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. عامل اصلی نوع کود سبز در سه سطح [شاهد، شبدر برسیم (*Trifolium alexandrinum* L.)، و جو (*Hordeum vulgare* L.)]، مدیریت بقایا به عنوان عامل فرعی در سه سطح (برداشت کامل، نصف برداشت و برگردان کامل) و نوع کود به عنوان عامل فرعی فرعی در هفت سطح (1- شاهد 2- کود شیمیایی توصیه شده (NPK) شامل اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم به ترتیب به میزان 250، 150 و 100 کیلوگرم در هکتار 3- نصف کود شیمیایی 4- 15 تن کود دامی در هکتار + نصف کود شیمیایی 5- کود زیستی + نصف کود شیمیایی 6- 15 تن کود دامی در هکتار + کود زیستی 7- نصف NPK + 15 تن کود دامی در هکتار + کود زیستی) در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که کاربرد کود سبز (شبدر و جو) افزایش 23 درصدی میزان نیتروژن خاک را به همراه داشت. با این وجود میزان نیتروژن برگ (15 درصد)، نیتروژن جذب شده توسط دانه (12 درصد) و عملکرد دانه (13 درصد) در کاربرد کود سبز شبدر نسبت به جو افزایش بیشتری داشت. همچنین تیمارهای کود دامی به همراه نصف کود شیمیایی، کود زیستی به همراه نصف کود شیمیایی و نیز تلفیق کودهای دامی، زیستی و نصف کود شیمیایی پویایی نیتروژن در خاک را نسبت به تیمار کود شیمیایی کامل به میزان 32/9 درصد افزایش دادند.

واژه‌های کلیدی: پویایی نیتروژن خاک، تیمارهای کودی، مدیریت بقایا

مقدمه

در دهه‌های گذشته، بدلیل مصرف کودهای شیمیایی، مسائل زیست‌محیطی متعددی از جمله انواع آلودگی های آب و خاک و مشکلاتی در خصوص سلامتی انسان و دیگر موجودات زنده به وجود آمده است. بر این مبنا، توسعه کشاورزی پایدار با کاربرد نهاده کافی و جایگزینی کودهای آلی، به ویژه کودهای زیستی جهت تولید عملکرد قابل قبول مطرح گردیده است (Jahan & Nassiri, 2007). استفاده از چنین کودهایی در مقایسه با کودهای شیمیایی، شاید در کوتاه مدت موجب افزایش چشمگیر عملکرد نشود اما پایداری و ثبات عملکرد نظام‌های زراعی را در پی خواهد داشت (Yadvinder et al., 2004; Jahan & Nassiri, 2007). پژوهش‌های انجام‌شده در این زمینه نشان می‌دهد که با کاربرد توأم کودهای شیمیایی و دامی، علاوه بر کاهش میزان مصرف کودهای شیمیایی و بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، عملکرد دانه ذرت بهتری حاصل می‌شود، زیرا این سیستم اکثر نیازهای غذایی گیاه را تأمین کرده و کارایی جذب مواد غذایی توسط گیاه را افزایش می‌دهد (Majidian et al., 2008). همچنین یزدانی و همکاران (Yazdani et al., 2010) گزارش کردند که کاربرد کودهای زیستی در زراعت ذرت (*Zea mays* L.) با بهبود قابلیت جوانه‌زنی و رشد و نمو ریشه اولیه و گیاهچه در افزایش عملکرد و در نتیجه توسعه این زراعت نقش قابل‌ملاحظه‌ای داشت.

از سوی دیگر تحقیقات زیادی درباره اثرات منفی کودهای

1 و 2- به ترتیب کارشناس ارشد و استاد گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
3- دانشیار گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(*- نویسنده مسئول: Email: h.pirdashti@sanru.ac.ir)

شیمیایی به همراه اثرات مثبت کودهای آلی در خـاک و گیـاه انجـام شده که ازجمله آنها می‌توان به تأثیر اسـتفاده بـی‌رویـه از کودهـای شیمیایی در کاهش مواد آلی و نامطلوب شدن خصوصـیات فیزیکـی خاک اشاره نمود (Rezvantalab et al., 2008). این در حالی اسـت که بکارگیری کودهای آلی با افزایش ماده آلی خاک، موجب تقویـت خصوصیات خاکدانه‌ای خاک، فعالیت میکروبی، کیفیت خاک، باروری محصول و ظرفیت نگهداری عناصر غـذایی نظیـر نیتـروژن، فسـفر، پتاسیم، آهن و روی در خاک می‌شود (Wei & Liu, 2005; Jahan & Nassiri, 2007). کود سبز عـلاوه بـر بهبـود سـاختمان خـاک و تمرکز عناصر غذایی در سطح خاک (Cherr et al., 2006) به عنوان مهمترین منبع جهت فعالیت باکتریائی عمل کرده و باکتری‌ها در این شرایط از کارایی بالاتری برخوردار بوده‌اند (Orhan et al., 2006).

در نظام تغذیه ارگانیک، مواد غذایی مورد نیاز گیاه در اثر معدنی-شدن کود فراهم می‌شود، که به نظر می‌رسد با توجه به نتایج ویلیام و همکاران (Wilhelm et al., 2007) پس از طی حدود پنج ماه از بـه زیر خاک بردن کود سبز، معدنی شدن نیتروژن انجام گرفته و عناصر غذایی به اندازه کافی در دسترس گیاه قرار می‌گیرند. با این وجود به-علت عدم توسعه ریشه‌ها و سرعت کم معدنی‌شـدن در مراحـل اولیـه رشد، دسترسی ریشه به عناصر غذایی محدود است و با پیشرفت رشد این محدودیت کاهش می‌یابد. از طرف دیگر کود آلی عناصر غـذایی گیاه را تا مراحل نهایی رشد فراهم نموده و در نتیجه عملکرد گیـاه را افـزایش مـی‌دهـد (Fallah et al., 2007). در ایـن زمینـه داس و همکاران (Das et al., 2007) نیز با بررسی تـأثیر کـود زیسـتی بـر زیست‌توده و میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاه دارویـی اسـتویا (*Stevia rebaudiana* Bert.) افزایش معنی‌دار آن را گزارش نمودند.

عوامل خاکی و اقلیمی متعددی از جمله میزان کل عنصر، pH، درصد آهک، مواد آلی، رس، فعالیت میکروبی، رژیم رطـوبتی خـاک، دمای خاک، غلظت یون بیکربنات و برهمکنش سایر عناصر بر قابلیت جذب عناصر توسط گیـاه تـأثیر دارد (Six et al., 1998). در همـین زمینه نسبت کربن به نیتروژن در کودهای آلی اثر زیادی بر عملکـرد ذرت دارد و با کاهش نسبت کربن به نیتروژن عملکرد به طور قابل-ملاحظه‌ای افزایش می‌یابـد (Rezaei Nejad & Afuni, 2001). از سوی دیگر کوددهی فراوان بدون افزودن ماده آلی بـه خـاک سـبب می‌گردد که نسبت کربن به نیتروژن، فسـفر و گـوگرد در مـاده آلـی موجود خاک کاهش یافته و هوموس موجـود در خـاک سـریعاً مـورد مصـرف قـرار گیـرد و بـه فقـر مـواد آلـی در خـاک افـزوده شـود (Malakouti & Gheibi, 2004). با توجـه بـه آبشـویی نیتـرات در مناطق مرطوب و افزایش غلظت آن در آب‌هـای زیرزمینـی، تصـعید آمونیاک و دنیتریفیکاسیون در شرایط غرقابی (Fageria & Baligar, 2005)، جهت صرفه‌جویی و افزایش کارایی مصرف کودهای حـاوی نیتروژن، استفاده از باکتری‌های محرک رشد که تثبیت‌کننده نیتروژن بوده و می‌توانند در طول رشد گیاه، نیتروژن را تثبیت و در اختیار گیاه قرار دهند، مناسب به نظر می‌رسد (Zaidi & Mohammad, 2006). در مطالعه‌ای نشان داده شد که اضافه‌کردن کود گاوی به خاک، سبب افزایش عملکرد دانه و علوفه می‌شـود (Rezaei Nejad & Afuni, 2001). در کنار موارد ذکر شده فوق، مبنی بر تقویت حاصلخیزی و باروری خاک، تأمین نیازهای غذایی سالم و غنی‌تر، عملکرد بیشتر و به‌دور از آلودگی محـیط زیسـت، موجـب شـده تـا ایـن پـژوهش در خصوص نقش کودهای سبز، دامـی و زیسـتی بـر میـزان و پویـایی نیتروژن خاک، برگ و دانه ذرت طراحی و اجرا گردد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت کرت‌های دو بار خردشده در قالـب طـرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعـه پژوهشـی دانشـگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی سـاری در مختصـات ´4 °53 طـول شرقی و ´39 °36 عرض شمالی، ارتفاع 9- متر از سطح دریای آزاد در سال زراعی 88-1387 به اجـرا درآمـد. میـانگین دمـا و مجمـوع بارندگی محل اجرای آزمایش در طول دوره کاشت تـا برداشـت ذرت (اردیبهشت تا آبان) به‌ترتیب 25 درجه سانتی‌گراد و 64/3 میلـی‌متـر بود. رقم مورد کشت ذرت رقم هیبرید سینگل‌کراس 704 دومنظوره از گروه دیررس با قدرت سازگاری بسیار خوب بود که در سطح وسیعی از شرایط آب و هـوایی کشـت مـی‌گـردد (Estakhr & Chougan, 2006). عامل اصلی نوع کود سبز در سه سطح شاهد، شـبدر برسـیم (توده بومی) و جو (رقم صحرا) و مدیریت بقایا به عنوان عامل فرعی در سه سطح (برداشت کامل، نصف برداشت و برگردان کامل) و عامل فرعی فرعی نیز نوع کود در هفت سطح (1- شاهد یا بدون کودهای شیمیایی و آلی، 2- کود شیمیایی توصیه شـده (NPK) شـامل اوره، سوپرفسفات‌تریپل و سولفات پتاسیم به‌ترتیب بـه‌میـزان 250، 150 و 100 کیلوگرم در هکتار، 3- نصف کود شیمیایی توصیه شده (NPK)، 4- 15 تن کود دامی (FM) در هکتار + نصف کود شیمیایی، 5- کود

زیستی نیتروکسین (شرکت فن‌آوران زیستی مهر آسیا) به‌مقدار یک - لیتر در هکتار (BF) + نصف کود شیمیایی توصیه شده 6- 15 تن کود دامی در هکتار + کود زیستی و 7- نصف کود شیمیایی + 15 تن کود دامی در هکتار + کود زیستی) در نظر گرفته شد. ابتدا مزرعه به سه قطعه 500 متر مربعی تقسیم و یک نمونه مرکب خاک تهیه و میانگین برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مهم آن تعیین که به همراه خصوصیات کود دامی (گوسفندی) مورد استفاده در جدول 1 آمده است.

در آبان‌ماه 1388 در دو قطعه 500 متر مربعی گیاه شبدر و جو کشت و شبدر در مرحله حداکثر رشد رویشی و جو در مرحله سنبله رفتن میزان عملکرد علوفه تعیین و در همین زمان (فروردین‌ماه سال 89) کل کودهای سبز کف‌بر شده و کودهای سبز به میزان چهار تن در هکتار (ماده خشک) در تیمار کامل زیر خاک و در تیمار نصف برداشت به میزان دو تن در هکتار توسط دستگاه روتاری برگردانده شدند. برای تیمار شاهد نیز یک بلوک به‌صورت جداگانه و بدون کشت در نظرگرفته شد. پس از آماده‌سازی زمین تیمارهای طرح اعمال گردید. کود زیستی نیتروکسین حاوی مجموعه‌ای از مؤثرترین سوش‌های باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و محرک رشد از جنس-های *Azotobacter* و *Azospirilium* و همچنین باکتری‌های حل-کننده فسفات از جنس *Pseudomonas* می‌باشد که با بذرها به-صورت بذرمال به مقدار یک لیتر در هکتار تلقیح‌شده و بلافاصله نسبت به کشت ذرت رقم سینگل کراس 704 اقدام گردید. کشت به-صورت هیرم‌کاری به فواصل 70 سانتی‌متر و فاصله بذور روی ردیف-ها 20 سانتی‌متر در اواسط خرداد ماه صورت گرفت. جهت مبارزه با علف‌های هرز در مرحله هشت برگی عملیات وجین و به منظور مبارزه با کرم ساقه‌خوار نیز از حشره کش فسفره دیازینون 60% در دو مرحله استفاده گردید.

در مرحله تاسل‌دهی نمونه‌گیری از برگ بالا و پایین بلال انجام شد. در پایان فصل رشد (رسیدگی فیزیولوژیکی) نیز با حذف اثرات حاشیه‌ای، نمونه‌هایی از وسط هر کرت در سطح نیم متر مربع انتخاب و از برگ بالا و پائین بلال نمونه‌گیری و همچنین عملکرد دانه تعیین شد. پس از برداشت ذرت از خاک سطحی (30- 0 سانتی‌متر) در هر کرت نمونه‌برداری صورت گرفت.

نمونه‌های گیاهی پس از شستشو و از دست دادن آب، داخل پاکت‌های کاغذی انتقال داده شد و در آون به مدت 48 ساعت در دمای 72 درجه خشک و سپس برای انجام تجزیه‌های گیاهی پودر شدند. برای نیتروژن کل خاک و گیاه، نمونه‌ها توسط اسید سولفوریک غلیظ و قرص حاوی یک و نیم گرم K_2SO_4 و 0/15 گرم $CuSO_4.4H_2O$ هضم شد و سپس قرائت با دستگاه Kjeltec 2300 Analyzer انجام گرفت. برای محاسبه میزان نیتروژن جذب شده توسط دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار، مقدار نیتروژن دانه (درصد) در عملکرد تیمار مربوطه ضرب شده و همچنین برای تعیین درصد پروتئین دانه، مقدار نیتروژن دانه در عدد 6/25 ضرب گردید (Ali Ehyaie, 1997).

جدول 1- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه محل آزمایش و کود دامی مورد استفاده

Table 1- Some physical and chemical properties of soil in field studied and manure used on the farm

بافت خاک Soil Texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی-زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	درصد مواد خنثی‌شونده T.N.V (%)	نسبت کربن/ نیتروژن C/N	کربن آلی O.C درصد (%)	درصد نیتروژن N درصد (%)	فسفر P	پتاسیم K	تیمار Treatment
							میلی گرم بر کیلوگرم ($mg.kg^{-1}$)		
رس سیلتی Silty Clay	7.39	1.02	25.20	8.68	1.65	0.19	9.62	252.4	خاک (عمق 30-0 سانتی‌متر) Soil (depth 0-30)
-	7.75*	3.75*	-	4.26	20.47	4.81	1013.3	3989.5	کود دامی (گوسفندی) farmyard manure (sheep)

* در نسبت 5:1 می‌باشد.

* In 1:5 ratio

در این آزمایش داده‌ها با استفاده از نـرم‌افـزار SAS نسـخه 9/1 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و برای مقایسه میانگین‌هـا از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نیتروژن خاک

براساس جدول تجزیه واریانس (جدول 2) تنها اثـر سـاده کـود سبز و تیمار کودی بر درصد نیتروژن خاک معنی‌دار بود. همان‌طور که در شکل 1 مشاهده می‌شود مصرف کود سبز (جو و شبدر) با افـزایش 23 درصدی نیتروژن خاک نسبت به تیمار شاهد (عدم استفاده از کود سبز) برتری نشان داد.

بیشترین میزان نیتروژن خاک در تیمارهـای کـود زیسـتی (BF) همراه با کود دامی و نصف کود شیمیایی حاصل شـد کـه بـه همـراه تیمارهای کود دامی (FM) + کود زیستی و نصف کـود شـیمیایی + کود دامی در یک گروه آماری قرار گرفتند و نسـبت بـه نصـف کـود شیمیایی و شاهد به‌ترتیب 34/7 و 37/3 درصد بیشتر بود (شـکل 2). اضافه نمودن اندام گیاهی در بستر با مقادیر مختلف موجب گردید که فراهمی مقدار نیتروژن خاک به میزان قابل توجهی افزایش یابد و این نیتروژن کل خاک در کشت بعدی قابل استفاده نخواهد بود. رضایی و فانی (Rezaei & Afuni, 2001) نیز در بررسی خود گزارش کردنـد که کاربرد کودهای آلی باعث افزایش معنی‌دار مواد آلی خاک و قابلیت جذب نیتروژن خاک می‌شود.

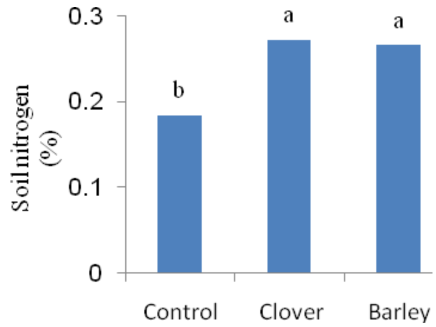
جدول 2- جدول تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر کود سبز، دامی و زیستی بر میزان پویایی نیتروژن در خاک و اندام‌های گیاه ذرت، پروتئین دانه، نیتروژن جذب شده توسط دانه و عملکرد دانه ذرت

Table 2- Variance analysis (mean square) for green and farmyard manure and biofertilizers effect on nitrogen dynamics in soil, grain protein and organs of corn, nitrogen uptake and grain yield.

منبع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	نیتروژن خاک Nitrogen of soil	نیتروژن برگ Nitrogen of Leaf تاسل‌دهی Tasselling	 برداشت Harvesting	پروتئین دانه Protein of seed	نیتروژن جذب شده توسط دانه Nitrogen accumulation in grain	عملکرد دانه Grain yield
بلوک Block	2	0.005	0.041	0.002	0.766	124.2	0.665
کود سبز (M) Green manure (M)	2	0.039**	3.077**	0.383**	3.829^{ns}	19097**	82.220**
خطای a Error a	4	0.002	0.146	0.008	1.048	566.9	0.693
مدیریت بقایا (T) Residues management (T)	2	0.012^{ns}	1.133^{ns}	0.562*	0.535^{ns}	1469.8^{ns}	3.485^{ns}
M×T	4	0.001^{ns}	0.137^{ns}	0.067^{ns}	2.180^{ns}	852^{ns}	1.468^{ns}
خطای b Error b	12	0.004	0.327	0.095	1.823	1653	2.523
نوع کود (F) Manure Type (F)	6	0.032**	0.345**	0.095**	0.498^{ns}	3122.4**	15.131**
M×F	12	0.001^{ns}	0.158^{ns}	0.039*	0.638^{ns}	671.6^{ns}	2.656^{ns}
T×F	12	0.0005^{ns}	0.194^{ns}	0.033^{ns}	0.531^{ns}	1275.9**	5.857**
M×T×F	24	0.0006^{ns}	0.180^{ns}	0.048**	0.526^{ns}	1384.3**	5.699*
خطای b Error b	108	0.0009	0.114	0.018	0.423	507.2	1.826
ضریب تغییرات (%) CV (%)		12.19	12.60	13.95	8.18	17.71	13.61

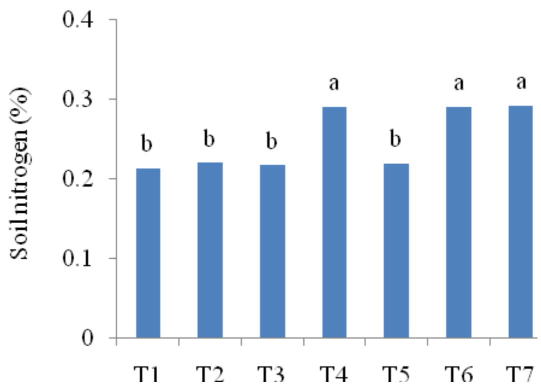
**، * و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد و عدم تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهد.

**,* and ns: significant at 1 and 5 probability levels and non significant, respectively.



شکل 1- مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف کود سبز بر میزان نیتروژن خاک

Fig. 1- Mean comparison for the effect of green manure on soil nitrogen content



شکل 2- مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف تیمار کودی بر میزان نیتروژن خاک

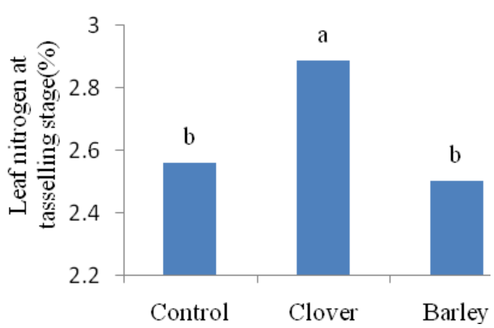
Fig. 2- Mean comparison for the effects of different fertilizer treatments on soil nitrogen

T_1: شاهد، T_2: NPK، T_3: نصف NPK، T_4: کود دامی+ نصف NPK، T_5: کود زیستی + نصفNPK، T_6: کود دامی+ کود زیستی و T_7: کود زیستی+ کود دامی+ نصف NPK

T_1=control, T_2=NPK, T_3=50% NPK, T_4=FM+50% NPK, T_5=BF+50% NPK, T_6=BF+FM and T_7=BF+FM+50% NPK

نیتروژن برگ در مرحله تاسل‌دهی

نتایج تجزیه واریانس (جدول 2) نشان داد که تنها اثر ساده کود سبز و تیمارکودی بر میزان نیتروژن برگ در مرحله تاسل‌دهی معنی‌دار بود و بیشترین مقدار نیتروژن برگ مرحله تاسل‌دهی به میزان 2/89 درصد مربوط به کاربرد کود سبز شبدر می‌باشد که به ترتیب 12/8 و 15/4 درصد بیشتر از تیمار شاهد و کود سبز جو بود (شکل 3).



شکل 3- میانگین نیتروژن برگ در مرحله تاسل‌دهی گیاه ذرت در سطوح مختلف کود سبز

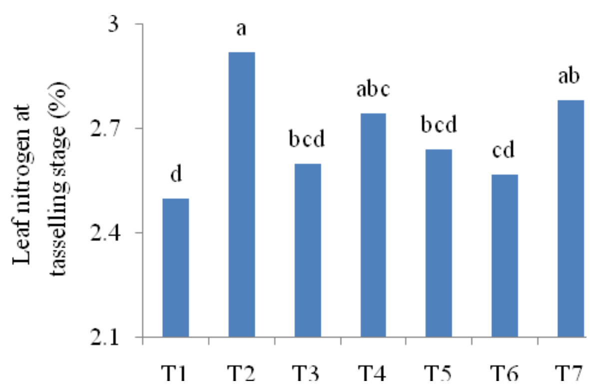
Fig. 3- Mean of nitrogen in corn levels at corn tasselling stage at different levels of green manure

همچنین در بررسی تأثیر نوع کاربرد کود مشخص شد که بیشترین درصد نیتروژن برگ گیاه در مرحله تاسل‌دهی مربوط به مصرف کود شیمیایی کامل، کود زیستی همراه با نصف کود شیمیایی و ترکیب کود دامی و زیستی به همراه نصف کود شیمیایی بود (شکل 4). بنابر اظهارات مجیدیان و همکاران (Majidian et al., 2008) کاربرد کود دامی مایع به همراه کود شیمیایی (معادل 50 کیلوگرم در هکتار) به‌طور قابل‌توجهی راندمان جذب نیتروژن و عملکرد گندم پاییزه (*Triticum aestivum* L.) را افزایش داد. همچنین محمدیان (Mohammadian, 1999) در ارزیابی تبدیل باگاس نیشکر و پوسته برنج به کود بیولوژیک و بررسی تأثیر آن‌ها در عملکرد ذرت، گزارش نمود که کمپوست باعث افزایش نیتروژن برگ ذرت گردیده است. در مطالعه اثر مقادیر و انواع مختلف کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف برنج (*Oryza sativa* L.) نیز گزارش گردید که بیشترین غلظت نیتروژن برگ پرچم برنج در مرحله گلدهی در تیمار تلفیق کود آلی به علاوه 50 درصد کود شیمیایی بدست آمد (Naghavi, 1999).

نیتروژن برگ در مرحله برداشت

اثر ساده کود سبز، تیمار کودی و اثر متقابل کود سبز، مدیریت بقایا و تیمار کودی بر درصد نیتروژن برگ مرحله برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و اثر ساده مدیریت بقایا و اثر متقابل کود سبز در تیمار کودی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول 2). بر این اساس بالاترین مقدار نیتروژن برگ در مرحله برداشت به‌میزان 1/38 درصد مربوط به زمانی بوده که بقایای کود سبز (جو و شبدر) برگردان کامل شدند (شکل 5). البته تیمار برداشت نصف کود سبز از مزرعه نسبت به دو تیمار دیگر اثر بینابینی داشت. در همین راستا ژائو و همکاران (Zhao et al., 2008) اظهار داشتند که برگشت بقایای گندم به خاک با بهبود شرایط تهویه و تنفس خاک و فعالیت میکروارگانیسم‌ها در محل ریزوسفر موجب بهبود تغذیه و عملکرد ذرت گردید.

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل کود سبز و تیمار کودی (جدول 3) نشان می‌دهد که بیشترین تأثیر تیمار کودی بر نیتروژن برگ در مرحله برداشت به استفاده از کود سبز شبدر با تیمار نصف کود شیمیایی تعلق داشت که با تیمارهای کود شیمیایی کامل، نصف کود شیمیایی + کود زیستی و کود زیستی همراه با نصف کود شیمیایی و کود دامی اختلاف معنی‌داری نداشت، اما با کاربرد کود سبز جو کودهای زیستی و دامی نتوانستند مقدار نیتروژن برگ مرحله برداشت را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش دهند که در این حالت در تیمار کود شیمیایی کامل مقدار نیتروژن برگ بیشتر بوده که با بقیه تیمارها غیر از نصف کود شیمیایی+ کود دامی تأثیر مشابهی داشت.

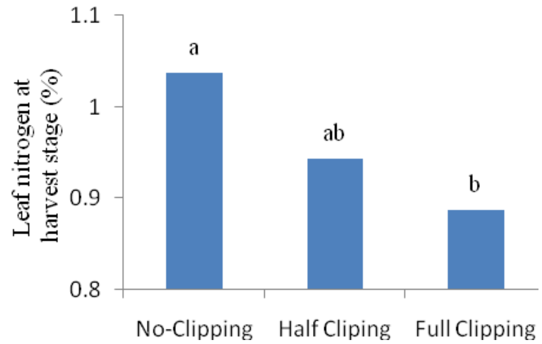


شکل 4- میانگین نیتروژن برگ مرحله تاسل‌دهی گیاه ذرت در سطوح مختلف تیمار کودی

Fig. 4- Mean of leaf nitrogen in corn tasselling stage at different levels of nitrogen fertilizer treatments

T_1: شاهد، T_2: NPK، T_3: نصف NPK، T_4: کود دامی+ نصف NPK، T_5: کود زیستی + نصفNPK، T_6: کود دامی+ کود زیستی و T_7: کود زیستی+ کود دامی+ نصف NPK

T_1=control, T_2=NPK, T_3=50% NPK, T_4=FM+50% NPK, T_5=BF+50% NPK, T_6=BF+FM and T_7=BF+FM+50% NPK



شکل 5- اثر تیمارهای مختلف مدیریت بقایا بر میزان نیتروژن برگ ذرت در مرحله برداشت

Fig. 5- Effect of different management treatments of plant residues on nitrogen content in corn leaf at harvesting stage

جدول 3- مقایسه میانگین اثرات متقابل کود سبز و تیمار کودی بر میزان نیتروژن برگ (درصد) گیاه ذرت در مرحله برداشت

Table 3- Mean comparison of interaction effects of green manure and fertilizer treatments on leaf nitrogen content (%) of maize at harvesting stage

	کود Fertilizer						
کود سبز Green manure	شاهد Control	NPK توصیه شده Recommended NPK	نصف NPK 50% NPK	نصف NPK + کود دامی 50% NPK + farmyard manure	نصف NPK + کود زیستی 50% NPK + biofertilizer	کود دامی + کود زیستی Farmyard manure + biofertilizer	نصف NPK + کود دامی + کود زیستی 50% NPK + farmyard manure + biofertilizer
شاهد Control	0.873^{e}	1.017^{abc}	0.753^{e}	0.720^{e}	0.967^{bc}	1.037^{abc}	0.967^{bc}
جو Barley	0.968^{bc}	1.013^{abc}	0.931^{bc}	0.801^{de}	1.001^{abc}	0.949^{bc}	1.006^{abc}
شبدر Clover	0.916^{cd}	1.038^{abc}	1.104^{a}	0.963^{bc}	1.042^{ab}	0.969^{bc}	1.028^{abc}

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال 5% براساس آزمون LSD ندارند.

In each column, means followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ according to LSD test.

در تیمار عدم استفاده از کود سبز (شاهد) استفاده از کود دامی همراه با کود زیستی به همراه تیمار کود شیمیایی کامل مقدار نیتروژن بیشتری را به‌همراه داشت. به دلیل تاخیر در تجزیه اندام‌های گیاهی برگردانده شده مقدار نیتروژن اندام گیاهی تحت تأثیر کودهای دامی چندان افزایش نداشت، اما کاربرد کودهای شیمیایی همراه با کود سبز موجب تجزیه سریع‌تر اندام‌های گیاهی شد که آن نیز تجزیه نیتروژن خاک و جذب اندام‌های گیاه مؤثر بوده است.

پروتئین دانه

کاربرد کود سبز، مدیریت بقایا و تیمار کودی و اثر متقابل آنها برای پروتئین دانه معنی‌دار نبوده است (جدول 2). در سطوح کود سبز میزان پروتئین دانه گستره‌ای از 7/69 درصد در تیمار شاهد (عدم استفاده از کود سبز) تا 8/18 درصد در تیمار کود سبز شبدر داشت. همچنین در سطوح مختلف مدیریت بقایا تیمارهای برگردان کامل و نصف برداشت کود سبز [شبدر (*Trifolium alexandrinum* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.)]نتوانستند درصد پروتئین دانه را نسبت به برداشت کامل کودهای سبز افزایش دهند. همچنین در سطوح مختلف تیمار کودی مقدار درصد پروتئین دانه ذرت در تیمار کود زیستی همراه با نصف کود شیمیایی و کود دامی بالاتر بود که نسبت به شاهد به میزان 5/6 درصد بیشتر شد و بقیه تیمارها بجز شاهد با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند. مقدار پروتئین در این تیمارها به‌ترتیب به‌میزان 28/7 و 38/6 درصد بیشتر از کود شیمیایی و شاهد بود. در این راستا، نظارت و غلامی (Nezarat & Gholami, 2009) اظهار داشتند که تلقیح بذر ذرت رقم 647 با باکتری *آزوسپیریلوم*، به دلیل

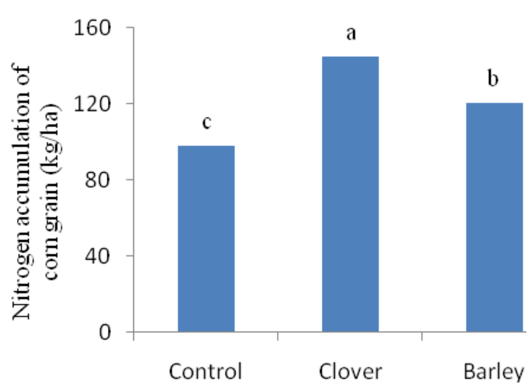
ترشح هورمون‌ها و افزایش رشد ریشه و جذب عناصر توسط باکتری، موجب افزایش 35 درصدی مقدار نیتروژن بذر این گیاه گردید.

نیتروژن جذب شده توسط دانه

براساس جدول تجزیه واریانس (جدول 2) اثر ساده کود سبز و تیمار کودی و اثر متقابل مدیریت بقایا و تیمار کودی و همچنین اثر متقابل کود سبز، مدیریت بقایا و تیمار کودی بر میزان نیتروژن جذب شده توسط دانه در سطح یک درصد معنی دار بود. با توجه به شکل 6 بیشترین تأثیر کود سبز بر نیتروژن جذب شده توسط دانه مربوط به کود سبز شبدر به میزان 144/3 کیلوگرم در هکتار می باشد که نسبت به تیمار شاهد و کود سبز جو به‌ترتیب 47/3 و 12/2 درصد بیشتر است. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل مدیریت بقایا و تیمار کودی (جدول 4) نشان می‌دهد که بهترین تأثیر تیمار کودی برای نیتروژن جذب شده توسط دانه زمانی بود که کرت‌های دارای کودهای سبز (شبدر و جو) به طور کامل برگردان شده و در آنها کود زیستی همراه با نصف کود شیمیایی و کود دامی مصرف شد. هنگامی که نصف کود سبز از مزرعه برداشت شد، نتیجه بهتر در تیمار کود زیستی همراه با نصف کود شیمیایی و کود دامی به‌همراه تیمار نصف کود شیمیایی + کود زیستی بود که نسبت به شاهد حدود 48 درصد بیشتر شد. زمانی که کود سبز (جو و شبدر) به‌طور کامل از مزرعه برداشت شدند، تیمار کود شیمیایی کامل به‌همراه کود دامی+ کود زیستی، مقدار نیتروژن جذب شده توسط دانه بیشتری داشت هر چند تأثیر آن با بقیه تیمارها بجز نصف کود شیمیایی و شاهد مشابه بود. در این راستا، آستیر و همکاران (Astier et al., 2006) در بررسی تأثیر کاربرد کوتاه‌مدت کودهای سبز ماشک (*Vicia sativa* L.) و یولاف (*Avena sativa* L.) بر خصوصیات خاک و عملکرد ذرت گزارش کردند که برگشت بقایای کود سبز ماشک به‌طور قابل توجهی میزان نیتروژن و فسفر بذر را افزایش داد. همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهد که مصرف کودهای آلی (دامی و سبز) با افزایش میزان نیتروژن خاک سبب افزایش مقدار نیتروژن دانه نسبت به شاهد گردیده است (Wilhelm, 2008). گزارش‌های زیادی نشان می‌دهد که استفاده از کودهای زیستی، بالاترین کارایی و بازدهی را از نظر تولید عوامل محرک رشد گیاه و فراهم‌سازی عناصر غذایی به شکل قابل جذب، دارا هستند (Fageria et al., 2005). نتایج بررسی بیاری و همکاران (Biari et al., 2005) نیز نشان داد که تلقیح ذرت با *ازتوباکتر* موجب شد تا مقدار نیتروژن در دانه در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافت.

عملکرد دانه

اثر ساده کود سبز و تیمار کودی و اثر متقابل مدیریت بقایا و تیمار کودی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و اثر متقابل کود سبز، مدیریت بقایا و تیمار کودی بر عملکرد دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول 2). با توجه به شکل 7 بیشترین تأثیر کود سبز بر عملکرد دانه مربوط به کود سبز شبدر به میزان 10/93 تن در هکتار می‌باشد که نسبت به تیمار شاهد و کود سبز جو به ترتیب 43/1 و 13 درصد بیشتر است.



شکل 6- مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف کود سبز بر میزان نیتروژن جذب شده توسط دانه گیاه ذرت

Fig. 6- Mean comparison for the effects of different levels of green manure on nitrogen accumulation in corn grain

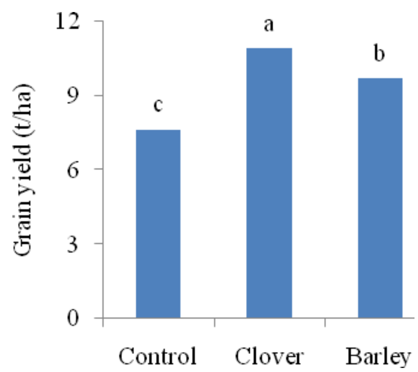
جدول 4- مقایسه میانگین اثرات متقابل مدیریت بقایا و تیمار کودی بر میزان نیتروژن جذب شده توسط دانه ذرت (کیلوگرم در هکتار)

Table 4- Mean comparison of interaction effects of residue management and fertilizer treatments on nitrogen accumulation in corn grain ($kg.ha^{-1}$)

مدیریت بقایا Residues management	کود Fertilizer: شاهد Control	NPK توصیه شده Recommended NPK	نصف NPK 50% NPK	نصف NPK + کود دامی 50% NPK + farmyard manure	نصف NPK + کود زیستی 50% NPK + biofertilizer	کود دامی + کود زیستی Farmyard manure + biofertilizer	نصف NPK + کود دامی + کود زیستی 50% NPK + farmyard manure + biofertilizer
برداشت کامل Full clipping	98.97^{g}	137.2^{bcd}	106.6^{fg}	120.4^{def}	130.3^{cde}	134.4^{bcd}	131.6^{cd}
نصف برداشت Half clipping	97.36^{g}	130.1^{cde}	117.8$^{d.g}$	120.7^{def}	144.3^{abc}	121.9^{def}	144.4^{abc}
کامل زیر خاک No-clipping	109.2^{efg}	132.9^{cd}	148.3^{abc}	154.2^{ab}	106^{fg}	134^{bcd}	165.4^{a}

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال 5% براساس آزمون LSD ندارند.

In each column, means followed by the same letter are not significantly different at P≤0.05 according to LSD test.



شکل 7- مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف کود سبز بر میزان عملکرد دانه گیاه ذرت

Fig. 7- Mean comparison for the effects of different levels of green manure on yield in corn grain

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل مدیریت بقایا و تیمار کودی (جدول 5) نشان می‌دهد که بالاترین تأثیر تیمار کودی بر عملکرد دانه در زمانی که بقایای کود سبز (جو و شبدر) به طور کامل از مزرعه برداشت شده در تیمار کود زیستی همراه با نصف کود شیمیایی و کود دامی بدست آمد و تأثیر آن با تیمار نصف کود شیمیایی+ کود دامی مشابه بود. در چنین شرایطی میزان عملکرد دانه به ترتیب به میزان 36/7، 14/7 و 11/8 درصد بیشتر از تیمار شاهد، کود شیمیایی کامل و نصف کود شیمیایی شد. هنگامی که نصف کود سبز از مزرعه برداشت شد نتیجه بهتر در استفاده از تیمارهای حاوی کود زیستی بود. زمانی که کرت‌های دارای کودهای سبز (شبدر و جو) به طور کامل برگردان شدند، عملکرد دانه در تیمارکود شیمیایی کامل مقدار بالایی بدست آمد.

در این زمینه چیر و همکاران (Cherr et al., 2006) اظهار داشته‌اند مصرف کود دامی موجب به دست آوردن حداکثر عملکرد محصول شده و کارایی مصرف کودهای شیمیایی را افزایش داده و همچنین مقدار کاربرد کودهای شیمیایی را نیز کاهش می‌دهد. به نظر می‌رسد که مصرف کود دامی به علت افزایش برخی از عناصر غذائی به طور مستقیم و با افزایش کربن آلی و بهبود ساختمان خاک به طور غیر مستقیم سبب افزایش معنی‌دار عملکرد در واحد سطح می‌شود.

جدول 5- مقایسه میانگین اثرات متقابل مدیریت بقایا و تیمار کودی بر میزان عملکرد دانه ذرت (تن در هکتار)

Table 5- Mean comparison for interaction effects of residue management and fertilizer treatments on yield in corn grain (t ha^{-1})

مدیریت بقایا Residues management	کود Fertilizer						
	شاهد Control	NPK توصیه شده Recommended NPK	نصف NPK 50% NPK	نصف NPK + کود دامی 50% NPK + farmyard manure	نصف NPK + کود زیستی 50% NPK + biofertilizer	کود دامی + کود زیستی Farmyard manure + biofertilizer	نصف NPK + کود دامی + کود زیستی 50% NPK + farmyard manure + biofertilizer
برداشت کامل Full clipping	8.855^{fgh}	10.55^{cde}	10.82^{bcd}	11.97^{ab}	8.700^{gh}	10/11^{def}	12.10^{a}
نصف برداشت Half clipping	7.650^{h}	10.00^{def}	9.327^{efg}	9.982^{def}	11.38^{abc}	10.32^{cde}	11.24^{a-d}
کامل زیر خاک No-clipping	7.988^{h}	10.79^{bcd}	8.447^{gh}	9.489^{efg}	10.03^{def}	10.14^{cde}	10.01^{def}

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال 5% بر اساس آزمون LSD ندارند.

In each column, means followed by the same letter are not significantly different at P≤0.05 according to LSD test.

کاواگلیری و همکاران (Cavaglieri et al., 2004) نیز مشاهده کردند که استفاده از تیمارهای نصف کود شیمیایی و کود بیولوژیک در ذرت عملکردی معادل کاربرد کامل کود شیمیایی تولید می‌کند. برخی محققان افزایش میزان نیتروژن و عملکرد دانه در گیاهان تلقیح‌شده با باکتری را به دلیل ترشح هورمون‌ها و افزایش رشد ریشه و جذب عناصر توسط باکتری، تأثیر باکتری بر جذب نیترات و احیای این ترکیب در نزدیکی ریشه و نیز تثبیت نیتروژن بیان نمودند (Ferreia et al., 2008).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده کاربرد کود سبز به ویژه شبدر موجب بهبود نیتروژن خاک (افزایش 23 درصدی نسبت به شاهد) و شرایط جذب و تجمع آن در بافت برگ‌ها (افزایش 13 درصدی نسبت به شاهد در مرحله تاسل‌دهی) و دانه و همچنین افزایش 43 درصدی عملکرد دانه گردید. کاربرد کود زیستی نیز به صورت تلفیقی توانست میزان نیتروژن خاک (نسبت به تیمار NPK و شاهد به ترتیب 33 و 37 درصد) و تجمع آن در برگ (مرحله تاسل‌دهی) را افزایش دهد. همچنین نتایج بیانگر تأثیر معنی‌دار تیمارهای تلفیقی نظیر کود سبز شبدر با تیمار نصف کود شیمیایی + کود زیستی و کود زیستی همراه با نصف کود شیمیایی و کود دامی از نظر نیتروژن برگ در مرحله برداشت بود. در این پژوهش کاربرد کود سبز، مدیریت بقایا و تیمار کودی و اثر متقابل آنها برای پروتئین دانه معنی‌دار نشد با این حال مقدار پروتئین دانه ذرت در تیمار کود زیستی همراه با نصف کود شیمیایی و کود دامی بالاتر بدست آمد. در همین زمینه اثر متقابل مدیریت بقایا و تیمار کودی بر نیتروژن جذب شده توسط دانه معنی‌دار بوده و برگردان کامل کودهای سبز مورد استفاده در این پژوهش به همراه کاربرد کودهای زیستی توانست بهترین نتیجه را از نظر تجمع نیتروژن در دانه ذرت داشته باشد. این مسأله نشان‌دهنده تأثیر مثبت تلفیق کود سبز و کود زیستی بر خصوصیات و جذب عناصر غذایی نظیر نیتروژن است.

سپاسگزاری

نویسندگان از کارشناسان آزمایشگاه خاکشناسی مهندس سیدمحمدجواد بحرالعلومی، مهندس فیض‌اله عزیززاد فیروزی و مهندس ام‌البنین قاسمپور به خاطر کمک‌های ارزنده در انجام این پژوهش صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایند.

منابع

Astier, M., Maass, J.M., Etchevers-Barra, J.D., Pena, J.J., and De Leon Gonzalez, F. 2006. Short-term green manure and tillage management effects on maize yield and soil quality in an Andisol. Soil and Tillage Research 88: 153–159.

Balmer, P. 2001. Possibilities to improve the quality of waste water sludges. In: Proceeding of IWA Specialized Conference on Sludge. Entering the 3rd *Millennium*. Tapei. Taiwan, 25: 13-16.

Biari, A., Gholami, A., and Rahmani, H.A. 2008. Growth promotion and enhanced nutrient uptake of maize by application of plant growth promoting rhizobacteria in arid region of Iran. Journal of Biological Sciences 8(6): 1015-1020. (In Persian with English Summary)

Cavaglieri, L.R., Passone, A., and Etcheverry, M.G. 2004. Correlation between screening procedures to select root endophytes for biological control of *Fusarium verticillioides* in *Zea mays*. Biological Control, 31: 259-262.

Cherr, C.M., Scholberg, J.M.S., and McSorley, R. 2006. Green manure approaches to crop production. Agronomy Journal 98: 302-319.

Courtney, R.G., and Mullen, G.J. 2008. Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. Bioresource Technology 99: 2913–2918.

Das, K., Dang, R., Shivananda, T.N., and Sekeroglu, N. 2007. Influence of bio-fertilizers on the biomass yield and nutrient content in *Stevia rebaudiana* Bert. Grown in Indian subtropics. Journal of the Medical Plant Research 1(1): 005-008.

Del Castilho, P., Chrdon, W.J., and Salomons, W. 1993. Influence of cattle-manure slurry application on solubility of Cd, Cu and Zn in a manured acidic soil, loamy- sand soil. Journal of Environmental Quality 22: 689-697.

Ehyaie, A.M., 1997. The Methods of soil chemical analysis. The second volume. 1024 Publication Issue. (In Persian)

Estakhr, A., and Chougan, R. 2006. Effects of planting date and density of female parent B73 on hybrid seed production of KSC704 in Fars province. Seed and Plant Journal 22(2): 167-183. (In Persian with English Summary)

Fageria, N.K., and Baligar, V.C. 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plans. Advances in Agronomy 88: 97-185. (In Persian with English Summary)

Fallah, S., Ghalavand, A., and Khajepour, A.M. 2007. The effect of mixing the manure with the soil and mix it with fertilizer on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.) in Lorestan, Khorram Abad. Journal of Agricultural Science Natural Resource 11(40) 242-233. (In Persian with English Summary)

Ferreia, M., Fernnanes, C.B., and Dobereiner, M.S. 1987. Role of *Azospirllum brasilense* nitrate reductase in nitrate assimilation by wheat plants. Biology and Fertility of Soils 4: 47-53.

Jahan, M., Koochecki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2007. The effects of *arbuscular mycorrhizal* fungus and free living nitrogen fix in bacteria on growth, photosynthesis and yield of corn (*Zea mays* L.) in conventional and ecological cropping systems. Iranian Journal of Agricultural Research 5(1): 67-53. (In Persian with English Summary)

Majidian, M., Ghalavand, A., Karimian, N., and Kamkar Haghighi, A. 2008. Effects of water stress, nitrogen fertilizer, manure and nitrogen fertilizers and manure on a combination of yield and yield components and water use efficiency of SC 704 corn. Journal of Agricultural Science Natural Resource 12(45): 432-417. (In Persian with English Summary)

Meade, G., Lalor, S.T.J., and Mc Cabe, T. 2011. An evaluation of the combined usage of separated liquid pig manure and inorganic fertilizer in nutrient programs for winter wheat production. European Journal of Agronomy 34: 62–70.

Mohammadian, M. 1999. Conversion of sugarcane bagasse and rice husk as biomass and effect of fertilizer on maize yield. M.Sc. Thesis in Soil Science. Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran. (In Persian with English Summary)

Naghavi, H. 1999. The effect of different amounts and types of chemical and organic fertilizers on the yield and yield components on different rice cultivars. M.Sc. Thesis of Agronomy. Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. PP. 156.

Nezarat, S., and Gholami, A. 2009. The effects of co-inoculation of *Azospirillum* and Pseudomonas rhizobacteria on nutrient uptake of maize (*Zea mays* L.). Journal Agroecology 1(1): 25-32. (In Persian with English Summary)

Orhan, E., Esitken, A., Ercisli, S., Turan, M., and Sahin, F. 2006. Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient contents in organically growing raspberry. Scientia Horticulturae 111: 38-43. (In Persian with English Summary)

Rezaei Nejad, Y., and Afuni, M. 2001. The effect of organic matter on soil chemical properties, and its uptake by corn. Journal of Agricultural Science Natural Resource 4(4): 28-19. (In Persian with English Summary)

Rezvantalab, N., Pirdashti, H., Bahmanyar, M.A., and Abbasian, A. 2008. Study some of yield and yield component of corn (*Zea mays*) L. response to different types and rates of organic and chemical fertilizers. Journal of Agricultural Science Natural Resource 15(5): 139-147.

Six, J., Elliott, E.T., Paustain, K., and Doran, J.W. 1998. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. Soil Science of American Journal 62: 1367-1377.

Wei, Y, and Liu Y. 2005. Effects of sewage sludge compost application on crops and cropland in a 3-year field study. Chemosphere 59: 1257–65.

Wilhelm, J.M., Johnson, F., Karlen L., and David, T. 2007. Corn stover to sustain soil organic carbon further constrains biomass supply. Agronomy Journal 99: 1665-1667.

Yadvinder, S., Ladha, B.S., Khink, J.K., Gupta, C.S., and Pasuquin, O.P. 2004. Long-term effects of organic inputs on yield and soil fertility in rice-wheat rotation. Soil Science Society of America Journal 68: 845 -853.

Yazdani, M., Pirdashti, H., Esmaeili, M.A., and Bahmanyar, M.A. 2008. Effect of phosphate solubilizing microorganisms on nitrogen and phosphorus fertilizer use efficiency in SC604 corn. Electron Journal Crop Productions 2: 65-80. (In Persian with English Summary)

Zahir, A.Z., Arshad M., and Khalid, A. 1998. Improving maize yield by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria. Pakistan Journal of Soil Science 15: 7-11.

Zaidi, A., and Mohammad, S. 2006. Co-inoculation effects of phosphate soubilizing microorganisms and *Glomus fasciculatum* on green gram-*bradyrhizobium* symbiosis. Agricultural Science 30: 223-230.

Zhao, Y., Wang, P., Li, J., Chen, Y., Ying, X., and Liu, S. 2009. The effects of two organic manures on soil properties and crop yields on a temperate calcareous soil under a wheat- maize cropping system. European Journal of Agronomy 31: 36–42.

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 3, Fall 2014, p. 607-621

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۳، ص. ۶۲۱-۶۰۷

ارزیابی روند دراز مدت ثبات عملکرد در غلات اصلی کشور

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

تاریخ دریافت:۱۳۹۲/۰۷/۲۰
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۱۲/۰۵

چکیده

با وجود این‌که عملکرد غلات کشور در طی چند دهه اخیر به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته، اطلاعات در مورد ثبات عملکرد یا مقاومت آن در مقابل تغییرات سالانه محیطی، بسیار اندک است. در این تحقیق روند درازمدت ثبات عملکرد گندم، جو، ذرت و برنج به عنوان غلات اصلی ایران در یک دوره ۴۰ ساله (۱۳۹۰-۱۳۵۰) به دو روش مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. در روش اول باقیمانده رگرسیون بین عملکرد هر یک از غلات و زمان (سال) بعنوان شاخص ثبات عملکرد محاسبه شد. به این منظور، ابتدا مدل‌های رگرسیون قطعه‌ای خطی، دو و سه قطعه‌ای به داده‌های روند عملکرد برازش داده شد و پس از انتخاب بهترین مدل، مقادیر مطلق باقیمانده عملکرد از طریق تفاضل عملکرد واقعی و پیش‌بینی شده و نیز مقدار نسبی باقیمانده‌ها بر حسب درصد از عملکرد پیش‌بینی شده هر سال برآورد گردید. در روش دوم از شاخص محیطی استفاده شد که در آن شیب خط رگرسیون بین میانگین عملکرد همه غلات در یک سال معین (شاخص محیطی) و عملکرد هر یک از غلات در همان سال معیار ارزیابی ثبات عملکرد می‌باشد. نتایج نشان داد که در گندم و جو باقیمانده‌های مطلق و نسبی در طی دوره مطالعه در حال افزایش بوده و بنابراین، علیرغم افزایش عملکرد، ثبات عملکرد این دو محصول در حال کاهش است. در حالی‌که در مورد برنج و ذرت باقیمانده‌ها روندی کاهشی را دنبال کرده لذا ثبات عملکرد این گونه‌های زراعی طی ۴۰ سال گذشته افزایش یافته است. روش شاخص محیطی نیز نتایج مشابهی را مبنی بر کاهش ثبات عملکرد در گندم و جو و افزایش آن برنج و ذرت نشان داد. البته بر اساس این روش ثبات عملکرد جو در مقایسه با گندم کاهش کمتری داشته است. نتایج این مطالعه حاکی از آن است که در طی ۴۰ سال گذشته در مجموع ثبات عملکرد غلات در کشور بهبود یافته ولی درصد افزایش ثبات کمتر از درصد افزایش عملکرد می‌باشد. در طی دوره مطالعه، مصرف کودهای نیتروژنی باعث کاهش ثبات و در مقابل، افزایش سطح زیر کشت گندم، جو، برنج، ذرت و مجموع غلات، ثبات عملکرد آنها را افزایش داده است.

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

مقدمه

از نیمه دوم قرن گذشته و با شروع انقلاب سبز، عملکرد گیاهان زراعی و به تبع آن تولید غذا و علوفه در سراسر جهان به طور چشمگیری افزایش یافته و در مورد برخی محصولات میانگین افزایش عملکرد در مقیاس جهانی دو برابر یا حتی بیشتر نیز بوده است (Fischer & Edmeades, 2010). این افزایش عملکرد که حاصل پیشرفت‌های حاصل در دو بعد ژنتیکی (اصلاح ارقام پر محصول) و تکنولوژیکی (نهاده‌های شیمیایی، مکانیزاسیون و سیستم‌های آبیاری) بوده، امنیت غذایی جهان را تا حد زیادی تضمین کرده است (Bell et al., 1995). برای مثال، تولنار و لی (Tollenaar & Lee, 2002) نشان دادند که میانگین عملکرد ذرت در آمریکا طی ۶۰ سال آخر قرن گذشته از یک تن به هفت تن در هکتار رسیده است که هیبریدهای جدید و کودهای نیتروژنی بیشترین سهم را در این افزایش داشته‌اند. چنین وضعیتی در ایران نیز مشهود است. زارع و همکاران (Zare et al., 2007) با تجزیه و تحلیل روند ۳۰ ساله (۸۲-۱۳۵۰) تولید غلات در کشور نشان دادند که متوسط افزایش عملکرد گندم در طی این دوره در حدود ۶۲ کیلوگرم در هکتار در سال بوده و عملکرد سایر غلات نیز به میزان قابل ملاحظه‌ای رشد کرده است. البته این مطالعات تنها بر افزایش عملکرد متمرکز بوده و ثبات عملکرد[2] بندرت مورد بررسی قرار گرفته است.

۱- استاد گروه زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: mnassiri@ferdowsi.um.ac.ir)

2- Yield stability

ثبات عملکرد بیان‌کننده شدت نوسان عملکرد در مواجهه با تغییرات کوتاه‌مدت محیطی بوده و معیاری از نوسانات سال به سال عملکرد در شرایط آب و هوایی متغیر می‌باشد (Evans, 1993). وقتی یک ژنوتیپ در چند محیط مختلف یا در یک محیط طی چند سال متوالی کشت می‌شود، نوسانات عملکرد بین محیط یا سال‌های متوالی بروز خواهد کرد که علت آن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بوده و شدت این نوسان ثبات عملکرد را توصیف می‌کند (Duvick et al., 2004). بنابراین، ثبات با پایداری[1] که شاخص مقاومت درازمدت عملکرد می‌باشد متفاوت است و در واقع ثبات خود یکی از مولفه‌های پایداری بوم نظام‌های زراعی محسوب می‌شود (Conway & Toenniessen, 1999).

به طور کلی، شواهد موجود حاکی از وجود نوعی رابطه منفی بین عملکرد بالا و ثبات است (Calderini & Slafer, 1998). کالدرینی و سلافر (Calderini & Slafer, 1998) در مطالعه‌ای در مقیاس جهانی روی گندم نشان دادند که در ۱۴ کشور از ۲۱ کشور بررسی شده توسط ایشان، علی‌رغم افزایش عملکرد نوسانات آن تشدید شده است. این محققین با محاسبه ثبات عملکرد نتیجه‌گیری کردند که ارقام اصلاح شده و پر محصول گندم در مقایسه با ارقام قدیمی از ثبات عملکرد کمتری برخوردار می‌باشند. به علاوه، با گسترش فشرده‌سازی[2] در بوم‌نظام‌های زراعی، روش‌های مدیریت (Berzsenyi et al., 2000) به ویژه مصرف کودهای شیمیایی (Reid, 2002) نیز بر ثبات عملکرد تأثیر خواهند گذاشت. با توجه به رابطه بین تنوع زیستی و ثبات، کاهش تدریجی تنوع زیستی (Donini, 2003) نیز از عوامل موثر بر نوسان عملکرد می‌باشند. در همین ارتباط، کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2006) با بررسی ابعاد مختلف تنوع در محصولات زراعی کشور بیان داشتند که نظام‌های زراعی موجود در ایران از تنوع اندکی برخوردار بوده و این امر بتدریج ثبات آنها را کاهش خواهد داد.

از سوی دیگر، اطلاعات بدست آمده در مورد واکنش عملکرد گیاهان زراعی به تغییرات اقلیمی[3] (Lobell & Anser, 2003; Andresen et al., 2001; Pidgeon et al., 2001) که تأثیر آن بر محصولات زراعی ایران نیز به تأیید رسیده (Koocheki et al., 2006) تردیدهایی در مورد تداوم عملکرد بالا ایجاد شده است (Olesen & Bindi, 2002). به علاوه افزایش فراوانی پدیده‌های حدی[4] نظیر خشکسالی، موج‌های گرما و سرما که از پیامدهای قطعی تغییر اقلیم می‌باشند، تهدیدی جدی برای ثبات عملکرد محصولات زراعی بشمار می‌رود. بر این اساس و با توجه به نیازهای غذایی رو به رشد جهان، حفظ عملکرد بالا در محصولات زراعی تنها از طریق بالابردن ثبات عملکرد با بهبود بخشیدن به عوامل تنظیم‌کننده آن میسر خواهد بود (Calvino & Sadras, 2002).

مجموعه این شواهد مؤید آن است که نظام‌های فعلی تولید علیرغم روند افزایشی عملکرد، به دلیل فشرده سازی و از دست دادن تنوع از ثبات کافی برای سازگاری در مقابل تغییرات سالانه آب و هوایی برخوردار نمی‌باشند. با این حال، معدود پژوهش‌های علمی منتشر شده در کشور بر روند افزایش عملکرد غلات تأکید داشته و به ثبات عملکرد توجه جدی نشده است. بنابراین، هدف از اجرای این تحقیق، بررسی کمی روند درازمدت ثبات عملکرد غلات اصلی کشور در طی ۴۰ سال گذشته و ارتباط آن با نوسانات عملکرد در پاسخ به تغییرات آب و هوایی بود.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری داده‌ها: آمار مربوط به سطح زیر کشت و عملکرد غلات اصلی کشور (گندم، جو، برنج و ذرت) مربوط به سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۵۰ از بانک اطلاعات وزارت کشاورزی استخراج و جهت انجام محاسبات مورد استفاده قرار گرفت، لازم به ذکر است که داده‌های موجود برای ذرت مربوط به بازه ۸۹-۱۳۶۳ می‌باشد.

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

- ارزیابی ثبات بر اساس باقیمانده[5] معادله روند عملکرد: معادله رگرسیون عملکرد هر محصول در سال‌های متوالی نشان‌دهنده روند تغییرات عملکرد در طی زمان است و شیب آن تغییرات سالانه عملکرد را در طی دوره زمانی تحت بررسی مشخص می‌سازد که حاصل انواع روش‌های مدیریت (به‌زراعی و به‌نژادی) می‌باشد (Cassman et al., 2009). باقیمانده این معادله رگرسیون یعنی اختلاف بین عملکردهای واقعی و پیش‌بینی شده در هر سال، نشان-

1- Sustainability
2- Intensification
3- Climate change

4- Extreme events
5- Residual

دهنده تأثیر شرایط محیطی (آب و هوایی) بر عملکرد بوده و بنابراین، شاخصی از ثبات محسوب می‌شود (Calderini & Slafer, 1998). بر این اساس، پایین بودن مقادیر باقیمانده حاکی از ثبات بیشتر و بالا بودن آن نشانه ثبات کمتر عملکرد در طی زمان است. جهت محاسبه دقیق باقیمانده لازم است که ابتدا بهترین مدل رگرسیون برای توصیف روند عملکرد هر محصول بدست آید، زیرا پایین بودن ضریب تبیین (R^2) معادله روند باعث افزایش باقیمانده رگرسیون شده و در نتیجه نتایج غیر واقعی خواهد بود. در این مطالعه مدل‌های رگرسیون خطی[1] (معادله ۱)، خطی دو قطعه‌ای[2] (معادله ۲) و خطی سه قطعه‌ای[3] (معادله ۳) برای توصیف روند عملکرد هر یک از چهار محصول تحت بررسی مورد مقایسه قرار گرفت (Calderini & Slafer, 1999، Verón et al., 2004).

معادله (۱) $Y = a + bx$ مدل خطی

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

معادله (۲) $Y = a + bc + d(x-c) \quad \text{if } x < c$

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

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

معادله (۳) $Y = a + bc + d(e-c) + f(x-c) \quad \text{if } x < e$

که در این معادلات، Y: عملکرد، x سال از ۱۳۵۰ تا ۱۳۸۹، a: عرض از مبداء، b: سرعت افزایش عملکرد طی اولین مرحله خطی، c: سالی که در آن اولین نقطه عطف بروز می‌کند، d: سرعت افزایش عملکرد در طی دومین مرحله خطی، e: سالی که در آن دومین نقطه عطف معادله روند قرار دارد و f: سرعت افزایش عملکرد در طی سومین مرحله خطی می‌باشند. کالدرینی و سلافر (Calderini & Slafer, 1999) بیان داشتند که در انتخاب بهترین مدل رگرسیون برای توصیف روند عملکرد دو شرط باید احراز شود، بالا بودن ضریب تبیین معادله و نرمال بودن مقادیر باقیمانده رگرسیون در طی دوره زمانی بررسی، البته ورون و همکاران (Verón et al., 2004) معیارهای آماری دیگری را نیز برای انتخاب مدل رگرسیون به موارد فوق اضافه کردند. در این مطالعه مدل مطلوب برای هر محصول بر اساس دو معیار توصیه شده توسط کالدرینی و سلافر (Calderini & Slafer, 1999) تعیین گردید. پس از انتخاب مدل، اختلاف بین عملکرد واقعی و پیش‌بینی شده بوسیله مدل رگرسیون بعنوان "باقیمانده عملکرد" که شاخصی از ثبات عملکرد می‌باشد برای هر محصول محاسبه شد. به علاوه «باقیمانده نسبی عملکرد[4]» نیز با تقسیم باقیمانده عملکرد بر عملکرد پیش‌بینی شده بوسیله مدل رگرسیون محاسبه گردید تا مشخص شود که باقیمانده عملکرد در هر سال چه درصدی از عمل کرد آن سال می‌باشد (Calderini & Slafer, 1998). از آنجا که در ارزیابی ثبات میزان مطلق تغییرات عملکرد حائز اهمیت بوده و نه جهت آن، مقادیر منفی باقیمانده عملکرد در سال‌هایی که عملکرد واقعی کمتر از عملکرد پیش‌بینی شده بود، در عدد ۱- ضرب شد. در نهایت، با رسم نمودار باقیمانده عملکرد و مقادیر نسبی آن در سال‌های تحت بررسی، روند ثبات عملکرد برای هر محصول بدست آمد.

- **ارزیابی ثبات عملکرد بر اساس شاخص محیطی[5]:** این روش نخستین بار توسط فینالی و ویکینسون (Finlay & Wilkinson, 1963) برای ارزیابی ثبات عملکرد در ژنوتیپ‌های یک گونه زراعی ارائه شد. اساس این روش مقایسه عملکرد یک ژنوتیپ یا گونه زراعی با سایر ژنوتیپ‌ها یا گونه‌ها در دامنه‌ای از محیط‌های مختلف می‌باشد. ثبات عملکرد از طریق شیب خط رگرسیون (b) بین عملکرد یک گونه یا ژنوتیپ (Y) و میانگین عملکرد همه گونه‌ها یا ژنوتیپ‌های تحت بررسی (X) در محیط‌های مختلف که اصطلاحاً شاخص محیطی نامیده می‌شود، بدست می‌آید. b>۱ نشان‌دهنده ثبات کم عملکرد، b=۱ معرف ثبات نسبی و b<۱ بیان کننده ثبات بالای عملکرد می‌باشند (Finlay & Wilkinson, 1963). در این مطالعه هر یک از سال‌های دوره مطالعه به عنوان یک محیط در نظر گرفته شد و میانگین عملکرد چهار محصول زراعی در هر سال یا همان شاخص محیطی تعیین گردید. معادله رگرسیون بین عملکرد هر محصول در هر سال و میانگین عملکرد همه محصولات در همان سال دارای شیبی معادل b می‌باشد که بر اساس آن می‌توان ثبات عملکرد هر محصول را در مقایسه با سایر محصولات مورد ارزیابی قرار داد. برازش کلیه معادلات رگرسیون و تعیین مقادیر باقیمانده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Sigma Stat ver.1.0 انجام شد.

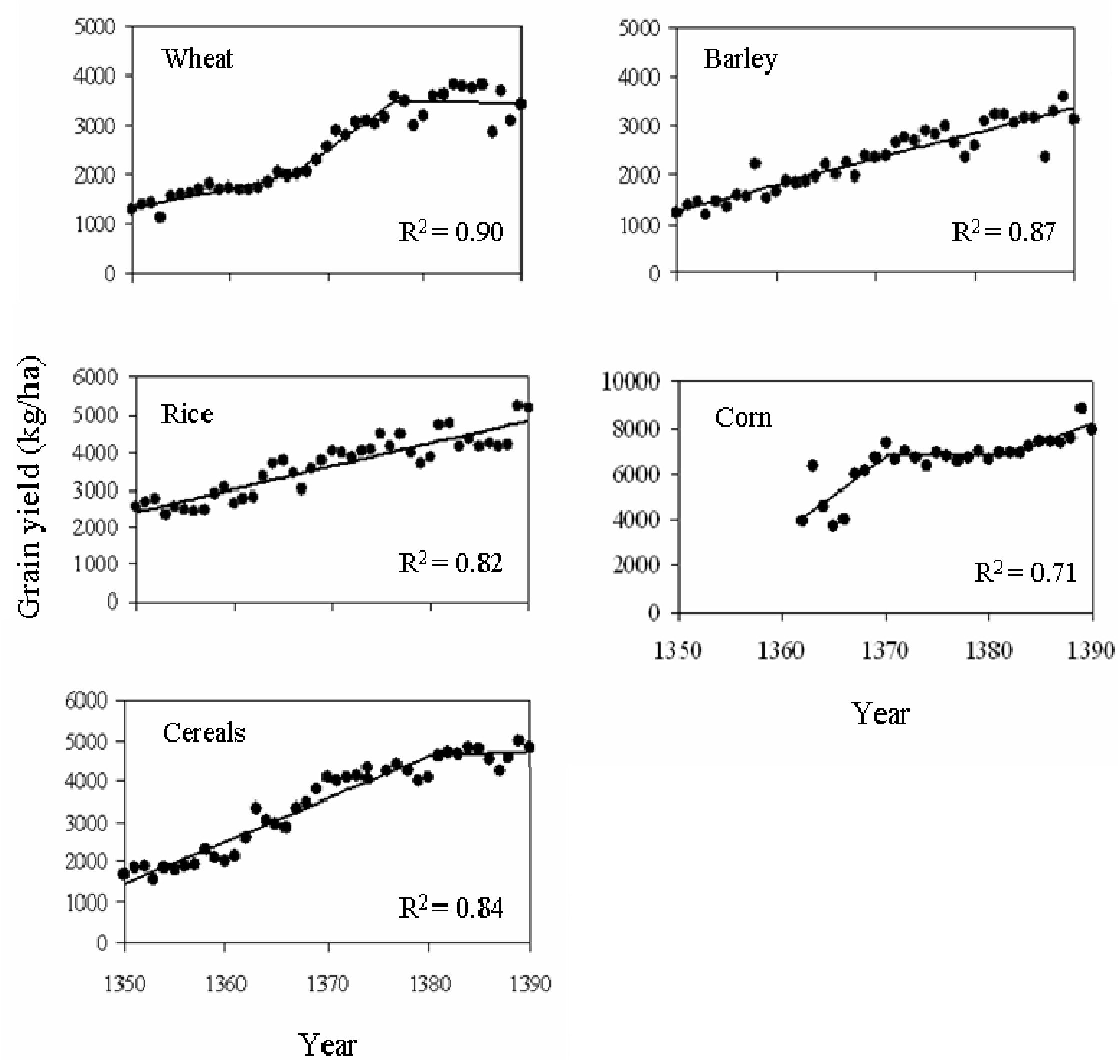
نتایج و بحث

مدل‌های رگرسیون روند تغییرات عملکرد محصولات تحت

1- Linear
2- Bi-linear
3- Tri-linear
4- Relative yield residuals
5- Environmental index

بررسی را به خوبی توصیف کردند و ضریب تبیین مدل‌های انتخاب شده در محدوده ۰/۷۰ تا ۰/۹۰ قرار گرفت. در گندم مدل سه قطعه‌ای بهترین برازش را داشت (شکل ۱)، در طی دوره ۱۶ ساله نخست (۱۳۶۵-۱۳۵۰)، رشد عملکرد (۳۹/۵ کیلوگرم در هکتار در سال) نسبتاً کند بود، ولی در فاصله سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۹ به طور چشمگیری افزایش یافته و به ۱۴۲/۵ کیلوگرم در هکتار رسیده است. البته نتایج نشان می‌دهد که در ۱۰ سال پایانی دوره عملکرد گندم تقریباً ثابت مانده است (شکل ۱).

روند عملکرد جو و برنج بهترین برازش را به مدل خطی داشت و عملکرد این دو محصول در طی ۴۰ سال اخیر با شیب ثابتی به ترتیب معادل ۵۳/۳ و ۵۹/۷ کیلوگرم در هکتار در سال در حال افزایش بوده است (شکل ۱). روند تغییرات عملکرد ذرت نیز از الگوی سه قطعه‌ای تبعیت کرد، بالاترین شیب افزایش عملکرد ذرت مربوط به سال‌های ۷۰-۱۳۶۳ (۳۳۳ کیلوگرم در هکتار در سال) است که پس از یک دوره رکود از سال ۱۳۸۳ مجدداً با شیب ۲۲۳ کیلوگرم در هکتار در سال در حال افزایش بوده است (شکل ۱).



شکل ۱- روند ٤٠ ساله تغییرات عملکرد گندم، جو، ذرت، برنج و کل غلات در کشور

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

جهت تعیین بهترین معادله روند مدل‌های رگرسیونی خطی و خطی دو یا سه قطعه‌ای به داده‌ها برازش شده است، در مورد ذرت روند عملکرد مربوط به دوره ۹۰-۱۳۶۳ می‌باشد.

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

به طور کلی، میانگین عملکرد غلات اصلی کشور در فاصله سال-های ۸۰-۱۳۵۰ رشدی در حدود ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در سال داشته و در طی ۱۰ سال اخیر تقریباً بدون تغییر مانده است (شکل ۱).

زارع و همکاران (Zare et al., 2007) رشد عملکرد گندم، جو، برنج و کل غلات آبی ایران را در فاصله سال‌های ۸۲-۱۳۵۰ به ترتیب ۶۲/۵، ۵۶/۴، ۶۹/۷ و ۶۲/۹ کیلوگرم در هکتار در سال گزارش کردند. در حالی‌که بر اساس نتایج تحقیق حاضر میانگین رشد عملکرد طی دوره زمانی ۹۰-۱۳۵۰ (یعنی حدود یک دهه طولانی‌تر از مطالعه فوق) برای گندم، جو و برنج به ترتیب ۶۰، ۵۳ و ۵۹ و برای کل غلات (با احتساب ذرت) ۵۴/۵ کیلوگرم در هکتار در سال بوده است. مقایسه نتایج این دو مطالعه نشان می‌دهد که سرعت رشد عملکرد غلات کشور در طی ده سال گذشته کاهش یافته است. البته میانگین جهانی افزایش سالانه عملکرد گندم و غلات (شامل گندم، ذرت و برنج) در فاصله سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۷۰ میلادی یعنی دوره‌ای تقریباً مشابه با این تحقیق، به ترتیب ۳۹ و ۴۳ کیلوگرم در هکتار در سال بوده (Fischer & Edmeades, 2010) که حاکی بالاتر بودن نرخ رشد عملکرد غلات ایران نسبت به متوسط جهانی است. باید توجه داشت که تفاوت سرعت رشد عملکرد بین مناطق مختلف در واقع نشان‌دهنده تفاوت در برنامه‌های به‌نژادی، منابع محیطی، مدیریت زراعی و سطح تکنولوژی می‌باشد (Calderini & Slafer, 1998). برای مثال، در آمریکا در طی نیمه دوم قرن گذشته روند افزایش عملکرد ذرت در شرایط مطلوب اقلیمی به طور متوسط ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در سال بوده (Tollenaar & Lee, 2002) درحالی‌که در جمهوری چک که شرایط برای کشت ذرت کاملاً مناسب نیست، میانگین رشد عملکرد در ۷۵ سال گذشته از ۵۰ کیلوگرم در هکتار در سال تجاوز نکرده است (Chloupeka et al., 2003).

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

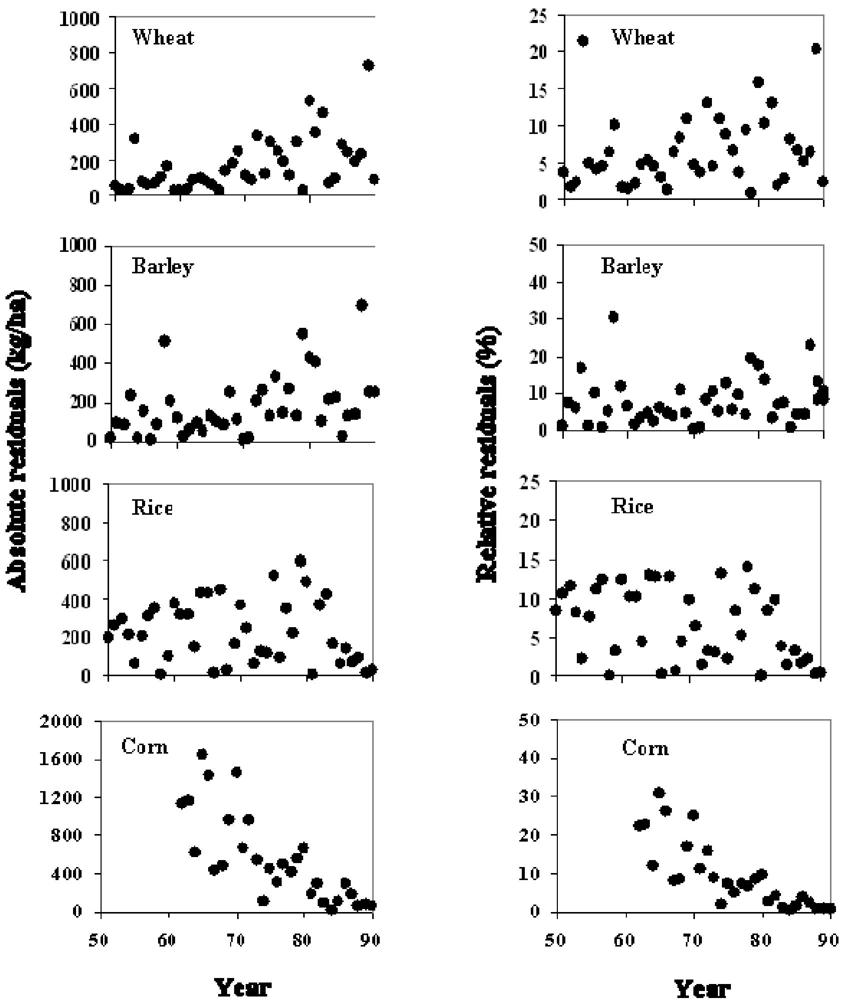
ارزیابی ثبات عملکرد

روش باقیمانده رگرسیون

در گندم مقادیر مطلق باقیمانده رگرسیون برای این محصول در طی ۴۰ سال گذشته به دلیل نوسان عملکرد، پراکندگی نسبتاً زیادی داشته و بین صفر تا ۷۲۰ کیلوگرم در هکتار در تغییر بود، با این وجود روند افزایشی آن کاملاً مشهود است (شکل ۲). تبدیل باقیمانده مطلق به نسبی نیز نشان داد که تغییرات سال به سال عملکرد گندم در محدوده صفر تا ۲۰ درصد عملکرد پیش‌بینی شده قرار دارد (شکل ۲). بر اساس، این نتایج ثبات عملکرد گندم در طی چهار دهه گذشته در حال کاهش بوده است.

در مورد جو نیز مشابه گندم مقادیر مطلق باقیمانده رگرسیون روندی افزایشی داشته و بین صفر تا ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار در تغییر بوده است. با وجودی که مقادیر مطلق باقیمانده‌ها در گندم و جو در دامنه یکسانی قرار داشت، ولی به علت عملکرد کمتر جو نسبت به گندم، مقادیر نسبی باقیمانده‌ها برای این محصول بین صفر تا ۳۰ درصد بود. البته میزان پراکندگی باقیمانده‌ها به ویژه باقیمانده نسبی در جو کمتر از گندم می‌باشد (شکل ۲). بنابراین، ثبات عملکرد جو نیز در طی ۴۰ سال گذشته در حال کاهش می‌باشد. در ذرت مقادیر مطلق و نسبی باقیمانده رگرسیون به ترتیب در دامنه صفر تا ۱۶۰۰ کیلوگرم در هکتار و صفر تا ۳۲ درصد عملکرد پیش‌بینی شده قرار داشتند (شکل ۲). البته با وجود این پراکندگی نسبتاً زیاد در مقایسه با سایر غلات، روندی کاهشی را دنبال کردند. بنابراین، به نظر می‌رسد که افزایش عملکرد ذرت در طی ۴۰ سال گذشته با افزایش ثبات آن همراه بوده است.

پراکندگی داده‌های ارائه شده در شکل ۲ تصویر واضحی از روند تغییرات باقیمانده‌ها را آشکار نمی‌سازد و لذا نتیجه‌گیری در مورد ثبات عملکرد و تغییرات زمانی آن دشوار می‌باشد. برای حل این مشکل و حذف داده‌های مربوط به سال‌های غیر عادی، میانگین متحرک پنج ساله مقادیر باقیمانده مطلق و نسبی برای هر محصول محاسبه شد تا روند موجود در سری زمانی مشخص شود. نتایج نشان داد که میانگین متحرک باقیمانده مطلق و تسبی رگرسیون برای گندم در طی ۴۰ سال گذشته روند مثبت و معنی‌داری ($p \leq ۰/۰۵$) را دنبال کرد (شکل ۳).



شکل ۲- روند تغییرات مقادیر مطلق و نسبی باقیمانده رگرسیون عملکرد برای گندم، جو، برنج و ذرت در طی چهار دهه گذشته در کشور

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

در مورد ذرت باقیمانده‌ها مربوط به سالهای ۹۰-۱۳۶۳ است (شکل‌های سمت راست باقیمانده مطلق و سمت چپ باقیمانده نسبی می‌باشند).

For corn, available data of the period 1984-2011 was used (left: absolute residuals; right: relative residuals).

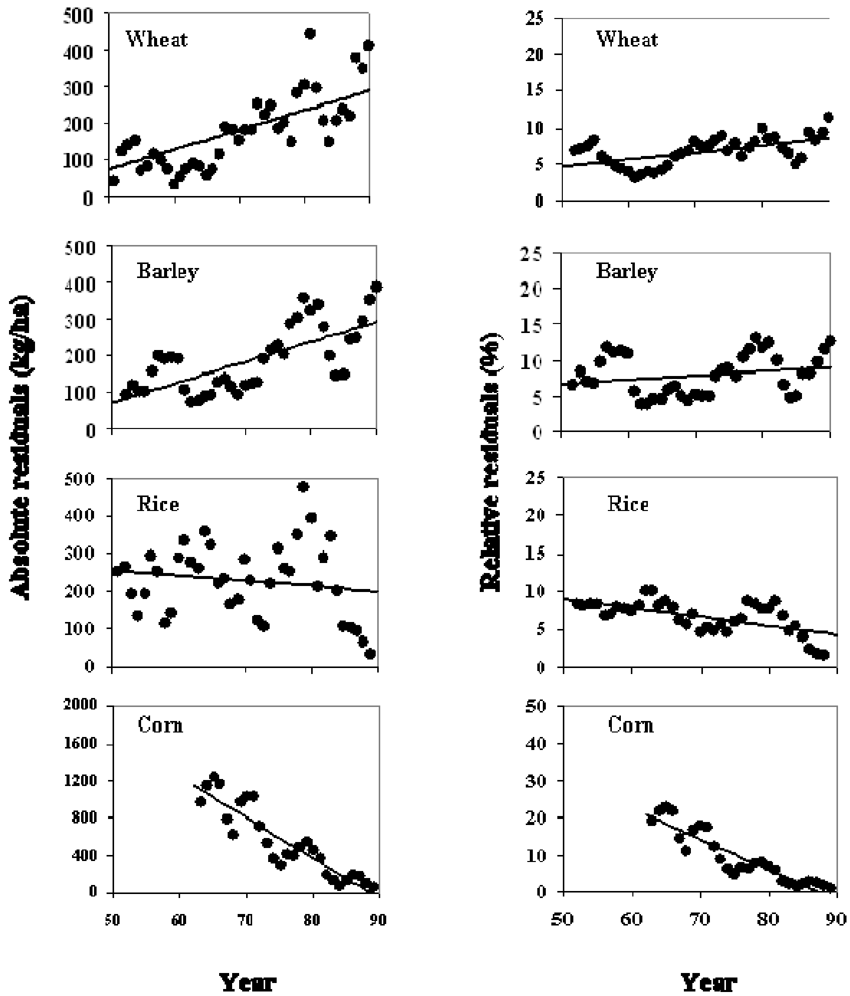
به عبارت دیگر، در طی این دوره علیرغم افزایش عملکرد گندم ثبات عملکرد آن در حال کاهش بوده است. در جو نیز نتایج مشابه گندم بود و هر دو باقیمانده با شیب مثبت و معنی‌داری در طی زمان افزایش یافتند. البته شیب خط رگرسیون برای میانگین متحرک باقیمانده‌های نسبی در جو کمتر از گندم بود (شکل ۳). بر این اساس ثبات عملکرد جو نیز در طی دوره مطالعه به طور معنی‌داری کاهش یافته ولی شدت این کاهش کمتر از گندم است. در برنج و ذرت بر خلاف دو محصول قبلی میانگین متحرک مقادیر باقیمانده‌های مطلق و نسبی با شیب منفی در طی زمان کاهش یافتند (شکل ۳).

در برنج کاهش شیب رگرسیون در باقیمانده نسبی بارزتر بود درحالی‌که در ذرت شیب خط برای باقیمانده مطلق و نسبی به طور مشابهی کاهش یافت. بنابراین، با وجودی که ثبات عملکرد هر دو محصول در طی ۴۰ سال گذشته افزایش داشت، ولی ذرت از ثبات بیشتری برخوردار است.

نتایج حاصل از تلفیق داده‌ها برای کل غلات در شکل ۴ ارائه شده است. مقادیر باقیمانده مطلق (شکل ۴-a) برای غلات در دامنه

صفر تا ۶۵۰ کیلوگرم در هکتار و باقیمانده نسبی (شکل ۴-b) بین صفر تا ۲۰ درصد عملکرد پیش‌بینی شده قرار داشت. به علاوه روند مشخصی در آنها مشاهده نشد.

محاسبه میانگین‌های متحرک وجود شیب کاهشی در باقیمانده مطلق (شکل ۴-c) و نسبی (شکل ۴-d) غلات آشکار ساخت. بر اساس این یافته‌ها می‌توان بیان داشت که ثبات عملکرد غلات کشور در طی ۴۰ سال گذشته در حال افزایش می‌باشد و این امر عمدتاً بدلیل افزایش ثبات در برنج و ذرت است.

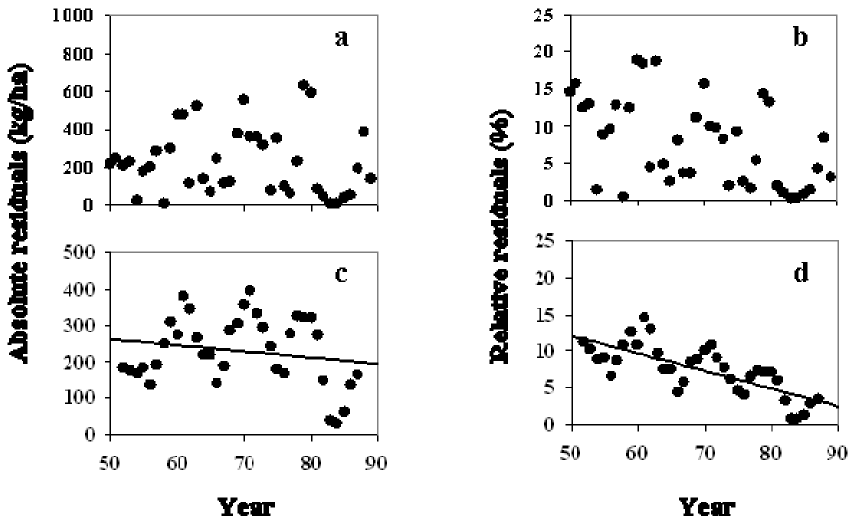


شکل ۳- میانگین‌های متحرک پنج ساله مقادیر مطلق و نسبی باقیمانده‌ها برای گندم، جو، برنج و ذرت در طی چهار دهه گذشته در کشور همراه با خط رگرسیون برازش شده

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

در مورد ذرت باقیمانده‌ها مربوط به سال‌های ۹۰-۱۳۶۳ است. شکل‌های سمت راست باقیمانده مطلق و سمت چپ باقیمانده نسبی می‌باشند).

For corn, available data of the period 1984-2011 was used (left: absolute residuals; right: relative residuals).



شکل ٤- مقادیر باقیمانده مطلق (a) و نسبی (b) و میانگین‌های متحرک پنج ساله مقادیر مطلق (c) و نسبی (d) باقیمانده‌ها برای غلات در طی چهار دهه گذشته در کشور همراه با خط رگرسیون برازش شده به میانگین‌های متحرک (شکل‌های سمت راست باقیمانده مطلق و سمت چپ باقیمانده نسبی می‌باشند).

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

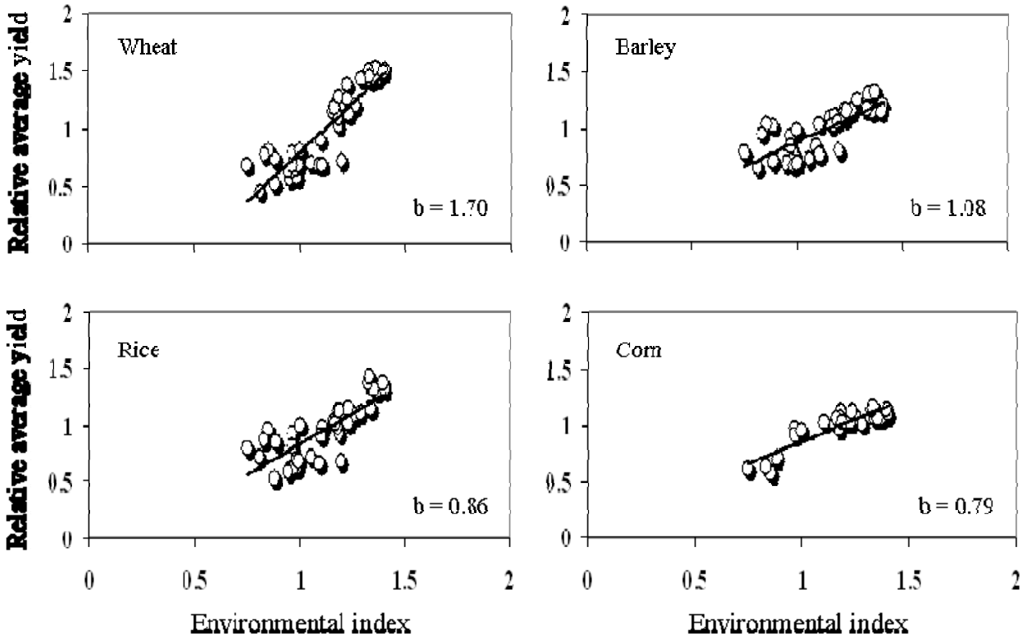
روش شاخص محیطی

نتایج نشان داد که شیب خط رگرسیون بین عملکرد نسبی گندم و شاخص محیطی یعنی عملکرد نسبی همه غلات (گندم، جو، برنج و ذرت) در طی ۴۰ سال معادل ۱/۷ می‌باشد (شکل ۵) که به طور معنی‌داری (p≤۰/۰۱) بیشتر از یک بوده و مؤید پایین بودن ثبات عملکرد گندم کشور علیرغم افزایش عملکرد آن است. به عبارت دیگر، میزان نوسانات عملکرد گندم در طی سال‌های مختلف که معیاری از تغییرات محیطی می‌باشد، در حدود ۷۰ درصد بیشتر از سایر غلات تحت بررسی بوده است. در مورد جو شیب خط رگرسیون معادل ۱/۰۸ برآورد گردید که با ۱ تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۵). بنابراین، عملکرد این محصول از ثبات متوسطی برخوردار است و میزان نوسان عملکرد آن در طی سال‌های مطالعه تقریباً مشابه میانگین همه غلات می‌باشد.

شیب خط رگرسیون برای برنج به طور معنی‌داری کمتر از ۱ (b = ۰/۸۶) می‌باشد (شکل ۵) که حاکی از ثبات بالای عملکرد آن در مقایسه با سایر غلات است، در واقع نوسان عملکرد برنج در مواجهه با تغییرات سالانه محیطی در حدود ۱۴ درصد کمتر از میانگین تغییرات عملکرد همه غلات می‌باشد. در ذرت نیز مشابه برنج شیب خط رگرسیون بین عملکرد و شاخص محیطی (شکل ۵) به طور معنی‌داری کمتر از ۱ بود (b = ۰/۷۹) لذا این محصول نیز از ثبات عملکرد بالایی برخوردار بوده و تغییرات شرایط محیطی در طی سال‌های مختلف را در حدود ۲۰ درصد بهتر از سایر غلات تحمل کرده است.

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

نتایج اغلب مطالعات انجام شده در خصوص ثبات عملکرد حاکی از آن است که با افزایش عملکرد، ثبات آن کاهش می‌یابد. اندرسن و همکاران (Andresen et al., 1988) از نحستین محققینی بودند که رابطه منفی بین افزایش عملکرد غلات و ثبات را طی یک دوره زمانی گزارش کردند. مطالعات بعدی نشان داد که در مورد گندم و جو ژنوتیپ‌های با عملکرد بالاً معمولا دارای ثبات کمی می‌باشند (Slafer & Calderini, 1999; García del Moral, 2003; & Andrade, 1993). کالدرینی و سلافر (Calderini & Slafer, 1999) با استفاده از روش باقیمانده رگرسیون ثبات عملکرد گندم را در ۲۱ کشور جهان در طی قرن بیستم بررسی کرده و نشان دادند که در دو دهه آخر قرن گذشته ثبات عملکرد در ۱۴ کشور به شدت کاهش یافته، در دو کشور (آمریکا و ایتالیا) بدون تغییر مانده و تنها در کانادا افزایش داشته است.



شکل ۵- رابطه بین شاخص محیطی (میانگین نسبی عملکرد همه غلات در هر سال) و عملکرد نسبی هر محصول در هر سال برای گندم، جو، برنج و ذرت در طی چهار دهه گذشته

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

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

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

این وضعیت در سایر محصولات زراعی نیز به تأیید رسیده است. برای مثال، روندانینی و همکاران (Rondanini et al., 2012) روند جهانی عملکرد کلزا و ثبات آن را طی چهار دهه گذشته (طی سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۷۰ میلادی) در ۱۲ کشور تولیدکننده این محصول بررسی کردند و نشان دادند که عملکرد کلزا در طی این دوره ۲۷ کیلوگرم در هکتار در سال افزایش یافته در حالی‌که ثبات عملکرد در هیچ یک از این کشورها افزایش نیافته بطوری‌که باقیمانده عملکرد بین ۵۰۰-۰ و باقیمانده نسبی بین ۶۰-۰ درصد در تغییر بوده است. نتایج تحقیق حاصر نیز وجود چنین روندی را درکشور تأیید می‌کند. بنابراین، کاهش ثبات عملکرد گندم و جو در ایران نیز تا حد زیادی به دلیل معرفی ارقام پر محصول این گونه‌های زراعی است. مکانیزم بروز سازگاری در جریان اصلاح گیاهان به درستی مشخص نمی‌باشد، ولی به نظر می‌رسد که ژنوتیپ‌های جدید غلات (به ویژه گندم و جو) نسبت به تغییرات محیطی حساسیت بیشتری داشته و در نتیجه علی‌رغم عملکرد بالا از ثبات کمتری برخوردارند (Slafer & Kernich, 1996; Fufa, 2005).

شیب خط رگرسیون بین عملکرد یک گونه و شاخص محیطی (شکل ۵) در واقع، نشان‌دهنده «قدرت واکنش»[1] به شرایط محیطی است (De Vita et al., 2010). هنگامی‌که این شیب بیشتر از ۱ باشد، گونه تحت بررسی به محیط‌های پربازده سازگار بوده و در نتیجه ثبات عملکرد آن پایین می‌باشد. در مقابل، شیب کمتر از یک نشان‌دهنده سازگاری گونه به شرایط محیطی کم‌بازده و ثبات بالاتر است. کالدرینی و سلافر (Calderini & Slafer, 1999) بیان داشتند که شیب خط رگرسیون بین عملکرد و شاخص محیطی که بر اساس روش فاینالی و ویکینسون (Finlay & Wilkinson, 1963) محاسبه شده بود، در ارقام جدید گندم به طور معنی‌داری بیشتر از ارقام قدیمی آن است. چون شیب بیشتر خط نشان‌دهنده کاهش ثبات می‌باشد، نتیجه‌گیری شد که ارقام گندم در جریان اصلاح برای عملکرد، ثبات خود را از دست داده‌اند. به عبارت دیگر، ارقام پر محصول گندم

1- Responsiveness

پتانسیل ژنتیکی خود را در شرایط مطلوب محیطی آشکار می‌کنند و با تغییر شرایط محیطی از سالی به سال دیگر شدت نوسان عملکرد آنها زیاد است. وجود همبستگی منفی بین عملکرد و ثبات آن در ارقام جدید نسبت به ارقام قدیمی در سایر غلات نیز گزارش شده است (Calderini & Slafer, 1998). سینبو (Sinebo, 2005) با ارزیابی ارقام اصلاح شده جو در اتیوپی بیان داشت که اصلاح ارقام پرمحصول باعث کاهش مقاومت و در نتیجه ثبات آنها در مناطق تحت تنش شده است. بنابراین، به نظر می‌رسد که کاهش ثبات عملکرد گندم و جو در ایرن نیز به دلیل بروز تنش‌های خشکی و گرما به ویژه در دهه پایانی دوره مطالعه بوده است، زیرا تأثیر منفی به‌نژادی بر کاهش ثبات در مناطق تحت تنش و کم‌بازده شدیدتر خواهد بود (Verón et al., 2004). در مقابل ثبات بیشتر عملکرد در برنج ناشی از یکنواختی نسبی شرایط محیطی در مناطق کشت این محصول و نیز تنوع واریته‌ای بیشتر آن در مقایسه با گندم و جو و حضور ارقام محلی آن در نظام‌های کشت می‌باشد (Koocheki et al., 2006).

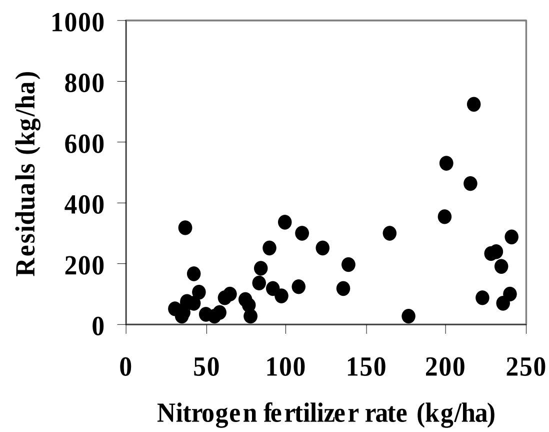
تولنار و لی (Tollenaar & Lee, 2002) با ارزیابی هیبریدهای ذرت اصلاح شده در آمریکا بیان داشتند که در ذرت عملکرد بالا می‌تواند با ثبات همراه باشد. نتایج تحقیق حاضر چنین وضعیتی را در مورد ثبات عملکرد ذرت در ایران نیز تایید می‌کند. البته به درستی مشخص نیست که ثبات عملکرد ذرت در کشور به دلیل موفقیت برنامه‌های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

کشت ممتد و عدم بکارگیری تناوب‌های صحیح زراعی یکی از ویژگی‌های بوم‌نظام‌های تولید غلات در ایران است (Koocheki et al., 2006). این در حالی است که برخی بررسی‌ها نشان می‌دهد کشت ممتد محصولات زراعی نسبت به کشت متناوب باعث کاهش عملکرد خواهد شد (Huang et al., 2003 Gan et al., 2003; Bahrani et al., 2002; Nielsen et al., 2002). البته عدم کاهش عملکرد غلات در کشت متوالی نیز در برخی مطالعات از جمله جونز و سینگ (Jones & Singh, 2000) و فیشر و همکاران (Fisher et al., 2002) گزارش شده است، ولی حفظ عملکرد در این بررسی‌ها مستلزم کوددهی کافی بوده است. لیتورجیدیس و همکاران (Lithourgidis et al., 2006) در مطالعه‌ای بر روی کشت ممتد گندم دیم به مدت ۲۵ سال در چهار نوع خاک که در یونان انجام شد، نشان دادند که در صورت کوددهی مناسب و کنترل مطلوب علف‌های هرز، عملکرد گندم کاهش چندانی نخواهد داشت و میانگین درازمدت آن حفظ می‌شود، ولی نوسانات سالانه آن نسبت به کشت‌های متناوب افزایش یافته و در نتیجه ثبات عملکرد کاهش خواهد یافت. این محققین نشان دادند که حداکثر کاهش ثبات مربوط به خاک‌های سبک است، زیرا در این خاک‌ها عملکرد گندم بیشترین همبستگی را با میزان بارندگی فروردین و اردیبهشت داشت و تغییرات سالانه بارندگی در این ماه‌ها عملکرد را بشدت نوسان داد. بر این اساس به نظر می‌رسد حفظ عملکرد گندم و مجموع غلات کشور (شکل ۱) تا حد زیادی به دلیل مصرف نهاده‌ها به ویژه کودهای شیمیایی بوده و این امر به نوبه خود ثبات عملکرد را تحت تأثیر قرار داده است (شکل‌های ۲ و ۳).

ثبات عملکرد و کودهای نیتروژنی

در گندم رابطه مثبت و معنی‌داری (r^2=۰/۲۵ ، p≤۰/۰۵) بین میزان مصرف کودهای نیتروژنی و مقادیر باقیمانده مطلق بدست آمد (شکل ۶). شیب این خط معادل ۱/۰۲ بود که نشان می‌دهد به ازای هر کیلوگرم نیتروژن مصرف شده در هکتار باقیمانده مطلق گندم نیز در حدود یک کیلوگرم افزایش یافته و در نتیجه ثبات عملکرد آن کاهش می‌یابد. به علاوه، ضریب تبیین رگرسیون موید آن است که در حدود ۲۵ درصد از کاهش ثبات عملکرد گندم در طی دوره مطالعه ناشی از مصرف کودهای نیتروژنی می‌باشد. از آنجا که داده‌های ۴۰ ساله مربوط به مصرف کودهای نیتروژنی در مورد سایر محصولات در دسترس نمی‌باشد، ارزیابی دقیق‌تر تأثیر منفی مصرف کودهای شیمیایی بر ثبات عملکرد غلات امکان‌پذیر نیست. برخی محققین معتقدند اصلاح در جهت عملکرد باعث کاهش ثبات شده در حالی‌که روش‌های به‌زراعی از جمله مصرف کودهای شیمیایی ثبات عملکرد را افزایش می‌دهند (Calderini & Slafer, 1999)، ولی شواهد

آزمایشی تأثیر مثبت مدیریت زراعی بر ثبات را بصورت قطعی تأیید نمی‌کند. برای مثال، برزسنی (Berzsenyi, 2000) با مطالعه داده‌های ۴۰ ساله از آزمایشات کود و تناوب بر روی گندم و ذرت نشان دادند که کودهای آلی و انواع تناوب باعث افزایش ثبات عملکرد در هر دو محصول شد، در حالی‌که کودهای شیمیایی عملکرد را افزایش ولی ثبات را کاهش دادند.



شکل ٦- رابطه بین میزان مصرف کودهای نیتروژنی و میزان باقیمانده مطلق عملکرد گندم (r^2=۰/۲۵*، b= ۱/۰۲)

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

کسمن (Cassman, 1998) نشان داد که در نظام‌های کشت برنج آسیا با مدیریت صحیح نیتروژن نوسان سالانه عملکرد کاهش و ثبات افزایش می‌یابد. هائو و همکاران (Hao et al., 2007) نیز بر اساس داده‌های ۲۰ ساله مربوط به کشور چین گزارش کردند که مصرف کودهای نیتروژنی و فسفری به طور تلفیقی باعث افزایش ثبات و عملکرد دانه گندم شده است.

به طور کلی، به نظر می‌رسد که مدیریت بوم‌نظام‌های زرعی بر مبنای روش‌های اکولوژیک نظیر تناوب، مصرف کودهای آلی و یا تلفیق نهاده‌های شیمیایی و آلی تأثیر بیشتری بر بهبود ثبات عملکرد دارند. در همین ارتباط پن و همکاران (Pan et al., 2009) همبستگی مثبت و معنی‌داری را بین میزان مواد آلی خاک و ثبات عملکرد غلات بدست آوردند و نشان دادند که در منطقه مورد مطالعه ایشان ۶۰ تا ۷۰ درصد از نوسانات عملکرد غلات تابع مقدار ماده آلی خاک بود.

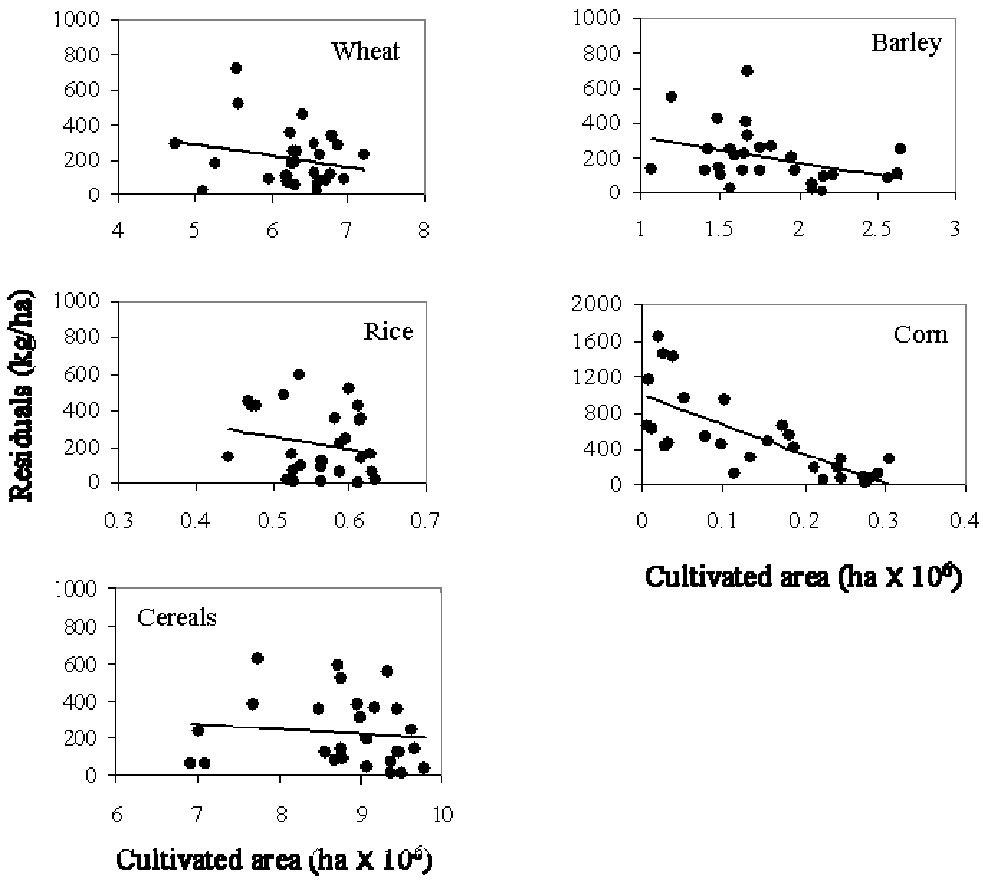
پارولو و همکاران (Paruelo et al., 2001) با مطالعه‌ای در دشت‌های مرکزی آمریکا بیان داشتند که بهبود روش‌های آبیاری باعث افزایش عملکرد گندم شده و ثبات آن را نیز بهبود بخشیده است. اصلاح روش‌های آبیاری نه تنها عملکرد را افزایش داده بلکه سیستم تولید را از نوسانات بارندگی که باعث کاهش ثبات عملکرد می‌شود، تا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

ثبات عملکرد و سطح زیر کشت

یافته‌های این تحقیق نشان داد که ثبات عملکرد در محصولات تحت بررسی تا حدودی تابع سطح زیر کشت آنها می‌باشد. در شکل ۷ رابطه رگرسیون بین سطح زیر کشت و مقادیر مطلق باقیمانده‌ها برای هر محصول و نیز مجموع غلات ارائه شده است. با وجودی‌که این رابطه تنها در مورد جو و ذرت از نظر آماری معنی‌دار بود، ولی شیب منفی خطوط رگرسیون موید کاهش مقادیر باقیمانده با افزایش سطح زیر کشت است. بنابراین، به نظر می‌رسد با افزایش سطح زیر کشت ثبات عملکرد غلات افزایش یافته است.

رابطه بین ثبات و سطح کشت در سایر مطالعات نیز به تأیید رسیده است. روندانینی (Rondanini et al., 2012) بر اساس داده‌های ۴۰ ساله که در کشورهای مختلف انجام شد، ثبات عملکرد کلزا را به روش باقیمانده رگرسیون برآورد کرده و نشان دادند که با افزایش سطح زیر کشت این محصول مقدار باقیمانده کاهش و در نتیجه ثبات عملکرد افزایش یافته است. این محققین بیان داشتند که به نظر می‌رسد هنگام ارزیابی در مقیاس بزرگ چون اراضی کم‌بازده و پر بازده هر دو در محاسبه وارد شده‌اند، بصورت نوعی بافر یا تعدیل کننده عمل کرده و ثبات افزایش می‌یابد. بنابراین، علیرغم اینکه در این تحقیق رابطه بین سطح زیر کشت و ثبات از لحاظ آماری فقط برای دو محصول معنی‌دار بود ولی با توجه به منفی بودن رابطه (شکل ۷) به نظر می‌رسد که افزایش سطح زیر کشت به نوبه خود یکی از عوامل موثر بر ثبات عملکرد است.

البته باید توجه داشت که بزرگ شدن مقیاس ممکن است بر مقدار ثبات موثر باشد. نصیری محلاتی و کوچکی (Nassiri Mahallati & Koocheki, 2010) با ارزیابی ریسک تولید گندم در استان خراسان نشان دادند که ضریب تغییرات (CV) عملکرد گندم در استان‌های خراسان شمالی، رضوی و جنوبی به ترتیب ۲۰، ۲۵ و ۳۵ درصد می‌باشد، در حالی‌که مقدار این ضریب برای مجموع سه استان در حدود ۲۶ درصد است.



شکل ۷- رابطه بین سطح زیر کشت و مقادیر مطلق باقیمانده‌های عملکرد در گندم، جو، برنج، ذرت و مجموع غلات

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

رابطه رگرسیون تنها در مورد جو و ذرت معنی‌دار است ($p\leq ۰/۰۵$).

Regression was significant ($p\leq 0.05$) only for barley and corn.

بر این اساس، گندم در مناطق جنوبی این استان که در مقایسه با مناطق شمالی دارای آب و هوایی گرم‌تر و خشک‌تر می‌باشند، نوسان عملکرد بیشتر و ثبات کمتری دارد. کالدرینی و سلافر (Calderini & Slafer, 1998) با ارزیابی روند عملکرد گندم در آرژانتین بیان داشتند که در طی قرن بیستم ثبات در مقایسه با میزان افزایش عملکرد بهبود یافته است. در حالی‌که ورون و همکاران (Verón et al., 2004) با ارزیابی ثبات عملکرد گندم در ۹۷ منطقه مختلف در آرژانتین نشان دادند که در مناطق حاشیه‌ای و کم‌بازده افزایش عملکرد بیشتر از کاهش ثبات بوده در حالی‌که در مناطق پربازده حالت عکس مشاهده شد و میزان کاهش ثبات بیش از افزایش عملکرد است. بنابراین، به نظر می‌رسد که آنالیز ثبات در مقیاس استانی یا به طور دقیق‌تر در پهنه‌های اگرواکولوژیکی تصویر بهتری از وضعیت ثبات عملکرد غلات را ارائه خواهد کرد.

نتیجه‌گیری

با وجود این که افزایش عملکرد مهمترین چالش برنامه‌های بهنژادی و بهزراعی در کشور می باشد، ولی این افزایش در صورتی تضمین‌کننده امنیت غذایی خواهد بود که با ثبات عملکرد نیز همراه باشد زیرا در اغلب گیاهان زراعی پایین بودن ثبات یکی از عوامل اصلی ایجاد خلاء بین عملکرد واقعی و پتانسیل محسوب می‌شود و این خلاء به ویژه در محیط‌های با تنش خشکی، شدیدتر است (Cattivelli et al., 2008; Tollenaar et al., 2002). نتایج این

تحقیق نشان داد که عملکرد گندم و مجموع غـلات کشـور در طـی دهه گذشته بدون تغییر مانده در حالی‌که ثبات آن به ویـژه در مـورد گندم و جو در حال کاهش می‌باشد. اصلاح واریته‌های جدید غلات با هدف افزایش عملکرد همراه با توسعه فشرده‌سـازی موجـب کـاهش خصوصیات کارکردی نظام‌های تولید در کشور شده و در نتیجه تأثیر نوسانات سالانه آب و هوایی بر عملکرد غلات افزایش یافتـه اسـت. با وجودی که بر اساس یافته‌های این تحقیـق بـرنج و ذرت از ثبـات عملکرد قابل قبولی برخوردارند، ولی زوال تدریجی تنـوع زیسـتی در بوم‌نظام‌های کشاورزی کشور و پیامدهای ناشی از تغییر اقلیم جهانی ثبات عملکرد غلات را تهدید می‌کند. باید توجه داشت که کشاورزان به ویژه در مناطق کم‌بازده و حاشیه‌ای از نظر اقتصادی فناوری‌هـایی را می‌پذیرند که بالاترین سطح ثبات عملکرد را بـه همـراه داشـته و خطر از بین رفتن محصـول را بـه حـداقل برسـاند (Fikere et al., 2008). بنابراین، بازنگری برنامه‌های به‌نژادی، بهره‌گیری صـحیح از تناوب زراعی، جایگزینی کودهای شیمیایی با آلی و حفاظت از تنـوع زیستی و افزایش آن در نظام‌های زراعی، مهمترین راهکارهای مـوثر بر بهبود ثبات عملکرد محسوب می‌شوند و مطالعه تأثیر آنها بر ثبات عملکرد حائز اهمیت است.

سپاسگزاری

هزینه‌های مورد نیـاز جهـت انجـام ایـن طـرح توسـط معاونـت پژوهش و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشـاورزی و در قالب طرح تحقیقاتی مصـوب بـا کـد ۱۳۵۷پ مـورخ ۱۳۸۷/۱۲/۱۲ تأمین شده است کـه بـدین وسـیله از حمایـت‌هـای مـالی دانشـگاه سپاس‌گزاری می‌گردد.

منابع

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

Andresen, J.A., Alagarswamy, G., Rotz, C.A., Ritchie, J.T., and LeBaron, A.W. 2001. Weather impacts on maize, soybean, and alfalfa production in the Great Lakes region 1895–1996. Agronomy Journal 93: 1059–1070.

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

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

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

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

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

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

Cassman, K.G. 1999. Ecological intensification of cereal production systems: yield potential, soil quality, and precision agriculture. Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America 96: 5952–5959.

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

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

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

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

De Vita, P., Mastrangelo, A.M., Matteu, L., Mazzucotelli, E., Virzì, N., Palumbo, M., Lo Storto, M., Rizza, F., and

Cattivelli, L. 2010. Genetic improvement effects on yield stability in durum wheat genotypes grown in Italy. Field Crops Research 119: 68–77.

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

Duvick, D.N., Smith, J.S.C., and Cooper, M. 2004. Changes in performance, parentage, and genetic diversity of successful corn hybrids, 1930 to 2000. In: Smith, C.W., Betrˇıan, J., Runge, E.C.A. (Eds.), Corn: Origin, History, Technology and Production. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, pp. 65–97.

Evans, L.T. 1993. Crop evolution, adaptation and yield. Cambridge University Press, New York.

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

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

Fischer, R.A., Santiveri, F., and Vidal, I.R. 2002. Crop rotation, tillage and crop residue management for wheat and maize in the sub-humid tropical highlands I. Wheat and legume performance. Field Crops Research 79: 107–122.

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

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

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

Gan,Y.T., Miller, P.R., McConkey, B.G., Zentner, R.P., Stevenson, F.C., and McDonald, C.L. 2003. Influence of diverse cropping sequences on durum wheat yield and protein in the semiarid northern Great Plains. Agronomy Journal 9: 245–252.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Pidgeon, J.D., Werker, A.R., Jaggard, K.W., Richter, G.M., Lister, D.H., and Jones, P.D. 2001. Climatic impact on the productivity of sugar beet in Europe, 1961–1995. Agricultural and Forest Meteorology 109: 27–37.

Reid, J.B. 2002. Yield response to nutrient supply across a wide range of conditions. 1. Model derivation. Field Crops Research 77: 161–171.

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

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

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

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

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

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

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

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۳، ص. ۶۳۳-۶۲۲

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 3, Fall 2014, p. 622-633

ارزیابی حساسیت انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید چای در استان گیلان

امین نیکخواه[1]، باقر عمادی[2*]، فرشاد شعبانیان[3] و هانی حمزه کلکناری[3]

تاریخ دریافت:۱۳۹۲/۰۹/۲۹
تاریخ پذیرش:۱۳۹۳/۰۲/۲۳

چکیده

تولید پایدار یک محصول در هر منطقه مستلزم توجه به سیر انرژی سامانه تولیدی آن است، در عین حال توجه به نهاده‌های ورودی سامانۀ تولیدی با نگرش مدیریت محیط زیست نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این تحقیق انرژی مصرفی و انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید چای در استان گیلان مورد بررسی قرار گرفت. اطلاعات از طریق مصاحبه حضوری با ۷۵ چای‌کار گیلانی و تطبیق اطلاعات با دفترچه چای هر کشاورز جمع‌آوری شد. مجموع انرژی‌های ورودی در جریان تولید چای ۳۹۰۶۰/۶۰ مگاژول بر هکتار و میزان کارایی انرژی ۰/۲۲ محاسبه شد. کودهای شیمیایی بیشترین سهم را در انرژی‌های مصرفی و انتشار گازهای گلخانه‌ای به ترتیب با ۵۸/۵۵ و ۷۴/۲۲ درصد در تولید چای به خود اختصاص دادند. مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید چای در منطقه ۱۲۸۱/۸۲ کیلوگرم معادل دی‌اکسید کربن در هکتار بود. نتایج استفاده از تابع کاب داگلاس و تحلیل حساسیت انرژی تولید چای در استان گیلان نشان داد که تأثیر تمامی نهاده‌های انرژی ورودی به غیر از سموم شیمیایی بر عملکرد مثبت بود. نهاده نیروی کارگری، حساس‌ترین و بنابراین موثرترین نهاده بر عملکرد چای بود و پس از آن نهاده‌های انرژی ماشین‌ها و سموم شیمیایی قرار داشتند.

واژه‌های کلیدی: انتشار دی اکسید کربن، انرژی ورودی، کارایی انرژی، مدیریت محیط زیست

مقدمه

تولید پایدار محصولات کشاورزی از جمله چای (*Camellia sinensis* L.) نیازمند توجه به روند و جریان انرژی مصرفی در طی فرآیند تولید آن‌ها می‌باشد. سطح زیر کشت باغات چای ایران در حدود ۳۲۰۰۰ هکتار است که استان گیلان با سطح زیر کشت ۲۴۰۰۰ هکتار، بزرگ‌ترین تولید کننده این محصول در سطح کشور می‌باشد (MAJ, 2011). ایران یکی از بزرگ‌ترین کشورهای تولیدکننده انرژی از منابع تجدیدناپذیر است و در حدود ۹۹ درصد انرژی در ایران از منابع تجدیدناپذیر تأمین می‌شود (Bakhoda et al., 2012). با در نظر گرفتن این موضوع که ایران جزو ده کشور بزرگ تولیدکننده گازهای گلخانه‌ای است (IEA, 2012)، توجه دقیق به بخش‌های مختلف تولیدی با رویکرد مدیریت در انتشار این نوع گازها ضرورت دارد. ایران با داشتن شرایط متنوع آب و هوایی، بستر مناسبی را برای تولید انواع محصولات کشاورزی دارد. در کشت و کار این محصولات نهاده‌هایی با پتانسیل آلودگی زیست محیطی و نشر گازهای گلخانه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین، توجه به نحوه و مدیریت مصرف این نهاده‌ها و اتخاذ تصمیماتی در جهت افزایش کارایی هر یک از این نهاده‌ها در تولید محصول از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

در مطالعه‌ای کارایی انرژی تولید برنج (*Oryza sativa* L.) در استان گیلان بررسی و دو نهاده سوخت و کودهای شیمیایی به عنوان موثرترین نهاده‌های مصرف‌کننده انرژی در تولید گزارش شدند. همچنین، مجموع انرژی ورودی و کارایی انرژی[4] به ترتیب ۳۹۳۳۳/۳۶ مگاژول بر هکتار و ۱/۵۳ گزارش شد (Pishgar-Komleh et al., 2011a). در تحقیق بر روی انرژی مصرفی جهت تولید بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) در استان گیلان، مجموع انرژی‌های ورودی و کارایی انرژی به ترتیب ۱۹۴۰۷/۳۶ مگاژول بر هکتار و ۳/۹۲ گزارش شد. افزون بر این، با تخمین رابطه بین انرژی‌های ورودی و عملکرد با استفاده از تابع کاب داگلاس، تأثیر نهاده‌های نیروی کارگری، ماشین‌ها، کودهای شیمیایی و الکتریسیته

۱- عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت
۲- دانشیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: Emadi-b@ferdowsi.um.ac.ir)

4- Energy efficiency

بر روی عملکرد مثبت و تأثیر نهاده‌های بذر، سوخت دیزل و سموم شیمیایی بر روی عملکرد منفی گزارش شد (Emadi et al., 2015). در پژوهشی برای تولید آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در استان گلستان کارایی انرژی (۴/۵۲)، بهره‌وری انرژی[1] (۰/۱۷ کیلوگرم بر مگاژول)، انرژی ویژه[2] (۵/۲۸ مگاژول بر کیلوگرم) و افزوده انرژی[3] (۳۳۳۰۹ مگاژول بر هکتار) اعلام شد (Mousavi Avval et al., 2011a). در مطالعهٔ دیگری کارایی انرژی تولید کلزا (*Brasica napus* L.) در استان گلستان ۳/۰۲ و سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید این محصول ۵/۲۰ درصد گزارش شد (Mousavi-Avval et al., 2011b). در بسیاری از مطالعات صورت گرفته بر روی انرژیِ مصرفی برای تولید محصولات کشاورزی در ایران، سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید کم‌تر از ۲۰ درصد گزارش شده است (Mohammadi and Omid, 2010; Tabatabaie et al., 2012; Khoshnevisan et al., 2013).

در مورد انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز در مطالعه بر روی تولید گندم (*Triticum aestivum* L.) در اصفهان دو نهادهٔ الکتریسیته و کودهای شیمیایی و در تولید ذرت (*Zea mays* L.) در تهران دو نهاده ماشین‌ها و سوخت مصرفی بیشترین نقش را در انتشار گازهای گلخانه‌ای داشتند (Pishgar Komleh et al., 2011b; Khoshnevisan et al., 2013). در بررسی روی انتشار گازهای گلخانه‌ای در طی تولید کلزا در سه منطقه تراکیا ترکیه، استان‌های گلستان و مازندران ایران میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای به ترتیب ۵۶۲/۸۵، ۶۵۲/۸۶ و ۸۸۷/۳۰ کیلوگرم معادل دی‌اکسید کربن در هکتار[4] گزارش شد (Khojastehpour et al., 2014).

با توجه به این‌که تاکنون مطالعه‌ای بر روی میزان انرژی مصرفی و نیز انتشار گازهای گلخانه‌ای در فرآیند تولید چای در ایران صورت نگرفته است، هدف از انجام این مطالعه بررسی انرژی‌های ورودی و خروجی تولید چای و تخمین رابطه بین انرژی‌های ورودی و عملکرد بود. همچنین برآورد میزان کل انتشار گازهای گلخانه‌ای و نیز تعیین سهم هریک از نهاده‌های ورودی در انتشار گازهای گلخانه‌ای در جریان تولید چای از دیگر اهداف این پژوهش بود.

1- Energy productivity
2- Specific energy
3- Net energy
4- kg CO_2eq ha^{-1}

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و روش نمونه‌گیری

منطقه مورد بررسی شهرستان چابکسر در استان گیلان با عرض جغرافیایی حداکثر و حداقل به ترتیب ۳۶ درجه و ۳۸ دقیقه و ۳۷ درجه و ۱۲ دقیقه شمالی و همچنین طول جغرافیایی حداکثر و حداقل به ترتیب ۵۰ درجه و ۳۷ دقیقه و ۵۰ درجه و ۶ دقیقه شرقی انتخاب شد (GSY, 2011). حجم نمونه با استفاده از فرمول کوکران (Snedecor & Cochran, 1980) ۷۵ نفر تعیین گردید (معادلات ۱ و۲). اطلاعات مورد نظر شامل میزان مصرف نهاده‌های مختلف در فرآیند تولید چای توسط پرسشنامه و مصاحبه حضوری جمع‌آوری و با دفترچه چای کشاورز مربوطه تطبیق داده شد. محتویات دفترچه مذکور حاوی اطلاعات اخذ شده سازمان چای کشور از هر یک از چایکاران بود. در جدول ۱ نحوه و تاریخ انجام عملیات مختلف تولید چای در استان گیلان ارائه شده است.

معادلهٔ (۱)
$$n = \frac{N(s \times t)^2}{(N-1)d^2 + (s \times t)^2}$$

معادلهٔ (۲)
$$d = \frac{t \times s}{\sqrt{n}}$$

در این معادلات، t: ۱/۹۶(در سطح اطمینان ۹۵٪)، s: پیش برآورد انحراف معیار جامعه (تعیین از طریق تکمیل پرسشنامه‌های اولیه)، d: دقت احتمالی مطلوب، N: حجم جامعه و n: حجم نمونه است.

روش تحلیل انرژی مصرفی

معادل‌های انرژی نهاده‌های ورودی و خروجی مورد استفاده در تولید چای در استان گیلان در جدول ۲ ارائه شده است. پس از تعیین انرژی‌های ورودی و خروجی تولید چای در استان گیلان، شاخص‌های انرژی از طریق معادله‌های (۳) تا (۶) محاسبه شد (Royan et al., 2012; Mobtaker et al., 2012). سپس سهم شکل‌های مستقیم (نیروی کارگری و سوخت بنزین)، غیرمستقیم (کودهای شیمیایی، کود حیوانی، سموم شیمیایی و ماشین‌ها)، تجدیدپذیر (نیروی کارگری و کود حیوانی) و تجدیدناپذیر (سوخت بنزین، کودهای شیمیایی، سموم شیمیایی و ماشین‌ها) انرژی در تولید چای در استان گیلان مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه مقدار مواد موثر کودهای شیمیایی در نظر گرفته شد (Erdal et al., 2007; Khajepour, 1997). با توجه به شرایط مساعد آب و هوایی، برای تولید چای در منطقه چابکسر آبیاری صورت نمی‌گیرد.

جدول ۱- نوع و تاریخ عملیات مختلف تولید چای در استان گیلان

Table 1- Type and date of different operations for tea production in Guilan province

نوع عملیات Operations type	تاریخ Date	
شخم Plowing	۱ الی ۳۰ اسفند	20 Feb to 20 March
کوددهی Fertilizer application	۱ الی ۱۵ اسفند	20 Feb to 5 March
سم پاشی Spraying	۱۵ فروردین الی ۱۵ اردیبهشت	To 5 May 4 Apr
وجین Weeding	۱ خرداد الی ۱۵ خرداد	22 May to 5 June
میانگین تعداد دفعات وجین Mean Frequency of weeding	2.71	
برداشت اول First harvesting	۲۵ خرداد الی ۵ تیر	15 June to 26 June
برداشت دوم Second Harvesting	۱ الی ۱۵ مرداد	23 July to 6 Aug
برداشت سوم Third harvesting	۱ الی ۱۵ شهریور	23 Aug to 6 Sep
برداشت چهارم Fourth harvesting	۱۵ شهریور الی ۱۵ مهر	6 Sep 7 Oct
میانگین تعداد دفعات برداشت Mean number of harvesting	2.19	
میانگین مساحت اراضی Mean of farm size	0.20	

جدول ۲- معادل انرژی ورودی‌ها و خروجی

Table 2- Energy equivalent of inputs and outputs

ورودی‌ها و خروجی‌ها Inputs and output	معادل انرژی (مگاژول بر هکتار) Energy equivalent (MJ unit−1)	منبع Reference
ورودی‌ها Inputs		
نیروی کارگری (ساعت) Human Labor (h)	1.96	(Singh et al., 1994)
کودهای شیمیایی Chemical Fertilizer		
نیتروژن (کیلوگرم) N (kg)	66.14	(Ozkan et al., 2011)
فسفات (کیلوگرم) P2O5 (kg)	12.44	(Ozkan et al., 2011)
سموم شیمیایی (کیلوگرم) Biocide (kg)	120	(Khoshnevisan et al., 2013)
کود حیوانی (کیلوگرم) Farmyard manure	0.3	(Khoshnevisan et al., 2013)
سوخت بنزین (لیتر) Gasoline (L)	46.3	(Pishgar-Komleh et al., 2011a)
ماشین‌ها (ساعت) Machinery (h)	62.7	(Singh and Mittal., 1992)
خروجی Output		
چای (کیلوگرم) Tea (kg)	0.8	(Ozkan et al., 2004)

$$\text{کارایی انرژی} = \frac{\text{انرژی خروجی (مگاژول در هکتار)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول در هکتار)}}$$
معادلهٔ (۳)

$$\text{بهره وری} = \frac{\text{عملکرد (کیلوگرم در هکتار)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول در هکتار)}}$$
معادلهٔ (۴)

$$\text{انرژی ویژه} = \frac{\text{انرژی ورودی (مگاژول در هکتار)}}{\text{عملکرد (کیلوگرم در هکتار)}}$$
معادلهٔ (۵)

$$\text{افزوده انرژی} = \text{انرژی خروجی (مگاژول در هکتار)} - \text{انرژی ورودی (مگاژول در هکتار)}$$
معادلهٔ (۶)

$$y = f(x) \exp(u)$$
معادلهٔ (۷)

$$Lny_i = a_0 + \sum_{j=1}^{n} a_j \ln(x_{ij}) + e_i \quad i = 1,2,\ldots,n$$
معادلهٔ (۸)

$$Lny_i = a_0 + \alpha_1 lnx_1 + \alpha_2 lnx_2 + \alpha_3 lnx_3 + \alpha_4 lnx_4 + \alpha_5 lnx_5 + \alpha_6 lnx_6 + e_i$$
معادلهٔ (۹)

در این مطالعه، برای تخمین رابطه بین انرژی‌های ورودی نیروی کارگری (X_1)، کودهای شیمیایی (X_2)، سموم شیمیایی (X_3)، سوخت بنزین (X_4)، کود حیوانی (X_5) و ماشین‌ها (X_6) بـا عملکـرد چـای از تابع کاب داگلاس استفاده شد کـه یـک مـدل پذیرفتـه شـده توسـط بسـیاری از محققـان در بررسـی انـرژی مصـرفی تولیـد محصـولات کشـاورزی اسـت (Mousavi-Avval et al., 2011b; Pishgar-Komleh et al., 2013; Ramedani et al., 2011). شکل کلی این تابع در معادله (۷) ارائه شده است. با لگـاریتم‌گیـری از دو طـرف آن، معادله (۸) نتیجه می‌شود. با جایگذاری شش نهاده انرژی ورودی برای تولید چای در استان گیلان، معادله (۹) حاصل می‌شود. در این فرمول a_0 و e_i بــه ترتیــب ضــریب ثابــت و ضــریب خطــا هســتند و $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_6$ به ترتیـب ضـرایب رگرسـیونی نهـادههـای انـرژی ورودی می‌باشند. در این مطالعه، نرخ بازگشت به مقیـاس[1] نیـز مـورد بررسی قرار گرفت. به این معنا که با تغییر مقدار انرژی تمام نهاده‌های ورودی، مقدار عملکرد به چـه انـدازه تغییـر مـی‌یابـد. اگـر ایـن عـدد بزرگ‌تر از یک محاسبه شود، نرخ بازگشت به مقیاس افزایشی خواهـد بود و با افزایش یک درصد در انرژی تمام نهاده‌های ورودی عملکـرد به میزان بیش از یک درصد افزایش می‌یابد. نرخ بازگشت به مقیـاس مساوی یک و کم‌تر از یک به ترتیب بیانگر نرخ بازگشت بـه مقیـاس ثابـت و کاهشـی هسـتند (Royan et al., 2012; Emadi et al., 2015).

در این مطالعه برای تعیین حساسیت نهاده‌های انـرژی ورودی در تولید چای در استان گیلان از روش بهره‌وری فیزیکی حاشـیه‌ای[2] بـر پایه ضرایب رگرسیونی محاسبه شـده در معادلـه (۹) اسـتفاده شـد. از طریق MPP مشخص می‌شود که با افـزایش یـک واحـد در یکـی از نهاده‌های انرژی، با ثابت بودن سـایر عوامـل تولیـد، مقـدار تغییـر در عملکرد چه میزان است. MPP از طریق معادله (۱۰) محاسبه شد (Mobtaker et al., 2012; Tahri-Rad et al., 2014):

$$MPP_{xj} = \frac{GM(Y)}{GM(X_{ij})} \times \alpha_{ij}$$
معادلهٔ (۱۰)

در این معادله، MPP_{xj}: مقدار بهره‌وری فیزیکی حاشیه‌ای به ازای نهاده Jام، α_{ij}: ضـریب رگرسـیونی نهـاده، GM_Y: میـانگین هندسـی عملکرد چای در هکتار و $GM(X_{ij})$: میانگین هندسـی نهـاده انـرژی ورودی است. همچنین میزان تأثیرگذاری انرژی نهاده‌های ورودی بـر عملکرد با استفاده از بتا استاندارد مورد بررسی قرار گرفت.

روش ارزیابی انتشار گازهای گلخانه‌ای

در جدول ۳ ضریب انتشار گازهای گلخانـه‌ای نهـاده‌هـای ورودی برای تولید چای در استان گیلان آورده شـده اسـت. انتشـار گازهـای گلخانه‌ای نهـاده ماشـین‌هـا مربـوط بـه فرآینـد سـاخت، نگـه‌داری و حمل‌ونقل آن‌ها بود (Dyer & Desjardins, 2006). مصرف بنزین نیـز برای حمل و نقل و سم‌پاشی صـورت گرفـت. بـا اسـتفاده از ضـرایب انتشار و مقدار نهاده‌های ورودی، مجموع انتشـار گازهـای گلخانـه‌ای تولید چای در منطقه به ازای یک هکتار محاسبه شد.

در پایان اطلاعات اولیه به محیط نرم‌افزار Excel 2007 انتقـال یافت. سپس تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از طریق نـرم‌افـزار JMP8 انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل انرژی تولید

یکی از مسائل مهم در تولید پایدار محصـولات زراعـی مسـاحت بهینهٔ اراضی کشاورزی می‌باشد. میانگین وسعت کشت باغات چای در استان گیلان ۰/۲۰ هکتار محاسبه شد (جدول ۱).

1- Returns to scale

2- Marginal physical productivity

جدول ۳- ضرایب انتشار گازهای گلخانه‌ای
Table 3- Greenhouse gas emission coefficients

ورودی‌ها Inputs	واحد Unit	ضریب انتشار گازهای گلخانه‌ای (kg CO_2eq unit^{-1})	منبع Reference
ماشین‌های کشاورزی Agricultural machinery	مگاژول MJ	0.071	(Dyer & Desjardins, 2006)
سوخت بنزین Gasoline	لیتر liter	2.3	(EAI, 2013)
کودهای شیمیایی Chemical Fertilizer			
نیتروژن N	کیلوگرم	1.3	(Lal, 2004)
فسفات P_2O_5	کیلوگرم	0.2	(Lal, 2004)
سموم شیمیایی Biocide			
قارچ کش Fungicides	کیلوگرم	3.9	(Lal, 2004)
حشره‌کش Insecticides	کیلوگرم	5.1	(Lal, 2004)
علف‌کش Herbicides	کیلوگرم	6.3	(Lal, 2004)
کود حیوانی Farmyard manure	کیلوگرم	0.126	(Xiaomei & Kotelko, 2003; Pishgar-Komleh et al., 2013)

میانگین پایین مساحت اراضی کشاورزی استان گیلان به ویژه باغات چای منطقه، چای‌کاران گیلانی را با چالش‌هایی روبه‌رو نموده است که از بارزترین این موارد می‌توان به استفاده نسبتاً پایین از ماشین‌های کشاورزی در منطقه اشاره کرد، به نحوی که استفاده از بسیاری ماشین‌های کشاورزی از جمله تراکتورهای کشاورزی در منطقه رایج نیست و بیشتر عملیات کشت و کار چای به صورت دستی صورت می‌گیرد. مشابه با اراضی تحت کشت چای، میانگین مساحت مزارع برنج نیز در استان گیلان ۰/۷ هکتار است (MAJ, 2011)، که در مطالعه‌ای میزان بهینه آن در استان، ۲/۱۷ هکتار اعلام شد (Hosseinzad et al., 2009). در منطقه چابکسر چای درجه یک، طی یک تا دو مرحله برداشت می‌شود و در برداشت سوم و چهارم، چای درجه دو به‌دست می‌آید. میانگین عملکرد چای در منطقه ۱۰۷۹۸/۵۲ کیلوگرم بر هکتار محاسبه شد.

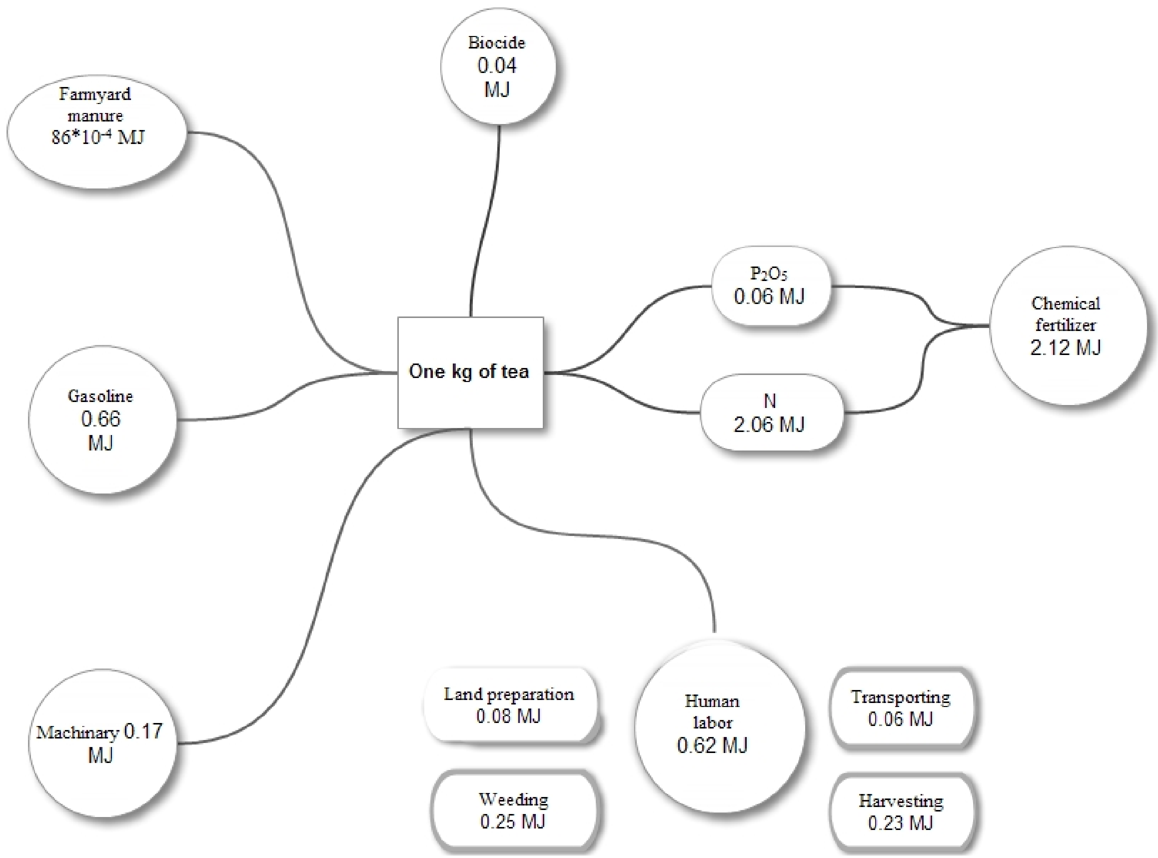
میزان انرژی‌های ورودی و خروجی تولید چای در استان گیلان در جدول ۴ آورده شده است. کودهای شیمیایی با ۲۲۸۷۱/۳۴ مگاژول بر هکتار، ۵۸/۵۵ درصد از انرژی‌های ورودی در تولید چای در استان گیلان را به خود اختصاص دادند. حدود ۹۷ درصد انرژی‌های ورودی کودهای شیمیایی مربوط به کود نیتروژن بود، به نحوی که چایکاران منطقه در زمین‌های نسبتاً کوچک خود مقدار زیادی از این نهاده شیمیایی را مصرف می‌نمودند. سوخت بنزین دومین منبع پرمصرف انرژی در تولید چای در استان گیلان بود. این منبع انرژی در فرآیند تولید چای برای حمل و نقل و سم‌پاشی مورد استفاده قرار می‌گیرد. ۱۸/۳۶ درصد از انرژی‌های ورودی تولید چای مربوط به این نهاده بود (جدول ۴). در مطالعه مشابهی بر روی تولید برنج در استان گیلان، سوخت و کودهای شیمیایی به عنوان پرمصرف‌ترین منابع انرژی در تولید گزارش شدند (Pishgar-Komleh et al., 2011a). در پژوهش دیگری در همدان دو نهاده الکتریسیته و کودهای شیمیایی به عنوان اصلی‌ترین منابع انرژی مصرفی در تولید یونجه معرفی شدند (Mobtaker et al., 2012).

نیروی کارگری سومین نهاده پرمصرف انرژی در تولید چای در استان گیلان برآورد شد. میانگین مصرف این نهاده معادل ۶۶۷۲/۲۱ مگاژول بر هکتار بود که این میزان انرژی مصرفی از میزان انرژی مصرف شده برای تولید محصولات آفتابگردان در استان گلستان، سیب (*Pyrus malus* L.) در تهران، جو (*Hordeum vulgare* L.) در همدان و برنج در گیلان بیشتر است (Mobtaker et al., 2010; Mousavi-Avval et al., 2011c; Mousavi Avval et al.,

.(2011a; Pishgar-Komleh et al., 2011a

جدول ٤- انرژی‌های ورودی و خروجی تولید چای در استان گیلان
Table 4- Energy inputs and output for Tea production in Guilan province

ورودی‌ها و خروجی‌ها Inputs and output	مقدار مصرف بر واحد سطح (هکتار) Quantity per unit area (ha)	معادل کل انرژی (مگاژول بر هکتار) Total energy equivalent (MJ ha^{-1})	انحراف معیار Standard deviation	درصد percentage
ورودی‌ها **Inputs**				
۱- نیروی کارگری (hr) 1-Human Labor (hr)	3404.18	6672.21	12013.55	17.08
الف- آماده‌سازی زمین (hr) A- Land preparation (hr)	420.39	823.97		
ب- وجین (hr) B-Weeding (hr)	1382.06	2708.84		
ج- برداشت (hr) C-Harvesting (hr)	1272.72	2494.54		
د- حمل و نقل (hr) D-Transporting (hr)	329.00	644.85		
۲- سوخت بنزین (Lit) 2-Gasoline (Lit)	154.89	7171.50	27647.71	18.36
۳- ماشین‌ها (hr) 3-Machinery (hr)	29.27	1835.54	4813.73	4.69
۴- کودهای شیمیایی Chemical Fertilizer		22871.34	59784.26	58.55
الف- نیتروژن (Kg) A-N (Kg)	336.64	22265.55		
ب- فسفات (Kg) B-P_2O_5 (Kg)	46.70	605.79		
۵-کود حیوانی (Kg) 5-Farmyard manure (kg)	297.87	89.36	245.90	0.22
۶- سموم شیمیایی (Kg) 6-Biocide (Kg)	3.50	420.65	682.27	1.08
خروجی Output				
کل عملکرد چای (kg) Total yield of tea (kg)	10798.52	8638.82	17158.71	
برداشت اول (چای درجه یک) (kg) First harvesting (The first degree) (kg)	2895.74	2316.60		
برداشت اول (چای درجه دو) (kg) First harvesting (The second degree) (kg)	1693.02	1354.41		
برداشت دوم (چای درجه یک) (kg) Second harvesting (The first degree) (kg)	107.82	86.26		
برداشت دوم (چای درجه دو) (kg) Second harvesting (The second degree) (kg)	3623.91	2899.13		
برداشت سوم (چای درجه دو) (kg) Third harvesting (The second degree) (kg)	1823.06	1458.45		
برداشت چهارم (چای درجه دو) (kg) Fourth harvesting (The second degree) (kg)	654.97	523.97		



شکل ۱- سهم نهاده‌های انرژی در تولید یک کیلوگرم چای در استان گیلان

Fig. 1- The share of energy inputs for one kg of tea production in Guilan province

انرژی مصرفی نسبتاً زیاد نیروی کارگری برای تولید چای در استان گیلان به دلیل سنتی بودن اکثر عملیات زراعی در منطقه است، به گونه‌ای که برای تولید چای در منطقه، دو تا چهار بار وجین دستی و یک تا چهار بار برداشت دستی انجام می‌شود. ماشین‌های کشاورزی چهارمین نهاده پرمصرف انرژی در تولید چای در منطقهٔ چابکسر بود. میزان انرژی مصرفی این نهاده ۱۸۳۵/۵۴ مگاژول بر هکتار تعیین شد. بیشترین انرژی مصرفی ماشین‌ها برای تولید چای در استان گیلان مربوط به حمل‌ونقل و سم‌پاشی است. سموم شیمیایی با ۴۲۰/۶۵ مگاژول بر هکتار، ۱/۰۸ درصد انرژی مصرفی تولید چای در استان گیلان را به خود اختصاص داد. با توجه به عدم استفاده از کود حیوانی توسط برخی از چایکاران منطقه، انرژی ورودی این نهاده کم‌ترین مقدار را در بین تمامی ورودی‌های تولید چای به خود اختصاص داد. در شکل ۱ جریان انرژی برای تولید یک کیلوگرم چای در استان گیلان ارائه شده است.

همان‌طور که در جدول ۵ ملاحظه می‌شود، مجموع انرژی‌های ورودی برای تولید چای در استان گیلان ۳۹۰۶۰/۶۰ مگاژول بر هکتار به دست آمد. میانگین کارایی انرژی تولید چای در استان گیلان ۰/۲۲ محاسبه شد. بهره‌وری انرژی تولید چای در منطقه ۰/۲۸ کیلوگرم بر مگاژول بود. انرژی ویژه و افزوده انرژی نیز برای تولید چای به ترتیب ۳/۶۲ مگاژول بر کیلوگرم و ۳۰۴۲۲- مگاژول بر هکتار به دست آمد.

در پژوهش‌های مشابهی مجموع انرژی‌های ورودی برای تولید برنج در گیلان، کلزا در مازندران و کلزا در گلستان به ترتیب ۳۳۹۳۳، ۲۸۷۰۵ و ۱۷۷۸۶ مگاژول بر هکتار گزارش شد (Mousavi-Avval et al., 2011b; Pishgar-Komleh et al., 2011a; Taheri-Garavand et al., 2010)، که در تمامی این موارد انرژی ورودی بیشتری در استان گیلان برای تولید چای مصرف می‌شود. در مطالعاتی میانگین کارایی انرژی تولید محصولات برنج در گیلان

(۱/۵۳)، بادام‌زمینی در گیلان (۳/۹۲)، کلزا در گلستان (۳/۰۲)، کلزا در مازندران (۱/۴۴) و تولید سویا در کردکوی گلستان (۴/۶۲) گزارش شد (Emadi et al., 2015; Mousavi-Avval et al., 2011b; Pishgar-Komleh et al., 2011a; Taheri-Garavand et al., 2010). از دلایل کارایی انرژی نسبتاً پایین تولید چای در استان گیلان می‌توان به خرده مالکی باغات چای و میزان مصرف نسبتاً زیاد نهاده‌های ورودی در تولید این گیاه اشاره کرد. در مطالعات انجام شده بر روی تولید محصولات برنج در گیلان، سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در اصفهان و ذرت در تهران اعلام شد که با افزایش مساحت زمین، میزان انرژی‌های ورودی بر واحد سطح کاهش و کارایی انرژی افزایش می‌یابد (Pishgar Komleh et al., 2011a; Pishgar-Komleh et al., 2011b; Pishgar-Komleh et al., 2012a; Emadi et al., 2015). در پژوهشی بهره‌وری انرژی تولید برنج در استان گیلان ۰/۰۹ گزارش شد. این موضوع با توجه به عملکرد بیشتر چای نسبت به برنج، قابل انتظار است، ولی با توجه به محتوی انرژی بالاتر برنج (۱۷ مگاژول بر کیلوگرم) نسبت به چای (۰/۸ مگاژول بر کیلوگرم)، کارایی انرژی تولید چای در منطقه کم‌تر از این شاخص در تولید برنج بود (Pishgar-Komleh et al., 2011b). افزوده انرژی محاسبه شده در این مطالعه نیز در مقایسه با بسیاری از مطالعات مشابه صورت گرفته بر روی محصولات کشاورزی، کوچک‌تر است (Mobtaker et al., 2010; Mohammadi et al., 2010; Samavatean et al., 2011). این بدین معنا است که انرژی برای تولید چای در منطقه به صورت کارا مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. میزان انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم برای تولید چای به ترتیب ۱۳۸۴۴ و ۲۵۲۱۷ مگاژول بر هکتار محاسبه شد. سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر مصرفی نیز به ترتیب ۶۷۶۲ و ۳۲۲۹۹ مگاژول بر هکتار برآورد شد.

تأثیر تمامی نهاده‌های انرژی ورودی به غیر از سموم شیمیایی بر روی عملکرد چای در استان گیلان مثبت به دست آمد (جدول ۶). در تحقیق مشابهی بر روی انرژی تولید برنج در استان گیلان تأثیر نهاده‌های ماشین‌ها، سوخت، سموم شیمیایی، کودهای شیمیایی و بذر بر روی عملکرد مثبت و تأثیر نهاده نیروی کارگری بر روی عملکرد منفی گزارش شد (Pishgar-Komleh et al., 2011a). نرخ بازگشت به مقیاس در این مطالعه ۱/۱۳ محاسبه شد که بیانگر این موضوع است که با افزایش یک درصدی در انرژی ورودی تمام نهاده‌ها، عملکرد به میزان ۱/۱۳ درصد افزایش می‌یابد.

جدول ۵- شاخص‌ها و شکل‌های مختلف انرژی تولید چای در استان گیلان
Table 5- Energy indicators and forms for tea production in Guilan, Iran

	واحد Unit	میانگین Average	درصد Percentage
مجموع انرژی ورودی Total energy input	مگاژول بر هکتار MJ ha^{-1}	39060.60	
مجموع انرژی خروجی Total energy output	مگاژول بر هکتار MJ ha^{-1}	8638.82	
کارایی انرژی Energy ratio	–	0.22	
بهره‌وری انرژی Energy productivity	کیلوگرم بر مگا ژول kg Mj^{-1}	0.28	
انرژی ویژه Specific energy	مگا ژول بر کیلوگرم MJ kg^{-1}	3.62	
افزوده انرژی Net energy	مگا ژول بر هکتار MJ ha^{-1}	-30421.78	
انرژی مستقیم Direct energy	مگا ژول بر هکتار MJ ha^{-1}	13843.71	35
انرژی غیرمسقیم Indirect energy	مگا ژول بر هکتار MJ ha^{-1}	25216.89	65
انرژی تجدیدپذیر Renewable energy	مگا ژول بر هکتار MJ ha^{-1}	6761.57	17
انرژی تجدیدناپذیر Non-renewable energy	مگا ژول بر هکتار MJ ha^{-1}	32299.03	83

نهاده انرژی نیروی کارگری بیشترین مقدار حساسیت را در بین سایر نهاده‌ها داشت و به عنوان حساس‌ترین نهاده در تولید چای در منطقه شناخته شد، به طوری‌که با افزایش یک مگاژول در انرژی ورودی این نهاده، عملکرد به میزان ۰/۹۳ کیلوگرم بر هکتار افزایش می‌یابد. در تحقیقات دیگری نیز بر روی انرژی تولید محصولات کشاورزی نهاده نیروی کارگری بیشترین حساسیت را در تولید داشت (Mobtaker et al., 2010; Mobtaker et al., 2012). مقدار حساسیت برای نهاده انرژی ماشین‌ها و سموم شیمیایی به ترتیب ۰/۷۹ و ۰/۱۸- محاسبه شد. تأثیر سموم شیمیایی بر روی عملکرد منفی برآورد شد، به طوری‌که با افزایش یک مگاژول در انرژی ورودی این نهاده، عملکرد به میزان ۰/۱۸ کیلوگرم بر هکتار کاهش می‌یابد (جدول ۶). نیروی کارگری بیشترین بتا استاندارد (۰/۷۵) را در بین نهاده‌های انرژی ورودی به خود اختصاص داده و درنتیجه بیشترین تأثیر را بر روی عملکرد چای در استان گیلان داشت. نهاده‌های ماشین‌ها و سموم شیمیایی نیز به ترتیب دومین و سومین نهاده‌های انرژی تأثیرگذار بر روی عملکرد چای در استان گیلان بودند (جدول ۶). در پژوهش مشابهی سموم شیمیایی، سوخت دیزل و ماشین‌ها به ترتیب با بتا استاندارد ۰/۶۷- ، ۰/۳۸- و ۰/۳۲ تأثیرگذارترین نهاده‌های انرژی در تولید بادام‌زمینی در استان گیلان گزارش شدند (Emadi et al., 2015).

انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید چای در استان گیلان

بر اساس نتایج مطالعه، بیشترین سهم انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید چای مربوط به کودهای شیمیایی می‌باشد (جدول ۷). سهم انتشار گازهای گلخانه‌ای این نهاده در تولید چای در حدود ۷۶ درصد به دست آمد. انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از ماشین‌های کشاورزی، $۳۴۱/۷۷ kgCO_2eq.\ ha^{-1}$ برآورد گردید که دومین رتبه را از نظر انتشار در بین نهاده‌های مختلف دارا بود (جدول ۷). در پژوهش‌های مشابهی برای تولید محصول ذرت در تهران نهاده‌های ماشین‌ها و سوخت، تولید گندم در اصفهان نهاده‌های الکتریسیته و کودهای شیمیایی، برای تولید سیب زمینی در اصفهان نهاده‌های کودهای شیمیایی و سوخت دیزل و برای تولید پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در البرز نهاده‌های ماشین‌ها و سوخت دیزل به عنوان نهاده‌هایی با بیشترین انتشار گازهای گلخانه‌ای گزارش شدند (Khoshnevisan et al., 2013; Pishgar-Komleh et al., 2011b; Pishgar-Komleh et al., 2012a; Pishgar-Komleh et al., 2012b).

جدول ٦- تخمین رابطه بین انرژی‌های ورودی و عملکرد چای در استان گیلان

Table 6- Estimation of the relationship between energy inputs and yield of tea production in Guilan province

	ضریب رگرسیونی Coefficient	tآماره t-ratio	P-Value	MPP	بتا استاندارد Standard Beta
$\ln y_i = a_0 + a_1 \ln x_1 + a_2 \ln x_2 + a_3 \ln x_3 + a_4 \ln x_4 + a_5 \ln x_5 + a_6 \ln x_6 + e_i$					
نیروی کارگری Human labor	0.9616	6.21	0.0001	0.931	0.7516
کود های شیمیایی Chemical Fertilizers	0.0159	0.91	0.3691	-0.002	0.0583
سموم شیمیایی Biocide	0.0293–	1.44–	0.1575	-0.181	0.0917–
سوخت بنزین Gasoline	0.0548	0.68	0.4997	0.105	0.0663
کود حیوانی Farmyard manure	0.0046	0.24	0.8128	0.073	0.0125
ماشین‌ها Machinery	0.1235	1.41	0.1658	0.787	0.1611
R^2	0.89				
دوربین واتسون Durbine Watson	1.50				
نرخ بازگشت به مقیاس Return to scale	1.13				

جدول ۷- انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید چای در استان گیلان

Table 7- Greenhouse gas emission of Tea production in Guilan province

	میانگین Average ($kgCO_2eq.\ ha^{-1}$)	انحراف معیار Standard deviation	درصد (%) percentage
ماشین‌ها Machinery	130.32	341.77	10.17
سوخت بنزین Gasoline	123.54	504.90	9.64
کودهای شیمیایی Chemical Fertilizer			
نیتروژن N	951.38	2555.65	74.22
فسفر P_2O_5	21.17	47.72	1.65
سموم شیمیایی Biocide	17.88	29.00	1.39
کود حیوانی Farmyard manure	37.53	103.28	2.93
مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای Total GHG emissions	1281.82	2980.38	100

نهاده سوخت بنزین نیز با $۵۰۴/۹۰ kgCO_2eq.ha^{-1}$، ۹/۴۶ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای را در تولید چای در اختیار داشت. چهارمین نهادهٔ با بیشترین انتشار گازهای گلخانه‌ای کود حیوانی با سهم ۲/۹۳ درصد در تولید چای در استان گیلان بود. سموم شیمیایی نیز کم‌ترین انتشار گازهای گلخانه‌ای را در بین سایر نهاده‌ها در تولید چای در منطقه چابکسر داشت.

مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید چای در استان گیلان $۱۲۸۱/۸۲ kgCO_2eq.\ ha^{-1}$ محاسبه شد (جدول ۷). در مطالعات مشابهی مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای برای تولید محصولات پنبه در استان گلستان، گندم و سیب زمینی در اصفهان به ترتیب $kgCO_2eq.ha^{-1}$ ۱۱۹۵/۲۵، ۲۷۱۱/۵۸ و ۹۹۲/۸۸ گزارش شد. میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید چای در استان گیلان از تولید پنبه در البرز، تولید کلزا در تراکیا ترکیه و استان‌های گلستان و مازندران ایران و سیب‌زمینی در اصفهان بیشتر و از تولید گندم در اصفهان کم‌تر بود (Khoshnevisan et al., 2013; Khojastehpour et al., 2014) (Pishgar-Komleh et al., 2012a; Pishgar-Komleh et al., 2012b;).

نتیجه‌گیری

میانگین مالکیت باغات چای در استان گیلان ۰/۲ هکتار به دست آمد و یکی از دلایل عمده عدم مکانیزاسیون عملیات مختلف تولید این محصول را می‌توان به سطوح کوچک مالکیت نسبت داد. نهاده کودهای شیمیایی بیشترین مقدار مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای را به ترتیب با ۵۸/۵ و ۷۵/۹ درصد در تولید چای در استان گیلان داشت. کارایی انرژی تولید چای در استان گیلان ۰/۲۲ محاسبه شد و این امر بیانگر کارایی پایین انرژی در تولید این محصول در منطقه است.

منابع

Bakhoda, H., Almassi, M., Moharamnejad, N., Moghaddasi, R., and Azkia, M. 2012. Energy production trend in Iran and its effect on sustainable development. Renewable and Sustainable Energy Reviews 16: 1335-1339.

Dyer, J.A., and Desjardins, L. 2006. Carbon dioxide emissions associated with the manufacturing of tractors and farm machinery in Canada. Biosystems Engineering 93: 107-118.

EAI. 2013. U.S. Energy Information Administration estimate. Available from: http://www.eia.gov

Emadi, B., Nikkhah, A., Khojastehpour, M., and Payman, S.H. 2015. Effect of farm size on energy consumption and input costs of peanut production in Guilan province. Journal of Agricultural Machinery Engineering 5(1). (In press)

(In Persian with English Summary)

Erdal, G., Esengün, K., Erdal, H., and Gündüz, O. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. Energy 32: 35-41.

GSY. 2011. Guilan's of statistical yearbook. Available at: http://amar.gilan.ir (In Persian)

Hosseinzad, J., Aref-Eshghi, T., and Dashti, G. 2009. Determination of optimum size for rice farms in Guilan province. Journal of Economics and Agricultural Development 23(2): 117-127. (In Persian with English Summary)

IEA. 2012. International Energy Agency. CO_2 Emissions From Fuel Combustion, 2012 edition. available online at http://www.iea.org/termsandconditionsuseandcopyright

Khajepour, M.R. 1997. Principles of Agronomy. University Publishing of Isfahan Industrial. Esfahan, Iran 398 pp. (In Persian)

Khojastehpour, M., Nikkhah, A., and Emadi, B. 2014. Comparing energy and greenhouse gas emission of canola production between Iran and Turkey. The 8th National Congress on Agricultural Machinery Engineering. (Biosystem) & Mechanization, 29-31 January, Mashhad, Iran, P. 396- 405 (In Persian with English Summary)

Khoshnevisan, B., Rafiee, S., Omid, M., Yousefi, M., and Movahedi, M. 2013. Modeling of energy consumption and GHG (greenhouse gas) emissions in wheat production in Esfahan province of Iran using artificial neural networks. Energy 52: 333-338.

Lal, R. 2004. Carbon emission from farm operations. Environment International 30: 981-990.

MAJ. 2011. Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran. Annual agricultural statistics. Available at: http://www.maj.ir (In Persian)

Michael, H., and Dworkin, J.D. 2007. The farmer's handbook for energy self-reliance. The Institute for Energy and the Environment. Available for online download at: www.agenergysolutions.org

Mobtaker, H.G., Akram, A., and Keyhani, A. 2012. Energy use and sensitivity analysis of energy inputs for alfalfa production in Iran. Energy for Sustainable Development 16: 84-89.

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

Mohammadi, A., and Omid, M. 2010. Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. Applied Energy 87: 191-196.

Mohammadi, A., Rafiee, S., Mohtasebi, S. S., and Rafiee, H. 2010. Energy inputs– yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran. Renewable Energy 35: 1071-1075.

Mousavi Avval, S. H., Rafiee, S., Jafari, A., and Mohammadi, A. 2011a. Improving energy productivity of sunflower production using data envelopment analysis (DEA) approach. Journal of the Science of Food and Agriculture 91: 1885-1892.

Mousavi-Avval, S. H., Rafiee, S., Jafari, A., and Mohammadi, A. 2011b. Energy flow modeling and sensitivity analysis of inputs for canola production in Iran. Journal of Cleaner Production 19: 1464-1470.

Mousavi-Avval, S. H., Rafiee, S., and Mohammadi, A. 2011c. Optimization of energy consumption and input costs for apple production in Iran using data envelopment analysis. Energy 36: 909-916.

Ozkan, B., Ceylan, R. F., and Kizilay, H. 2011. Comparison of energy inputs in glasshouse double crop (fall and summer crops) tomato production. Renewable Energy 36: 1639-1644.

Ozkan, B., Akcaoz, H., and Fert, C. 2004. Energy input–output analysis in Turkish agriculture. Renewable Energy 29: 39-51.

Pishgar-Komleh, S. H., Sefeedpari, P., and Rafiee, S. 2011a. Energy and economic analysis of rice production under different farm levels in Guilan province of Iran. Energy 36: 5824-5831.

Pishgar-Komleh, S. H., Keyhani, A., Rafiee, S., and Sefeedpari, P. 2011b. Energy use and economic analysis of corn silage production under three cultivated area levels in Tehran province of Iran. Energy 36: 3335-3341.

Pishgar-Komleh, S. H., Ghahderijani, M., and Sefeedpari, P. 2012a. Energy consumption and CO_2 emissions analysis of potato production based on different farm size levels in Iran. Journal of Cleaner Production 33: 183-191.

Pishgar-Komleh, S.H., Sefeedpari, P., and Ghahderijani, M. 2012b. Exploring energy consumption and CO_2 emission of cotton production in Iran. Journal of Renewable and Sustainable Energy 4(3): 033115-14.

Pishgar-Komleh, S. H., Omid, M., and Heidari, M. D. 2013. On the study of energy use and GHG (greenhouse gas) emissions in greenhouse cucumber production in Yazd province. Energy 59: 63-71.

Ramedani, Z., and Rafiee, S., and Heidari, M.D. 2011. An investigation on energy consumption and sensitivity analysis of soybean production farms. Energy 36: 6340-6344.

Royan, M., Khojastehpour, M., Emadi, B., and Mobtaker, H.G. 2012. Investigation of energy inputs for peach production using sensitivity analysis in Iran. Energy Conversion and Management 64: 441-446.

Samavatean, N., Rafiee, S., Mobli, H., and Mohammadi, A. 2011. An analysis of energy use and relation between energy inputs and yield, costs and income of garlic production in Iran. Renewable Energy 36: 1808-1813.

Sims, R.E.H., and Sayigh, A. 2003. Bioenergy options for a cleaner environment: in developed and developing countries. Elsevier Science; 1 edition, Translated by: M.H. Abbaspour-fard, M.A. Ebrahimi Nik and M. Khojastehpour.

Singh, S., and Mittal, J.P. 1992. Energy in Production Agriculture. Mittal Publications.

Singh, S., Singh, S.J., Mittal, P., Pannu, C.J.S., and Bhangoo, B.S. 1994. Energy inputs and crop yield relationships for rice in Punjab. Energy 19: 1061-1065.

Snedecor, G.W., and Cochran, W.G. 1980. Statistical methods. Iowa State University Press.

Tabatabaie, S.M.H., Rafiee, S., and Keyhani, A. 2012. Energy consumption flow and econometric models of two plum cultivars productions in Tehran province of Iran. Energy 44: 211-216.

Taheri-Garavand, A., Asakereh, A., and Haghani, K. 2010. Energy elevation and economic analysis of canola production in Iran a case study: Mazandaran province. International Journal of Environmental Sciences 1: 236-242.

Tahri-Rad, A., Nikkhah, A., Khojastehpour, M., and Noruozie, S. 2014. Assessing the GHG emissions, the energy and economic analysis of cotton production in Golestan province. The 8th National Congress on Agricultural Machinery Engineering (Biosystem) & Mechanization, 29-31 January, Mashhad, Iran, P. 311-327 (In Persian with English Summary)

Xiaomei, L., and Kotelko, M. 2003. An integrated manure utilization system (imus): its social and environmental benefits. In: The 3rd International Methane and Nitrous Oxide Mitigation Conference, Beijing, China, 17e21 November. (Lecture No.: AG056).

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 3, Fall 2014, p. 634-644

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 3، پاییز 1393، ص. 644-634

تعیین ارتباط شرایط آب و هوایی با تولید محصول جو دیم (مطالعه موردی: آذربایجان شرقی)

مجتبی شکوهی[1*] و سیدحسین ثنایی‌نژاد[2]

تاریخ دریافت: 1392/12/10
تاریخ پذیرش: 1393/06/17

چکیده

دمای هوا و بارندگی به عنوان دو متغیر مهم آب و هوایی تأثیرات قابل توجهی بر تغییرات عملکرد محصول دارند. در این مطالعه رابطه بین عملکرد محصول جو دیم با دمای هوا و بارندگی در چهار منطقه استان آذربایجان شرقی (تبریز، مراغه، میانه و سراب) با استفاده از تحلیل همبستگی و تحلیل کای اسکور تکرار شونده مورد ارزیابی قرار گرفت. تحلیل کای اسکور تکرار شونده ارتباط سال‌های با عملکرد پایین و بالا را با عوامل اقلیمی نشان می‌دهد. رابطه عملکرد محصول و متغیرهای اقلیمی تعریف شده در بین مناطق تقریباً دارای الگوی مشابه هستند. در کلیه مناطق مهمترین عامل اقلیمی محدود کننده تولید محصول، وقوع دماهای بسیار پایین در بهمن‌ماه (مقادیر آستانه در محدوده، $T_{min}\leq$-10°C تا $T_{min}\leq$-20°C)، دماهای بالا پیش از شروع فصل زمستان (مقادیر آستانه در محدوده، $T_{max}\geq$15°C تا $T_{max}\geq$ 20°C) و دماهای بسیار بالا (مقادیر آستانه در محدوده، $T_{max}\geq$25°C تا $T_{max}\geq$35°C) در مرحله گل‌دهی (اوایل اردیبهشت الی اوایل خرداد) است. شب‌های خنک (مقادیر آستانه در محدوده، $T_{min}\leq$ 10°C تا 20°C $\leq T_{min}$) در مرحله رسیدن (اوایل خرداد الی اوایل مرداد) و بارندگی مناسب (مقادیر آستانه در محدوده، pp$\geq$ 5/8mm تا pp$\geq$10/6mm) در اوایل کاشت سبب افزایش عملکرد می‌شود. مرحله گل‌دهی در کلیه مناطق مرحله‌ای حساس بوده که دمای‌های بالا به همراه بارندگی کم اثر شدیدی بر کاهش عملکرد دارند. تعیین تأثیر دما و بارندگی بر عملکرد محصول می‌تواند اطلاعات مفیدی فراهم آورد تا با اتخاذ شیوهای مدیریتی مناسب اثرات نامطلوب این فاکتورها را کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: بارندگی، تحلیل کای اسکور تکرار شونده، دما

مقدمه

عملکرد محصولات کشاورزی تحت تأثیر عوامل اقلیمی متعددی است که از بین آنها بارندگی و دمای هوا بیشتر مورد توجه محققان بوده است (Zareabyaneh et al., 2012; Kutcher et al., 2010). آب و هوای نامساعد مثل دماهای بسیار بالا یا بسیار پایین و یا تنش آبی نقش مهمی در مراحل مختلف رشد و نموی داشته و بر عملکرد محصول جو و گندم تأثیر گذارند (Mcmaster et al., 2003). هر گونه تغییر در شرایط آب و هوایی محلی به ویژه در مراحل حساس رشد و نمو محصولات منتج به کاهش شدید عملکرد می‌شود (Bannayan et al., 2010). کمبود بارش و افزایش دما به کرات در مرحله پر شدن دانه گندم در بسیاری از مناطق رخ می‌دهد و سبب کاهش عملکرد می‌شود (Plaut et al., 2004). اطلاعات دقیق از اثرات آب و هوایی بر عملکرد برای بیشتر محصولات در بسیاری از مناطق در دسترس نیست (McKeown et al., 2006). با آگاهی از چگونگی رابطه عملکرد محصولات کشاورزی با دمای هوا و بارندگی در طی مراحل مختلف رشد و نمو در هر منطقه، می‌توان کاهش یا افزایش عملکرد محصول را توجیه کرد و در پی آن سیاست‌های متناسب با منطقه مورد بررسی را اتخاذ کرد.

مطالعات هی و همکاران (He et al., 2013) نشان داد بارندگی اوایل دوره رشد بیشترین اثر را بر عملکرد گندم بهاره در دشت‌های کانادا دارد. نیلسن و همکاران (Nielsen et al., 2010) با استفاده از روابط خطی بین بارش و عملکرد محصول ذرت، دوره‌های حساس بارش در دشت‌های آمریکا را تعیین کردند. آنها بالاترین همبستگی را در دوره‌های شش هفتگی حد فاصل 16 جولای تا 26 آگوست گزارش کردند. کوچر و همکاران (Kutcher et al., 2010) رابطه

1 و 2- به ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: mojtabashokohi@gmail.com)

عملکرد کلزا با درجه حرارت و بارش را بررسی کردند و اثر منفی درجه حرارت بالا و بارش کم و اثر مثبت بارش کمی بیشتر از حد نرمال و دمای پایین‌تر از حد نرمال را گزارش کردند. آنها پی بردند دمای بیش از 30 درجه سانتی‌گراد و بارش کم در شروع آغاز مرحله گل‌دهی محصول، سبب کاهش عملکرد می‌شود. لانداو و همکاران (Landau et al., 2000) به اثرات منفی بارش قبل و در طول دوره گل‌دهی گیاه گندم و نیز دوره پر شدن دانه و اثر مثبت دما در دوره پر شدن دانه در انگلستان اشاره دارند.

سهرابی و همکاران (Sohrabie et al., 2012) نشان دادند هرچه اقلیم منطقه در استان همدان سردتر باشد، میزان تأثیر بارش‌های فصل پاییز بر عملکرد گندم بیشتر است و با گرم‌تر شدن اقلیم، اهمیت بارش‌های فصل زمستان افزایش می‌یابد. مساعدی و همکاران (Mosaedi et al., 2008) نشان دادند که بارندگی ماه‌های خرداد، آبان و آذر برای گندم و ماه‌های اولیه و آخر دوره رشد برای جو بیشترین تأثیر را بر روی عملکرد دارند. طلیعی و همکاران (Talliee et al., 2003) تأثیر بارندگی و درجه حرارت را بر عملکرد محصول گندم دیم در استان کرمانشاه بررسی کردند و نتیجه گرفتند که بارندگی بیش از درجه حرارت بر عملکرد محصول گندم دیم موثر است و بارندگی در اواخر دوره رشد اثر بیشتری نسبت به افزایش بارندگی در اوایل دوره رشد و نمو گندم دارد. مطالعات ذکر شده حاکی از آن بود که پاسخ عملکرد محصول در هر منطقه و در هر مرحله رشد و نمو محصول متفاوت است.

هدف این مطالعه، شناسایی و تبیین ارتباط سری داده‌های عملکرد جو دیم پاییزه با عوامل دمایی و بارندگی در دوره‌های مختلف رشد و نمو محصول در چهار منطقه آذربایجان‌شرقی (تبریز، میانه، مراغه، سراب) است. با شناخت دوره‌های حساس به عوامل دمایی و بارندگی و تعیین عوامل محدود کننده عملکرد در طی رشد، امکان اتخاذ تصمیم مناسب جهت انجام امور مدیریتی و زراعی فراهم می‌شود.

مواد و روش‌ها

داده‌ها و منطقه مورد مطالعه

در این مطالعه تأثیر متغیرهای اقلیمی دما و بارندگی بر عملکرد جو دیم در چهار منطقه استان آذربایجان شرقی (تبریز، مراغه، میانه و سراب) مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به اینکه سال تأسیس ایستگاه‌های هواشناسی در منطقه متفاوت بود، بنابراین طول دوره آماری در دسترس جهت بررسی‌ها در هر منطقه متفاوت بوده است. مشخصات جغرافیایی، اقلیمی و طول دوره آماری استفاده شده در تحلیل‌ها در جدول 1 ارائه شده است. داده‌های عملکرد (کیلوگرم در هکتار) و داده‌های روزانه دمای حداقل، حداکثر (°C) و بارندگی (mm) به ترتیب برای هر منطقه از سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان شرقی و سازمان هواشناسی کشور گردآوری شد. متوسط عملکرد منطقه در محدوده 645 تا 728 کیلوگرم بر هکتار است (جدول 2). همبستگی بین عملکرد محصول و متغیرهای اقلیمی ارزیابی شد. به منظور تحلیل همبستگی نه متغیر اقلیمی توصیفی از داده‌های روزانه دما و بارش تعریف شد. این متغیرها در جدول 3 تعریف شده است.

جدول 1- مشخصات جغرافیایی، اقلیمی و طول دوره آماری مورد بررسی برای هر منطقه
Table 1 - Details of geographic and climatic variables and the study period for each site

ایستگاه Stations	عرض جغرافیایی (درجه شمالی) Lat (N)	طول جغرافیایی (درجه شرقی) Long (E)	ارتفاع (متر) Elevation (m)	متوسط بارندگی (میلیمتر) Average rainfall (mm)	متوسط دمای حداقل (°C) Average minimum temperature (C°)	متوسط دمای حداکثر (°C) Average maximum temperature (C°)	دوره آماری Data period
تبریز Tabriz	38.08	46.28	1361	277	7	18.1	1977-2004
سراب Sarab	37.93	47.53	1682	238	1.3	16	1987-2004
مراغه Maragheh	37.4	46.27	1477	327	7.7	18.3	1984-2004
میانه Miyaneh	37.45	47.7	1110	284	7.2	20.4	1987-2004

جدول 2- متوسط عملکرد برای هر منطقه
Table 2 - Average yield for each site

ایستگاه Stations	میانه Miyaneh	مراغه Maragheh	سراب Sarab	تبریز Tabriz
متوسط عملکرد (Kg/ha) average yield (Kg/ha)	645	728	694	661

ضریب همبستگی r و P-valus به عنوان معیاری از معنی‌داری لحاظ شد. تعداد روزهای با دمای حداکثر بیش از 30 درجه سانتی‌گراد (D_{max}> 30) بر اساس مطالعات کوچر و همکاران (Kutcher et al., 2010) و بنایان و همکاران (Bannayan et al., 2011) به عنوان یک متغیر اقلیمی در نظر گرفته شد. در این مطالعه، دمای شبانه و دما در طول روز به ترتیب اشاره به دمای حداقل روزانه و دمای حداکثر روزانه دارد.

کای اسکور تکرار شونده (χ2)

در این مطالعه برای شناسایی و تبیین ارتباط سری داده‌های عملکرد محصول جو دیم پاییزه با عوامل دمایی و بارندگی روزانه در دوره‌های مختلف رشد و نمو از روش آماری کای اسکور تکرار شونده[1] استفاده شد. با استفاده از این روش می‌توان روابط علت و معلولی را تعیین و ارتباط عملکرد محصول و عوامل آب و هوایی را نشان داد (Caprio & Quamme, 2006). روش کای اسکور تکرار شونده اولین بار توسط کاپریو (Caprio, 1966) توسعه یافت و از آن زمان به بعد برای محصولات مختلف در مناطق مختلف به کارگرفته شد (Kalma et al., 1992; Caprio & Quamme, 1999 & Kutcher ; 2002 & 2006; McKeown et al., 2005 & 2006 et al., 2010; Bannayan et al., 2011). از آنجا که ممکن است گذشت زمان و ظهور تکنولوژی‌های نو سبب ایجاد روند در سری داده‌های عملکرد محصول شود (Wu et al., 2004)، در ابتدا روند موجود در سری داده‌ها بررسی شد تا در صورت وجود روند سری عملکرد روندزدایی[2] شود. البته در سری داده‌ها عملکرد در کلیه مناطق روندی مشاهده نشد. سپس داده‌های عملکرد بر حسب کم به زیاد رتبه‌بندی شده و بالاترین و پایین‌ترین چارک به ترتیب در گروه سال هایی با عمکرد بالا و پایین، و مابقی سال‌ها که نیمی از آنها را شامل می‌شود، به عنوان سال‌هایی با عمکرد نرمال لحاظ شد. قدم بعدی طبقه‌بندی متغیرهای دمای حداکثر و حداقل (برای هر منطقه محدوده‌ای متفاوت) در طبقات با فاصله 5 °C (Bannayan et al., 2011) و بارندگی در طبقات با فاصله 0/2 میلی‌متر (Kutcher et al., 2010) (در محدوده 0 تا 32 میلی‌متر) می‌باشد. در مرحله بعد جداول فراوانی تجمعی طبقات مختلف متغیرها برای تمام روزهای یک پنجره متحرک[3] سه هفتگی (یک هفته به جلو) در هر یک از گروه عملکردی تشکیل شد و در نهایت، مقادیر χ^2 برای گروه‌های عملکردی بالا و پایین طبق معادله (1) برای هر طبقه از متغیرها تولید شد (Caprio, 1966).

$$\chi_i^2 = \frac{(O_{yi}-T_{yi})^2}{T_{yi}} + \frac{(O_{ni}-T_{ni})^2}{T_{ni}} \quad \text{(1) معادله}$$

که در این معادله، O_{yi} و O_{ni}: به ترتیب نشان‌دهنده مقادیر مشاهده شده برای سال‌ها با عملکرد پایین (یا بالا) و سال‌ها با عملکرد نرمال در iام طبقه متغیر و T_{yi} و T_{ni}: به ترتیب نشان‌دهنده مقادیر مورد انتظار برای سال‌ها با عملکرد پایین (یا بالا) و سال‌ها با عملکرد نرمال در iام طبقه متغیر است.

طبقه متغیری که مقدار χ^2 برای آن به حداکثر خود برسد، به عنوان مقدار آستانه آن متغیر تعریف شد (Kutcher et al., 2010). حداقل مقدار χ^2 برای معنی‌داری در درجه آزادی یک و سطح احتمال یک درصد برابر مقادیر بیشتر مساوی از هفت و یا مقادیر کمتر مساوی از 7- است و دوره‌ای معنادار لحاظ شد که حداقل برای یک هفته مقدار χ^2 در این محدوده قرار گیرد (Caprio, 1966). در سال‌ها با عملکرد بالا یا پایین چنانچه برای یک مقدار آستانه، تعداد روزها بیشتر از تعداد روزهای مورد انتظار باشد، χ^2 مثبت و در غیر این صورت منفی لحاظ شد. تعداد روزهای بیشتر بدین معنی است که برای یک مقدار آستانه معین، تعداد روزها در سال‌ها با عملکرد بالا یا پایین نسبت به شرایط مورد انتظار آن طبقه متغیر بیشتر است. روزهای کمتر بدین معنی است که برای یک مقدار آستانه معین، تعداد روزها در سال‌ها با عملکرد بالا یا پایین نسبت به شرایط مورد انتظار آن طبقه متغیر کمتر است. برای آشنایی بیشتر از جزئیات تحلیل χ^2 تکرار شونده به (Caprio & Quamme, 1999; Caprio, 1966) مراجعه کنید.

1- Iterative Chi-square
2- Detrended
3- Sliding window moving

نتایج و بحث

تحلیل همبستگی

ضریب همبستگی (r) متغیرهای اقلیمی تعریف شده در مناطق مختلف با عملکرد محصول جو دیم در جدول 3 ارائه شده است. در تمام مناطق همبستگی معنی‌داری بین عملکرد و متوسط دمای حداقل دوره رشد (T_{min}) وجود ندارد. تمام مناطق (به جز تبریز) دارای همبستگی معنی‌داری بین عملکرد و متوسط دمای حداقل فصل بهار (T_{mins}) هستند. به طوری که با افزایش متوسط دمای حداقل فصل بهار در این مناطق عملکرد کاهش می‌یابد. در تمام مناطق همبستگی معنادار منفی بین عملکرد و متغیرهای متوسط دمای حداکثر فصل بهار (T_{maxs}) و تعداد روزهای با دمای حداکثر بیش از 30 درجه سانتی‌گراد (D_{max}>30) وجود دارد. در تمام مناطق همبستگی معنادار مثبتی بین عملکرد و متغیرهای کل مقدار بارندگی دوره رشد (ppc)، بارندگی فصل بهار (pps) و بارندگی فصل پاییز (ppf) وجود دارد. در بین مناطق تنها سراب دارای همبستگی معنادار مثبت با بارندگی فصل زمستان (ppw) است. آنچه در کل می‌توان بیان نمود، وجود همبستگی بین عملکرد با بارندگی فصل بهار و پاییز و متوسط دمای حداکثر و حداقل فصل بهار در تمام مناطق مورد مطالعه است. در ادامه با انجام تحلیل کای اسکور تکرار شونده به صورت روزانه می‌توان با جزئیات بیشتری ارتباط عملکرد با بارش و دما را طی دوره رشد توصیف نمود. نتایج تحلیل همبستگی در نتایج تحلیل کای اسکور تکرار شونده مستتر است. به عبارتی نتایج تحلیل همبستگی در راستای نتایج تحلیل χ^2 تکرار شونده است. از این رو، بحث این قسمت در ادامه به همراه نتایج و بحث تحلیل χ^2 تکرار ارائه می‌شود.

تحلیل χ^2 تکرار شونده

تحلیل χ^2 تکرار شونده رابطه سال‌ها با عملکرد پایین و بالا را نسبت به دمای حداکثر و حداقل و بارندگی روزانه، در طی رشد محصول در مناطق مورد مطالعه نشان می‌دهد (شکل‌های 1 و 2). در این مطالعه تولید مقادیر χ^2 برای دمای حداقل بر اساس روش دمای پایین به بالا (فراوانی تجمعی صعودی طبقات دما) و برای دمای حداکثر و بارندگی به صورت دما و بارندگی بالا به پایین (فراوانی تجمعی نزولی طبقات دمای حداکثر و بارندگی) صورت پذیرفت. جو دیم معمولاً در مناطق مورد بررسی در نیمه‌های مهرماه کاشت و اوایل مرداد برداشت می‌شود. مراحل فنولوژی جو دیم (جوانه‌زنی، پنجه‌زنی، توسعه ساقه، گل‌دهی و رسیدن دانه) بر اساس مشاهدات محلی تعیین شد و تاریخ وقوع آنها بر روی شکل‌های 1 و 2 نمایش داده شد.

جدول 3- تحلیل همبستگی عملکرد سالانه محصول و متغیرهای اقلیمی
Table 3- Correlation analysis of annual crop yield and climate indicators

متغیرهای اقلیمی Climatic indicators — ضریب همبستگی (r) Correlation coefficients (r): T_{maxs}	T_{mins}	pps	ppw	ppf	D_{max}> 30	T_{max}	T_{min}	ppc	ایستگاه Stations
-0.59**	-0.46*	0.60**	0.17	0.46*	-0.56**	-0.38	-0.21	0.56 **	مراغه Maragheh
-0.69**	-0.54*	0.46*	0.30	0.48*	-0.64**	-0.45	-0.13	0.65**	میانه Miyaneh
-0.58*	-0.42*	0.45*	0.54*	0.46*	-0.79**	-0.70**	-0.23	0.65**	سراب Sarab
-0.46*	-0.30	0.44*	0.31	0.46*	-0.41*	-0.20	-0.04	0.54**	تبریز Tabriz

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال 0/05 و 0/01 درصد

* and ** significant at p≤0.05 and p≤0.01, respectively.

a) ppc: بارندگی دوره رشد، T_{min}: متوسط دمای حداقل دوره رشد ، T_{max}: متوسط دمای حداکثر دوره رشد، D_{max}> 30: تعداد روزهای با دمای حداکثر بیش از 30 درجه سانتی‌گراد، ppf: بارندگی فصل پاییز ، ppw: بارندگی فصل زمستان، pps: بارندگی فصل بهار، T_{mins}: متوسط دمای حداقل بهار، T_{maxs}: متوسط دمای حداکثر بهار

a) ppc: growing season total precipitation, T_{min}: growing season averaged daily minimum temperature, T_{max}: growing season averaged daily maximum temperature, D_{max}> 30: the number of days with maximum temperature higher than 30 ◦C in the year, ppf: Autumn total precipitation, ppw: Winter total precipitation, pps: Spring total precipitation, T_{mins}: Spring averaged daily minimum temperature, T_{maxs}: Spring averaged daily maximum temperature

البته مناطق تبریز، مراغه، میانه دارای اقلیم مشابهی هستند و به همین علت تاریخ وقوع مراحل فنولوژی در آنها تقریباً یکسان است، اما برای سراب به علت تفاوت دمایی دارای تاخیر زمانی یک تا دو هفته در تاریخ وقوع مراحل فنولوژی است.

دمای حداقل روزانه

در تبریز برای سال‌های با عملکرد پایین طی دوره‌های، 26 آذر الی 8 بهمن و 9 - 29 بهمن به ترتیب دارای تعداد روزهای بیشتری با دماهای، $T_{min} \leq$ -10°C و $T_{min} \leq$ -15°C نسبت به سال‌های با عملکرد نرمال هستند (شکل 1 سمت چپ تبریز). تعداد روزهای بیشتر با دمای $T_{min} \leq 0°C$ و $T_{min} \leq$ -10°C به ترتیب طی دوره‌های، 14 آبان تا 4 آذر و 9 - 29 بهمن در مراغه برای سال‌های با عملکرد پایین رخ داد. در حالی‌که برای سال‌های با عملکرد بالا طی دوره 17-30 تیر دارای تعداد روزهای بیشتری با دماهای، $T_{min} \leq 20°C$ است (شکل 1 سمت چپ مراغه). در میانه برای سال‌های با عملکرد پایین طی دوره‌های، 18 دی الی 13 اسفند و 3 - 16 تیر به ترتیب دارای تعداد روزهای بیشتری با $T_{min} \leq$ -17°C و تعداد روزهای کمتری با $T_{min} \leq 13°C$ نسبت به سال‌های با عملکرد نرمال هستند (شکل 1 سمت چپ میانه). برای سال‌های با عملکرد بالا طی دوره‌های، 16 مهر الی 6 آبان دارای تعداد روزهای کمتری با $T_{min} \leq 8°C$ است (شکل 1 سمت چپ میانه). تعداد روزهای بیشتر با دمای $T_{min} \leq$ -20°C طی دوره 16 - 29 بهمن در سراب برای سال‌های با عملکرد پایین رخ می‌دهد. در حالی که برای سال‌های با عملکرد بالا طی دوره 27 خرداد تا 9 تیر (مرحله رسیدن دانه) دارای تعداد روزهای بیشتری با $T_{min} \leq 10°C$ وجود دارد (شکل 1 سمت چپ سراب).

مناطق زیر کشت جو دیم در این مطالعه با دمای پایین و یخبندان زمستانه مواجه هستند. دماهای پایین در زمستان به ویژه در بهمن ماه در تمام مناطق، سبب کاهش عملکرد محصول جو دیم شده است. تحمل به یخزدگی و بقا در زمستان صفت پیچیده‌ای است که به عوامل متعددی مانند ژنوتیپ، خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی، وضعیت خاک، پوشش برف و نوسانات آب و هوایی بستگی دارد (Ganjkhanloo et al., 2012). برای سال‌های با عملکرد پایین در تبریز، مراغه، میانه و سراب در بهمن ماه به ترتیب دارای روزهای بیشتری با دمای $T_{min} \leq$ -15°C، $T_{min} \leq$ -10°C، $T_{min} \leq$ -17°C و $T_{min} \leq$ -20°C نسبت به سال‌های با عملکرد نرمال هستند.

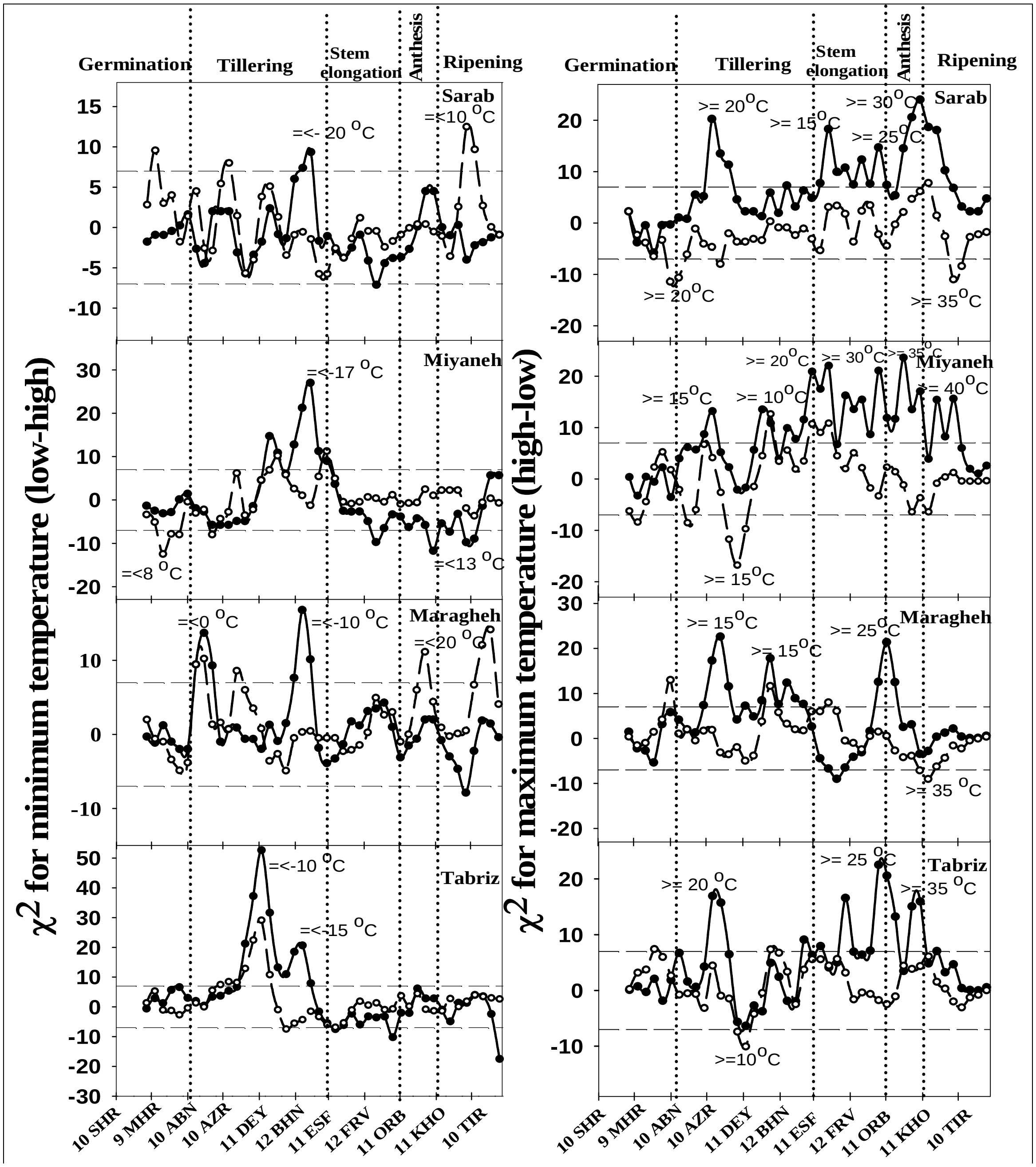
وجود شب‌های خنک‌تر در مرحله رسیدن دانه (اوایل خرداد تا اوایل مرداد) برای مناطق مراغه ($T_{min} \leq 20°C$) و سراب ($T_{min} \leq 10°C$) سبب افزایش عملکرد محصول جو دیم شده است در حالیکه در میانه کمبود وقوع شب‌های خنک ($T_{min} \leq 13°C$) در مرحله رسیدن دانه سبب کاهش عملکرد محصول شده است. به نظر می‌رسد افزایش دمای شبانه (دمای حداقل) منتج به کاهش عملکرد شود. نتایج تحلیل همبستگی نیز نشان داد با افزایش دمای شبانه(دمای حداقل) در فصل بهار عملکرد کاهش می‌یابد. دمای شبانه بالا سبب افزایش تنفس نگهداری گیاه و کاهش فتوسنتز خالص می‌شود و می‌تواند منجر به کاهش عملکرد شود (Jones, 1983). در حالی‌که دمای پایین‌تر سبب افزایش دوره رشد دانه و منجر به افزایش عملکرد می‌شود (Sofield, 1974).

در مرحله رسیدگی دانه گندم، افزایش دمای شبانه سبب افزایش میزان تنفس نگهداری گیاه شده و منجر به کاهش تولید بیوماس و عملکرد محصول می‌شود (Ryan, 1991; Rosenzweig et al., 1996).

دمای حداکثر روزانه

در تبریز برای سال‌های با عملکرد پایین در دوره‌های، 12-25 آذر، 26 فروردین الی 22 اردیبهشت، 30 اردیبهشت الی 12 خرداد به ترتیب دارای روزهای بیشتر با دمای $T_{max} \geq 20°C$، $T_{max} \geq 25°C$، $T_{max} \geq 35°C$ است. در حالی که برای سال‌های با عملکرد بالا طی دوره 3-17 دی روزهای کمتری با $T_{max} \geq 10°C$ وجود دارد (شکل 1 سمت راست تبریز).

در مراغه برای سال‌های با عملکرد پایین طی دوره‌های 5 آذر تا 2 دی، 25 دی الی 6 اسفند، 2 - 22 اردیبهشت به ترتیب دارای روزهای بیشتری با دمای $T_{max} \geq 15°C$، $T_{max} \geq 15°C$، $T_{max} \geq 25°C$ است. در حالی‌که برای سال‌های با عملکرد بالا طی دوره 6-19 خرداد دارای روزهای کمتری با $T_{max} \geq 35°C$ است (شکل 1 سمت راست مراغه).



شکل 1- نتایج تحلیل کای اسکور تکرار شونده برای عملکرد محصول جو دیم در تبریز، مراغه، میانه و سراب

Fig. 1- Results of the iterative Chi-square analysis for rainfed barley yield crop on Tabriz, Maragheh, Miyaneh and Sarab

سمت راست: دمای حداکثر روزانه، سمت چپ: دمای حداقل روزانه. مقادیر آستانه بر روی نمودار نشان داده شده است. خطوط تیره افقی [_ _ _] نشان دهنده حداقل مقدار χ^2 برای معنی داری در سطح یک درصد است. مراحل فنولوژی (جوانه‌زنی، پنجه‌زنی، توسعه ساقه گل‌دهی و رسیدن) بر روی نمودارها مشخص شده است. SHR (شهریور ماه)، MHR (مهر ماه)، ABN (آبان ماه)، AZR (آذر ماه)، DEY (دی ماه)، BHN (بهمن ماه)، ESF (اسفند ماه)، FRV (فروردین ماه)، ORB (اردیبهشت ماه)، KHO (خردادماه)، TIR(تیرماه) سال‌ها با عملکرد پایین (●) سال‌ها با عملکرد بالا (○)

Right: daily maximum temperature, left: daily minimum temperature. Cardinal value shown on plots. Dashed lines [---] indicate statistically significant Chi-square values at p≤0.01. Phenological stages (germination, tillering, stem elongation, anthesis and ripening) shown on plots. SHR (September), MHR (October), ABN (November), AZR (December), DEY (January), BHN (February), ESF (March), FRV (April), ORB (May), KHO (June), TIR (July). High yield years: (○); Low yield years: (●)

تعداد روزهای بیشتر بـا دمـای $T_{max} \geq 10°C$ ،$T_{max} \geq 15°C$، $T_{max} \geq 20°C$ ،$T_{max} \geq 30°C$ و $T_{max} \geq 35°C$ بـه ترتیـب طـی دوره‌های، 5-18 آذر، 25 دی الی 8 بهمن، 16 بهمن الی 27 اسفند، 5 فروردین الی 8 اردیبهشت و 9 اردیبهشت الی 12 خرداد برای سـال-های با عملکرد پایین در میانه رخ می‌دهد. در حالی که برای سال‌های با عملکرد بالا طـی دوره 26 آذر الـی 17 دی دارای تعـداد روزهـای کمتری با $T_{max} \geq 15°C$ و 7 -27 اسفند دارای روزهای بیشتری بـا $T_{max} \geq 25°C$ است (شکل 1 سمت راست میانه).

در سراب برای سال‌های با عملکرد پایین طی دوره‌هـای، 12 آذر تا 2 دی، 14 اسفند الی 18 فروردین، 19 فروردین الی 15 اردیبهشت و 23 اردیبهشت 2 تیر به ترتیب دارای روزهـای بیشـتری بـا دمـای $T_{max} \geq 20°C$ ،$T_{max} \geq 15°C$ ،$T_{max} \geq 25°C$ و $T_{max} \geq 30°C$ است. در حالی که برای سال‌های با عملکرد بالا طی دوره‌های، 7-20 آبان و 3-16 تیر به ترتیب دارای روزهای کمتری با $T_{max} \geq 20°C$ و با $T_{max} \geq 35°C$ است (شکل 1 سمت راست سراب).

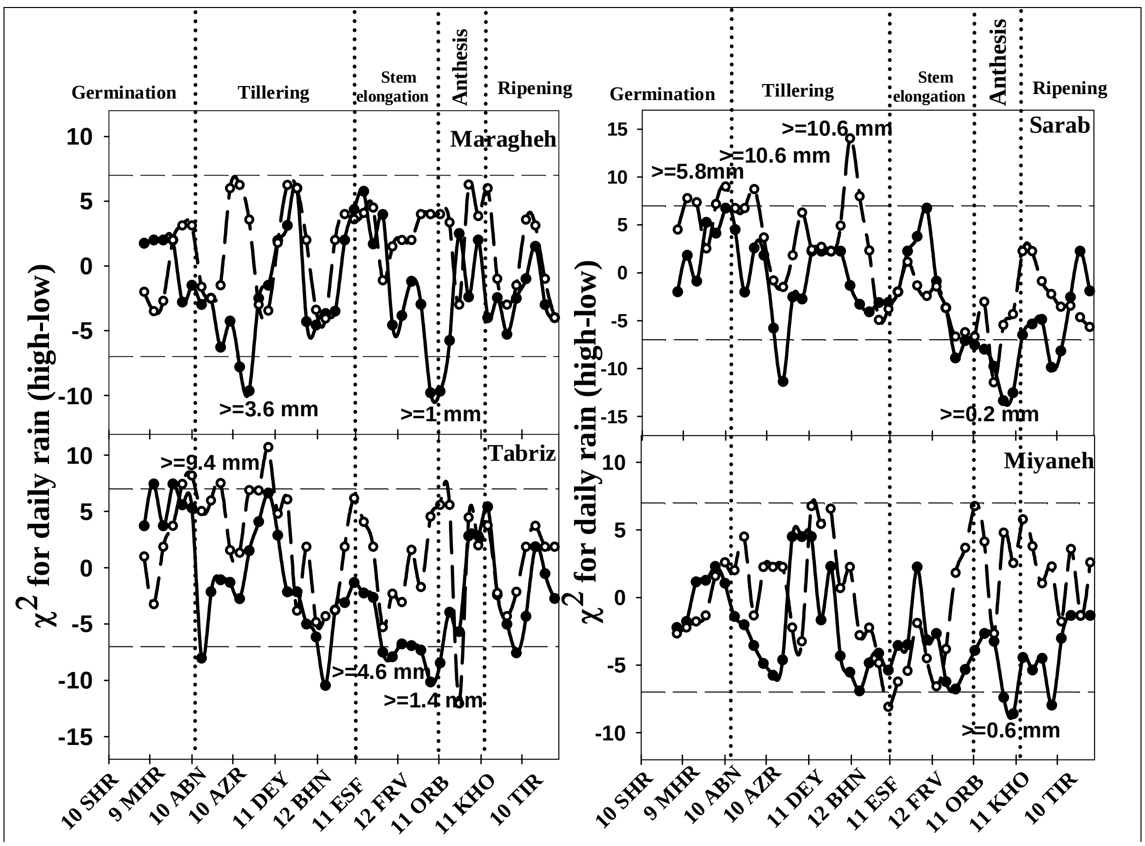
برای ایجاد مقاومت گیاه به سرما وجود دوره‌های سرمایی ملایم (بالاتر از صفر) در ابتدای رشد گیاه الزامی است، در این حالت پدیـده خوسرمایی در گیاه القاء شده و گیاه قادر خواهد بود که شرایط سخت زمستان را تحمل کند (Azizi et al., 2007). بنابراین، پیش از شروع فصـل زمسـتان وجـود تعـداد روزهـای بیشـتر بـا دماهـای بـالا، $T_{max}\geq 20°C$ ،$T_{max} \geq 15°C$،$T_{max} \geq 15°C$ و $T_{max} \geq 20°C$ بـه ترتیب در تبریز، مراغه، میانه و سراب سبب می‌شود پدیده خوسرمایی در گیاه القاء نشود و گیاه نتواند شرایط سخت زمستان را تحمل کند و در نهایت عملکرد محصـول کـاهش یابـد. در حالیکـه وجـود تعـداد روزهای کمتری با دماهای بالا، $T_{max} \geq 10°C$ و $T_{max} \geq 15°C$ (به ترتیـب در تبریـز و میانـه) در اوایـل زمسـتان سـبب ایجـاد پدیـده خوسرمایی شده و این سال‌ها نشان دهنده عملکرد بالا است.

در مرحله توسعه ساقه تا کمی پیش از شـروع گـل‌دهـی (اوایـل اسفند تا اوایل اردیبهشت) وجود تعداد روزهای بیشتر با دماهای بـالا بر کاهش عملکرد محصول جو دیم در تمام مناطق (بـه جـز مراغـه) موثر است. در میانه نسبت به سایر مناطق تعداد روزهای بیشتری بـا دمای بحرانی ($T_{max} \geq 30°C$) در این دوره رخ می‌دهد. دمای بالا از شروع توسعه ساقه تا گل‌دهی بر روی تعداد دانـه و عملکـرد غـلات تأثیر منفی دارد (Slafer, 2003). دمای بالا بین دوره توسعه ساقه تا گل‌دهی در گندم سبب کاهش تعداد دانه‌ها و عملکرد نهایی محصول می‌شود (Jenner et al., 1990). دمای بالا پیش از گل‌دهی محصول جو و گندم سبب کاهش تعداد دانه و در نتیجه سبب کاهش عملکـرد محصول می‌شود (Ugarte et al., 2007). برای سال‌های با عملکرد پایین طی مرحله گل‌دهی تا مرحله رسیدن دانه (اوایل اردیبهشت تـا اوایل خرداد) دمای هوا در تمام مناطق (به جز مراغه) افزایش می‌یابد و به حد بحرانی 30°C (Tewolde et al., 2006) و بیشتر می‌رسـد. در مرحله گل‌دهی وجود تعداد روزهای بیشتر با دماهای بـالا، 35°C $\geq$ T_{max}، $T_{max} \geq 25°C$،$T_{max} \geq 35°C$ و $T_{max} \geq 30°C$ به ترتیب در تبریز، مراغه، میانه و سراب در کاهش عملکرد محصول نسبت به سال‌های با عملکرد نرمال تأثیرگذار است. نتایج تحلیل همبستگی نیز نشان داد با افزایش متوسط دمای حداکثر فصل بهار (T_{maxs}) عملکرد کاهش می‌یابد. دوره‌های با دمای بالا (30-38°C) از مرحله گل‌دهی تا رسیدن دانه در محصول گنـدم سـبب کـاهش عملکـرد مـی‌شـود (Tewolde et al., 2006). افزایش دما سـبب افـزایش آهنـگ دوره رشد شده و دوره بعد از گل‌دهی را کوتاه می‌کند و در نهایـت، سـبب کاهش عملکرد گندم می‌شود (Sofield et al., 1974). مک کایـگ (McCaig, 1997) نشان داد دمای بیش از 20°C در زمان گل‌دهی محصول گندم در کانادا تأثیر منفی بر عملکرد دارد.

دمای بالا و کمبود بارندگی در اوخر بهار به همراه تبخیر و تعرق بالا در زمان رسیدن دانه از خصوصیات مناطق مورد بررسی است. در شروع مرحله رسیدن دانه و بعد از آن (دهـه اول خـرداد تـا دهـه اول مرداد) وجود تعداد روزهای با دماهای بالا، $T_{max} \geq 35°C$ ،$T_{max} \geq 40°C$ و $T_{max} \geq 30°C$ به ترتیب در تبریز، میانه و سراب بر کـاهش عملکرد محصول موثر است. میانه در مرحله رسیدن نسبت بـه سـایر مناطق روزهای بیشتری با دماهای بالاتری را تجربه می‌کنـد و ایـن شاید دلیلی بر کمتر بـودن متوسـط عملکـرد در ایـن منطقـه باشـد. درحالیکه برای سال‌های با عملکرد بالا در مراغه و سـراب در مرحلـه رسیدن دانه دارای تعداد روزهای کمتری با دمای بالا هستند و به نظر می‌رسد بالاتر بودن متوسط عملکرد در این مناطق به این دلیل باشد. نتایج تحلیل همبستگی نیز نشان داد که با افزایش تعداد روزهای بـا دمای حداکثر بیش از 30 درجـه سـانتی‌گـراد ($D_{max}> 30$) عملکـرد کاهش می‌یابد. دوره‌های کوتاه مـدت بـا دمـای بیشـتر از 30°C در مرحله رسیدن دانه اثرات منفی بر عملکرد غـلات دارد (Passarella et al., 2008). دماهای بالا طی پر شدن و رسیدن دانه سبب کاهش عملکرد محصول گندم می‌شود (Plaut et al., 2004). دمای بالا زمان پر شدن دانه را کوتاه کرده و در نتیجه کربن کمتری از طریق فتوسنتز جذب شده و در نتیجه باعث کاهش عملکرد محصول می‌شود (Calderini et al., 2006).

بارندگی روزانه

در تبریز برای سال‌های با عملکرد پایین طی دوره‌های، 27 اسفند تا 11 فروردین و 26 فروردین الی 15 اردیبهشت، به ترتیب دارای روزهای کمتری با بارندگی $PP \geq 4/6$ mm و $PP \geq 1/4$mm است. در حالی‌که برای سال‌های با عملکرد بالا طی سی‌ام مهرماه الی سیزدهم آبان دارای روزهای بیشتر با بارندگی $PP \geq 9/4$ mm است (شکل2 تبریز). تعداد روزهای کمتری با بارندگی $PP \geq 3/6$ mm و $PP \geq 1$mm به ترتیب طی دوره‌های 12-25 آذر و 2-15 اردیبهشت در سال‌های با عملکرد پایین در مراغه رخ می‌دهد. درحالی‌که برای سال‌های با عملکرد بالا الگوی بارندگی تفاوتی با سال‌های نرمال ندارد (شکل 2 مراغه).



شکل 2 - نتایج تحلیل کای اسکور تکرار شونده برای عملکرد محصول جو دیم در تبریز، مراغه، میانه و سراب برای بارندگی روزانه

Fig. 2- Results of the iterative Chi-square analysis for rainfed barley yield crop on Tabriz, Maragheh, Miyaneh and Sarab for daily precipitation

مقادیر آستانه بارندگی بر روی نمودار نشان داده شده است. خطوط تیره افقی [- - -] نشان دهنده حداقل مقدار χ^2 برای معنی داری در سطح یک درصد است. مراحل فنولوژی (جوانه‌زنی، پنجه‌زنی، توسعه ساقه گل‌دهی و رسیدن) بر روی نمودارها مشخص شده است. SHR (شهریور ماه)، MHR (مهر ماه)، ABN (آبان ماه)، AZR (آذر ماه)، DEY (دی ماه)، BHN (بهمن ماه)، ESF (اسفند ماه)، FRV (فروردین ماه)، ORB (اردیبهشت ماه)، KHO (خردادماه)، TIR(تیرماه). سال‌ها با عملکرد بالا (○)؛ سال‌ها با عملکرد پایین (●)

Cardinal value shown on plots. Dashed lines [---] indicate statistically significant Chi-square values at p≤0.01. Phenological stages (germination, tillering, stem elongation, anthesis and ripening) shown on plots. SHR (September), MHR (October), ABN (November), AZR (December), DEY (January), BHN (February), ESF (March), FRV (April), ORB (May), KHO (June), TIR (July).

High yield years: (○); Low yield years: (●)

در سراب برای سال‌های با عملکرد پایین طی دوره 26 فروردین الی 12 خرداد دارای روزهای کمتری با بارندگی $PP \geq 0/2mm$ است. برای سال‌های با عملکرد بالا طی دوره‌های 9-22 مهر، 30 مهر الی 13 آبان و 9 بهمن-22 بهمن، به ترتیب دارای روزهای بیشتری با بارندگی $PP \geq 5/8$ mm، $PP \geq 10/6$ mm و $PP \geq 10/6$ mm است (شکل2 سراب). در میانه در سال‌ها با عملکرد پایین طی دوره 30 اردیبهشت تا 12 خرداد دارای روزهای کمتری با بارندگی $PP \geq 0/6mm$ است (شکل 2 میانه).

برای سال‌های با عملکرد بالا تعداد روزهای بیشتری با بارندگی $PP\geq 9/4mm$ و $PP\geq 10/8mm$ به ترتیب در تبریز و سراب در اوایل کاشت رخ می‌دهد. این نشان می‌دهد رطوبت مناسب در اوایل کاشت سبب افزایش عملکرد جو دیم می‌شود. تحلیل همبستگی نیز نشان داد که بارندگی فصل پاییز سبب افزایش عملکرد می‌شود. نتایج تحلیل همبستگی و تحلیل کای اسکور تکرار شونده نشان دادند در بین مناطق مورد بررسی تنها برای سراب که دارای اقلیم نیمه خشک فراسرد است، بارندگی بیشتر در فصل زمستان سبب بهبود عملکرد می‌شود. رطوبت کافی در زمان کاشت سبب استقرار گیاه و به جلو افتادن پنجه‌زنی گیاه و کاهش اثرات خسارت سرما و بهبود عملکرد محصول می‌شود (Tavakoli, 2012). نتایج مطالعه زارع ابیانه و همکاران (Zareabyaneh et al., 2012) نیز نشان داد بارندگی اوایل دوره رشد بیشترین همبستگی را با عملکرد جو دیم در منطقه همدان دارد. یائو و همکاران (Yau et al., 2011) بیان نمودند وجود رطوبت کافی بعد از کاشت در نواحی مدیترانه‌ای عملکرد جو را به طور معنی-داری افزایش می‌دهد. از طرف دیگر برای سال‌های با عملکرد پایین تعداد روزهای کمتری با بارندگی $PP\geq 1/4$ mm، $PP\geq 1mm$، $PP\geq 0/6mm$ و $PP\geq 0/2mm$ به ترتیب در تبریز، مراغه، میانه و سراب در طی مرحله گل‌دهی (اوایل اردیبهشت تا اوایل خرداد) رخ می‌دهد و این نشان می‌دهد علاوه بر بارندگی اوایل کاشت، بارندگی در مرحله گل‌دهی نیز بر عملکرد تأثیرگذار است. مطالعات مساعدی و همکاران (Mosaedi et al., 2008) نیز نشان می‌دهد بارندگی ماه-های اولیه و اواخر کشت جو بیشترین تأثیر را بر عملکرد دارد. تحقیقات توکلی (Tavakoli, 2012) نشان داد عدم رطوبت کافی در زمان کاشت و گل‌دهی شدیداً بر عملکرد تأثیر می‌گذارد و بنابراین تک آبیاری در زمان کاشت و یک آبیاری در زمان گل‌دهی سبب افزایش چشمگیر عملکرد جو دیم می‌شود. مطالعات سبزی‌پرور و همکاران (Sabziparvar et al., 2013) نیز نشان داد که بارندگی ماه‌های فروردین و اردیبهشت بیشترین تأثیر را بر عملکرد گندم دیم در استان همدان دارد.

برای سال‌های با عملکرد پایین آنچه در تمام مناطق مشترک بوده و نمود می‌یابد، کمبود تعداد روزهای بارانی (با بارندگی، $PP\geq 1/4mm$، $PP\geq 1mm$، $PP\geq 0/6mm$ و $PP\geq 0/2mm$ به ترتیب در تبریز، مراغه، میانه و سراب) به همراه فزونی روزهای با دماهای بالا ($T_{max} \geq 35°C$، $T_{max} \geq 25°C$، $T_{max} \geq 35°C$ و $T_{max} \geq 30°C$ به ترتیب در تبریز، مراغه، میانه و سراب) در مرحله گل‌دهی (اوایل اردیبهشت تا اوایل خرداد) است. در کلیه مناطق کمبود رطوبت از یک طرف و دمای بالا از طرف دیگر، در مرحله گل‌دهی سبب کاهش عملکرد شده است. البته جداسازی اثر تنش حرارتی و رطوبتی در شرایط طبیعی م است (Plaut et al., 2004) اما به طور کلی اثر ترکیبی تنش رطوبتی و حرارتی بسیار شدیدتر از اثرات تک تک آنها است (Baker et al., 1996). می‌توان گفت که در کلیه مناطق مرحله گل‌دهی یکی از حساس‌ترین مراحل به تنش رطوبتی و حرارتی بوده که به شدت عملکرد محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد. سلافر و راوسون (Slafer & Rawson, 1994) نیز نشان دادند که مرحله گلدهی گندم حساس‌ترین مرحله به اثرات محیطی است که بر عملکرد محصول است. مک‌کایگ (McCaig, 1997) نیز نشان داد که بیشترین همبستگی بین متغیرهای آب و هوایی و عملکرد محصول گندم در کانادا تقریباً در طی مرحله گل‌دهی رخ می‌دهد. مطالعه توکلی (Tavakoli, 2012) نیز تأیید نمود که مرحله گل‌دهی حساس‌ترین مرحله به تنش آبی درگندم و جو است.

نتیجه‌گیری

بدون شک تغییرات عملکرد جو دیم در مناطق مورد مطالعه تحت تأثیر عوامل متفاوتی است. در این تحقیق اثرات متغیرهای همچون نوع خاک، تغییرات دمایی، آفات و امراض محصول و شیوه‌های مدیریتی در نظر گرفته نشده است. نتایج تحلیل کای اسکور تکرار شونده نشان داد، می‌توان در طی رشد، دوره‌های تأثیرگذار عوامل دمای و بارندگی بر عملکرد محصول را شناسایی کرد. نتایج تحلیل کای اسکور تکرار شونده نشان داد مهمترین عامل بالاتر بودن متوسط

عملکرد در مراغه وجود شبهای خنک و روزهـای کمتـری بـا دمـای ($T_{max} \geq 35°C$) در مرحله رسیدن دانه (اوایل خرداد الی اوایل تیـر) است و از طرف دیگر وجود شبهای گرمتر و روزهای بیشتر بـا دمـای ($T_{max} \geq 40°C$) در مرحله رسیدن دانه سبب ایجاد کمترین متوسـط عملکرد در میانه است. بارندگی اوایل دوره کاشت و در زمان گل‌دهی سبب بهبود عملکرد شده است. کشاورز می‌تواند در صورت عدم بارش در اوایل کاشت (اواخر مهرماه) یا در زمان گل‌دهی (اوایل اردیبهشـت الی اوایل خرداد) اقدام به یک تک‌آبیاری کند. تعیین اهمیت دمای هوا و بارندگی طی دوره رشد و شناسایی دوره‌های تأثیرگذار بـر عملکـرد محصول جو دیم می‌توانـد اطلاعـات مفیـدی را بـرای کشـاورزان و سیاست‌گذاران فراهم آورد تا با اتخاذ شیوه‌هـای مـدیریتی مناسـب از اثرات نامطلوب متغیرهای اقلیمی بر عملکرد محصول بکاهند.

منابع

Azizi, H., Nezami, A., Nassiri Mahallati, M., and Khazaie, H.R. 2007. Evaluation of cold tolerance in wheat (*Triticum Aestivum* L.) cultivars under controlled conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 5: 109-120. (In Persian with English Summary)

Baker, R.J. 1996. Oslo and Biggar spring wheats respond differently to controlled temperature and moisture stress. Canadian Journal of Plant Science 76: 413–416.

Bannayan, M., and Sanjani, S. 2011. Weather conditions associated with irrigated crops in an arid and semi arid environment. Agricultural and Forest Meteorology 151: 1589–1598.

Bannayan, M., Sanjani, S., Alizadeh, A., Sadeghi, Lotfabadi S., and Mohammadian, S. 2010. Association between climate indices, aridity index, and rainfed crop yield in northeast of Iran. Field Crops Research 118: 105–114.

Calderini, D.F., Reynolds, M.P., and Slafer, G.A. 2006. Source–sink effects on grain weight of bread wheat, durum wheat and triticale at different locations. Australian Journal of Agricultural Research 57: 227–233.

Caprio, J.M., and Quamme, H.A. 2006. Influence of weather on apricot, peach and sweet cherry production in the Okanagan Valley of British Columbia. Canadian Journal of Plant Science 86: 259–267.

Caprio, J.M. 1966. A statistical procedure for determining the association between weather and non-measurement biological data. Agricultural Meteorology 3: 55–72.

Caprio, J.M., and Quamme, H.A. 1999. Weather conditions associated with apple production in the Okanagan Valley of British Columbia. Canadian Journal of Plant Science 79: 129–137.

Caprio, J.M., Quamme, H.A. 2002. Weather conditions associated with grape production in the Okanagan Valley of British Columbia and potential impact of climate change. Canadian Journal of Plant Science 82: 755–763.

Ganjkhanloo, E., Mohammadi, S.A., Moghaddam, M., Ghassemi Golezani, K., Shakiba, M.R., and Yousefi, A. 2012. Genetic Diversity in Barley as Revealed by Microsatellite Markers and Association Analysis of These Markers by Traits Related to Freezing Tolerance. Seed and Plant Improvment Journal 28 :101-114. (In Persian)

He, Y., Wei, Y., Depauw, R., Qian, B., Lemke, R., Singh, A., Cuthbert, R., Mcconkey, B., and Wang, H. 2013. Spring Wheat Yield in the Semiarid Canadian Prairies : Effects of Precipitation Timing and Soil Texture over Recent 30 Years. Field Crops Research 149: 329–337.

Jenner, C.F., Ugalde, T.D., and Aspinall, D. 1990. Starch synthesis in the kernel of wheat under high temperature conditions. Australian Journal of Plant Physiology 21: 791–806.

Jones G.J. 1983. Plants and microclimate. Cambridge University Press, New York, NY 342 pp.

Kalma, J.D., Laughlin, G.P., Caprio, J.M., and Hamer, P.J. 1992. The Bioclimatology of Frost. Springer-Verlag, New York, NY, 205 pp.

Kutcher, H.R., Warland, J.S., and Brandt, S.A. 2010. Temperature and precipitation effects on canola yields in Saskatchewan, Canada. Agricultural and Forest Meteorology 150: 161–165.

Landau, S., Mitchell, R. A.C., Barnett, V., Colls J.J., Craigon, J., and Payne, R.W. 2000. A parsimonious, multiple-regression model of wheat yield response to environment. Agricultural and Forest Meteorology 101: 151–166.

McCaig, T.N. 1997. Temperature and precipitation effects on durum wheat grown in southern Saskatchewan for fifty years. Canadian Journal of Plant Science 77: 215-223.

McKeown, A., Warland, J., and McDonald, M.R. 2005. Long-term marketable yields of horticultural crops in southern Ontario in relation to seasonal climate. Canadian Journal of Plant Science 85: 431–438.

McKeown, A.W., Warland, J., and McDonald, M.R. 2006. Long-term climate and weather patterns in relation to crop yield: a mini review. Canadian Journal of Botany 84: 1031-1036.

Mcmaster, G.S., and Wilhelm, W.W. 2003. Phenological responses of wheat and barley to water and temperature: improving simulation models. Journal of Agricultural Science 141: 129–147.

Mosaedi, A., and Kahe, M. 2008. The Assessing Precipitation Effects on Yield Productions of Wheat and Barley in Golestan Province. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 15: 206-218. (In Persian with English Summary)

Nielsen, D.C., Halvorson A.D., and Vigil, M.F. 2010. Critical precipitation period for dryland maize production. Field Crops Research 118: 259–263.

Passarella, V. S., Savin, R., and Slafer, G. 2008. Are temperature effects on weight and quality of barley grains modified by resource availability? Australian Journal of Agricultural Research 59: 510–516.

Plaut, Z., Butow, B.J., Blumenthal, C.S., and Wrigley, C.W. 2004. Transport of dry matter into developing wheat kernels and its contribution to grain yield under post-anthesis water deficit and elevated temperature. Field Crops Research 86: 185–198.

Rosenzweig, C., and Tubiello, F.N. 1996. Effects of changes in minimum and maximum temperature on wheat yields in the central USA simulation study. Agricultural and Forest Meteorology 80: 215-230.

Ryan, M. 1991. Effects of climate change on plant respiration. Ecological Applications l: 157-167.

Sabziparvar, A.A., Torkaman, M., and Maryanaji, Z. 2013. Investigating the Effect of Agroclimatic Indices and Variables on Optimum Wheat Performance (Case study: Hamedan Province). Journal of Water and Soil 26: 1554-1567. (In Persian with English Summary)

Slafer, G.A. 2003. Genetic basis of yield as viewed from a crop physiologist's perspective. Annals of Applied Biology 142:117–128.

Slafer, G.A., and Rawson, H. 1994. Sensitivity of wheat phasic development to major environmental factors: a re-examination of some assumptions made by physiologist and modellers. Australian Journal of Plant Physiology 21: 393–426.

Sofield, I., Evans, L.T., and Wardlaw, I.F. 1974. The effect of temperature and light on grain filling in wheat. In: R.L., Bieleski et al. (Eds.). Mechanisms of Regulation of Plant Growth. Bulletin of the New Zealand Society 12. R. Wellington.

Sohrabie Mollayousef, S., Fakheri Fard, A., and Bozorg Haddad, O. 2012. Assessment the effect of intermittent rainfall of autumn and winter on annual dry farming yield by using the Time-Rain Indicator (RTI). Journal of Water and Soil 26: 75-84. (In Persian with English Summary)

Talliee, A.A, and Bahramy, N. 2003. The Effects of Rainfall and Temperature on the Yield of Dryland Wheat In Kermanshah Province. Journal of Water Research in Agriculture (Journal of Soil and Water Sciences) 17: 106-113. (In Persian with English Summary)

Tavakoli, A.R. 2012. Single irrigation and sowing date for rainfed barley in Maragheh region and estimation of production functions. Journal of Agricultural Engineering Research 13: 39-56. (In Persian with English Summary)

Tewolde, H., Fernandez, C.J., and Erickson, C.A. 2006. Wheat cultivars adapted to postheading high temperature stress. Journal of Agronomy and Crop Science 192: 111–120.

Ugarte, C., Calderini, D.F., and Slafer, G.A. 2007. Grain weight and grain number responsiveness to pre-anthesis temperature in wheat, barley and triticale. Field Crops Research 100: 240–248.

Yau, S., Nimah, M., and Farran, M. 2011. Early sowing and irrigation to increase barley yields and water use efficiency in Mediterranean conditions. Agricultural Water Management 98: 1776–1781.

Zareabyaneh, H., Bayat Varkeshi, M., and Ildoromi, A. 2012. Assessment of the effect of some climatic parameters, and ENSO phenomenon on wheat and barley yield (Case Study: Region of Hamedan). Iranian Water Research Journal 5: 181-192. (In Persian)

Wu, H., Hubbard, K.G., Wilhite, D.A. 2004. An agricultural drought risk-assessment model for corn and soybeans. International Journal of Climatology 24: 723–741

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 3, Fall 2014, p. 645-655

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۳، ص. ۶۵۵-۶۴۵

بررسی تأثیر مدیریت بقایای گیاهی و منابع مختلف نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.)

سیده سمانه سهرابی[1*]، اسفندیار فاتح[2]، امیر آینه‌بند[2] و افراسیاب راهنما[3]

تاریخ دریافت :۱۳۹۲/۰۷/۲۰
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۱۲/۰۵

چکیده

به‌منظور ارزیابی تأثیر مدیریت بقایای گیاهی و منابع نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم (.*Triticum aestivum* L)، پژوهشی به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ انجام شد. سه سطح مدیریت بقایای گیاهی (حذف بقایا، سوزاندن بقایا و برگرداندن بقایا) به‌عنوان عامل اصلی و پنج منبع کود نیتروژن (شاهد، ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار، ۷۵ کیلوگرم اوره در هکتار، کود بیولوژیک سوپرنیتروپلاس و ۷۵ کیلوگرم‌اوره در هکتار+ کود بیولوژیک سوپرنیتروپلاس) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که عملکرد و اجزای عملکرد گندم تحت تأثیر مدیریت‌های مختلف بقایای گیاهی قرار گرفت. به‌طوری‌که سوزاندن بقایا در اغلب صفات باعث افزایش و حذف بقایا منجر به کاهش اجزای عملکرد شد. در تیمار برگرداندن بقایا علی‌رغم دارا بودن بیشترین وزن هزار دانه و شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک را به‌طور منفی تحت تأثیر قرار داد. بیشترین عملکرد دانه (۶/۶ تن در هکتار) از کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و سوزاندن بقایای گیاهی و کمترین آن (۲/۶ تن در هکتار) از کاربرد کود بیولوژیک سوپرنیتروپلاس و حذف بقایای گیاهی حاصل شد. کاربرد کود بیولوژیک به‌تنهایی در بیشتر موارد تفاوت معنی‌داری با عدم مصرف کود نیتروژن نداشت. درحالی‌که، ترکیب کود بیولوژیک و شیمیایی منجر به تولید بیشترین تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه شد.

واژه‌های کلیدی: برگرداندن بقایا، پروتئین دانه، سوپرنیتروپلاس، عملکرد بیولوژیک، کود اوره

مقدمه

بررسی تاریخ سال‌های گذشته نشان داده که نقش غالب انسان، تخلیه خاک برای تولید غذا و الیاف بوده است، اگر چه با گذشت زمان و آغاز سکنی گزینی بشر، افزودن انواع مختلف عناصر غذایی به خاک برای جبران کاهش حاصلخیزی و یا حفظ قدرت تولیدی مرسوم شد، ولی استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی در نیم قرن گذشته باعث کاهش استفاده از گیاهان پوششی و کودهای آلی شده است (Kumar, 2000 & Goh). با این وجود، در سال‌های اخیر، به جنبه‌های کیفی خاک و افزایش تولید گیاهان زراعی با استفاده از بقایای گیاهی، کودهای سبز و کودهای آلی دیگر، به‌عنوان منابع تأمین‌کننده ماده آلی خاک و عناصر غذایی گیاهان توجه بسیاری شده است (Kumar & Goh, 2000).

بقایای گیاهی می‌توانند با جایگزینی یا فراهم کردن عناصر غذایی در خاک، سبب حفظ قدرت باروری خاک، افزایش غلظت ماده آلی خاک، حفظ آب در خاک، کاهش تبخیر، تحریک فعالیت‌های میکروبی، افزایش دانه‌بندی، کاهش نوسانات دمایی، بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک و بهبود قدرت شخم پذیری خاک شوند (Blanco-canqui&Lal, 2009; Singh et al., 2003; Kumar & Goh, 2000). ارزیابی تأثیر مدیریت بقایای گیاهی و کود نیتروژن بر پویایی کربن و نیتروژن خاک و تولید گندم با کاربرد دو سطح بقایای گیاهی (با و بدون بقایا) و سه سطح کود نیتروژن (صفر، ۱۲۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار) نشان داد که برگرداندن بقایای گیاهی پس از برداشت به‌طورمعنی‌داری عملکرد دانه و کاه گندم (*Triticum*

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد اگرواکولوژی دانشگاه شهید چمران اهواز
۲ و ۳- به ترتیب دانشیار و استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز
(*- نویسنده مسئول: Email: seyedehsamanehsohrabi@gmail.com)

aestivum L.) را طی همه سال‌ها افزایش داده است (Bakht et al., 2009). هم‌چنین نتایج این محققان نشان داد که کاربرد بقایای گیاهی باعث افزایش جذب نیتروژن در دانه و کاه گندم شده و در نهایت، بیان کردند که حفظ بقایا، کاربرد کود نیتروژن و به‌کارگیری لگوم‌ها در تناوب به‌طور عمده باعث صرفه‌جویی در استفاده از نیتروژن و افزایش باروری گیاه در خاک‌های با سطح پایین نیتروژن می‌شود.

از سویی دیگر، فراهم نمودن غذای کافی و با کیفیت یکی از مهم‌ترین مسائل جهان امروز به شمار می‌رود. این امر نشان‌دهنده‌ی ضرورت کاهش استفاده از نهاده‌های شیمیایی و افزایش مصرف نهاده‌های زیستی است (Andres et al., 2009). در واقع، برای داشتن یک نظام کشاورزی پایدار، بهره‌گیری از نهاده‌های تجدیدپذیر که بتوانند سودمندی‌های اکولوژیکی را به حداکثر برسانند و آسیب‌های زیست‌محیطی را تا پایین‌ترین سطح ممکن کاهش دهند، امری ضروری به شمار می‌رود (Kizilkaya, 2008). در این میان، استفاده از کودهای زیستی به‌عنوان راهی برای دستیابی به نظام‌های کشاورزی سالم و پایدار مطرح بوده است. کود زیستی به ماده‌ای جامد، مایع و یا نیمه جامد حاوی موجودات زنده یا متابولیت‌های آن‌ها اطلاق می‌شود که قادر است به نحوی باعث افزایش عملکرد، تأمین یک یا چند عنصر غذایی مورد نیاز گیاه و بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک شود.

در میان عناصر غذایی، نیتروژن نقش بسیار مهمی در قابلیت رقابت گیاهان دارد (Hashem et al., 2000). نتایج پژوهشی در مصر بر روی تاریخ کاشت و کاربرد منابع کودی مختلف بر روی عملکرد گندم با کاربرد دو تیمار کود بیولوژیک و چهار سطح کود معدنی مؤید این مطلب است که افزایش سطوح کود معدنی تأثیر معنی‌داری بر افزایش عملکرد و اجزای عملکرد در مقایسه با سطوح پایین‌تر کودی و شاهد داشت. هم‌چنین تلقیح باکتریایی به‌طورمعنی‌داری تعداد سنبله در مترمربع، ارتفاع گیاه، طول سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و میزان جذب NPK دانه را افزایش داد (Nasser & El-Gizawy, 2009).

لذا هدف این تحقیق بررسی میزان تأثیر مدیریت بقایای گیاهی و منابع مختلف نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در شرایط آب و هوایی اهواز بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی تأثیر مدیریت بقایا و منابع مختلف نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم پژوهشی به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی- آموزشی دانشکده کشاورزی شهید چمران اهواز با موقعیت ۳۱ درجه و ۱۹ دقیقه عرض جغرافیایی و ۴۸ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی طول جغرافیایی و در حاشیه غربی رود کارون با ارتفاع ۲۰ متر از سطح دریا در سال زراعی ۹۱- ۱۳۹۰ انجام شد. سه سطح مدیریت بقایای گیاهی (حذف بقایا، سوزاندن بقایا و برگرداندن بقایا) به‌عنوان عامل اصلی و ۵ منبع کود نیتروژن (شاهد، ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار، ۷۵ کیلوگرم اوره در هکتار، کود بیولوژیک سوپرنیتروپلاس و ۷۵ کیلوگرم اوره در هکتار+ کود بیولوژیک سوپرنیتروپلاس) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. جهت اعمال مدیریت‌های مختلف بقایا در اواسط شهریور ماه بقایای بر جا مانده از کشت گندم سال قبل با توجه به طرح آزمایشی در کرت‌های مشخص‌شده حذف، سوزانده یا به خاک برگردانده شدند. اجرای آزمایش با کشت گندم در ۳۰ آبان ماه در کرت‌هایی به ابعاد ۲×۳ متر صورت گرفت. تعداد خطوط کشت گندم ۸ خط و فاصله بین ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر و رقم مورد استفاده چمران بود. مقادیر کود پایه فسفر و پتاسیم‌بر اساس نسبت‌های بهینه برای کشت گندم در این منطقه (۹۰ کیلوگرم فسفر و ۸۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم) استفاده شدند. برای تأمین میزان نیتروژن لازم برای هر کدام از تیمارهای ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از کود اوره (نیتروژن ۴۶ درصد) استفاده شد و برای تأمین منبع بیولوژیک نیتروژن از کود بیولوژیک سوپرنیتروپلاس استفاده شد. کود اوره بر اساس مقدارهای تعیین‌شده برای هر کرت به‌صورت ۱/۳ به هنگام کاشت و ۲/۳ باقی‌ماندهبه‌صورت سرک در ابتدای مرحله ساقه رفتن و پنجه دهی مصرف شد. اعمال تیمارهای بیولوژیک نیز قبل از کاشت به‌صورت بذرمال بود به‌طوری که بذرها در سایه کاملاً با کود آغشته شده و مابقی کود بیولوژیک نیز به‌صورت سرک در دو نوبت (ابتدای مرحله ساقه رفتن و پنجه‌دهی) مصرف شد. سوپرنیتروپلاس ترکیب خاصی از سه نوع باکتری با اثر متفاوت بر رشد گیاه، کنترل بیماری‌های خاک‌زی و نماتد می‌باشد. اندام فعال باکتری (CFU[1]) شامل 10^8 در هر گرم یا میلی‌لیتر *Azospirillum* spp. و 10^8 اسپور و سلول زنده *Bacillus subtilis* می‌باشد.

1- Colony Forming Units

جدول ۱- مشخصات فیزیکی نمونه خاک مورد استفاده در آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر)
Table 1- Physical Characteristics of soil sample used in experiment (depth of 0-30 cm)

ویژگی‌های خاک Soil characteristic				مواد معدنی خاک Mineral matter of soil		
اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) (EC (dS.m^{-1})	مواد آلی (درصد) Organic matter (%)	بافت Texture	درصد نیتروژن کل Total Nitrogen (%)	فسفر (mg.kg^{-1}) Phosphorus (mg.kg^{-1})	پتاسیم قابل تبادل (mg.kg^{-1}) Exchangeable potassium (mg.kg^{-1})
7.8	1.4	0.54	لوم شنی	0.054	12.6	120

پس از مرحله رسیدگی فیزیولوژیک به‌منظور تعیین عملکرد نهایی، ضمن رها سازی خطوط حاشیه، برداشت از یک مترمربع هر کرت انجام گرفت. جهت تعیین اجزاء عملکرد، ۱۰ بوته به‌تصادف از هر کرت انتخاب و صفات موردنظر (ارتفاع بوته، تعداد سنبله در مترمربع،تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و درصد پروتئین) بررسی شد. تجزیه آماری داده‌هایبه‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1S صورت گرفت و میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند. رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: ارتفاع بوته‌های گندم به‌طورمعنی‌داری تحت تأثیر اجرای مدیریت بقایا و به‌کارگیری منابع مختلف نیتروژن قرار گرفت (جدول ۲). به‌طوری‌که، بیشترین ارتفاع بوته (۸۹/۹ سانتی‌متر) در تیمارهای سوزاندن بقایا و کمترین ارتفاع بوته (۷۱/۲ سانتی‌متر) در تیمار حذف بقایای گیاهی مشاهده شد. در بین منابع کودی به‌کاررفته نیز استعمال ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره بیشترین ارتفاع (۸۵/۳ سانتی‌متر) را در بوته‌ها حاصل کرد و استفاده از کود بیولوژیک کاهش ارتفاع بوته‌ها را تا ۷۰/۶ سانتی‌متر به همراه داشت. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده برگرداندن بقایا حالت بینابینی دارد و حد واسط مدیریت‌های به‌کاررفته می‌باشد. اضافه کردن بقایای گیاهی به خاک ممکن است باعث کاهش رشد در ابتدای دوره رشد شود و در برخی از موارد این کاهش رشد در انتهای دوره ممکن است جبران شود (Kong, 2014) که ممکن است در ادامه مراحل رشد با تأثیر بر طول سنبله کاهش ارتفاع بوته را جبران نماید. از طرفی دیگر در صورت برگرداندن بقایا، نیاز به کود نیتروژن برای تولیدی برابر با شرایط سوزاندن بقایا افزایش می‌یابد که این نتایج را می‌توان به غیر متحرک بودن نیتروژن بقایای برگردانده شده و کمبود نیتروژن آزادشده همزمان با تقاضای گیاه در طی رشد گیاه نسبت داد. کاربرد ترکیب کود شیمیایی و بیولوژیک بر ارتفاع بوته تأثیرمعنی‌داری داشته و باعث افزایش آن شده است (Rouzbeh, et al., 2009) که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد.

گزارش‌های دیگری نیز مبنی بر اینکه تلقیح بذرهای گندم با *آزوسپریلیوم* تأثیر مثبتی بر ارتفاع بوته و طول سنبله گندم نداشته ثبت شده است (Barik & Goswami, 2003).

تعداد سنبله در مترمربع: از بین تیمارهای اعمال شده تنها منابع نیتروژن بر صفت تعداد سنبله در مترمربع در سطح احتمال پنج درصد تغییرات معنی‌دار ایجاد نمود (جدول ۲). مقایسات میانگین (جدول ۳) نشان داد که سوزاندن بقایای گیاهی بیشترین (۲۹۲/۲) و حذف بقایای گیاهی کمترین (۲۵۳/۲) تعداد سنبله در مترمربع را تولید کردند. تفاوت‌ها بین تیمارهای کودی آشکارتر بود و بیشترینتعداد سنبله (۳۱۴/۸) در استفاده از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و کمترین تعداد سنبله (۲۳۹/۷) در صورت استفاده از مخلوط کود بیولوژیک سوپرنیتروپلاس+ کود شیمیایی به‌دست آمد. برهم‌کنش مدیریت بقایا و منابع مختلف نیتروژن بر تعداد سنبله نیز حاکی از این بود که در صورت سوزاندن بقایا و کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار اوره بیشترین (۳۴۱) و در صورت کاربرد کود بیولوژیک سوپرنیتروپلاس و حذف بقایا کمترین تعداد سنبله در مترمربع (۲۰۶) تولید خواهد شد. به‌طورکلی، نتایج نشان‌دهنده تأثیرپذیری معنی‌دار هر سه نوع مدیریت بقایا از نوع کود مصرفی بر تعداد سنبله در مترمربع بود. تعداد سنبله در واحد سطح عموماً مهم‌ترین جزء عملکرد برای گندم محسوب می‌شود

(Garcia del Moral et al., 2003).

جدول ۲- تجزیه واریانس برخی صفات گندم منابع تغییرات

Table 2- Analysis of variance of some characteristics of wheat

میانگین مربعات Mean Square									
پروتئین دانه Grain protein	شاخص برداشت Harvest Index	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	وزن هزار دانه Thousand grain weight	تعداد دانه در سنبله Seed /Spike	تعداد سنبله در مترمربع Spike /m^2	ارتفاع بوته Plant Height	درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
0.1848^{ns}	5.9^{ns}	75910*	514809*	1.12^{ns}	124.8^{ns}	14644*	52.3^{ns}	2	تکرار Replication
10.85*	446.3*	127788^{ns}	101522^{ns}	4.1^{ns}	818^{ns}	5852^{ns}	1640*	2	مدیریت بقایا (A) Residue management (A)
0.44	34.6	29001	288272	10.4	249.9	5054	255.5	4	خطای اصلی Main Error
2.86*	78.6^{ns}	65437*	439404*	18.1*	151.2^{ns}	9269*	319.1*	4	منابع نیتروژن (B) Sources of Nitrogen (B)
1.68*	86.3^{ns}	13245^{ns}	47993^{ns}	3.09^{ns}	71.1^{ns}	1609^{ns}	53.2^{ns}	8	(A×B)
0.24	57.4	12742	89588	2.12	122.3	1671	80.4	24	خطای فرعی Sub Error
4.4	20.4	24.3	24.7	3.5	23.1	15.09	11.5		ضریب تغییرات (٪) Coefficient of Variation (%)

*، ** و ns: به ترتیب نشاندهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۵ ٪، ۱ ٪ و غیرمعنی‌دار می‌باشد

*, ** and ns: indicated significant at the 5 & 1% probability levels and non significant respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر مدیریت بقایا و منابع مختلف نیتروژن بر برخی از صفات گندم

Table 3- Means Comparison of residue management and various nitrogen sources interaction for some characteristics of wheat

تیمارها Treatments	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant Height (cm)	تعداد سنبله در مترمربع $Spike.m^{-2}$	تعداد دانه در سنبله $Seed.spike^{-1}$	وزن هزار دانه (گرم) 1000-grain weight (g)	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار) Biological yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield ($t.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest Index (%)	پروتئین دانه (درصد) Grain protein (%)
مدیریت بقایا Residue management								
حذف بقایا Residue remove	71.2^{b}	253.2^{b}	27.9^{a}	41.5^{a}	12.05^{a}	3.9^{b}	32.3^{b}	11.8^{a}
سوزاندن بقایا Residue burning	89.9^{a}	292.2^{a}	41.2^{a}	40.8^{a}	14.6^{a}	5.7^{a}	39^{a}	10.1^{c}
برگرداندن بقایا Incorporated residue	72.5^{b}	266.9^{b}	29.04^{a}	41.8^{a}	9.4^{a}	4.2^{b}	44.6^{a}	11.03^{b}
منابع نیتروژن Sources of Nitrogen								
شاهد Control	73.1^{bc}	268.2^{bc}	32.4^{a}	40.7^{cd}	10.7^{bc}	4.1^{b}	38^{ab}	10.3^{c}
150کیلوگرم در هکتار اوره $150\ kg.ha^{-1}$ urea	85.3^{a}	314.8^{a}	38.3^{a}	42.5^{ab}	15.4^{a}	6.1^{a}	39.6^{a}	11.3^{ab}
75کیلوگرم در هکتار اوره $75\ kg.ha^{-1}$ urea	79.9^{ab}	289.5^{ab}	27.8^{a}	41.4^{bc}	12.9^{ab}	4.4^{b}	34.1^{b}	11.7^{a}
سوپرنیتروپلاس Super nitro plus	70.6^{c}	241.5^{c}	30.1^{a}	39.3^{d}	9.7^{c}	3.9^{b}	40.2^{a}	10.5^{c}
سوپرنیتروپلاس+۷۵ کیلوگرم در هکتار اوره S.N.P. $+75\ kg.ha^{-1}$ urea	80.5^{ab}	239.7^{c}	34.8^{a}	42.9^{a}	11.4^{bc}	4.5^{b}	39.4^{a}	11.2^{ab}

*اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

*Similar letters in each column show non-significant at 5% level of probability

در شرایط وجود بقایا در مزرعه در ابتدای فصل میکروارگانیسم‌ها برای رشدشان میزان بیشتری از نیتروژن و کربن را مصرف می‌کنند (Jiang et al., 2001). بنابراین، گیاه گندم تعداد کمتری سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه تولید می‌کند (Usman et al., 2014). هم‌چنین در پژوهش‌های دیگری مشاهده شده است که برگشت بقایای گیاهی به خاک، اثر معنی‌داری بر تعداد سنبله گندم در واحد سطح داشته و این اثر به میزان مصرف کود نیتروژن در گندم بستگی دارد (Aynehband, 2005).کاربرد تیمارهای مختلف کود نیتروژن و بررسی تأثیر آن بر صفت تعداد سنبله در مترمربع نیز نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف نیتروژن وجود دارد به‌طوری‌که با افزایش سطوح نیتروژن تعداد سنبله در مترمربع افزایش یافت (Akbari Moghaddam, 2011). گرچه محققان طی پژوهشی رابطه بین کاربرد سطوح مختلف نیتروژن و تعداد سنبله گندم در واحد سطح را به‌صورت رابطه غیر خطی (درجه دوم) نشان دادند. در این آزمایش کاربرد کود نیتروژن باعث افزایش معنی‌دار تعداد سنبله در مترمربع گندم نسبت به عدم کاربرد آن شد (Modhej, 2008).

وزن هزار دانه: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) حاکی از معنی‌داری اثر منابع مختلف نیتروژن بر وزن هزار دانه در سطح پنج درصد بود. با وجود عدم اختلاف معنی‌دار بین مدیریت‌های اعمال شده بر بقایا، بیشترین وزن هزار دانه (۴۱/۸ گرم) در تیمار برگرداندن بقایا و کمترین وزن هزار دانه (۴۰/۸ گرم) در سوزاندن بقایا مشاهده شد (جدول ۳). بیشترین میانگین وزن هزار دانه (۴۲/۹ گرم) در تیمار مخلوط کود بیولوژیک و سوپرنیتروپلاس مشاهده شد که اختلافش با تیمار حداکثر کود شیمیایی معنی‌دار نشد. کاربرد کود بیولوژیک به‌تنهایی نیز کمترین وزن هزار دانه (۳۹/۳) را نتیجه داد. برهم‌کنش مدیریت بقایا و منابع نیتروژن نشان داد که بیشترین (۴۳/۹ گرم) و کمترین (۳۸/۸ گرم) وزن هزار دانه به ترتیب با اجرای مدیریت سوزاندن بقایا و کاربرد ترکیب کود بیولوژیک و شیمیایی و تیمار حذف بقایا به‌همراه کاربرد کود بیولوژیک حاصل شد.

با توجه به این‌که وزن هزار دانه در دوره پر شدن دانه مشخص می‌شود (منبع). بنابراین، تغذیه گیاه می‌تواند در افزایش وزن هزار دانه نقش به‌سزایی داشته باشد. به‌طوری‌که، علیرغم عدم کارآمدی کاربرد کود بیولوژیک و برگرداندن بقایا بر عملکرد رویشی گیاه، استفاده از این کود همراه با سطوح پایین کود شیمیایی در حفظ ثبات عملکرد دانه مؤثر بوده است که ممکن است به‌علت همزمانی آزاد شدن عناصر از بقایا به همراه معدنی شدن نیتروژن حاصل از فعالیت میکروارگانیسم‌ها در فرایند تجزیه باشد. البته به نظر می‌رسد وزن هزار دانه بیشتر تابع خصوصیات ژنتیکی رقم بوده و کمتر تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرد و قابل ذکر است که تغییرات این جزء عملکرد نسبت به سایر اجزای تعیین‌کننده عملکرد کمتر تحت تأثیر قرار گرفته است. به‌طورکلی، کرت‌های کوددهی شده عملکرد گندم بیشتری نسبت به کرت‌های بدون کود دارند (Blackshaw et al., 2002). بررسی اثرات متقابل بین کاربرد کود بیولوژیک و سطوح نیتروژن نیز تأثیر مطلوب آن را بر تعداد سنبله‌ها در مترمربع، وزن دانه در سنبله و وزن هزار دانه نشان داده است. به‌طوری که ترکیب کود بیولوژیک و ۱۷۸/۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن نسبت به سایر ترکیب‌های تیماری از لحاظ صفات تعداد سنبله در مترمربع، وزن دانه در سنبله و وزن هزار دانه ارجحیت داشت (Kandil et al., 2011).پژوهش‌های دیگری نیز که به‌منظور جایگزینی کودهای زیستی به جای کود شیمیایی صورت گرفته است، حصول حداکثر وزن هزار دانه در تیمار تلفیقی هر دو کود و بعد از آن در تیمار کود شیمیایی رانشان داده است (Iabeawuchi et al., 2007) که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد.

عملکرد دانه: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) عدم معنی‌داری اثر مدیریت بقایای گیاهی و معنی‌داری اثر منابع نیتروژن را در سطح ۵ درصد بر عملکرد دانه نشان داد. مقایسات میانگین (جدول ۳) نیز حاکی از این بود که سوزاندن بقایای گیاهی بیشترین عملکرد دانه (۵/۷ تن در هکتار) و حذف بقایای گیاهی با تولید ۳/۹ تن در هکتار کمترین عملکرد دانه را تولید کرد. کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره با ایجاد اختلاف بسیار معنی‌داری با سایر تیمارهای کودی بیشترین (۶/۱ تن در هکتار) و کاربرد کود بیولوژیک کمترین (۳/۹ تن در هکتار) عملکرد دانه را داشت که از این حیث تفاوت معنی‌داری با عدم کاربرد کود نیتروژنه نداشت. اثرات متقابل مدیریت بقایای گیاهی و منابع مختلف کود نیتروژن نیز نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۶/۶ تن در هکتار) با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و اعمال مدیریت سوزاندن بقایای گیاهی و کمترین عملکرد دانه (۲/۶ تن در هکتار) با کاربرد کود بیولوژیک سوپرنیتروپلاس و حذف بقایای گیاهی تولید شد. در مدیریت حذف بقایای گیاهی، نوع کود مصرفی عملکرد

دانه را تحت تأثیر قرار داد. کاهش یا افزایش عملکرد حاصل از مدیریت‌های مختلف بر بقایا به روابط متقابل بین خاک، گیاه و عوامل محیطی وابسته است (Kumar & Goh, 2000)، ولی به طورکلی مشاهده شد که عملکرد دانه در تیمارهای همراه با برگرداندن بقایا به‌طور معنی‌داری کمتر از مقدار آن در سایر اعمال مدیریتی بر بقایا بود (Kumar & Goh, 2000).

عملکرد دانه با استفاده از کود بیولوژیک به‌صورت خالص و یا همراه با مقادیر کاهش‌یافته کود شیمیایی در هر سه نوع مدیریت بقایا کاهش یافت که ممکن است به‌دلیل عدم فعالیت مفید و به‌موقع میکروارگانیسم‌های موجود در کود بیولوژیک یا احتمالاً ایجاد رابطه آنتاگونیستی با میکروفون خاک و شاید حتی استفاده از منابع غذایی گیاه توسط میکروارگانیسم‌ها و عدم تأمین به‌موقع آن در زمان سنبله‌دهی، باعث کاهش میزان مخزن و به‌طور کلی، عملکرد دانه شده باشد. بررسی اثر باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن مولکولی (*ازتوباکتر و آزوسپریلیوم*) بر عملکرد و اجزای عملکرد نیز نشان داد که در اغلب موارد استفاده از روش‌های باکتریایی، تأثیر مثبت دارد (Das & Saha, 2000) که در مقایسه با نتایج این پژوهش تنها تا حدودی نسبت به شاهد افزایش نشان داده است.هم‌چنین به‌نظر می‌رسد که در تیمار کود بیولوژیک به‌همراه حذف بقایای گیاهی به‌دلیل خروج عناصر غذایی از خاک به واسطه حذف بقایا، جبران آن توسط کود بیولوژیک کمتر شده و در نهایت باعث کاهش شدید عملکرد دانه شده است و در مقابل، در تیمار سوزاندن بقایا به‌همراه ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره به خاطر اضافه شدن برخی عناصر غذایی علاوه بر نیتروژن به خاک و هم‌چنین اضافه شدن نیتروژن به‌صورت شیمیایی باعث افزایش عملکرد دانه گندم شده است. اگر همراه بقایای اضافه شده به خاک فراهمی نیتروژن کافی نباشد ممکن است اثر منفی بر عملکرد گندم داشته باشد چون مواد غذایی آزاد شده از بقایا با فراهمی پایین نیتروژن ممکن است به‌وسیله میکروارگانیسم‌های خاک صرف رشدشان شود و گیاه زراعی با کمبود نیتروژن و در نتیجه کاهش عملکرد مواجه شود (Usman et al., 2014) هم‌چنین، مشاهده شده است که با افزایش سطح کود نیتروژن، عملکرد دانه هم به‌طور معنی‌داری افزایش یافته استو کاهش عملکرد مشاهده شده عمدتاً نتیجه کاهش تعداد دانه در سنبله و کاهش وزن هزار دانه بود (Sieling et al., 2005). نتایج سایر پژوهش‌ها نیز به تأثیر مستقیم و مثبت تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه بر عملکرد دانه اشاره دارد (Fagam et al., 2007) که نتایج پژوهش حاضر را تأیید می‌نماید.

عملکرد بیولوژیک: منابع نیتروژن در سطح احتمال پنج درصد تغییرات معنی‌داری در این صفت ایجاد نمود (جدول ۲). اگرچه، بین مدیریت‌های اعمال‌شده بر بقایا تفاوت معنی‌داری نبود ولی تیمار سوزاندن بقایای گیاهی با میانگین ۱۴/۶ تن در هکتار بیشترین عملکرد بیولوژیک و برگرداندن بقایا با میانگین ۹/۴ تن در هکتار کمترین عملکرد بیولوژیک را داشت (جدول ۳). استفاده از سطوح بالای نیتروژن باعث افزایش عملکرد بیولوژیک تا بالاترین میزان (۱۵/۴ تن در هکتار) شد.کاربرد کود بیولوژیک و عدم کاربرد کود تفاوت معنی‌داری با هم نداشته و کمترین (۹/۷ تن در هکتار) عملکرد بیولوژیک را نشان دادند. برهم‌کنش بین مدیریت بقایا و منابع مختلف نیتروژن نیز نشان داد که در تیمار سوزاندن بقایا و کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره بیشترین (۱۸/۲ تن در هکتار) و با اجرای مدیریت برگرداندن بقایا و عدم استفاده از کود نیتروژن کمترین عملکرد بیولوژیک (۷/۷ تن در هکتار) مشاهده شد. نتایج هم‌چنین نشان داد که تأثیرپذیری مدیریت حذف بقایا از منابع نیتروژن معنی‌دار بود (جدول ۲).

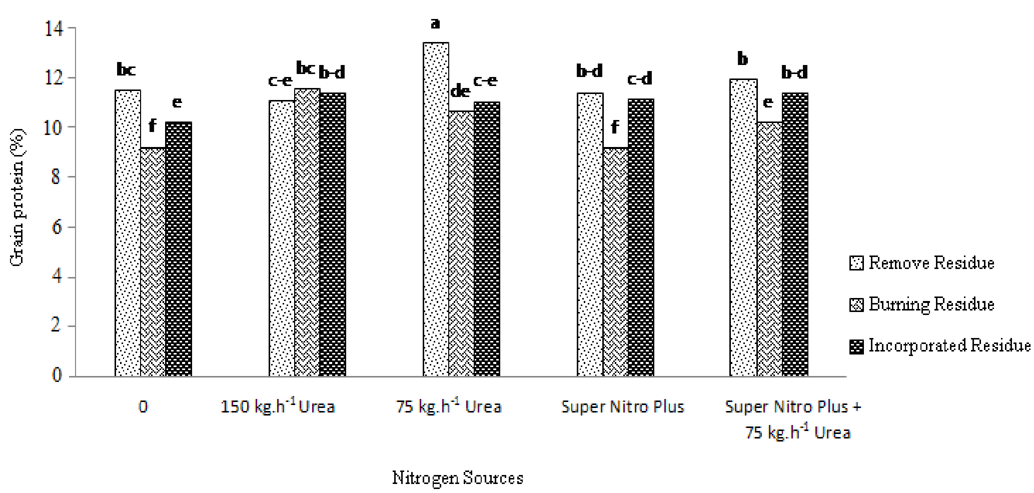
به‌طورکلی برگشت بقایا به خاک با تأثیر سویی که بر رشد اولیه گیاه و عدم پاسخ‌گویی به نیاز گیاه داشت، حتی در بالاترین سطح کود شیمیایی هم نتوانست عملکرد بیولوژیک خود را در سطح حذف بقایا و بعیدتر از آن سوزاندن بقایا حفظ نماید. عملکرد بالاتر گندم رشدیافته پس از سوزاندن بقایای گیاهی سال قبل احتمالاً در نتیجه فقدان کاه و کلش در بستر کاشت می‌باشد که آماده‌سازی زمین را راحت‌تر می‌کند و شاید باعث بهبود جوانه‌زنی می‌گردد. با توجه به ساز و کارهای تأثیر باکتری‌ها بر عملکرد و اجزای گیاه احتمال دارد که تفاوت تیمارهای مدیریتی بر بقایا از نظر فراهمی مواد افزاینده فعالیت این باکتری‌ها و توانایی آن‌ها در برقراری رابطه همیاری سبب اختلاف آن‌ها با یکدیگر شده باشد.بررسی نژادهایی از *ازتوباکتر* در آزمایش‌های جداگانه در شرایط گلخانه و مزرعه نیز نشان داد که نژادهایی از *ازتوباکتر* می‌توانند به‌طور مؤثری منجر به افزایش عملکرد بیولوژیک و در نتیجه عملکرد دانه در گندم شوند (Kumar et al., 2001) در پژوهش حاضر ممکن است عدم هماهنگی بین شرایط خاص آب و هوایی و نوع خاک منطقه و شرایط ایده آل برای فعالیت کود بیولوژیک استفاده شده عامل عملکرد ضعیف کود بیولوژیک باشد، چون تحت شرایط آب و هوایی نیمه خشک، تلقیح بذرهای گندم

زمانی می‌تواند سودمند باشد که در کنار شناسایی و انتخاب نژادهای مؤثری از باکتری و نیز ارقام مناسب گندم بر اساس شرایط منطقه‌ای، شرایط خاک نیز مناسب باشد (Rodriguez et al., 1996).

درصد پروتئین: اثر مدیریت بقایا و منابع نیتروژن و برهم‌کنش آن‌ها بر پروتئین دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین میانگین پروتئین (۱۱/۸ درصد) در تیمار حذف بقایا دیده شد و کمترین میزان پروتئین در تیمار سوزاندن بقایا با میانگین ۱۰/۱۸ درصد به‌دست آمد (جدول ۳). در میان منابع مختلف نیتروژن نیز بیشترین درصد پروتئین (۱۱/۷) با کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره مشاهده شد. البته با تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت. عدم کاربرد کود کمترین (۱۰/۳) میزان پروتئین را نشان داد (جدول ۳). میزان پروتئین دانه گندم تحت تأثیر مدیریت‌های زراعی نظیر میزان، زمان و چگونگی مصرف نیتروژن، نوع ژنوتیپ و شرایط محیطی در مراحل قبل و پس از گرده‌افشانی قرار دارد. با افزایش سطح کود نیتروژن افزایش درصد پروتئین دانه مشاهده شده است (Fowler, 2003). گزارش‌هایی نیز مبنی بر بهبود درصد پروتئین دانه با تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و فراهمی آن در زمان پرشدن دانه با مصرف کود بیولوژیک وجود دارد (Ridoan, 2008).در پژوهش حاضر این بهبود در مدیریت سوزاندن بقایای گیاهی دیده نمی‌شود و کاربرد کود بیولوژیک توأم با سوزاندن بقایا باعث کاهش درصد پروتئین دانه شده (شکل ۱).

به‌نظر می‌رسد که جذب نیتروژن تحت این مدیریت عمدتاً صرف رشد رویشی شده و میزان کمتری از آن جهت ذخیره‌سازی و افزایش درصد پروتئین دانه به‌کار گرفته شده است. ارزیابی اثر سطوح مختلف نیتروژن بر درصد پروتئین دانه گندم حاکی از این بود که با افزایش سطوح نیتروژن مصرفی، واکنش درصد پروتئین دانه گندم از معادله درجه دوم پیروی می‌کند (Takahashi et al., 2007). هم‌چنین ممکن است در مقادیر بالای کود نیتروژن بخش قابل‌توجهی از کل محتوی نیتروژن به‌جای تبدیل به اسیدهای آمینه یا پروتئین‌های دانه به‌صورت یون‌های نیترات در گیاه تجمع یابد (Imam & Niknejad, 1993).

شاخص برداشت: اثر مدیریت بقایای گیاهی بر شاخص برداشت در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین و کمترین میزان این شاخص به ترتیب در تیمارهای برگرداندن بقایا با میانگین ۴۴/۶ درصد و حذف بقایا با میانگین ۳۲/۳ درصد به دست آمد (جدول ۳). البته تفاوت معنی‌داری بین مدیریت‌های سوزاندن و برگرداندن بقایا وجود نداشت. در بین منابع نیتروژن کاربرد کود بیولوژیک سوپرنیتروپلاس بیشترین (۴۰/۲ درصد) شاخص برداشت را داشت. گرچه تفاوت معنی‌داری با سایر منابع نیتروژن به‌جز کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار با کمترین شاخص برداشت (۳۴/۱ درصد) مشاهده نشد (جدول ۳).



شکل ۱- اثر متقابل مدیریت بقایا و منابع مختلف نیتروژن بر درصد پروتئین دانه گندم

Fig. 1- Interaction of residue management and different nitrogen sources on wheat grain protein percent.

نقش مثبت برگرداندن بقایای گیاهی با اعمال مخلوط کود بیولوژیک سوپرنیتروپلاس و ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بر میزان شاخص برداشت تا ۴۹ درصد و اثر منفی تیمار حذف بقایای گیاهی به همراه کاربرد کود بیولوژیک بر این شاخص و کاهش این شاخص تا ۲۶/۱ درصد از نکات قابل‌توجه اعمال این تیمارها بود. از آنجائی که شاخص برداشت، کارآیی توزیع مواد فتوسنتزی را در بین اندام‌های مختلف گیاهی نشان می‌دهد با توجه به تأخیر در فراهمی عناصر غذایی که در بقایای باکیفیت پایین مورد انتظار است، می‌توان چنین بیان داشت که در طی این مدیریت به‌دلیل کمبود عناصر در ابتدای رشد گیاه از میزان عملکرد بیولوژیک کاسته می‌شود، ولی گیاه با اجرای سیاست حفظ تعداد سنبله در مترمربع و تعداد دانه در سنبله در حد مطلوب و در نهایت، پرشدن کامل دانه عملکرد دانه خود را بهبود داده و باعث افزایش این شاخص شده است. البته قابل ذکر است که شاخص برداشت خیلی بالا نیز مطلوب نمی‌باشد زیرا باید بین اجزای مختلف گیاه تناسب باشد. نتایج نشان داد که شاخص برداشت تحت تأثیر کود نیتروژن و بقایای گیاهی قرار دارد به‌طوری که با افزایش مقادیر نیتروژن و بقایا، شاخص برداشت افزایش یافت (Sadeghi & Kazemeini, 2011). شاخص برداشت همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد دانه در سنبله دارد (Toshih, 2004). هم‌چنین نتایج دیگر نشان‌دهنده یک رابطه مثبت بین عملکرد دانه و شاخص برداشت بود (Singh & Diwivedi, 2002) که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد.

نتیجه‌گیری

در مجموع نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که عملکرد و اجزای عملکرد گندم تحت تأثیر مدیریت‌های مختلف عناصر غذایی گرفته و در بین مدیریت‌های اعمال شده بر بقایا، سوزاندن بقایا در اغلب صفات باعث افزایش و حذف بقایا منجر به کاهش اجزای عملکرد گشته است، که با توجه به خروج منابع عظیم غذایی با حذف بقایا و آزاد شدن مستقیم عناصر غذایی با سوزاندن بقایا بدون نیاز به طی کردن چرخه‌های بیولوژیکی و پوسیده شدن بقایا این امر منطقی به نظر می‌رسد، ولی باید توجه داشت که این مسأله کوتاه‌مدت است و بررسی و مقایسه این روش‌های مدیریتی در آزمایش‌های طولانی‌مدت باید مدنظر قرار گیرد.در این بین برگرداندن بقایا حالت بینابینی داشته و گرچه در صفات وزن هزار دانه و شاخص برداشت بیشترین میزان را دارا بود؛ اما تأثیر سویی بر عملکرد بیولوژیک داشته است. هم‌چنین در اکثر صفات، استفاده از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره بیشترین میزان را برای صفات نشان داد و ترکیب کود بیولوژیک و شیمیایی نیز اغلب نتیجه‌ای مشابه با آن به دست آورد که می‌توان جایگزینی این ترکیب کودی را در جهت کاهش نهاده‌های شیمیایی قابل توصیه دانست؛ گرچه استفاده از کود بیولوژیک به‌تنهایی در صفات ارتفاع ساقه، ارتفاع بوته، طول سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک کمترین میزان را نشان داد و در بیشتر صفات تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت ولی استفاده از کود بیولوژیک در افزایش تنفس خاک مؤثر بوده (نتایج آورده نشده است) و ممکن است در درازمدت با سازگار شدن با خاک منطقه نتایج مطلوب‌تری را ارائه دهد.گرچهاین پژوهش به‌منظور پذیرش فعالیت‌های مبتنی بر اصول کشاورزی پایدار از قبیل مدیریت بقایای گیاهی و استفاده از منابع بیولوژیک نیتروژن صورت گرفت، ولی جهت برآورد تأثیر حقیقی این راهکارهای مدیریتی می‌بایست آزمایش‌های طولانی‌مدت را مدنظر قرار داد.

منابع

Aynehband, A. 2005. Crop rotation. Jihad-e-Daneshgahi of Mashhad University Publications, Mashhad, Iran 480 pp. (In Persian)

AkbariMoghaddam, H., Ramroudi, M., Koohkan, S.A., Fanaei, H.R., and Akbari Moghaddam, A.R. 2011. Effects of crop rotation systems and nitrogen levels on wheat yield, some soil properties and weed population. International Journal of AgriScience 1(3): 613- 651.

Andres, D.N., Latronico, A., Ines, E., and Salamone, D.G.2009. Inoculation of Wheat with *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens*: Impact on the production and culturable rhizospheremicro flora. European Journal of Soil Biology 45: 44-51.

Bakht, J., shafi, M., Tariq Jan, M., and Shah, Z. 2009. Influence of crop residue management, cropping system and N fertilizer on soil N and C dynamics and sustainable wheat (*Triticum aestivum* L.) production. Soil and Tillage Research 104:233-240.

Barik, A.K., and Goswami, A. 2003. Efficacy of biofertilizers with nitrogen levels on growth, productivity and economics in wheat (*Triticum aestivum* L.). Indian Journal of Agronomy 48 (2): 100- 102.

Behl, R.K., Sharma, H., Kumar, V., and Singh, K.P. 2003. Effect of duel inoculation of VA micorrhyza and *Azetobacter chroococcum* on above flag leaf characters in wheat. Archives of Agronomy and Soil Science 49(1): 25-31.

Blackshaw, R., Semach, G.E., and Janzen, H.H. 2002. Fertilizer application method affects nitrogenuptake in weeds and wheat. Weed Science 50:634-641.

Blanco-canqui, H., and Lal, R. 2009. Crop residue removal impacts on soil productivity and environmental quality. Critical Review of Plant Science 28: 139-163.

Das, A.C., and Saha, D., 2000. Influence of diazotropic inoculations on nitrogen of rice. Australian Journal of Soil Research 41(8):1543- 1554.

De Freitas, J.R. 2000. Yield and N assimilation of winter wheat (*Triticum aestivum* L., var *Norstar*) inoculated with rhizobacteria. Pedobiologia 44: 97-104.

Fagam, A.S., Bununu, A.M., and Buba, U.M. 2007. Path coefficient analysis of the components of grain yield in wheat (*Triticum aestivum* L.). International Journal Natural and Applied Sciences 2: 310-316.

Fowler, D.B. 2003. Crop Nitrogen demand and grain protein concentration of spring and winter wheat. Agronomy Journal 95: 260- 265.

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

Hashem, A., Radosovich, S.R., and Dick, R. 2000. Competition effects on yield, tissue nitrogen, and germination of winter wheat (*Triticum aestivum*) and Italian raygrass (*Lolium multiflorium*). Weed Technology 14: 718-725.

Iabeawuchi, I., and Onweremalu, E. 2007. Effects of poultry manure on green (*Amarathus cruentus*) and waterleaf (*Talinum trinagulare*) on degraded Ultisol of Owerri South Eastern Nigeria. Journal of Animal and Veterinary Advances 5(1): 53-56.

Imam, Y., and Niknejad, M. 1993. Introduction to the physiology of crop yield (Authored by Robert Hay and Andrew Walker). Shiraz University Press, Shiraz, Iran 576 pp. (In Persia)

Kandil, A.A., El- Hindi, M.H., Badawi, M.A, El- Morarsy, S.A., and Kalboush, F.A.H.M. 2011. Response of wheat to rates of nitrogen, biofertilizer and land leveling. Crop and environment 2(1): 46-51.

Jiang Y.H., Yu, Z.R., and Ma, Y.L. 2001. The effect of stubble return on agro ecological system and crop growth. China Soil Science 32: 209-213.

Kazemeini, S.A., and Ghadiri, H. 2007. Interaction effects of weeds and nitrogen on growth and yield of dryland wheat (*Triticum aestivum* L.) and soil organic carbon. Iranian Journal of Agricultural Science 38(2): 377-385. (In Persian with English Summary)

Kizilkaya, R. 2008. Yield response and nitrogen concentrations of spring Wheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azospirillum chroococcum* strains. Ecological Engineering 24: 175-178.

Kong, L. 2014. Maize residues, soil quality, and wheat growth in China. A review. Agronomy for Sustainable Development 34:405–416.

Kumar, V., Behl, R.K., and Narula, N. 2001. Effect of phosphate- solubilizing strains of *Azotobacter chroococcum* on yield traits and their survival in the rhizosphere of wheat genotypes under field conditions. Acta Agronomica Hungarica 49: 141- 149.

Kumar, V., Behl, R.K., and Narula, N. 2001. Establishment of phosphate- solubilizing strains of *Azotobacter chroococcum* in the rhizosphere and their effect on wheat cultivars under green house conditions. Microbiological Research 156: 87- 93.

Kumar, K., and Goh, K.M. 2000. Crop residue and management practice: effects on soil quality, soil nitrogen dynamics, crop yield, and nitrogen recovery. Advances of Agronomy 68: 297-319.

Modhej, A., and Fathi, G. 2008. Wheat Physiology. Islamic Azad University Press, Shoushtar, Iran. 317 pp. (In Persian)

Naseri, R., Mirzaei, A., Soleimani, R., and Nazarbeygi, E. 2010. Response of bread wheat to nitrogen application in calcareous soils of western Iran. American- Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science 9(1): 79-85.

Nasser, K., and El-Gizawy, B. 2009. Effect of planting date and fertilizer application on yield of wheat under no till

system. World Journal of Agricultural Sciences 5(6): 777-783.
Payne, W.A. 2000. Optimizing crop water use in sparse stands of pearl millet. Agronomy Journal 92: 808- 814.
Rouzbeh, R., Daneshian, J., and Aliabadi Farahani, H. 2009. Supper nitro plus influence on yield and yield components of two wheat cultivars under NPK fertilizer. Journal of Plant Breeding and Crop Science 1 (8): 293- 297.
Sadeghi,H., and Kazemeini, S.A. 2011. Effect of crop residue management and nitrogen fertilizer on grain yield and yield components of two barley cultivars under dryland conditions. Iranian Journal of Crop Sciences 13(3): 436-451.
Sieling, K., Stahl, C., Winkelmann, C., and Christen, O. 2005. Growth and yield of winter wheat in the first 3years of a monoculture under varying N fertilization in NW Germany. European Journal of Agronomy 22: 71-84.
Singh, H.P., Batish, D.R., and Kohli, R.K. 2003. Allelopathic interactions and allelochemicals: new possibilities or sustainable weed management. Critical Review of Plant Science 22: 239-311.
Singh, H.P., and Diwivedi, V.K. 2002. Character association and path analysis in wheat (*Triticum aestivum* L.). Agricultural Science Digest 22: 225-547.
Takahashi, S., Anwar, M.R., and De-Vera, G.S. 2007. Effects of Compost and Nitrogen Fertilizer on Wheat Nitrogen Use in Japanese Soils. Agronomy Journal 99: 1151- 1157.
Toushieh, V. 2004. Effect of dryland wheat straw on yield and protein content at dryland wheat. Iranian Journal of Soil and Water Science 17: 151-162.
Usman, K., Ahmad Khan, E., Khan, N., Rashid, A., Yazdan, F., and Ud Din, S. 2014. Response of wheat to tillage plus rice residue and nitrogen management in rice-wheat system. Journal of Integrative Agriculture 13(11): 2389-2398.

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 3, Fall 2014, p. 656-667

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۳، ص. ۶۶۷-۶۵۶

بررسی تنوع زیستی محصولات زراعی، باغی و دامی در استان کرمان

روح‌الله مرادی[1]* و مسعود سامی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۲/۱۹
تاریخ پذیرش:۱۳۹۳/۰۷/۲۶

چکیده

پایداری تولید در بوم‌نظام‌های کشاورزی به حفظ و تقویت اشکال مختلف تنوع زیستی وابسته می‌باشد. این تحقیق با هدف بررسی جمعیت، سطح زیر کشت، غنای گونه‌ای، یکنواختی و تنوع گونه‌ای در محصولات مختلف زراعی، باغی و دامی استان کرمان در سال ۱۳۹۲ صورت گرفت. برای این منظور، اطلاعات مربوط به سطح زیر کشت گیاهان زراعی و باغی و همچنین جمعیت گونه‌های مختلف دامی شهرستان‌های مختلف استان کرمان در سال ۱۳۹۲ از طریق اطلاعات سازمان جهاد کشاورزی استان و همچنین پرسشنامه‌هایی جمع‌آوری گردید. نتایج نشان داد که شهرستان‌های جیرفت و کرمان بیشترین و شهرستان رفسنجان کمترین سطح زیر کشت محصولات زراعی را دارا بودند. بیشترین سطح زیر کشت محصولات باغی نیز در شهرستان‌های جیرفت و رفسنجان و کمترین مقدار آن در شهرستان بافت مشاهده شد. بیشترین و کمترین جمعیت دامی نیز مربوط به شهرستان‌های جیرفت و راور بود. شهرستان‌های جیرفت و کرمان بیشترین غنای گونه‌ای محصولات زراعی (به ترتیب ۲۰ و ۲۲ گونه) و باغی (به ترتیب ۳۴ و ۳۱ گونه) را شامل شدند. در بین محصولات کشاورزی مختلف استان، گونه‌های گندم، پسته و گوسفند در اکثر شهرستان‌ها گونه غالب بودند. بالاترین میزان شاخص تنوع شانون در محصولات زراعی مربوط به شهرستان‌های جیرفت (۲/۲۷) و کرمان (۱/۹۹)، در محصولات باغی جیرفت (۲/۳۱) و بافت (۲/۰۵) و در محصولات دامی کرمان (۰/۹۹) بود. شهرستان رفسنجان کمترین میزان شاخص تنوع شانون را در کلیه محصولات کشاورزی دارا بود. شهرستان جیرفت بیشترین شاخص یکنواختی گونه‌های زراعی (۰/۷۶) و باغی (۰/۶۶) و شهرستان کرمان (۰/۷۵) بیشترین شاخص یکنواختی محصولات دامی را در بین شهرستان‌های مختلف استان شامل شدند. نتایج نشان داد که همبستگی شاخص تنوع شانون با یکنواختی گونه‌ای بیشتر همبستگی آن با سطح زیر کشت و غنای گونه‌ای در محصولات زراعی و باغی بود.

واژه‌های کلیدی: شاخص شانون، غنای گونه‌ای، غالبیت گونه‌ای، یکنواختی گونه‌ای

مقدمه

تنوع زیستی کشاورزی به عنوان یکی از مهمترین عوامل مؤثر در ایجاد و افزایش پایداری در کشاورزی شناخته شده است (Rajendra et al., 2010). تنوع زیستی شاخص تنوع حیات در کره زمین بوده و از آنجا که بقاء بوم‌نظام‌های طبیعی بدون تنوع امکان‌پذیر نمی‌باشد، حفاظت و مطالعه تنوع زیستی همواره مورد توجه اکولوژیست‌ها بوده است. امروزه تنوع زیستی کشاورزی به معنی تنوع و گوناگونی حیوانات، گیاهان و ریزموجودات خاک که به طور مستقیم و غیرمستقیم برای تولید غذا در کشاورزی استفاده می‌شوند، اطلاق می‌شود (Oldfield et al., 1987). آلتیری (Altieri, 1999)، با مطالعه نقش اکولوژیکی تنوع در بوم‌نظام‌های زراعی، اظهار داشت که اهمیت این تنوع فراتر از تولید مواد غذایی بوده و اثرات مثبتی نظیر گردش مواد غذایی، کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز را در بر دارد. تنوع سیستم‌های زراعی در وهله اول در راستای تنوع اقلیمی‌بوده و پس از آن به تنوع خصوصیات خاک مربوط می‌شود که خود متأثر از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک می‌باشد (Naeem, 1995). تنوع زیستی کشاورزی همچنین در کنترل فرسایش زمین و افزایش کارایی استفاده از نهاده‌ها نقش دارد. بررسی بسیاری از مطالعات سیستم‌های کشت مخلوط به خوبی نشان می‌دهد که تنوع گونه‌ای بالا، از طریق تفاوت در چرخه مواد غذایی باعث افزایش حاصلخیزی خاک شده که در نهایت، می‌تواند منجر به عملکرد بیشتر گیاهان زراعی نیز گردد (Rajendra et al., 2010; Hooper & Vitousek,

۱- استادیارگروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان
۲- دانشیار بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
(*- نویسنده مسئول: Email: r.moradi@uk.ac.ir)

1998).

برخی مطالعات نشان داده‌اند که در حال حاضر تعداد زیادی از گونه‌های گیاهی و جانوری در سطح جهان در حال انقراض هستند و تخریب زیستگاه‌های طبیعی به دلیل فعالیت‌های مختلف انسان عامل اصلی این امر می‌باشد و در این میان، سهم فعالیت‌های کشاورزی در به مخاطره افتادن تنوع زیستی ۵۰ تا ۷۰ درصد برآورد شده است (Hilton-Taylor, 2000). از سوی دیگر، حفظ ثبات و تداوم تولید در بوم‌نظام‌های کشاورزی نیز به تنوع زیستی موجود در آنها وابسته بوده و بسیاری از محققین رابطه پایداری بوم‌نظام‌های زراعی و تنوع آنها را مورد تأکید قرار داده‌اند (Stohlgren et al., 1997; Thrupp, 1998; Rajendra et al., 2010). با این وجود، امروزه کشاورزان با سوق دادن مدیریت در جهت حداکثر یکنواختی و استفاده وسیع از ژنوتیپ‌های پربازده گیاهی یا دامی همراه با مصرف گسترده نهاده‌های شیمیایی، تنوع زیستی در بوم‌نظام‌های زراعی را با خطر جدی مواجه ساخته‌اند. برآوردهای انجام شده حاکی از آن است که با وجودی‌که ۸۰ درصد از افزایش تولید محصولات زراعی و دامی در طی قرن گذشته به دلیل استفاده از واریته‌ها و نژادهای اصلاح شده بود، ولی در عین حال، گسترش این واریته‌هاباعث از بین رفتن ۹۰ درصد از واریته‌های محلی در سراسر جهان شده است (Engels & Wood, 1999).

تنوع دامی نیز نقش مهمی‌در امنیت غذایی بشرایفا می‌کند (Hall, 2004). میزان توجه به نقش دام‌های اهلی در توسعه پایدار در طی ۲۰ سال اخیر افزایش یافته است. این حیوانات علاوه بر تأمین غذای منطقه‌ای و محلی در اقتصاد جهانی نیز نقش قابل توجهی دارند. عقیده بر این است که با کاهش تنوع و فراوانی گونه‌های دامی مورد استفاده در یک منطقه، میزان ریسک‌پذیری تولید فراورده‌های دامی افزایش یافته و امنیت غذایی تهدید می‌شود (Hall, 2004). به عنوان مثال، گزارش شده است که بیش از ۹۰ درصد جمعیت گاوهای آمریکای شمالی را تنها گونه هلشتاین تشکیل می‌دهد (Nielsen, 2013). بنابراین، بنظر می‌رسد که حفظ تنوع گونه‌های دامی می‌تواند نقش مهمی‌در توسعه پایدار یک منطقه داشته باشد.

تاکنون اکثر فعالیت‌هایی جامع که در زمینه اندازه‌گیری و حفظ تنوع زیستی انجام گرفته است، در بوم‌نظام‌های طبیعی بوده است و با اینکه نظام‌های کشاورزی سهم زیادی از زمین‌های کشور را به خود اختصاص داده‌اند، ولی مطالعه جامع و کاملی در مورد تنوع زیستی آن صورت نگرفته است. در ایران، مطالعاتی در مورد تنوع زیستی نظام‌های مختلف زراعی، باغی، صیفی‌جات و علف‌های هرز صورت گرفته است (Koocheki et al., 2004a; 2004b; 2004c; 2004d; Nassiri Mahallati, 2005; 2011).

استان کرمان یکی از استان‌های مهم کشور در زمینه تولید محصولات زراعی، باغی و دامی می‌باشد. بطوری‌که این استان ۱۸/۸ درصد از کل سطح زیر کشت محصولات باغی کشور را شامل شده و از این لحاظ رتبه اول در بین استان‌های کشور را دارا می‌باشد. همچنین، با دارا بودن حدود پنج درصد از کل تولید محصولات زراعی کشور، رتبه پنجم در تولید این محصولات را شامل می‌گردد. این استان با دارا بودن تعداد حدود ۵۱۶۷ هزار دام اهلی، حدود پنج درصد از جمعیت دامی کشور را به خود اختصاص داده است (Kerman Ministry of Agriculture, 2014). با این وجود، خلاء یک بررسی در زمینه تنوع محصولات مختلف کشاورزی در این استان به شدت احساس می‌شود. بنابراین، این تحقیق با هدف بررسی یکنواختی گونه‌ای، غنای گونه‌ای و تنوع زیستی محصولات زراعی، باغی و دامی استان کرمان صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری اطلاعات

این تحقیق در استان کرمان که در جنوب شرقی فلات مرکزی و بین ۵۳ درجه و ۲۶ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی و ۲۵ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۳۲ درجه عرض شمالی قرار دارد (Anonymous, 2014) انجام شد. داده‌های مورد نیاز برای این تحقیق از شهرستان‌های مختلف استان کرمان شامل بافت، بردسیر، بم، جیرفت، راور، رفسنجان، زرند، سیرجان، شهر بابک و کرمان در سال ۱۳۹۲جمع‌آوری گردید. اطلاعات مربوط به هر شهرستان (سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱) توسط سازمان جهاد کشاورزی استان در پرسشنامه‌هایی که به همین منظور تهیه و توزیع شده بود و نیز از طریق مصاحبه‌های موردی با مسئولین مربوطه ثبت گردید. همچنین بخشی از اطلاعات از سازمان جهاد کشاورزی استان و کشور اتخاذ گردید.

تجزیه و تحلیل اطلاعات و تعیین شاخص تنوع محصولات کشاورزیپس از استخراج داده‌ها و تجزیه و تحلیل آنها، غنای گونه‌ای با شمارش تعداد گونه‌های زراعی، باغی و دامی در هر شهرستان

تعیین گردید. برای ارزیابی تنوع گونه‌ای از شاخص تنوع گونه‌ای شانون (H') که بر اساس غنای گونه‌ای و فراوانی نسبی گونه‌ها می‌باشد، طبق معادله (۱) استفاده شد (Shannon & Weaver, 1949). این شاخص تصویر درستی از تنوع ارائه داده و علاوه بر غنای گونه‌ای تعداد افراد گونه را نیز شامل می‌شود و به‌عبارتی شاخص توزیع افراد بین گونه ها را هم مدنظر قرار می‌دهد و از ۵-۰ متغیراست (Ejtehadi et al., 2008).

$$H' = -\sum \frac{n_i}{N} \times \ln \frac{n_i}{N}$$ معادله (۱)

که در این معادله، H': شاخص شانون ($H' \geq 0$)، n_i: تعداد افراد (یا مقدار زیست‌توده) هر گونه (i امین گونه) و N: تعداد کل افراد (بیوماس کل) در یک منطقه می‌باشد. مقدار $\frac{n_i}{N}$، نشان‌دهنده نسبت یا فراوانی نسبی یک گونه است. در این مطالعه جهت محاسبه شاخص تنوع شانون، مقدار $\frac{n_i}{N}$ برای محصولات زراعی و باغی بصورت سطح زیر کشت محصولات کشاورزی و برای محصولات دامی جمعیت در هر گروه مورد مطالعه به کل سطح زیر کشت یا کل جمعیت افراد در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ برای هر استان از طریق معادله (۲) محاسبه گردید (Shannon &Weaver, 1949).

$$H = -\sum p_i \times \ln p_i$$ معادله (۲)

در این معادله، p_i: سهم i امین گونه محصول مورد مطالعه (برای مثال سطح زیر کشت گندم در یک شهرستان) از کل سطح زیر کشت آن نوع محصول (به عنوان مثال، سطح زیر کشت غلات در یک شهرستان) می‌باشد. در محصولات دامی جمعیت گونه مورد ارزیابی قرار گرفت.

همچنین برای بررسی چگونگی پراکندگی محصولات در سطح شهرستان از شاخص یکنواختی[1] استفاده شد، که با معلوم بودن شاخص شانون از طریق معادله ۳ محاسبه شد (Gosselin, 2006).

$$J = \frac{H}{\ln S}$$ معادله (۳)

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

برای بررسی رابطه تنوع زیستی شانون با پارامترهای سطح زیر کشت، غنای گونه‌ای و یکنواختی پراکندگی گونه‌ها، رگرسیون خطی هر کدام از این متغیرها به عنوان متغیر وابسته با تنوع زیستی شانون به عنوان متغیر مستقل بر اساس معادله (۴) توسط نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ محاسبه گردید.

$$Y = aX + b$$ معادله (۴)

در این معادله، Y: تنوع زیستی شانون، X: متغیرهای وابسته، a: شیب معادله یا به عبارتی میزان تغییر در Y به ازای هر واحد افزایش در X و b: عرض از مبدأ معادله می‌باشد.

برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

جمعیت دامی و سطح زیر کشت محصولات باغی و زراعی

از نظر سطح زیر کشت محصولات زراعی در استان کرمان، شهرستان جیرفت با حدود ۱۵۸ هزار هکتار بیشترین و شهرستان رفسنجان با ۱۴۰ هکتار کمترین میزان سطح زیر کشت را در استان کرمان دارا بودند (جدول ۱). در بین محصولات مختلف زراعی استان، گندم و یونجه به ترتیب با حدود ۹۴ و ۴۷ هزار هکتار بیشترین سطح زیر کشت را در سطح استان شامل شدند. این موضوع می‌تواند به دلیل تمایل بیشتر کشاورزان کرمان به کشت و کار یونجه و گندم باشد. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2004c) نیز گزارش نمودند که به طور کلی دو نظام زراعی مبتنی بر گندم و برنج در کشور غالب بوده و نظام مبتنی بر گندم نظام اصلی غالب در کشور بوده و نظام مبتنی بر برنج تنها در استان‌های شمالی کشور استقرار دارد. همچنین ایشان تأکید نمودند که در بین گیاهان علوفه‌ای یونجه غالبیت داشته و واریته‌های بومی یونجه در هر استان از پتانسیل عملکرد مناسبی برخوردار بوده و غالبیت دارند. در مطالعات دیگر نیز وجود دو سیستم مبتنی بر برنج و گندم به عنوان نظام‌های زراعی اصلی قاره آسیا مورد تأیید قرار گرفته‌اند (Ladha et al., 2003). در حال حاضر تقریباً نیمی از اراضی زراعی جهان زیر کشت غلات است (Altieri, 1999; Bajwa, 1995). چنانچه مصرف مستقیم و

1-Evenness Index

غیرمستقیم (علوفه وتغذیه دام) غلات افزوده شوند، حدود ۶۷ درصد کالری مصرفی جهان از این گیاهان تأمین می‌شود (Sarris, 2000). دمیسی و بارنستاد (Demissie & Bjarnstad, 1996) توسعه کشت غلات و اتکاء غذایی به این محصولات را از ویژگی‌های مناطق خشک و نیمه خشک جهان با زمستان‌های نسبتاً سرد از جمله‌ایران عنوان کردند. در بین محصولات باغی نیز شهرستان‌های جیرفت، رفسنجان و سیرجان به ترتیب با حدود ۹۱، ۸۶ و ۶۳ هزار هکتار بیشترین سطح زیر کشت را در بین شهرستان‌های مختلف استان کرمان دارا بودند و شهرستان‌های بافت و بردسیر کمترین میزان این صفت را شامل شدند (جدول ۱). گونه درختی غالب در شهرستان‌های بافت و بردسیر گردو، در شهرستان بم خرما، در شهرستان جیرفت پرتقال و در سایر شهرستان‌ها پسته بود. بررسی‌ها نشان داد که به طور کلی پسته بیشترین سهم زیر کشت محصولات باغی را در استان کرمان دارا بود. بیشترین و کمترین جمعیت دامی استان کرمان نیز به ترتیب مربوط به شهرستان‌های جیرفت و راور بود (جدول ۱). در شهرستان‌های بافت، بم، جیرفت و راور گونه بز و در شهرستان‌های بردسیر، رفسنجان، زرند، سیرجان، شهر بابک و کرمان گونه گوسفند به عنوان گونه غالب مطرح بودند (جدول ۱). شهرستان‌های بردسیر، رفسنجان، زرند، سیرجان، شهر بابک و کرمان نسبت شهرستان‌های بافت، بم و جیرفت در عرض‌های جغرافیایی بالاتر قرار گرفته و میانگین دمایی پایین‌تری را دارا می‌باشند. بنابراین، بنظر می‌رسد که پراکنش بیشتر گوسفند در مناطق شمالی استان می‌تواند به دلیل حساسیت بیشتر گوسفند نسبت به بز به شرایط گرما باشد.

جدول ۱- سطح زیر کشت، جمعیت، غنای گونه ای و گونه غالب در محصولات مختلف کشاورزی استان کرمان
Table 1- Planting area, population, species richness and dominant species of different agricultural productions in Kerman

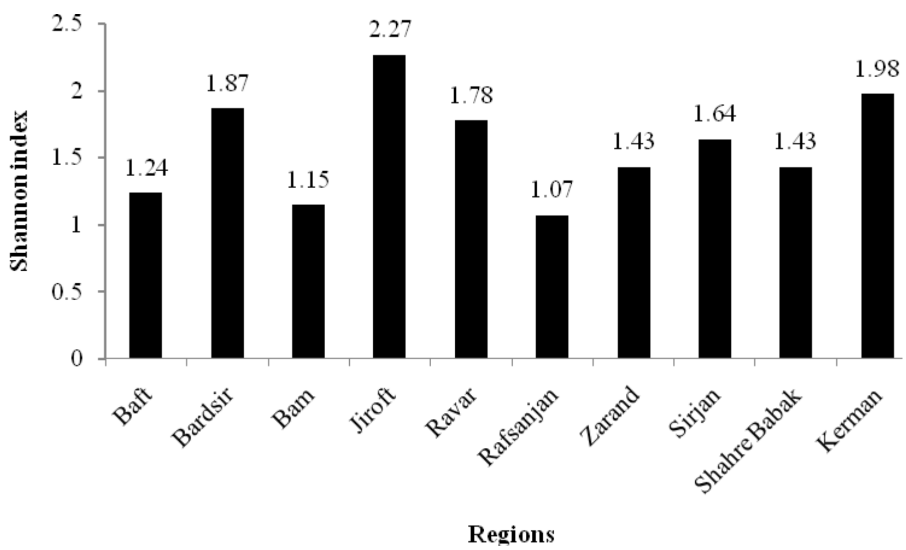
شهرستان Region	زراعی Agronomical: سطح زیر کشت (هکتار) Planting area (ha)	زراعی Agronomical: گونه غالب Dominant species	زراعی Agronomical: غنای گونه ای Species richness	باغی Horticultural: سطح زیر کشت (هکتار) Planting area (ha)	باغی Horticultural: گونه غالب Dominant species	باغی Horticultural: غنای گونه ای Species richness	دامی Livestock: جمعیت Population	دامی Livestock: غنای گونه ای دامی Species richness	دامی Livestock: گونه غالب Dominant species
بافت Baft	46244	گندم Wheat	14	13103	گردو Juglans	24	749250	4	بز Goat
بردسیر Bardsir	31094	یونجه Alfalfa	19	14424	گردو Juglans	20	370050	4	گوسفند Sheep
بم Bam	23175	یونجه Alfalfa	14	25152	خرما Date	27	646600	4	بز Goat
جیرفت Jiroft	15830۷	گندم Wheat	20	91205	پرتقال Orange	34	1806570	4	بز Goat
راور Ravar	1786	گندم Wheat	11	15461	پسته Pistachio	16	83300	4	بز Goat
رفسنجان Rafsanjan	140	گندم Wheat	8	86058	پسته Pistachio	18	196790	4	گوسفند Sheep
زرند Zarand	1107	گندم Wheat	11	43502	پسته Pistachio	21	210150	4	گوسفند Sheep
سیرجان Sirjan	9582	گندم Wheat	18	63110	پسته Pistachio	26	307005	4	گوسفند Sheep
شهر بابک Shahre Babak	4532	یونجه Alfalfa	10	21928	پسته Pistachio	22	610000	4	گوسفند Sheep
کرمان Kerman	142020	یونجه Alfalfa	22	57573	پسته Pistachio	31	163665	4	گوسفند Sheep

غنای گونه‌ای

از نظر فراوانی گونـه‌ای در محصـولات زراعـی، شهرسـتان‌هـای کرمان و جیرفـت بـه ترتیـب بـا ۲۲ و ۲۰ گونـه گیـاهی بیشـترین و شهرستان رفسنجان با ۸ گونه گیاهی کمتـرین غنـای گونـه‌ای را دارا بودند (جدول ۱). این نشان می‌دهد کشاورزان این منـاطق تمایـل بـه کشت گونه‌های بیشتری از محصولات زراعـی دارنـد. در محصـولات باغی نیز دو شهرستان جیرفت (۳۴ گونه) و کرمـان (۳۱ گونـه) دارای بیشترین غنای گونه‌ای و شهرستان راور و رفسـنجان دارای کمتـرین تعداد گونـه بودنـد (جـدول ۱). نکتـه قابـل توجـه اینکـه شهرسـتان رفسنجان با اینکه از لحاظ محصولات باغی از سطح زیر کشت قابـل توجهی برخوردار بود، ولی غنای گونه‌ای آن پـایین بـود. بررسـی‌هـا و مشاهدات نشان داد که بیش از ۹۵ درصد سطح زیر کشت محصولات باغی این شهرستان (سازمان جهاد کشاورزی کرمان) مربوط به پسـته می‌باشد. غنای گونه‌ای بـرای محصـولات دامـی در شهرسـتان‌هـای مختلف استان یکسان بود (جدول ۱). بطوری‌که گونه‌های گوسفند، بز، گاو و شتر در همه شهرستان‌های استان کرمان مشاهده شد.

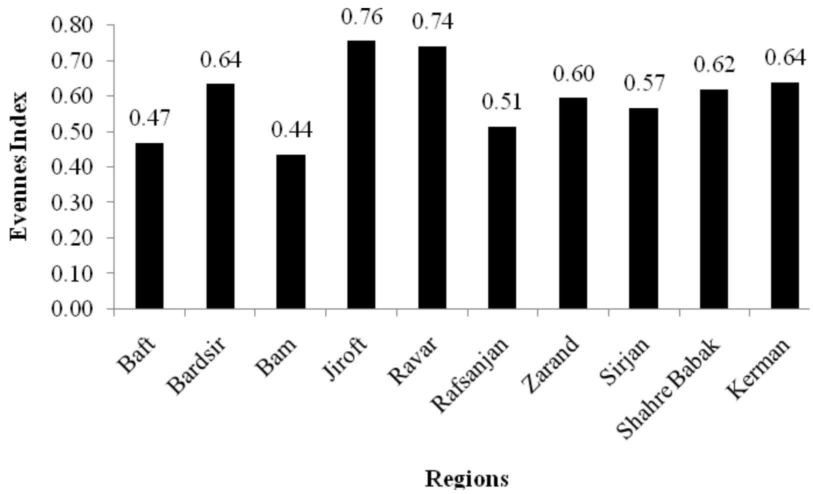
تنوع و یکنواختی محصولات زراعی

همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، شهرستان جیرفـت با شاخص تنوع شانون ۲/۲۷ بیشترین و شهرستان‌های رفسنجان و بم با شاخص تنوع به ترتیب ۱/۰۷ و ۱/۱۵ کمترین میزان تنوع را در بین شهرستان‌های مختلـف اسـتان کرمـان دارا بودنـد. بعـد از شهرسـتان جیرفت، سه شهرستان کرمان، بردسیر و راور با دارا بودن تنوع شـانون به ترتیب ۱/۹۸، ۱/۸۷ و ۱/۷۸ در رتبه‌های بعدی از نظر تنوع زیسـتی محصولات زراعی قرار داشتند. رابطه بین پایداری بوم‌نظام‌های زراعی و تنوع آنها توسط بسیاری از محققان مورد تأکیـد قـرار گرفتـه اسـت (Bure & Baurdy, 1995; Baurdry, 1999). شهرسـتان‌هـای جیرفت، راور، کرمان و بردسیر از لحاظ شاخص یکنواختی گونه‌ای بـه ترتیب از میزان بیشتری نسبت به دیگر شهرستان‌ها برخوردار بودنـد و شهرستان بم با کمترین (۰/۴۴) میـزان یکنـواختی گونـه‌ای را دارا بـود (شکل ۲).



شکل ۱- شاخص تنوع شانون محصولات زراعی در مناطق مختلف کرمان

Fig. 1- Shannon index of agronomical production in different regions of Kerman



شکل ۲- شاخص یکنواختی محصولات زراعی در مناطق مختلف کرمان
Fig. 2- Evenness index of agronomical production in different regions of Kerman

همانطور که از نتایج ذکر شده نیز قابل استنتاج می‌باشد، شهرستان‌هایی که از میزان یکنواختی گونه‌ای بالاتری نسبت به دیگر شهرستان‌ها برخوردار بودند، میزان تنوع گونه‌ای بالاتری را نیز شامل شدند. این موضوع در جدول ۲ بصورت کمی نشان داده شده است. بطوریکه، از بین سه عامل غنای گونه‌ای، سطح زیر کشت و یکنواختی گونه‌ای در محصولات زراعی، متغیر یکنواختی گونه‌ای با دارا بودن ضریب تبیین ۰/۸۱ بیشترین همبستگی را با میزان تنوع زیستی شانون نشان داد. نتایج نشان داد که هر واحد افزایش در میزان یکنواختی گونه‌ای منجر به افزایش ۳/۱۵ واحد در میزان تنوع شانون گیاهان زراعی شد (جدول ۲). از طرفی، میزان همبستگی تنوع گیاهان زراعی با غنای گونه‌ای (با ضریب تبیین ۰/۵۶) بیشتر از همبستگی آن با سطح زیر کشت محصولات زراعی (با ضریب تبیین ۰/۳۳) بود. به عنوان مثال شهرستان بافت از نظر سطح زیر کشت گیاهان زراعی در استان کرمان در رتبه سوم قرار داشت (جدول ۱)، ولی از لحاظ میزان تنوع زیستی شانون (۱/۲۴) بسیار ضعیف بود. با توجه به اینکه از نظر غنای گونه‌ای نسبت به دیگر شهرستان‌ها از وضعیت مناسبی برخوردار است (جدول ۱)، بنظر می‌رسد پایین بودن میزان یکنواختی گونه‌ای (شکل ۲) منجر به کاهش تنوع زیستی محصولات زراعی این شهرستان شده است. این می‌تواند نشان‌دهنده این مطلب باشد که مطمئناً در بین محصولات زراعی این شهرستان یک یا تعداد اندکی گونه از غالبیت بالایی برخوردار می‌باشد. نتایج مذکور خود به خوبی اهمیت بیشتر یکنواختی گونه‌ای را در میزان تنوع زیستی نسبت به سطح زیر کشت یا تعداد محصولات زراعی نشان می‌دهد. در یک بوم‌نظام تنوع گونه‌ای تنها بوسیله تعداد گونه‌ها تعیین نمی‌شود، بلکه یکنواختی پراکندگی گونه‌ها در بوم‌نظام نیز عامل مهمی‌در تعیین تنوع زیستی به حساب می‌آید (Gosselin, 2006). در بررسی کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2011) نیز اثبات شد که بین تنوع شانون و یکنواختی گونه‌ای همبستگی مثبت و معنی‌داری ($p \leq 0.05$) وجود داشت.این محققان تأکید نمودند که هرچه یکنواختی گونه‌ای بیشتر باشد، نشان‌دهنده این است که سطح زیر کشت گونه‌های گیاهی در هر استان یکنواخت‌تر بوده و غالبیت یک یا چند گونه کاهش یافته و در نهایت، تنوع شانون بهبود می‌یابد. بنابراین، برای پایداری کشاورزی منطقه و کاهش ریسک نابودی گونه‌های مختلف محصولات زراعی باید کشاورزان از طرفی به سمت کشت و کار تعداد گونه‌های بیشتر گیاهی و همچنین وارد کردن گونه‌های جدید یا فراموش شده سازگار با منطقه و از طرف دیگر، کاهش غالبیت کشت و کار گونه‌های خاص حرکت نمایند.

به طور کلی، در شهرستان‌های با یکنواختی مشابه، شهرستانی که دارای غنای گونه‌ای بیشتری بود، شاخص تنوع بالاتری را نشان داد و در شهرستان‌های با غنای گونه‌ای مشابه، شهرستانی که دارای یکنواختی بیشتری بود، ازتنوع بیشتری برخوردار بود. به عنوان مثال، میزان یکنواختی گونه‌ای محصولات زراعی در دو شهرستان کرمان و بردسیر برابر با ۰/۶۴ بود، ولی به دلیل غنای گونه‌ای بیشتر شهرستان کرمان (۲۲ گونه) نسبت به بردسیر (۱۹ گونه)، میزان تنوع شانون در

شهرستان کرمان بیشتر از شهرستان بردسیر بود. از طرف دیگر، میزان غنای گونه‌ای برای دو شهرستان راور و زرند مشابه (۱۱ گونه) بود، ولی به دلیل شاخص یکنواختی بیشتر شهرستان راور نسبت به زرند، میزان شاخص تنوع شانون در محصولات زراعی برای شهرستان راور حدود ۲۴ درصد بیشتر از زرند بود. ساختار تنوع در بوم‌نظام‌های زراعی کشور نیز بر نظام زراعی غالب استوار است، بدین معنی که الگوهای مکانی و زمانی تنوع (برای مثال، تنوع محصولات زراعی و تناوب‌های رایج) نیز از سیستم غالب طبیعت می‌کند (Koocheki et al., 2004c).

تنوع و یکنواختی محصولات باغی

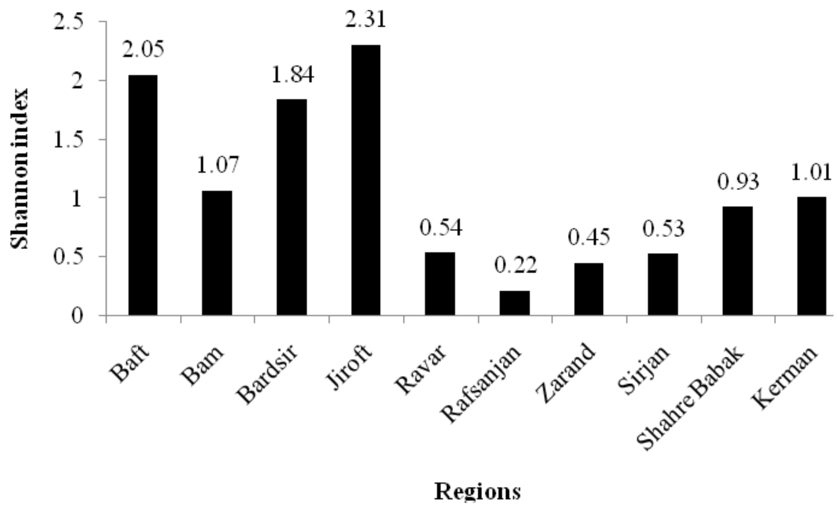
نتایج نشان داد که شهرستان‌های جیرفت و بافت به ترتیب با ۲/۳۱ و ۲/۰۵ بیشترین تنوع شانون گیاهان باغی را به خود اختصاص دادند و شهرستان رفسنجان نیز کمترین (۰/۲۲) تنوع باغی را دارا بود (شکل ۳). بعد از شهرستان رفسنجان، میزان این شاخص در شهرستان‌های زرند، راور و رفسنجان نیز ناچیز بود (شکل ۳). بررسی میزان یکنواختی گونه‌ای در محصولات باغی نیز نشان داد که شهرستان‌های جیرفت، بافت و بردسیر دارای یکنواختی بالای ۰/۶۰ و شهرستان‌های رفسنجان، زرند، سیرجان و راور نیز از شاخص یکنواختی کمتر از ۰/۲۰ برخوردار بودند (شکل ۴). به طور کلی، دو شهرستان جیرفت و رفسنجان به ترتیب بیشترین (۰/۶۶) و کمترین (۰/۰۸) یکنواختی گونه‌ای محصولات باغی را دارا بودند (شکل ۴).کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2011) با بررسی تنوع محصولات باغی در کشور نشان دادند که میزان شاخص تنوع شانون در استان‌های مختلف کشور بین ۰/۷ تا ۲/۷۳ متفاوت بود و دو استان فارس و کرمان به ترتیب با ۲/۷۳ و ۲/۷۱ بیشترین میزان این شاخص را در بین استان‌های مختلف کشور شامل شدند و استان‌های بوشهر و خوزستان به ترتیب با ۰/۷۰ و ۱/۱۸ کمترین میزان تنوع باغی را به خود اختصاص دادند. ایشان اظهار داشتند که استان‌های بوشهر و خوزستان تنها دارای اقلیم گرم و معتدل جنوبی بوده که خود شرایط کشت و کار گیاهان خاصی را در این دو استان باعث شده و غنای گونه‌ای محصولات کشاورزی را کاهش داده است.

میزان همبستگی تنوع باغی شانون با غنای گونه‌ای، سطح زیر کشت محصولات باغی و یکنواختی گونه‌های باغی در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که تنوع شانون از همبستگی بسیار بالایی در سطح احتمال یک درصد با شاخص یکنواختی گونه‌ای برخوردار بود. بطوری‌که ضریب تبیین ۰/۹۸ بین این دو شاخص برقرار بوده و افزایش هر واحد یکنواختی گونه‌های باغی، میزان تنوع باغی را حدود ۳/۳ واحد افزایش داد. همبستگی تنوع باغی با غنای گونه‌ای نیز مثبت و معنی‌دار ($p\leq0/01$) بود و افزایش غنای گونه‌ای، تنوع شانون محصولات باغی را با شیب ۰/۰۷ افزایش داد (جدول ۲). نکته قابل توجه اینکه، رابطه بین سطح زیر کشت محصولات باغی با تنوع شانون علاوه بر دارا بودن ضریب تبیین پایین (۰/۱۳) منفی نیز بود (جدول ۲). به عبارتی، با افزایش سطح زیر کشت محصولات باغی، تنوع این محصولات کاهش یافت. این موضوع خود بخوبی نشان می‌دهد که سطح زیر کشت محصولات باغی اهمیت بسیار کمتری از تعداد گونه‌ها و بویژه چگونگی توزیع سطح زیر کشت در بین گونه‌های مختلف دارد. محققان (Ejtehadi et al., 2008) نیز اهمیت یکنواختی گونه‌ای را در میزان تنوع بیشتر از غنای گونه‌ای دانسته‌اند و آنرا بیان‌گر تعادل در فراوانی گونه‌ها نامیده اند.

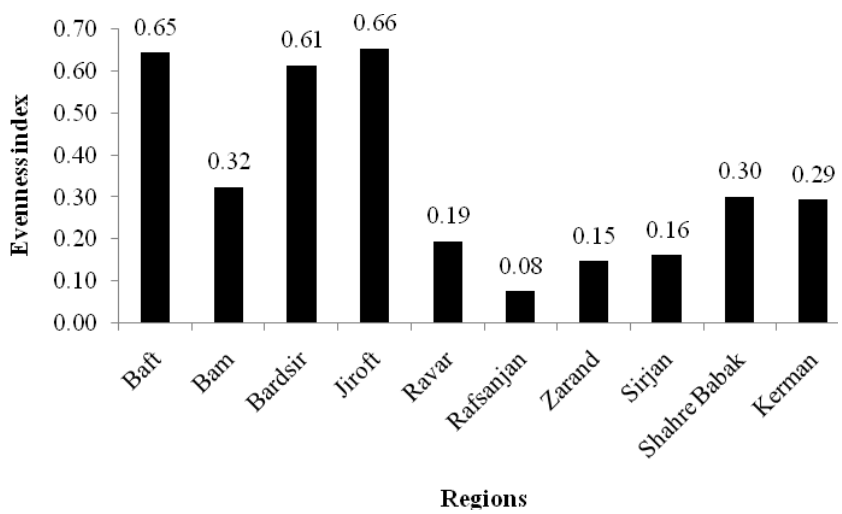
جدول ۲- رابطه شاخص تنوع گونه‌ای با غنای گونه‌ای، سطح زیر کشت و یکنواختی گونه‌ای محصولات زراعی و باغی

Table 2- Relationship of biodiversity index with species richness, planting area and species evenness in agronomical and horticultural production

شاخص Parameter	زراعی Agronomical: غنای گونه ای Species richness	زراعی Agronomical: سطح زیر کشت Planting area	زراعی Agronomical: یکنواختی گونه‌ای Species evenness	باغی Horticultural: غنای گونه ای Species richness	باغی Horticultural: سطح زیر کشت Planting area	باغی Horticultural: یکنواختی گونه‌ای Species evenness
میزان همبستگی Correlation rate	0.56**	0.33*	0.81**	0.26**	0.13ns	0.98**
شیب همبستگی Correlation slope	0.06	0.00005	3.15	0.07	-0.00003	3.31



شکل ۳- شاخص تنوع شانون محصولات باغی در مناطق مختلف کرمان
Fig. 3- Shannon index of horticultural production in different regions of Kerman



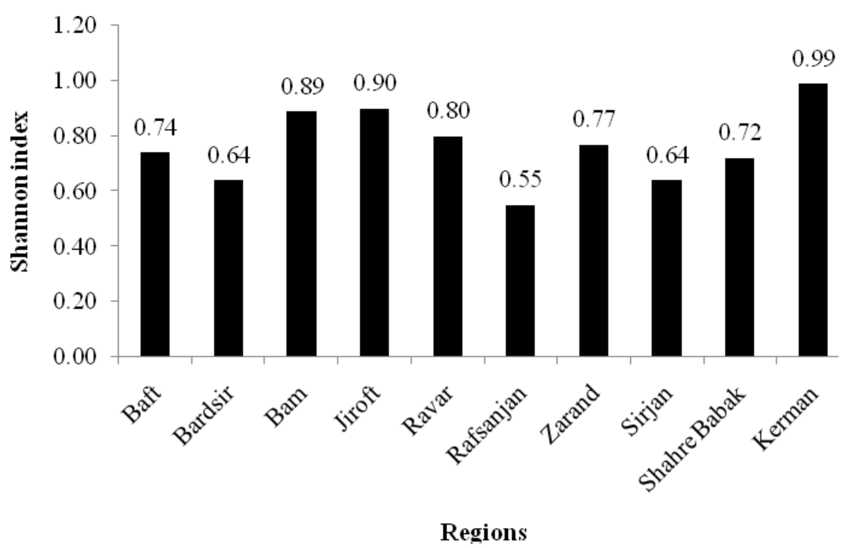
شکل ٤- شاخص یکنواختی محصولات باغی در مناطق مختلف کرمان
Fig. 4- Evenness index of horticultural production in different regions of Kerman

سیمپسون (Simpson, 1949) عقیده دارد که افزایش یکنـواختی منجر به کاهش غالبیت شده و در جامعه‌ای که از یکنـواختی گونـه‌ای بیشتری برخوردار باشد، زمانی که یک نمونه بصورت تصادفی انتخاب می‌شود، شانس تمام گونه‌ها برای انتخـاب شـدن یکسـان مـی‌باشـد. همانطور که در جدول ۱ نیز قابل مشاهده است، شهرستان رفسـنجان از نظـر سـطح زیـر کشـت محصـولات بـاغی در رتبـه دوم در بـین شهرستان‌های استان کرمان قرار داشت، ولی بـا ایـن وجـود کمتـرین تنوع شانون را در بین شهرستان‌های مختلف استان دارا بود (شکل ۳). بررسی‌ها نشان داد که پسـته بـیش از ۹۵ درصـد سـطح زیـر کشـت محصولات باغی این شهرستان را شامل مـی‌شـود. در بررسـی تنـوع واریته‌های زراعی ایران، مشخص شد که بـه علـت غالبیـت بـرنج در استان گیلان، میزان تنوع شانون در گـروه غـلات بـرای ایـن اسـتان بسیار پایین بـود (Koocheki et al., 2004c). از طرفـی، شهرسـتان بافت با اینکه کمترین سطح زیر کشت گیاهان باغی را دارا بـود، ولـی

بدلیل شاخص یکنواختی بالا و به عبارتی توزیع یکنواخت سطح زیر کشت در بین محصولات باغی مختلف این شهرستان، از شاخص تنوع شانون بالایی برخودار بود. گسترش نظام‌های تک‌کشتی و گرایش به استفاده از واریته‌های پرمحصول با حداقل تنوع ژنتیکی،کارکرد مطلوب و درنتیجه پایداری درازمدت بوم‌نظام‌های کشاورزی رایج را به مخاطره انداخته است. بنابراین، بنظر می‌رسد برای نیل به کشاورزی پایدار در منطقه کشت و کار گونه‌های باغی مختلف و همچنین استفاده از نظام‌های کشت مخلوط و جنگل زراعی می‌تواند مفید واقع گردد. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2013) نیز با بررسی تنوع سبزیجات در کشور گزارش نمودند که یکنواختی گونه‌ای نقش مهمی در میزان تنوع شانون دارد و بیان نمودند که استان‌های اصفهان و مازندران غنای گونه‌ای مشابهی را دارا بودند و استان مازندران به دلیل اینکه یکنواختی سطح زیر کشت کل گونه‌های سبزی آن بیشتر بود از شاخص تنوع شانون بالاتری برخوردار بود.

تنوع دامی

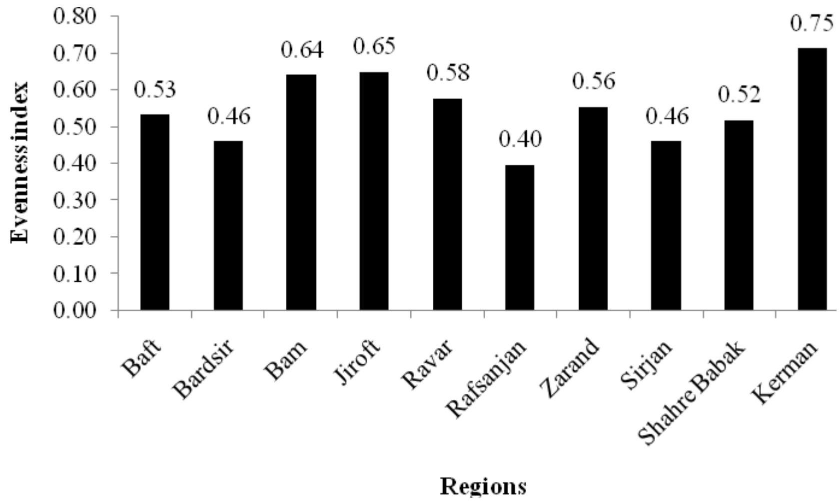
بررسی تنوع دامی در استان کرمان نشان داد که به طور کلی، شاخص تنوع دامی شانون در کلیه استان‌ها پایین و کمتر از یک بود[1] (شکل ۵). از آنجاکه در این تحقیق فراوانی و تنوع گونه‌های دامی که گوشت یا شیر آنها استفاده می‌شود، مورد بررسی قرار گرفت. بنظر می‌رسد، پایین بودن تنوع دامی در استان کرمان، می‌تواند بدلیل محدود بودن تعداد گونه‌های دامی مورد بررسی در استان باشد، بطوریکه، همانطور که قبلاً نیز ذکر شد در کلیه شهرستان‌ها چهار گونه گاو، گوسفند، بز و شتر وجود داشت. در بین شهرستان‌های مختلف این استان، شهرستان‌های کرمان، جیرفت و بم بیشترین و شهرستان‌های رفسنجان، بردسیر و سیرجان به ترتیب کمترین شاخص تنوع دامی را دارا بودند (شکل ۵). این موضوع می‌تواند به دلیل یکنواختی بیشتر پراکندگی گونه‌های مختلف دامی در این شهرستان‌ها نسبت به دیگر مناطق استان کرمان باشد. بطوریکه، بررسی یکنواختی گونه‌ای در محصولات دامی نیز نشان داد که شهرستان‌های کرمان، جیرفت و بم به ترتیب با ۰/۷۵، ۰/۶۶ و ۰/۶۴ بیشترین و شهرستان رفسنجان کمترین (۰/۴۲) میزان این شاخص را دارا بودند (شکل ۶). این موضوع نشان‌دهنده این مطلب می‌باشد که در شهرستان‌های کرمان و جیرفت نسبت به دیگر شهرستان‌های استان کرمان، جمعیت دامی به طور یکنواخت‌تری بین گونه‌های مختلف دامی این شهرستان‌ها توزیع شده است.



شکل ۵- شاخص تنوع شانون محصولات دامی در مناطق مختلف کرمان

Fig. 5- Shannon index of livestock production in different regions of Kerman

1-Agro-silvo-pastoral



شکل ٦- شاخص یکنواختی محصولات دامی در مناطق مختلف کرمان

Fig. 6- Evenness index of livestock production in different regions of Kerman

سولک و فرانزلوبرز (Sulc & Franzluebbers, 2013) با بررسی تنوع دامی و زراعی در مناطق مختلف آمریکا گزارش کردند که تنـوع دامی و زراعی به شدت وابسته به هم بوده و بـرای حفـظ گونـه‌هـای دامی مختلف، باید تنوع محصـولات زراعـی و بـاغی در حـد مطلـوب باشد. به خوبی روشن اسـت در ایـن شـرایط، اگـر بیمـاری یـا عامـل محیطی در منطقه فراگیر شود، بدلیل یکنواختی و عدم تنوع در دام‌ها، این عوامل می‌تواند همه جمعیت را تهدید به نابودی نماید. برای رفـع این خطر استفاده از واریته‌های مختلف دامی در هـر منطقـه اجتنـاب-ناپذیر بنظر می‌رسد. از طرف دیگر، استفاده از نظام‌های دام-جنگـل-زراعی[1] می‌تواند در بهبود تنوع کشاورزی منطقه و در نتیجـه حصـول پایداری نظام‌های کشاورزی مؤثر واقع گردد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که گونه‌های گندم و یونجه در محصولات زراعی، پسته، گردو، خرما و پرتقال در گروه محصولات باغی و گوسـفند و بـز در بین گونه‌های دامی بیشـترین غالبیـت را در بـین شهرسـتان‌هـای مختلف استان کرمان دارا بودند. هم در محصولات زراعی و هم باغی، شهرستان‌های کرمان و جیرفـت بیشـترین غنـای گونـه‌ای را شـامل شدند. همچنین، کمترین غنای گونه‌ای در محصولات زراعی و بـاغی به ترتیب مربوط به شهرستان رفسـنجان و راور بـود. بـه طـور کلـی، غنای گونه‌ای محصـولات بـاغی بیشـتر از محصـولات زراعـی بـود. بیشـــترین تنـــوع و یکنـــواختی گونـــه‌ای محصـــولات زراعـــی در شهرستان‌های جیرفت و کرمان مشاهده شد. کمترین تنوع زراعی نیـز مربوط به شهرستان‌های رفسنجان و بم بود. شهرستان‌های جیرفت و رفسنجان به ترتیب بیشترین و کمترین تنوع و یکنواختی محصـولات باغی را دارا بودنـد. در مجمـوع پراکنـدگی شـاخص تنـوع شـانون در محصولات باغی (۰/۵۳±) بیشتر از محصولات زراعی (۰/۱۵±) بـود. نتایج بررسی رگرسیونی نشان داد که از پارامترهـای غنـای گونـه‌ای، سطح زیر کشت و یکنواختی گونه‌ای، تنوع زراعـی و بـاغی بیشـترین همبستگی را با یکنواختی گونه‌ای نشان دادند. میـزان شـاخص تنـوع دامی کمتر از تنوع زراعی و باغی بـود و شهرسـتان کرمـان بیشـترین میزان تنوع و یکنواختی محصولات دامـی را در بـین شهرسـتان‌هـای مختلف استان کرمان را بخود اختصاص داد. به طور کلی، نتایج نشـان داد که در اکثر مناطق کرمان میزان تنوع کشاورزی پـایین مـی‌باشـد. بنابراین، برای بهبود تنوع کشاورزی در این استان مـی‌تـوان از روش-هایی چون کشت و کار واریته‌های مختلف محصولات زراعی و بـاغی و همچنین وجود نژادهای مختلف دامی، کاربرد تناوب زراعی، کشـت مخلوط، جنگل زراعی، دام-جنگل-زراعی و ... استفاده نمود و پایداری کشاورزی در منطقه را بهبود بخشید، چراکـه تنهـا در صـورت وجـود تنوع زیاد است که اثرات متقابل مفید بروز خواهند کرد.

منابع

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

Anonymous. 2014. wikipedia.org/wiki/Kerman_Province. (Accessed March 2014).

Bajwa, M.A. 1995. Wheat research and production in Pakistan. In: Villarel, L. (Ed.) Wheat's for More Tropical Environments. Proceedings of the International Symposium CIMMYT Mexico. 68 -72.

Baurdry, J. 1999. Interaction between agriculture and ecological systems at landscape level. Agriculture, Ecosystems and Environment 27: 119-130.

Bure, F., and Baurdy, J. 1995. Species biodiversity in changing agricultural landscapes: A case study in the Pays d' auge, France. Agriculture, Ecosystems and Environment 55: 193-200.

Demissie, A., and Bjarnstad, A. 1996. Phenotype diversity of Ethiopian barley in relation to geographical regions, altitudinal range, and agro-ecological zones: as an aid to germplasm collection and conservation strategy. Hereditas 124: 17-29.

Ejtehadi, H., Sepehry, A., and Akkafi, H.R. 2008. Methods of measuring biodiversity. Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad, Iran. 238 pp.(In Persian)

Engels, J.M.M., and Wood, D. 1999. Conservation of agrobiodiversity. In: Wood, D., and Lenne, J. Agrobiodiversity: Characterization, Utilization and Management. CAB International, Wallingford 355-385.

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

Hall, S.J.G. 2004. Livestock Biodiversity, Genetic resources for the farming of the future. Blackwell Publishing Company. Oxford OX4 2DQ, UK.

Hilton-Taylor, C. 2000. 2000 IUCN Red List of Threatened Species, IUCN, Gland, Switzerland.

Hooper, D. U., and Vitousek, P.M. 1998. Effect of plant composition and diversity on nutrient cycling. Ecological Monographs 68: 121–149.

Kerman Ministry of Agriculture. 2014. http://agrijahad.kr.ir/index.php?lang=en. (Accessed March 2014). (In Persian)

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

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

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

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

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Zare Feiz Abadi, A., and Jahanbin, G. 2004d. Diversity of cropping systems in Iran. Pajouhesh and Sazandegi 63: 70-83. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Hassanzade, F., Mansoori, H., Amiri, S.R., Zarghani, H., and Karimian, M. 2013. Assessing vegetable biodiversity in Iranian Agro-ecosystems. Applied Ecology 2: 1-11. (In Persian)

Ladha, J.K., Dawe, D., Pathak, H., Padre, A.T., Yadav, R.L., Singh, B., Singh, Y., Regmi, Gami, S.K., Bhandari, A.L., Gupta, R.K., and Hobbs, P.R. 2003. How extensive are yield declines in long-term rice–wheat experiments in Asia?. Field Crops Research 81: 159-180.

Naeem, S., and Li, S. 1995. Biodiversity enhances ecosystem reliability. Nature 390: 505-509.

Nielsen, A. 2013. The importance of biodiversity in livestock production.http://www.countrysidemag.com/91-4/andrew_nielsen/

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

Rajendra P. S., Schmidt, D., and Gnanavelrajah, N. 2010. Relating plant diversity to biomass and soil erosion in a cultivated landscape of the eastern seaboard region of Thailand. Applied Geography 6:1–12.

Sarris, A.H. 2000. World cereal price instability and a market based instrument for LDC food import risk management. Food Policy 25: 189–209.

Shannon, C.E., and Weaver, W. 1949. The mathematical theory of communication. University of Illinois, Urbana.

Simpson, E. H. 1949. Measuring of diversity. Nature 163: 688.

Stohlgren, T.J., Chong, G.W., Kalkhan, M.A., and Schell, L.D. 1997. Multiscale sampling of Plant Diversity: Effects of the minimum mapping unit. Ecological Applications 7: 1064-1074.

Sulc, S.M., and Franzluebbers, A.J. 2013. Exploring integrated crop–livestock systems in different ecoregions of the United States. European Journal of Agronomy57: 21– 30.

Thrupp, L.A. 1998. Cultivating Diversity, Agrobiodiversity and food security. World Resource institute, Washington D.C. 38 pp.

Contents