نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۳۴۳-۳۳۱

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 3, Fall 2015, p. 331-343

ارزیابی اثر کود دامی و همزیستی میکوریزایی بر عملکرد کمی و روغن ارقام گلرنگ بهاره (*Carthamus tinctorius* L.)

پرویز رضوانی مقدم[1*]، علی نوروزیان[2] و سید محمد سیدی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۲/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۵/۲۶

چکیده

به منظور بررسی عملکرد کمی و میزان روغن ارقام گلرنگ بهاره (*Carthamus tinctorius* L.) در واکنش به مصرف کود دامی و تلقیح میکوریزایی، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۱۳۸۹ به اجرا در آمد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۱۶ تیمار انجام شد. تیمارهای آزمایش بر اساس ترکیبی از چهار رقم گلرنگ بهاره (داراب، اصفهان، اراک و IL-111)، دو سطح کود دامی (عدم اعمال و اعمال ۲۵ تن کود دامی در هکتار) و دو سطح میکوریزا (عدم تلقیح و تلقیح با قارچ *Glomus mosseae*) تعیین شدند. بر اساس نتایج به دست آمده اعمال کود دامی نقش معنی‌داری در افزایش عملکرد دانه ارقام گلرنگ داشت. به طوری‌که در نتیجه اعمال کود دامی عملکرد دانه در این ارقام تا بیش از دو برابر افزایش یافت. همچنین نتایج آزمایش حاکی از نقش مؤثر تلقیح میکوریزایی در افزایش معنی‌دار عملکرد گلبرگ و عملکرد دانه ارقام گلرنگ بود. در بین ارقام ذکر شده، رقم داراب دارای بیشترین عملکرد دانه در واحد سطح (۱۳۲۷/۷ کیلوگرم در هکتار) بود. به طور کلی، در شرایط اجرای این آزمایش، ارقام داراب و IL-111 در مقایسه با ارقام اصفهان و اراک به طور معنی‌داری از عملکرد دانه و نیز روغن بالاتری در واحد سطح برخوردار بودند.

واژه‌های کلیدی: شاخص برداشت، عملکرد روغن، کود آلی، کود زیستی

مقدمه

گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) متعلق به خانواده آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)، از جمله گیاهان بومی ایران می‌باشد که در اکثر کشورهای جهان و نیز در ایران به عنوان گیاهی روغنی مورد کشت و کار قرار می‌گیرد (Omidi et al., 2010). روغن این گیاه به دلیل دارا بودن کیفیت بالا به عنوان یکی از مرغوب‌ترین انواع روغن‌ها شناخته شده است (Omidi et al., 2010; Azimzadeh, 2010). با توجه به تحمل نسبی گلرنگ به تنش‌های خشکی و شوری (Dordas & Sioulas, 2008) و نیز به دلیل سازگاری ارقام این گیاه به شرایط اقلیمی مختلف در کشور (Behdani & Jami-Al-Ahmadi, 2009; Omidi et al., 2010)، برنامه‌ریزی پیرامون مدیریت صحیح عملیات به‌زراعی و نیز به‌نژادی در ارتباط با افزایش عملکرد ارقام این گیاه می‌تواند به طور ویژه مورد توجه باشد.

با توجه به نگرانی‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی جهت تأمین عناصر غذایی و نیز به دلیل افزایش هزینه‌های تحمیلی ناشی از کاربرد این نهاده‌ها، تأمین و فراهمی عناصر غذایی از منابع آلی و زیستی می‌تواند نقش مهمی در بهبود عملکرد پایدار گیاهان زراعی داشته باشد (Guarda et al., 2004; Kizilkaya, 2008). کودهای حیوانی نقش مؤثری در باز چرخش عناصر غذایی و مواد آلی در اکوسیستم‌های زراعی داشته و می‌توانند علاوه بر افزایش تولید، منجر به بهبود پایداری این اکوسیستم‌ها شوند (Mando et al., 2005). در این راستا گزارش شده است که در مقایسه با کودهای شیمیایی، میزان عناصر غذایی موجود در کودهای دامی در طول زمان

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

می‌تواند بیشتر برای گیاه قابل جذب باشد (Hallajnia et al., 2007). از سویی به دلیل کمبود مواد آلی در مناطق خشک و نیمه-خشک و با در نظر گرفتن نقش ویژه این مواد در بهبود کارکرد اکوسیستم‌های زراعی، اعمال کودهای آلی در این مناطق بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است (Shirani et al., 2011). مشابه کودهای آلی، استفاده از ارتباطات میکوریزایی به عنوان کود زیستی نیز از جمله راهکارهای مؤثر در کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی به شمار می‌رود. ارتباطات همزیستی بین ریشه گیاهان زراعی با قارچ‌های میکوریزا می‌تواند با افزایش میزان جذب عناصری مانند فسفر توسط سیستم ریشه این گیاهان، در نهایت منجر به بهبود عملکرد گیاهان زراعی شود (Turk et al., 2006). در این ارتباط مصطفویان و همکاران (Mostafavian et al., 2008) به نقش مؤثر تلقیح میکوریزا در افزایش عملکرد دانه در سویا (*Glycine max* L.) اشاره کردند. علاوه بر این قارچ‌های میکوریزا می‌توانند ضمن بهبود ساختار فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، در جهت افزایش جذب عناصر غذایی و نیز کاهش سمیت برخی عناصر سنگین نقش مثبتی را ایفا کنند (Cardoso & Kuyper, 2006; Alizadeh Oskouei et al., 2009). نتایج حاجی بلندی و همکاران (Hajibolandi et al., 2007) نیز نشان داد که در گیاهان زراعی دچار کمبود فسفر، تلقیح میکوریزایی با کاهش pH خاک ناحیه ریزوسفر، منجر به افزایش جذب عناصری مانند فسفر و روی توسط این گیاهان شد.

مدیریت صحیح کودهای آلی و زیستی از مهم‌ترین عوامل در بهبود عملکرد گیاهان روغنی مانند گلرنگ می‌باشد. در این ارتباط کاتر و همکاران (Kawthar et al., 2010) ضمن مشاهده افزایش عملکرد روغن گلرنگ در نتیجه اعمال کود دامی گزارش کردند که کاربرد این کود با افزایش نسبت اسیدهای چرب غیراشباع به اشباع، منجر به بهبود عملکرد کیفی روغن این گیاه شد. صباحی و همکاران (Sabahi et al., 2010) نیز اظهار داشتند که در خاک‌های مناطق نیمه‌خشک و شور، اعمال کود دامی با افزایش جذب فسفر و پتاسیم منجر به افزایش عملکرد دانه در کلزا (*Brassica napus* L.) گردید. شیرانی‌راد و نورعلی‌زاده (Shiranirad & Nouralizadeh, 2000) گزارش کردند که تلقیح سیستم ریشه سویا با میکوریزا نقش مؤثری در بهبود جذب فسفر و پتاسیم در این گیاه داشت. بر این اساس، این تحقیق با هدف بررسی عملکرد، اجزای عملکرد و نیز عملکرد روغن ارقام بهاره گلرنگ در واکنش به اعمال کودهای دامی و نیز تلقیح میکوریزایی صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۱۶ تیمار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد (طول جغرافیایی ۲۸َ ۵۹ْ شرقی و عرض جغرافیایی ۱۵َ ۳۶ْ شمالی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا) در سال زراعی ۸۹–۱۳۸۸ اجرا شد. تیمارهای آزمایش بر اساس ترکیبی از چهار رقم گلرنگ بهاره (داراب، اصفهان، اراک و IL-111)، دو سطح کود دامی (اعمال و عدم اعمال کود) و دو سطح میکوریزا (عدم تلقیح و تلقیح با قارچ *Glomus mosseae*) تعیین شدند.

زمین مورد نظر در سال قبل از اجرای آزمایش به صورت آیش بود. قبل از اجرای آزمایش، جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش نمونه-برداری تصادفی صورت گرفت که نتایج آنالیز آن در جدول ۱ ارائه شده است (جدول ۱).

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک مزرعه و کود دامی جهت انجام آزمایش

Table 1- Some of physical and chemical properties of field soil and manure used in experiment

نمونه Sample	بافت Texture	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	فسفر کل (درصد) Total P (%)	پتاسیم کل (درصد) Total K (%)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
خاک مزرعه Field soil	لومی– سیلتی Silty- loam	0.16	0.13	0.12	1.2	7.57
کود دامی Manure		0.89	1	1.2	-	-

مراحل آماده‌سازی زمین بر اساس عملیات دیسک‌زنی و تسطیح زمین توسط تراکتور در فروردین ماه انجام شد. جهت تلقیح بذرهای ارقام گلرنگ از میکوریزا گونه *Glomus mosseae* استفاده شد که همزمان با کاشت به صورت دو لایه تلقیح با خاک در بالا و پایین بذرها، به جهت اطمینان از ایجاد شرایط مناسب تلقیح، صورت پذیرفت. مصرف کود دامی در تیمارهای آزمایش بر اساس محتوی نیتروژن اولیه این کود و نیز نیتروژن اولیه خاک (جدول ۱) به میزان ۲۵ تن در هکتار و در یک مرحله (قبل از کاشت) انجام شد.

کاشت ارقام گلرنگ بهاره به صورت خشکه‌کاری و با دست در تاریخ ۲۵ فروردین ماه با تراکم کاشت ۵۰ بوته در مترمربع انجام شد. فواصل ردیف برای هر رقم ۵۰ سانتی‌متر، تعداد ردیف در هر کرت چهار عدد (دو ردیف کناری به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد و از دو ردیف میانی نمونه‌برداری انجام پذیرفت)، طول هر کرت سه متر و عرض آن دو متر، فاصله کرت‌ها از یکدیگر یک متر و فاصله بلوک‌ها از یکدیگر دو متر بود. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و سایر آبیاری‌ها هر هفت روز یک‌بار انجام شد. آخرین آبیاری نیز ۱۰ روز قبل از عملیات برداشت صورت گرفت. عملیات داشت شامل وجین علف‌های هرز در دو نوبت صورت پذیرفت. در طول دوره آزمایش از هیچ‌گونه علف‌کش، آفت‌کش و یا قارچ‌کش شیمیایی استفاده نشد.

همزمان با گل‌دهی کامل بوته‌ها در کرت‌های آزمایشی، کلیه کاپیتول‌ها در سطح یک مترمربع برداشت و عملکرد گلبرگ تعیین گردید. همچنین در انتهای فصل رشد و همزمان با زرد شدن برگ‌ها، پس از حذف دو ردیف کناری از سطحی معادل یک مترمربع عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد روغن اندازه‌گیری شد. قبل از برداشت، تعداد پنج بوته در هر کرت به طور تصادفی انتخاب و صفاتی از جمله، تعداد گل آذین در هر بوته، تعداد دانه در هر گل آذین، وزن دانه در هر گل آذین، وزن دانه در هر بوته و وزن هزار دانه تعیین شد.

تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS ver. 9.1 انجام گرفت. میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه آماری قرار گرفتند.

نتایج و بحث

یکی از اهداف مهم این تحقیق، مقایسه ارقام گلرنگ تحت تأثیر اعمال کود دامی و تلقیح میکوریزایی بود. از این‌رو اثرات ساده ارقام گلرنگ نیز در کنار اثرات متقابل منابع کودی ذکر شده مورد بررسی قرار گرفت.

بر اساس نتایج جدول ۲، وزن دانه در طبق، وزن دانه در بوته و وزن هزار دانه در رقم اراک به طور معنی‌دار ($p\leq۰/۰۱$) پایین‌تر از سایر ارقام مورد مطالعه (داراب، اصفهان و IL-111) بود. بر اساس جدول ۳، در بین ارقام ذکر شده، رقم اصفهان و داراب دارای بیشترین عملکرد گلبرگ در واحد سطح بودند (به ترتیب ۴۹۷/۷ و ۴۷۱/۲ کیلوگرم در هکتار). از سویی نتایج نشان داد که رقم داراب دارای بیشترین عملکرد دانه در واحد سطح بود (۱۳۲۷/۷ کیلوگرم در هکتار) (جدول ۳). به نظر می‌رسد که در رقم داراب درصد بیشتری از مواد فتوسنتزی به عملکرد زایشی اختصاص یافته باشد. در این راستا بالا بودن وزن دانه در طبق، وزن دانه در بوته و نیز شاخص برداشت در این رقم (معادل ۲۸/۱۲ درصد) در مقایسه با سایر ارقام (جدول ۳) می‌تواند توجیهی در ارتباط با بالا بودن درصد تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه باشد.

از سویی با وجود تفاوت معنی‌دار عملکرد دانه بین ارقام مورد مطالعه (داراب، اصفهان، اراک و IL-111)، بین این ارقام از نظر درصد و عملکرد روغن تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). بر اساس نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد در ارقام با عملکرد پایین دانه (رقم اراک) بالاتر بودن نسبی درصد روغن می‌تواند از طریق جبران عملکرد پایین دانه، منجر به بهبود عملکرد روغن شود (جدول ۳). بر این اساس با توجه به این‌که از مهم‌ترین اهداف زراعت گلرنگ، تولید روغن جهت مصارف خوراکی و صنعتی می‌باشد (Dordas & Sioulas, 2008)، در راستای اجرای برنامه‌های اصلاحی در ارتباط با گزینش بهترین ارقام از نظر تولید روغن، علاوه بر عملکرد قابل قبول دانه می‌بایست به بالا بودن درصد روغن در رقم مورد نظر نیز توجه نمود. در این ارتباط امیدی و همکاران (Omidi et al., 2010) نیز در بحث تعیین سازگاری لاین‌های جدید گلرنگ بهاره، اهمیت ویژه عملکرد بالای دانه و روغن در این ارقام را مورد تأکید قرار دادند.

به طور کلی، در شرایط اجرای این آزمایش (شرایط آب و هوایی نیمه‌خشک با میزان ماده آلی پایین خاک) به نظر می‌رسد که ارقام داراب و IL-111 از نظر شاخص تولید دانه و نیز روغن می‌توانند در مقایسه با ارقام اصفهان و اراک از عملکرد بالاتری در واحد سطح برخوردار باشند.

جدول ۲- تجزیه واریانس شاخص‌های اندازه‌گیری شده در ارقام گلرنگ بهاره تحت تأثیر کود دامی و تلقیح میکوریزایی

Table 2- Analysis of variance for characteristics of spring safflower cultivars in manure and mycorrhizae inoculation treatments

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد شاخه جانبی در بوته No. of branch per plant	تعداد دانه در طبق No. of seed per head	تعداد دانه در بوته No. of seed per plant	وزن دانه در طبق Seed weight per head	وزن دانه در بوته Seed weight per plant	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد گلبرگ Petal yield	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	درصد روغن Oil percentage	عملکرد روغن Oil yield
بلوک Block	2	4.5^{ns}	0.07^{ns}	325.6^{ns}	0.02^{ns}	43.8^{ns}	1.8^{ns}	4654.5^{ns}	5222.0^{ns}	2113872.8**	60.1^{ns}	46.6^{ns}	7319.4^{ns}
رقم (C) Cultivar (C)	3	2.0^{ns}	0.69^{ns}	85.6^{ns}	0.65**	5000.5**	40.9**	18818.8*	161696.4**	538125.7^{ns}	48.6**	28.2^{ns}	4742.5^{ns}
کود دامی (M) Manure (M)	1	88.8**	16.92**	12598.7**	49.90**	9659.1**	1025.8**	5280.9*	12470656.6**	93147820.6**	975.8**	0.1^{ns}	866294.2**
میکوریزا (My) Mycorrhizae (My)	1	219.7**	45.05**	28433.5**	59.90**	13499.5**	21.5**	151889.6**	14988211.8**	61555339.0**	747.0**	26.7^{ns}	1242746.6**
C × M	3	3.1^{ns}	1.82**	444.1*	0.36*	59.7^{ns}	21.5**	97956.8**	89165.7*	236110.5^{ns}	31.9**	6.2^{ns}	15322.2^{ns}
C × My	3	3.6^{ns}	0.87*	8.3^{ns}	0.27^{ns}	10.2^{ns}	63.1**	40740.2**	66117.9*	106476.5^{ns}	12.4^{ns}	30.9^{ns}	7367.9^{ns}
M × My	1	48.2**	9.10**	8436.3**	10.47**	5009.2**	321.9**	39251.2**	2621286.7**	7098446.9**	9.2^{ns}	0.2^{ns}	208560.3**
C × M × My	3	1.3^{ns}	2.37**	300.3*	0.67**	52.0^{ns}	32.2**	57582.4**	169519.0**	259828.81.8^{ns}	29.4*	27.4^{ns}	38541.9**
خطا Error	30	1.4	0.24	100.0	0.11	43.2	0.6	4212.8	26202.4	311520.3	6.6	13.5	5808.3
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	13.4	7.13	15.8	13.04	25.2	2.2	14.3	13.0	12.9	9.7	14.5	23.5

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

*, ** and ns: Are significant at the 0.05 and 0.01 levels of probability and no significant, respectively.

جدول ۳- بررسی عملکرد، اجزای عملکرد و عملکرد روغن در ارقام گلرنگ بهاره تحت تأثیر کود دامی و تلقیح با میکوریزا

Table 3- Study of yield, yield components and oil yield of spring safflower cultivars affected by manure and mycorrhizal inoculation

ارقام مورد مطالعه Experimental cultivars	تعداد شاخه جانبی در بوته No. of branch per plant	تعداد دانه در طبق No. of seed per head	تعداد دانه در بوته No. of seed per plant	وزن دانه در طبق (گرم) Seed weight per head (g)	وزن دانه در بوته (گرم) Seed weight per plant (g)	وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (g)	عملکرد گلبرگ (کیلوگرم در هکتار) Petal yield (kg.ha^{-1})	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	درصد روغن Oil percentage	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Oil yield (kg.ha^{-1})
دارابDarab	8.51^{a*}	7.20^{a}	64.56^{a}	2.66^{a}	26.96^{a}	36.15^{b}	471.23^{ab}	1327.68^{a}	4451.6^{a}	28.12^{a}	24.43^{a}	346.41^{a}
اصفهانIsfahan	8.72^{a}	6.99^{a}	64.96^{a}	2.54^{a}	26.06^{a}	33.97^{c}	497.70^{a}	1269.59^{ab}	4273.4^{a}	26.69^{a}	23.67^{a}	307.13^{a}
اراکArak	8.29^{a}	6.68^{a}	59.36^{a}	2.15^{b}	23.24^{b}	33.35^{c}	406.05^{c}	1074.23^{b}	4029.7^{a}	23.50^{b}	27.00^{a}	307.83^{a}
IL-111	9.24^{a}	6.77^{a}	64.54^{a}	2.61^{a}	26.03^{a}	37.29^{a}	439.89^{bc}	1306.82^{a}	4496.0^{a}	27.23^{a}	26.16^{a}	335.73^{a}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

* Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability Level, using Duncan's multiple range test.

اثرات متقابل کود دامی × ارقام گلرنگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان‌دهنده اثرات معنی‌دار ($p\leq۰/۰۱$) اعمال کود دامی بر عملکرد و نیز برخی اجزای عملکرد (تعداد دانه در طبق و در بوته، وزن دانه در طبق و وزن هزار دانه) در ارقام گلرنگ بود (جدول ۲). بر اساس نتایج به دست آمده اعمال کود دامی نقش مؤثری در افزایش معنی‌دار تعداد دانه در طبق و در بوته، وزن دانه در طبق و در بوته و نیز وزن هزار دانه در ارقام این گیاه (داراب، اصفهان، اراک و IL-111) داشت (جدول ۴)؛ به طوری‌که در نتیجه کاربرد کود دامی، وزن دانه در بوته تا چهار برابر افزایش یافت (جدول ۴). در این ارتباط، پورموسوی و همکاران (Poor Mousavi et al., 2009) نیز گزارش کردند که کاربرد کود دامی با تحت تأثیر قرار دادن تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و نیز وزن هزار دانه منجر به افزایش عملکرد دانه در سویا شد. همچنین علاوه بر شاخص‌های ذکر شده عملکرد گلبرگ و نیز عملکرد دانه و شاخص برداشت در ارقام گلرنگ به طور معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) تحت تأثیر اعمال کود دامی قرار گرفت. به طوری‌که در نتیجه اعمال کود دامی، عملکرد دانه در ارقام داراب، اصفهان، اراک و IL-111 تا بیش از دو برابر افزایش یافت (جدول ۴). نتایج حاصل از تحقیق کاتر و همکاران (Kawthar et al., 2010) نیز حاکی از نقش مؤثر اعمال کمپوست حاصل از کود دامی در افزایش عملکرد گلبرگ و نیز عملکرد دانه و روغن در گلرنگ بود. همان‌طور که پیش‌تر ذکر گردید، نقش مؤثر اعمال کود دامی در افزایش عملکرد گیاهان زراعی را می‌توان در ارتباط با افزایش مواد آلی، بهبود ساختار خاک و نیز افزایش ظرفیت نگهداری عناصر غذایی در خاک دانست (Khandan & Astaraei, 2005; Halajnia et al., 2007). از سویی با توجه به آن‌که انتخاب ارقام با کودپذیری بالا از جمله گزینش‌های اصلی در انتخاب یک رقم می‌باشد (Farsi & Bagheri, 2006)، افزایش عملکرد دانه ناشی از اعمال کود دامی در هر چهار رقم به ویژه ارقام اراک و اصفهان، می‌تواند نشان‌دهنده کودپذیری نسبتاً بالای این ارقام باشد. همچنین از نظر ترکیب تیماری نیز بیشترین عملکرد دانه در نتیجه کاربرد کود دامی در رقم اصفهان (۱۸۳۷/۵ کیلوگرم در هکتار) مشاهده گردید که نشان‌دهنده واکنش‌پذیری نسبتاً بالای این رقم به اعمال کود دامی می‌باشد (جدول ۴).

اثرات متقابل تلقیح میکوریزایی × ارقام گلرنگ

همانند اثرات متقابل اعمال کود دامی × رقم، اعمال تلقیح میکوریزایی نیز نقش مثبتی در افزایش معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) تعداد دانه در طبق و نیز وزن هزار دانه در ارقام گلرنگ داشت (جدول ۵).

همچنین عملکرد گلبرگ و عملکرد دانه ارقام گلرنگ نیز تحت تأثیر اعمال تلقیح میکوریزایی قرار گرفت (جدول ۵). میرزاخانی و همکاران (Mirza Khani et al., 2010) نیز گزارش کردند که تلقیح میکوریزایی نقش مؤثری در افزایش عملکرد دانه در گلرنگ رقم IL-111 داشت. با توجه به آن‌که شناخت اثر متقابل محیط × ژنوتیپ، نقش مؤثری در تعیین پایداری و برآورد عملکرد در ارقام گلرنگ دارد (Omidi et al., 2010)، واکنش‌پذیری و بهبود عملکرد ارقام گلرنگ در نتیجه اعمال کودهای آلی و زیستی می‌تواند نقش مؤثری در برنامه‌ریزی صحیح پیرامون مدیریت کودی هر یک از ارقام این گیاه ایفا کند.

اثرات متقابل اعمال کود دامی × تلقیح میکوریزایی

بر اساس نتایج جدول ۲، به جز شاخص برداشت و درصد روغن، سایر شاخص‌های مورد مطالعه ارقام گلرنگ در آزمایش تحت تأثیر اثرات متقابل اعمال کود دامی × تلقیح میکوریزایی قرار گرفت. بر اساس نتایج به دست آمده، اعمال کود دامی به همراه تلقیح میکوریزایی، عملکرد گلبرگ در این گیاه را در مقایسه با تیمار شاهد (عدم اعمال کود دامی + عدم تلقیح میکوریزایی) تا ۲۴ درصد افزایش داد (جدول ۶). همچنین اعمال کود دامی به همراه تلقیح میکوریزایی منجر به افزایش چشمگیر عملکرد دانه در گلرنگ شد (جدول ۶). از سویی عملکرد دانه گلرنگ در تیمار اعمال کود دامی + تلقیح میکوریزایی به طور معنی‌دار بیش از تیمار های اعمال کود دامی + عدم تلقیح میکوریزایی و نیز عدم اعمال کود دامی + تلقیح میکوریزایی بود (جدول ۶). نتایج تحقیق اکبری و همکاران (Akbari et al., 2009) نیز نشان داد که در سیستم‌های تلفیقی شامل ترکیب کودهای آلی و زیستی، عملکرد دانه و اجزای عملکرد در آفتابگردان بیش از زمانی بود که این کودها به تنهایی استفاده شدند. در این ارتباط نقش مؤثر کودهای دامی بر فعالیت جمعیت قارچ‌های میکوریزا در خاک را می‌توان ناشی از اثرات مثبت این کود بر بهبود و پایداری ساختار خاک دانست (Safadoust et al., 2007).

جدول ٤- اثرات متقابل اعمال کود دامی و ارقام بهاره بر عملکرد، اجزای عملکرد و عملکرد روغن گلرنگ

Table 4- Interaction effects of manure and spring cultivars on yield, yield components and oil yield of safflower

کود دامی Manure	ارقام مورد مطالعه Experimental cultivars	تعداد شاخه جانبی در بوته No. of branch per plant	تعداد دانه در طبق No. of seed per head	تعداد دانه در بوته No. of seed per plant	وزن دانه در طبق (گرم) Seed weight per head (g)	وزن دانه در بوته (گرم) Seed weight per plant (g)	وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (g)	عملکرد گلبرگ (کیلوگرم در هکتار) Petal yield (kg.ha^{-1})	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	درصد روغن Oil percentage	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Oil yield (kg.ha^{-1})
عدم اعمال No applying	داراب Darab	7.85^{a*}	6.57^{b}	51.94^{b}	1.77^{b}	14.16^{b}	30.92^{e}	607.39^{a}	883.59^{b}	3444.00^{a}	25.13^{b}	23.58^{a}	213.10^{a}
	اصفهان Isfahan	7.06^{a}	6.20^{bc}	44.72^{bc}	1.40^{b}	11.02^{b}	31.33^{e}	494.46^{bc}	701.71^{b}	3120.70^{a}	21.81^{c}	23.83^{a}	169.60^{a}
	اراک Arak	6.48^{a}	5.77^{c}	37.01^{c}	0.94^{c}	6.99^{b}	28.27^{ef}	394.04^{d}	475.44^{c}	2707.92^{a}	16.86^{d}	26.67^{a}	130.87^{a}
	IL-111	7.92^{a}	5.73^{bc}	54.98^{c}	1.76^{b}	15.37^{b}	31.75^{e}	360.93^{d}	878.75^{b}	3448.33^{a}	23.72^{bc}	27.00^{a}	246.15^{a}
اعمال Applying	داراب Darab	9.17^{a}	7.85^{a}	77.19^{a}	3.54^{a}	37.95^{a}	41.38^{b}	335.07^{d}	1771.76^{a}	5459.25^{a}	31.12^{a}	25.26^{a}	479.72^{a}
	اصفهان Isfahan	10.37^{a}	7.78^{a}	85.22^{a}	3.68^{a}	42.90^{a}	36.60^{d}	500.93^{b}	1837.48^{a}	5426.00^{a}	31.58^{a}	23.50^{a}	444.66^{a}
	اراک Arak	10.10^{a}	7.58^{a}	81.72^{a}	3.35^{a}	39.49^{a}	38.43^{c}	418.05^{cd}	1673.02^{a}	5351.50^{a}	30.14^{a}	27.33^{a}	484.78^{a}
	IL-111	10.57^{a}	6.80^{b}	74.12^{a}	3.47^{a}	40.68^{a}	42.83^{a}	518.86^{b}	1734.90^{a}	5543.67^{a}	30.75^{a}	25.31^{a}	425.31^{a}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند

* Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability Level, using Duncan's multiple range test.

جدول ۵- اثرات متقابل تلقیح میکوریزایی و ارقام بهاره بر عملکرد، اجزای عملکرد و عملکرد روغن گلرنگ

Table 5- Interaction effects of mycorrhizal inoculation and spring cultivars on yield, yield components and oil yield of safflower

میکوریزا Mycorrhizal	ارقام مورد مطالعه Experimental cultivars	تعداد شاخه جانبی در بوته No. of branch per plant	تعداد دانه در طبق No. of seed per head	تعداد دانه در بوته No. of seed per plant	وزن دانه در طبق (گرم) Seed weight per head (g)	وزن دانه در بوته (گرم) Seed weight per plant (g)	وزن هزار دانه (گرم) 1000- seed weight (g)	عملکرد گلبرگ (کیلوگرم در هکتار) Petal yield (kg.ha^{-1})	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	درصد روغن Oil percentage	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Oil yield (kg.ha^{-1})
عدم تلقیح No inoculation	دارب Darab	6.63^{a*}	6.03^{d}	39.86^{a}	1.58^{a}	10.19^{a}	36.13^{c}	357.71^{dc}	787.14c	3164.17^{a}	24.67^{a}	21.83^{a}	171.42^{a}
	اصفهان Isfahan	7.08^{a}	5.82^{d}	41.87^{a}	1.21^{a}	9.08^{a}	30.07^{e}	459.22^{bc}	602.22cd	2880.58^{a}	21.34^{a}	22.50^{a}	134.15^{a}
	اراک Arak	5.68^{a}	6.07^{d}	34.56^{a}	1.15^{a}	7.07^{a}	33.08^{d}	315.64^{e}	575.64c	2581.25^{a}	20.49^{a}	23.83^{a}	135.97^{a}
	IL-111	6.80^{a}	5.85^{d}	39.80^{a}	1.56^{a}	10.86^{a}	38.80^{a}	457.29^{bc}	777.69c	3152.50^{a}	23.27^{a}	26.58^{a}	211.94^{a}
تلقیح Inoculation	دارب Darab	10.38^{a}	8.38^{a}	89.27^{a}	3.74^{a}	41.93^{a}	36.17^{c}	584.75^{a}	1868.22a	5739.08^{a}	31.58^{a}	27.02^{a}	521.41^{a}
	اصفهان Isfahan	10.35^{a}	8.17^{ab}	88.07^{a}	3.87^{a}	44.84^{a}	37.87^{b}	536.18^{ab}	1936.52a	5766.12^{a}	32.04^{a}	24.83^{a}	480.12^{a}
	اراک Arak	10.90^{a}	7.28^{c}	84.17^{a}	3.15^{a}	39.40^{a}	33.62^{d}	496.45^{bc}	1572.82b	5478.17^{a}	26.51^{a}	30.17^{a}	479.68^{a}
	IL-111	11.68^{a}	7.68^{bc}	89.30^{a}	3.67^{a}	45.19^{a}	35.78^{c}	422.50^{cd}	1835.95a	5839.50^{a}	31.20^{a}	25.73^{a}	459.51^{a}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند

* Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability Level, using Duncan's multiple range test.

جدول ٦ – اثرات متقابل کود دامی و تلقیح میکوریزایی بر عملکرد، اجزای عملکرد و عملکرد روغن گلرنگ

Table 6- Interaction effects of manure and mycorrhizal inoculation on yield, yield components and oil yield of safflower

کود دامی Manure	میکوریزا Mycorrhizae	تعداد شاخه جانبی در بوته No. of branch per plant	تعداد دانه در طبق No. of seed per head	وزن دانه		وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (g)	عملکرد گلبرگ (کیلوگرم در هکتار) Petal yield (kg.ha^{-1})	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	درصد روغن Oil percentage	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Oil yield (kg.ha^{-1})
				تعداد دانه در بوته No. of seed per plant	وزن دانه در طبق (گرم) Seed weight per head (g)	وزن دانه در بوته (گرم) Seed weight per plant (g)						
عدم اعمال No applying	عدم تلقیح No inoculation	6.19^{e*}	5.78^{e}	36.08^{e}	0.82^{c}	5.33^{c}	27.31^{d}	379.36^{c}	409.76^{c}	2171.75^{c}	18.37^{a}	23.58^{a}	94.94^{c}
	تلقیح Inoculation	8.47^{b}	6.85^{b}	58.24^{b}	2.12^{b}	18.43^{b}	33.83^{c}	549.05^{a}	1059.98^{b}	4188.73^{b}	25.38^{a}	26.96^{a}	284.92^{b}
اعمال Applying	عدم تلقیح No inoculation	6.91^{c}	6.10^{c}	41.96^{c}	1.92^{b}	13.27^{b}	41.73^{a}	415.57^{c}	961.80^{b}	3667.50^{b}	26.51^{a}	23.79^{a}	231.79^{b}
	تلقیح Inoculation	13.19^{a}	8.91^{a}	117.16^{a}	5.09^{a}	67.24^{a}	37.89^{b}	470.88^{ab}	2546.77^{a}	7222.71^{a}	35.28^{a}	26.92^{a}	685.44^{a}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند

* Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability Level, using Duncan's multiple range test.

همچنین فراهمی مواد آلی در خاک بـه عنـوان منبـع کـربن نیـز می‌تواند نقش مؤثری در افزایش فعالیت و تکثیر میکروارگانیسم‌هـای تلقـیح شـده در خـاک داشـته باشـد (Mohammadi Aria et al., 2010).

نتیجه‌گیری

اعمال کود دامی و نیز تلقیح میکوریزایی نقش مؤثری در افزایش عملکرد ارقام گلرنگ بهاره داشت. به عبـارتی دیگـر، نتـایج آزمـایش حاکی از کودپذیری بالای ارقام بهاره گلرنـگ در نتیجـه اعمـال کـود های آلی بود. به طور کلی در شرایط اجرای این آزمایش ارقام داراب و IL-111 در مقایسه با ارقـام اصـفهان و اراک از عملکـرد دانـه و نیـز روغن بالاتری در واحد سطح برخوردار بودند که می‌توان این ارقـام را جهت کشت در سطح وسیع توصیه نمود. با این وجـود جهـت توصـیه یک رقم به یک منطقه باید شرایط محیطی آن منطقه را مدنظر قـرار داد. به عبارتی در راستای برنامه‌های اصلاحی و نیـز ترویجـی جهـت توصیه یک رقم می‌بایست شرایط منطقه مورد نظر تا حد امکان مشابه شرایط محل اجرای آزمایش باشد.

سپاسگزاری

هزینه‌های اجرای این تحقیق توسط معاونـت پژوهشـی دانشـگاه فردوسـی مشـهد و دانشـکده کشـاورزی و از محـل بودجـه بـا کـد ۲/۱۷۳۹۰ تأمین شده است. لذا بدین وسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1- 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 Sustainable Agriculture and Production Science 19: 83-93. (In Persian with English Summary)
2- Alizadeh Oskouei, P., Asgharzadeh, N., Shariatmadari, H., Asgharzadeh, A., and Baghban Sirous, S. 2009. Effect of two species of va mycorrhiza on production of cadmium toxicity in tomato plant under different levels of phosphorus. Iranian Journal of Soil Research 23: 217-228. (In Persian with English Summary)
3- Azimzadeh, S.M. 2010. Evaluation of drought tolerance in 16 genotypes of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 8: 871-877. (In Persian with English Summary)
4- Behdani, M.A., and Jami-Al-Ahmadi, M. 2009. Evaluation of growth and yield of safflower cultivars in different planting dates. Iranian Journal of Field Crops Research 6: 245-254. (In Persian with English Summary)
5- Cardoso, I.M., and Kuyper, T.W. 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility. Agriculture, Ecosystem and Environment 116: 72-84.
6- Dordas, C.A., and Sioulas, C. 2008. Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rain fed conditions. Industrial Crops and Products 27: 75-85.
7- Dordas, C.A., and Sioulas, C. 2009. Dry matter and nitrogen accumulation, partitioning, and retranslocation in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) as affected by nitrogen fertilization. Field Crops Research 110: 35-43.
8- Farsi, M., and Bagheri, A. 2006. Principle of Plant Breeding. Jihade-e-Daneshghahi Mashhad Press, Mashhad, Iran 376 pp. (In Persian)
9- Guarda, G., Padovan, S., and Delogu, G. 2004. Grain yield, nitrogen-use efficiency and baking quality of old and modern Italian bread-wheat cultivars grown at different nitrogen levels. European Journal of Agronomy 21: 181-192.
10- Hajibolandi, R., Asgharizadeh, N., and Barzegar, R. 2007. Impacts of inoculation with two species of arbuscular mycorrhizae on rice (*Oryza sativa* L.) growth, phosphorus and potassium uptake and rhizosphere pH. Iranian Journal of Soil and Waters Sciences 21: 111-120. (In Persian with English Summary)
11- Hallajnia, A., Haghnia, G.H., Fotovat, A., and Khorasani, R. 2007. Effect of organic matter on phosphorus availability in calcareous soils. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 10: 121-133. (In Persian with English Summary)
12- Kawthar, A.E.R., Manaf, H.H., Hasna, A.H.G., and Shahat, I.M. 2010. Influence of compost and rock amendments on growth and active ingredients of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Australian Journal of Basic and Applied

Sciences 4: 1626-1631.
13- Khandan, A., and Astaraei, A.R. 2005. Effects of organic (municipal waste compost, manure) and fertilizers on some physical properties of soil. Desert 10: 361-368. (In Persian with English Summary)
14- Kizilkaya, R. 2008. Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. Ecological Engineering 33: 150-156.
15- Mando, A., Ouattara, B., Sédogo, M., Stroosnijder, L., Ouattara, K., Brussaard, L., and Vanlauwe, B. 2005. Long-term effect of tillage and manure application on soil organic fractions and crop performance under Sudano-Sahelian conditions. Soil and Tillage Research 80: 95-101.
16- Mirza Khani, M., Ardakani, M.H., Shirani Rad, A., and Rajali, F. 2010. Evaluation of seed twofold inoculation by fungi *Glomus Intraradices* Mycorrhiza and *Azotobacter chorococum* with various nitrogen and phosphorus levels use on oil yield and some of traits in safflower. Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding 6: 75-87. (In Persian with English Summary)
17- Mohammadi Aria, M., Lakzian, A., Haghnia, G.H., Besharati, H., and Fotovat, A. 2010. The effect of *Thiobacillus* and Aspergillus on phosphorus availability of enriched rock phosphate with sulfur and vermicompost. Water and Soil 24: 1-7. (In Persian with English Summary)
18- Mostafavian, S.R., Pirdashti, H., Ramzanpour, M.R., Andarkhor, A.A., and Shahsavari, A. 2008. Effect of mycorrhizae, *Thiobacillus* and sulfur nutrition on the chemical composition of soybean (*Glycine max* L.) seed. Pakistan Journal of Biological Sciences 11: 826-835.
19- Omidi, A.H., Shahsavari, M.R., Motalebipour, S., and Mohammadi, A.A. 2010. Estimation of adaptability and stability of new spring safflower lines for seed and oil yields in different environmental conditions. Seed and Plant Improvement Journal 26: 351-366. (In Persian with English Summary)
20- Poor Mousavi, S.M., Galavi, M., Daneshiyan, J., Ghanbari, A., Basirani, N., and Jonoobi, P. 2009. Effect of animal manure application on quantitative and qualitative yield of soybean in drought stress conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 40: 133-145. (In Persian with English Summary)
21- Sabahi, H., Takafooyan, J., Mahdavi Damghani, A.M., and Liyaghati, H. 2010. Effects of integrated application of farmyard manure, plant growth promoting rhizobacteria and chemical fertilizers on production of canola (*Brassica napus* L.) in saline soil of Qum. Journal of Agroecology 2: 287-291. (In Persian with English Summary)
22- Safadoust, A., Mosadeghi, M.R., Mahboubi, A.A., Norouzi, A., and Asadian, G.H. 2007. Short-term tillage and manure influences on soil structural properties. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 11: 91-99. (In Persian with English Summary)
23- Shirani, H., Abolhasani Zeraatkar, M., Lakzian, A., and Akhgar, A. 2011. Decomposition rate of municipal wastes compost, vermi compost, manure and pistaco compost in different soil texture and salinity in laboratory condition. Water and Soil 25: 84-93. (In Persian with English Summary)
24- Shiranirad, A.H., and Nouralizadeh, A. 2000. Study on the effects of vesicular arbuscular mycorrhizae fungi, *Bradyrhizobium japonicum* and phosphorus on nutrient uptake efficiency in soybean. Seed and Plant 16: 172-191. (In Persian with English Summary)
25- Turk, M.A., Assaf, T.A., Hameed, K.M., and Al-Tawaha, A.M. 2006. Significance of mycorrhizae. World Journal of Agricultural Sciences 2: 16-20.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 3, Fall 2015, p. 331-343

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۳۴۳-۳۳۱

Evaluation the effects of manure and mycorrhizal inoculation on grain and oil yield of spring safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.)

P. Rezvani Moghaddam[1]*, A. Norouzian[2] and S.M. Seyyedi[2]
Submitted: 06-05-2013
Accepted: 17-08-2013

Introduction

Considering the nutrient loss, environmental pollution and increase in production costs on account of chemical fertilizer application, supplying mineral nutrients based on organic sources and mycorrhizal inoculation can improve organic matter content in soil (Hallajnia et al., 2007), promote sustainable production of oil crops (Kawthar et al., 2010) and ultimately affect the long term performance of the agricultural ecosystems in arid and semi-arid regions. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) is an annual oil seed crop belonging to the Asteraceae family and its spring cultivars are mainly grown in semiarid regions, especially in Iran.

Hence, the current experiment was aimed to evaluate the effects of manure application and mycorrhizal inoculation on yield and yield components of spring safflower cultivars in Iran. In addition, quality yield in term of oil percentage was studied in response to experimental treatments.

Materials and methods

A field experiment was conducted at Agricultural Research Station of Ferdowsi University of Mashhad, Iran (latitude: 15° 36´ N, longitude: 28° 59´ E, altitude: 985 m), during growing season of 2009-2010, by using a completely randomized block design based on factorial fraction with three replications and sixteen treatments.

The experimental treatments included four spring safflower cultivars (Darab, Isfahan, Arak and IL-111), two manure levels (no applying and applying manure 25 $t.ha^{-1}$) and two mycorrhiza levels (no inoculation and inoculation with *Glomus mosseae*).

The experimental field was prepared according to the local practices for safflower production. Each plot was 6 m^2 (3 m long) and 1 m apart. Between blocks, 2 m alley was kept to eliminate all side effects of treatments.

Seed sowing was performed at 14th April in 2010. Final density was 50 $plants.m^{-2}$. The first irrigation was immediately done after seed sowing with weekly irrigation until physiological maturity stage (10 days before harvesting).

At fully blooming stage, plant were harvested in one square meter in each plot and fresh and dry petal yield were recorded. At maturity stage, five plants from each plot were chosen randomly and number of branch per plant, number of seeds per head, seed weight per plant and 1000-seed weight were recorded. Final grain and oil yields were measured by harvesting 1 m^2 of the central part of each plot.

For statistical analysis, analysis of variance (ANOVA) and Duncan's multiple range test (DMRT) were performed using SAS ver. 9.1 software.

Results and discussion

Results indicated that applying manure significantly affected number of branch per plant, number of seed per head, seed weight per head and 1000- seed weight as well as petal, grain, biological and oil yields of safflower cultivars. For instance, the applying manure significantly increased grain and oil yields of safflower cultivars more than two times.

As mentioned before, organic fertilizers can improve the organic matter content, aggregates stability and nutrients availability in soil (Khandan & Astaraei, 2005; Halajnia et al., 2007), so application of manure fertilizer and gradual release of mineral nutrients into the soil would increase the growth, production and quality yield of spring safflower cultivars.

Based on the results, effects of mycorrhiza inoculation on increasing the number of seed per plant, 1000 seed weight, petal, grain, biological and oil yields of safflower were significant. The highest grain (2546 $kg.ha^{-1}$) and oil yields (685 $kg.ha^{-1}$) were obtained from manure + mycorrhiza inoculation treatment. However, manure + mycorrhiza inoculation treatment did not have any effect on oil percentage and harvest index. Effective role of

1 and 2- Professor and PhD Students of Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: rezvani@um.ac.ir)

mycorrhizal inoculation in increasing the grain yield of safflower has also been reported by (Mirza Khani et al., 2010).

Among safflower cultivars, Darab cultivar indicated the highest grain and oil yields (1327.7 and 346.4 $kg.ha^{-1}$, respectively). Based on our results, Darab and IL-111 cultivars had the most grain and oil yields, in comparison with Isfahan and Arak cultivars. However, no significant difference was observed between the spring safflower cultivars in term of number of seed per head and oil percentage.

Conclusion

Consequently, selecting the Darab cultivar and applying manure in combination with mycorrhizal inoculation is strongly recommended to achieve a reasonable and stable yield of safflower. However, the environmental conditions of the cultivated area should be specifically considered to select a spring safflower cultivar.

Keywords: Bio fertilizer, Harvest index, Oil yield, Organic fertilizer

References

Hallajnia, A., Haghnia, G.H., Fotovat, A., and Khorasani, R. 2007. Effect of organic matter on phosphorus availability in calcareous soils. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 10: 121-133. (In Persian with English Summary)

Kawthar, A.E.R., Manaf, H.H., Hasna, A.H.G., and Shahat, I.M. 2010. Influence of compost and rock amendments on growth and active ingredients of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Australian Journal of Basic and Applied Sciences 4: 1626-1631.

Mirza Khani, M., Ardakani, M.H., Shirani Rad, A., and Rajali, F. 2010. Evaluation of seed twofold inoculation by fungi *Glomus Intraradices* Mycorrhiza and *Azotobacter chorococum* with various nitrogen and phosphorus levels use on oil yield and some of traits in safflower. Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding 6: 75-87. (In Persian with English Summary)