اثر همزیستی ازتوباکتر و میکوریزا بر درصد پروتئین و برخی خصوصیات زراعی گلرنگ

Effect of *Azotobacter* and Mycorrhiza symbiosis on Protein percentage and some agronomic (*Carthamus tinctorius* L.) characteristics of safflower

آرزو امیدی[۱]، محمد میرزاخانی[۲*]، محمدرضا اردکانی[۳].

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک. اراک- ایران.
۲- استادیار زراعت، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد فراهان، فراهان- ایران .
۳- استاد تمام زراعت، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، کرج- ایران.

***نویسنده مسوول مکاتبات: hm_mirzakhani@yahoo.com**

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۲/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۶/۲۵

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر همزیستی ازتوباکتر و قارچ گلوموس بر درصد پروتئین و برخی خصوصیات زراعی گلرنگ، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ اجرا شد. تیمارها شامل تلقیح با ازتوباکتر در سه سطح (عدم تلقیح، تلقیح با ازتوباکتر سویه ۵ و تلقیح با ازتوباکتر سویه ۱۲) و قارچ گلوموس در چهار سطح (عدم تلقیح، تلقیح با *Glomus intraradices*، تلقیح با *G.mosseae* و تلقیح با مخلوط *G.intraradices* و *G.mosseae*) بود. صفاتی از قبیل ارتفاع شاخه‌دهی، عملکرد بیولوژیکی غوزه‌های فرعی فرعی، شاخص برداشت غوزه‌های فرعی، عملکرد دانه غوزه‌های فرعی، کمبود آب اشباع و درصد پروتئین دانه اندازه‌گیری شدند. براساس نتایج جدول تجزیه واریانس، همه صفات به جزو عملکرد دانه غوزه‌های فرعی تحت تأثیر اثر اصلی ازتوباکتر و قارچ گلوموس در گلرنگ معنی‌دار شدند. هم‌چنین اثر متقابل ازتوباکتر و قارچ گلوموس بر صفات ارتفاع شاخه‌دهی، عملکرد بیولوژیکی غوزه‌های فرعی‌فرعی، عملکرد دانه غوزه‌های فرعی، کمبود آب اشباع و درصد پروتئین دانه در گلرنگ معنی‌دار شدند. براساس جدول مقایسه میانگین‌ها، بیش‌ترین عملکرد بیولوژیکی غوزه‌های فرعی‌فرعی با (۵۰/۳۰ گرم در بوته) مربوط به تیمار A_2M_3 (تلقیح با ازتوباکتر۱۲ و تلقیح با مخلوط سویه *G.intraradices* و *G.mosseae*) بود، که اختلاف معنی‌داری داشت، ضمن این‌که همین تیمار در مقدار پروتئین دانه گلرنگ نیز (۱۹/۶۴ درصد) میزان بالاتری را نشان داد. همچنین بیش‌ترین عملکرد دانه غوزه‌های فرعی با میانگین ۴۴/۳۳ گرم در بوته در تیمار A_1M_3 (تلقیح با ازتوباکتر پنج وتلقیح با مخلوط سویه *G.intraradices* و *G.mosseae*) و کم‌ترین آن با میانگین ۲۸/۳۳ گرم در بوته در تیمار A_0M_0 (عدم تلقیح با ازتوباکتر و قارچ گلوموس) به‌دست آمدند.

واژگان کلیدی: ازتوباکتر، درصد پروتئین، گلرنگ، میکوریزا.

مقدمه

گلرنگ به‌دلیل قابلیت‌های زیادی از قبیل قدرت سازگاری بالا، تحمل به‌سرما، تحمل به‌خشکی، شوری و قلیائیت بالای خاک و موارد مصرف متعدد، در بسیاری از کشورها به‌طور گسترده کشت می‌شود. روغن این گیاه کیفیت بالایی دارد، میزان اسید لینولئیک آن بین ۷۳ تا ۸۵ درصد است (بالاترین مقدار در بین گیاهان روغنی می‌باشد) (ناصری، ۱۳۷۰). در بسیاری از کشورها نه به‌دلیل استفاده از رنگ آن، بلکه به‌خاطر یک منبع بسیار مهم روغن، این گیاه مورد توجه قرار گرفته است، چون دانه‌های گلرنگ حاوی ۳۵ تا ۵۰ درصد روغن، ۱۵ تا ۲۰ درصد پروتئین و ۳۵ تا ۴۵ درصد پوست می‌باشند (Rahamatalla *et al*., 2001). کودهای بیولوژیک عبارتند از مواد نگهدارنده‌ای با انبوه یک یا چند ریزسازواره‌های مفید خاکزی و یا فرآورده متابولیک آن‌ها که به‌منظور تأمین عناصر غذایی گیاهان استفاده می‌شوند. استفاده از کود بیولوژیک اخیراً در ایران آغاز شده است و اثرات مثبت آن‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصول ثابت شده است (Khavazi *et al*., 2005). قارچ‌های گلوموس و باکتری ازتوباکتر از جمله ریزسازواره‌هایی هستند که در ارتباط با کاربرد آن‌ها به‌عنوان کود بیولوژیک تحقیقات زیادی صورت گرفته است (George *et al*., 1995). استفاده از کودهای بیولوژیک ساختمان خاک را بهبود می‌بخشد و مقدار مواد زیستی و نیتروژن قابل دسترس را به‌وسیله همزیستی گیاه گلرنگ افزایش داد (Mirzakhani *et al*., 2010.). از رایج‌ترین ریز موجودات حل کننده فسفات می‌توان به باکتری‌های حل کننده فسفات (Han and Lee, 2005) و قارچ‌های گلوموس (Ngwene *et al*., 2010) اشاره کرد. قارچ‌های گلوموس سازگار خوبی با ریزسازواره‌های حـ کننده فسفات و انواع باکتری‌های محرک رشد گیاه دارند که کاربرد آن‌ها به‌تدریج سطح حاصلخیزی خاک را افزایش داده و در چنین خاک‌هایی گیاهان به مقادیر کم‌تری از کودهای شیمیایی نیاز دارند (Zarea *et al*., 2009, [a]؛Zarea *et al*., 2008، Zarea *et al*., 2009[b], Zarea *et al*., 2009 [c]).

گیاهانی که دارای همزیستی میکوریزایی می‌باشند، به دلیل این‌که عناصر غذایی و آب بیش‌تری از خاک جذب می‌کنند، دارای رشد بهتری خواهندبود، عملکرد بیش‌تری نیز خواهند داشت، تحمل بیش‌تری در برابر تنش‌های زنده (عوامل بیماری‌زا که ریشه گیاهان را مورد حمله قرار می‌دهند) و غیرزنده (خشکی، سرما و شوری) از خود نشان می‌دهند (رجالی، ۱۳۸۴). کاربرد توأم قارچ گلوموس و باکتری حل کننده فسفات باعث افزایش فسفر قابل جذب خاک و در نتیجه انحلال بیش‌تر فسفات‌های نامحلول از منبع کودی خاک فسفات می‌شود (Cabello *et al*., 2005). پارسایی مهر و همکاران (۱۳۸۷) ضمن بررسی اثر کودهای بیولوژیک و آزوسپریلیوم در کاهش میزان نیتروژن مصرفی در زراعت پایدار گندم، نتیجه گرفتند که باکتری‌های آزوسپریلیوم همراه با ازتوباکتر تأثیر مثبت و معنی‌داری بر روی بیش‌ترین شاخص سطح برگ، عملکرد دانه و درصد پروتئین دانه داشته‌اند. بررسی‌ها نشان داده است که استفاده از باکتری‌های آزادزی تثبیت کننده نیتروژن در خاک علاوه بر رفع کمبود نیتروژن و بهبود حاصلخیزی خاک باعث افزایش عملکرد و همچنین کاهش آلودگی منابع آبی می‌شود (Hungria *et al*., 1997). ناصری و میرزایی (۱۳۸۹) اظهار کردند که اثرات متقابل کود نیتروژن و کود بیولوژیک از طریق افزایش نیتروژن و کودهای بیولوژیک مقادیر روغن و پروتئین را افزایش داد. قارچ گلوموس می‌تواند از طریق توسعه هیف‌ها و میسلیوم‌ها از نواحی دور دست عناصر غذایی مخصوصاً فسفر و نیتروژن را جذب و در اختیار گیاه قرار می‌دهد و باعث افزایش در توسعه سطوح تماس ریشه با خاک گردد که این عامل نیز باعث جذب سایر عناصر مغذی مخصوصاً نیتروژن می‌گردد (George *et al*., 1995). هدف از این تحقیق ارزیابی کودهای زیستی در جهت نیل به اهداف کشاورزی پایدار و تغذیه‌ی بهینه گلرنگ و در راستای بهبود درصد پروتئین دانه و برخی خصوصیات زراعی گلرنگ اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک اجرا شد. عوامل مورد بررسی شامل تلقیح با ازتوباکتر در سه سطح (عدم تلقیح، تلقیح با ازتوباکتر سویه ۵ و تلقیح با ازتوباکتر سویه ۱۲) و قارچ گلوموس در چهار سطح (عدم تلقیح، تلقیح با *Glomus intraradices*، تلقیح با *G.mosseae* و تلقیح با مخلوط *G.intraradices* و *G.mosseae*) بود. مایه تلقیح‌های ازتوباکتر در این تحقیق از بخش تحقیقات بیولوژی خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شد. تلقیح بذرها در زمان کاشت صورت گرفت.

جدول ۱. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1. Physicochemical characteristics of soil

عمق سانتی‌متر Depth (cm)	بافت خاک Soil texture	رس (درصد) Clay (%)	لای (درصد) Silt (%)	شن (درصد) Sand (%)	پتاسیم قابل جذب (پی.پی.ام) K (ppm)	فسفرقابل جذب (پی.پی.ام) P (ppm)	نیتروژن کل (درصد) Total N(%)	کربن آلی (درصد) OC (%)	اسیدیته گل اشباع pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)
0-30	Clay-loam	24	24	52	166	4.1	0.08	0.75	7.8	2.7

جدول۲ . مشخصات کود دامی

Table 2. Manure characteristics

نسبت کربن به نیتروژن C/N	درصد کربن آلی OC (%)	درصد پتاس K (%)	درصد فسفر P (%)	درصد نیتروژن N (%)	درصد رطوبت Humidity (%)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
21.1	40.89	0.89	0.8	1.9	75	5.9	8.19

براساس توصیه مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور به‌ازای هر ۱۰۰ گرم بذر تا ۵۰۰ میلی‌لیتر باکتری اضافه شد. مایه تلقیح ازتوباکتر حاوی 10^8 سلول زنده در هر میلی‌لیتر (CFU)[1] بود. قارچ گلوموس در زیر بذر داخل شیار ریخته شد. جمعیت اسپور قارچ ۱۲۰ اسپور در هر گرم از مایه تلقیح بود. تیمارها به‌صورت تصادفی در کرت‌ها و بلوک‌ها اختصاص داده شدند. زمین مورد آزمایش در پاییز با شخم نیمه عمیق و دیسک آماده‌سازی گردید. به‌منظور تأمین مواد آلی مورد نیاز باکتری‌های ازتوباکتر و افزایش فعالیت آنها مقدار ۲۰ تن کود دامی پوسیده شده قبل از کاشت به تمامی کرت‌های آزمایش اضافه شد و به اندازه ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی نیتروژن در مرحله‌ی انتهای ساقه‌دهی به زمین داده شد. هر کرت آزمایشی شامل سه خط کاشت به طول شش متر و فاصله ردیف‌های کاشت ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی خطوط کاشت هشت سانتی‌متر و روی هر پشته دو خط کاشت و عمق کاشت دو تا سه سانتی‌متر در نظر گرفته شد. تراکم ۴۲۰۰۰۰ بوته در هکتار در نظر گرفته شد. زمان کاشت ۲۶ مهر ماه سال ۹۰ بود. آبیاری کرت‌ها به‌صورت بارانی و مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد. رقم سینا (PI-537598) حاصل یک برنامه به‌نژادی هفت ساله از بانک جهانی گلرنگ است. این رقم در سال ۱۳۸۶ جهت کشت پاییزه در شرایط دیم مناطق معتدل سرد معرفی شده و قابلیت کشت بهاره در مناطق سرد

1. Colony Forming Unit (CFU)

را نیز دارد. رقم سینا زودرس، با تیپ رشد بینابین، متحمل به تنش خشکی، خاردار، دارای گل‌های زرد، نارنجی با متوسط ارتفاع بوته ۱۰۳/۵ سانتی‌متر، وزن هـزار دانـه ۳۴/۷ و میانگیـن روغـن دانه ۳۰/۱ درصد می‌باشد. میانگین عملکرد دانه این رقم ۱۳۴۷ کیلوگرم در هکتار است. جهت اندازه‌گیری کمبود آب اشباع از هر کرت تعداد پنج برگ جوان از قسمت‌های میانی پنج گیاه گلرنگ به‌صورت تصادفی و در هنگام ظهر انتخاب گردید و در ظروف در بسته به آزمایشگاه منتقل گردید. پس از انتقال به آزمایشگاه سطوح آن تمییز گردید و سپس توزین شد. عدد قرائت شده به‌عنوان وزن تر گیاه ثبت شد. برگ‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در ظرف محتوی آب مقطر قرارگرفتند و دوباره پس از خشک کردن آب سطحی، توزین شدند که این عدد نیز به‌عنوان وزن اشبـاع برگ‌ها قرائت شد. به‌منظـور تعییـن وزن خشـک برگ‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجـه سانتی‌گراد در آون قرار داده شدند. با استفاده از اعداد به‌دست آمده کمبـود آب اشباع محاسبـه شد: (Stocker, 1992). برای تعیین میزان پروتئین خام به طریق حجمی از روش ماکروکجلدال استفاده گردید (Anonymus. 1990).

نتایج و بحث

ارتفاع شاخه‌دهی

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر اصلی ازتوباکتر، قارچ گلوموس بر ارتفاع شاخه‌دهی در گلرنگ معنی‌دار نشد، ولی اثرمتقابل ازتوباکتر و قارچ گلوموس بر این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول سه).

در بررسی مقایسه میانگین‌ها، بیش‌ترین ارتفـاع شاخـه‌دهی با میانگیـن ۴۳/۶۵ سانتـی‌متر و کم‌ترین ارتفاع شاخه‌دهی با میانگین ۳۲/۹۷ سانتی‌متر به‌ترتیب مربوط به تیمارهای A_2M_3 (تلقیـح با ازتوباکتـر۱۲ و مخـلـوط سـویـه *G.intraradices* و *G.mosseae*) و A_0M_1 (عـدم تلقیـح با ازتوباکتـر و سـویـه *G.intraradices*) بـود (جدول پنج). به‌نظر می‌رسد استفاده از سویه‌های مختلف ازتوباکتر و قارچ گلوموس باعث افزایش ارتفاع شاخه‌دهی شد به‌طوری‌که هرچه ارتفاع شاخه‌دهی افزایش می‌یابد، از طریق کاهش تعداد شاخه‌های اولیه و ثانویه باعث کاهـش عملکـرد دانه می‌شود.

میرزاخانی و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی اثرات تلقیح دوگانه ازتوباکتر و قارچ گلوموس تحت سطوح نیتروژن و فسفر بر کارایی جذب عناصرغذایی در گلرنگ اظهار داشتند بیش‌ترین و کم‌ترین ارتفاع شاخه‌دهی گیاه، در بین سطوح تلقیح با ازتوباکتر با میانگین ۴۹/۵ سانتی‌متر و ۴۹ سانتی‌متر به‌ترتیب مربوط به تیمار تلقیح با ازتوباکتر و عدم تلقیح بود. رسولی (۱۳۹۰) در بررسی اثر تلقیح ازتوباکتر، کاربرد کود دامی و نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ پاییزه نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع شاخه‌دهی با میانگین ۴۸/۷۶ سانتی‌متر و کم‌ترین آن با میانگین ۴۵/۵۲ به‌ترتیب مربوط به تیمارهای تلقیح و عدم‌تلقیح با ازتوباکتر بود. ژنگ و همکاران (Zheng *et al.*, 1993) اظهار داشتند که با افزایش ارتفاع شاخه‌دهی به‌دلیل کاهش عملکرد هریک از غوزه‌ها، عملکردکل کاهش می‌یابد.

اما این اثر توسط عوامل دیگر مانند ارتفاع گیاه، تعداد غوزه نابارور و غیره تعدیل می‌شود. بنابراین به‌نظر می‌رسد که می‌توان عملکرد دانه را با انتخاب ارقامی که ارتفاع شاخه‌دهی پایین‌تری دارند، بهبود بخشید. در مجموع ارتفاع شاخه‌دهی یکی از عوامل مؤثر در عملکرد گلرنگ است. فراهانی (۱۳۹۰) در بررسی تأثیر کود دامی، نیتروژن و تلقیح با ازتوباکتر بر صفات زراعی و فیزیولوژیکی گلرنگ پاییزه نشان داد که بیش‌ترین ارتفـاع شاخـه‌دهی با میانگیـن ۶۹/۰۳ سانتی‌متر و کم‌ترین آن با میانگیـن ۶۶/۶۶ به‌ترتیب مربوط به تیمارهای تلقیح و عدم تلقیح با ازتوباکتر بود.

جدول۳. نتایج تجزیه واریانس صفات

Table3.Variance analysis of characteristic

		Ms	مربعات	میانگین				
S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	درصد پروتئین Protein percentage	کمبود آب اشباع WSD	عملکرد دانه غوزه‌های فرعی Grain yield of sub-boll	شاخص برداشت غوزه‌های فرعی HI of sub -boll	عملکرد بیولوژیکی غوزه‌های فرعی فرعی Biological yield of sub-sub boll	ارتفاع شاخه‌دهی branching height
Replication	تکرار	2	8.30 ^{ns}	14.94 **	12.69 ^{ns}	42.54 **	1.58 ^{ns}	3.71 ^{ns}
Azotobacter	ازتوباکتر	2	1.76 ^{ns}	219.50 **	99.11 *	222.78 **	215.05 **	8.26 ^{ns}
Mycorrhiza symbiosis	همزیستی میکوریزایی	3	1.30 ^{ns}	20.54 **	58.84 ^{ns}	33.44 **	39.51 **	18.59 ^{ns}
Azotobacter× Mycorrhiza symbiosis	ازتوباکتر×میکوریزایی	6	11.13 **	15.61 **	70.70 *	6.91 ^{ns}	28.91 **	33.95 **
Error	خطا	22	2.63	2.48	22.99	4.15	4.16	7.41
CV(%)	ضریب تغییرات		9.23	8.68	13.37	4.76	18.16	7.29

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

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

عملکرد بیولوژیکی غوزه‌های فرعی، فرعی

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر اصلی ازتوباکتر، قارچ گلوموس و اثر متقابل ازتوباکتر و قارچ گلوموس بر عملکرد بیولوژیکی غوزه‌های فرعی فرعی در گلرنگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول سه). در بررسی مقایسه میانگین‌ها، بیش‌ترین عملکرد بیولوژیکی غوزه‌های فرعی‌فرعی، با میانگین ۱۹/۳۳ گرم در بوته و کم‌ترین عملکرد بیولوژیکی غوزه‌های فرعی‌فرعی، با میانگین ۵/۳۰ گرم در بوته به ترتیب مربوط به‌تیمارهای A_2M_3 (تلقیح با ازتوباکتر۱۲ و مخلوط سویه *G.intraradices* و *G.mosseae*) وA_1M_0 (تلقیح با ازتوباکتر۵ و عدم تلقیح با قارچ گلوموس) بود (جدول پنج). به‌نظر می‌رسد که استفاده از سویه‌های مختلف ازتوباکتر و قارچ گلوموس باعث افزایش عملکرد بیولوژیکی غوزه-های فرعی‌فرعی، شد و با افزایش عملکردبیولوژیک، سطح فتوسنتز کننده افزایش یافته و در اثر تولید مواد پرورده بیش‌تر عملکرد دانه و نهایتاً عملکرد روغن افزایش یافته است. فراهانی (۱۳۹۰) اظهار داشت که بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک غوزه فرعی‌فرعی، با میانگین ۷۴/۳۴ گرم در بوته و کم‌ترین آن با میانگین ۶۸/۳۱ گرم در بوته مربوط به تیمارهای تلقیح و عدم تلقیح با ازتوباکتر بود. رجسوس و هورنبرگ (Rejesus, and Hornbaker, 1999.) گزارش دادند که این افزایش وزن کل گیاه در حضور کودهای بیولوژیک به‌واسطه افزایش جذب عناصر غذایی و در نتیجه رشد بهتر گیاه می‌باشد. میرزا و همکاران (Mirza *et al.*, 2000) گزارش دادند که کاربرد کودهای بیولوژیک غیر از تثبیت نیتروژن مولکولی سبب تولید اکسین می‌شود که موجب افزایش تارهای کشنده و جذب مواد غذایی و در نتیجه افزایش عملکرد بیولوژیک گیاه می‌شود.

شاخص برداشت غوزه‌های فرعی

شاخص برداشت مقداری از بیوماس گیاه را که به دانه اختصاص می‌یابد را نشان می‌دهد، بنابراین شاخصی ازتوانایی گیاه برای اختصاص منابع بین ساختار رویشی و زایشی است (Carruthes *et al*., 2000).

جدول ۴. مقایسه میانگین اثرات اصلی صفات

Table4. Mean comparison of main effects of characteristic

Treatment	تیمار	پروتئین دانه Grain Protein (%)	کمبود آب اشباع (درصد) Saturation water deficit (%)	عملکرد دانه غوزه‌های فرعی (گرم در بوته) Grain yield of sub-boll (gr.plant)	شاخص برداشت غوزه‌های فرعی(درصد) Harvest index of sub-boll (%)	عملکرد بیولوژیکی غوزه‌های فرعی فرعی (گرم دربوته) Biological yield of sub-sub boll (gr.plant)	ارتفاع شاخه دهی (سانتی‌متر) Branching height (cm)
ازتوباکتر *Azotobacter*							
A_0		17.11^{a}	13.39^{c}	32.75^{b}	38.27^{c}	6.35^{b}	36.43^{a}
A_1		17.80^{a}	19.46^{b}	36.41^{ab}	43.19^{b}	13.44^{a}	37.79^{a}
A_2		17.74^{a}	21.64^{a}	38.41^{a}	46.86^{a}	13.91^{a}	37.94^{a}
همزیستی میکوریزا یی Mycorrhizal symbiosis							
M_0		17.66^{a}	16.91^{b}	34.55^{ab}	40.69^{c}	11.27^{b}	39.27^{a}
M_1		17.10^{a}	16.82^{b}	33^{b}	41.81^{bc}	9.76^{b}	36.21^{b}
M_2		17.42^{a}	19.26^{a}	37.22^{ab}	43.49^{ab}	9.72^{b}	36.33^{b}
M_3		18.01^{a}	19.67^{a}	38.66^{a}	45.09^{a}	14.18^{a}	37.75^{ab}

میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترکند اختلاف آماری معنی‌داری در آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means which have at least one common letter are not significantly different at the 5% level using DMRT

A_0وA_1وA_2: به ترتیب عدم تلقیح و تلقیح با ازتوباکتر سویه ۵ و ۱۲

A_0,A_1,A_2 are Non-inoculated and inoculation with *Azotobacter-5* and *Azotobacter-12*

M_0وM_1وM_2 وM_3: به ترتیب عدم تلقیح و تلقیح با سویه گلوموس اینترارادیسیس، گلوموس موسه و مخلوط اینترارادیسیس و موسه

M_0,M_1,M_2,M_3 are Non-inculated and inoculation with *G.intraradices*, *G.mosseae* and mixed *G.intraradices* and *G.mosseae*

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر اصلی ازتوباکتر، قارچ گلوموس بر شاخص برداشت غوزه‌های فرعی درگلرنگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. ولی اثر متقابل ازتوباکتر و قارچ گلوموس بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول سه). در بررسی مقایسه میانگین‌ها، بیش‌ترین شاخص برداشت غوزه‌های فرعی با میانگین ۴۶/۸۶ درصد و کم‌ترین آن با میانگین ۳۸/۲۷ درصد به‌ترتیب مربوط به تیمارهای تلقیح با ازتوباکتر۱۲ و عدم تلقیح با ازتوباکتر بود. همچنین مخلوط سویه *G.intraradices* و *G.mosseae* با

میانگین ۴۵/۰۹ درصد دارای بیش‌ترین و عدم تلقیح با قارچ گلوموس با میانگین ۴۰/۶۹ درصد دارای کم‌ترین شاخص برداشت غوزه‌های فرعی بود (جدول چهار). فراهانی (۱۳۹۰) اظهار داشت که بیش‌ترین شاخص برداشت غوزه فرعی با میانگین ۴۲ درصد با مصرف ۳۰ تن در هکتـار کود دامی و عـدم تلقیـح با ازتوباکتـر و کم‌ترین شاخـص برداشت غوزه فرعی با میانگین ۳۷/۵۶ درصد با مصرف ۱۵ تن در هکتار کود دامی و عدم تلقیح با ازتوباکتر بود.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثرات متقابل صفات

Table5. Mean comparison of interaction effects of characteristic

تیمار Treatment	پروتئین دانه Grain Protein (%)	کمبود آب اشباع (درصد) Saturation water Deficit (%)	عملکرد دانه غوزه های فرعی (گرم در بوته) Grain yield of sub-boll (gr.plant)	شاخص برداشت غوزه های فرعی (درصد) Harvest index of sub-boll (%)	عملکرد بیولوژیکی غوزه های فرعی فرعی(گرم در بوته) Biological yield of sub-sub boll (gr. Plant)	ارتفاع شاخه دهی (سانتی متر) Branching height (cm)
ازتوباکتر×همزیستی میکوریزایی *Azotobacter*×Mycorrhizal symbiosis						
A_0M_0	19.20^{a}	10.90^{f}	28.33^{e}	34.99^{f}	5.50^{f}	39.79^{a-c}
A_1M_0	16.79^{ab}	12.93^{ef}	34.33^{c-e}	38.18^{ef}	50.30^{f}	36.15^{cd}
A_2M_0	17.06^{ab}	14.68^{de}	34.66^{c-e}	38.96^{de}	6.40^{ef}	36.82^{b-d}
A_0M_1	15.39^{b}	15.05^{de}	33.66^{c-e}	40.95^{c-e}	8.23^{d-f}	32.97^{d}
A_1M_1	16.66^{ab}	19.06^{bc}	40.00^{a-c}	42.77^{bc}	16.66^{ab}	41.58^{ab}
A_2M_1	19.05^{a}	20.45^{b}	34.33^{c-e}	42.68^{b-d}	14.00^{bc}	36.38^{b-d}
A_0M_2	16.49^{ab}	18.29^{bc}	32.66^{c-e}	42.12^{b-d}	8.10^{d-f}	36.55^{b-d}
A_1M_2	19.00^{a}	19.95^{b}	38.66^{a-d}	45.17^{b}	15.00^{bc}	36.63^{b-d}
A_2M_2	17.12^{ab}	20.76^{b}	35.33^{b-e}	44.31^{bc}	11.66^{cd}	36.43^{b-d}
A_0M_3	15.47^{b}	17.00c^{d}	30.33^{de}	44.58^{bc}	10.00^{de}	36.9^{cd}
A_1M_3	18.72^{a}	24.80^{a}	44.33^{a}	49.39^{a}	14.66^{bc}	35.61^{cd}
A_2M_3	19.64^{a}	24.02^{a}	43.66^{ab}	49.16^{a}	19.33^{a}	43.65^{a}

میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترکند اختلاف آماری معنی‌داری در آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means which have at least one common letter are not significantly different at the 5% level using DMRT

A_0وA_1وA_2: به ترتیب عدم تلقیح و تلقیح با ازتوباکتر سویه ۵ و ۱۲

A_0,A_1,A_2 are Non-inoculated and inoculation with *Azotobacter-5* and *Azotobacter-12*

M_0وM_1وM_2 وM_3: به ترتیب عدم تلقیح و تلقیح با سویه گلوموس اینترارادیسیس، گلوموس موسه و مخلوط اینترارادیسیس و موسه

M_0,M_1,M_2,M_3 are Non-inculated and inoculation with *G.intraradices*, *G.mosseae* and mixed *G.intraradices* and *G.mosseae*

میرزاخانی و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی اثرات تلقیح دوگانه ازتوباکتر و قارچ گلوموس تحت سطوح نیتروژن و فسفر برکارایی جذب عناصر غذایی در گلرنگ اظهار داشتند در بین سطوح تیمار تلقیح با قارچ گلوموس، بیش‌ترین و کم‌ترین شاخص برداشت دانه، با میانگین ۳۱/۳۲ و ۲۹/۸۵ درصد به‌ترتیب مربوط به تلقیح با قارچ گلوموس و عدم تلقیح با آن قارچ بود. قاسمی و همکاران (Ghasemi *et al.*, 2011) طی آزمایشی، افزایش شاخص برداشت را حدود ۴۵/۵۳ درصد به ازای کاربرد کود زیستی به‌همراه کود شیمیایی نسبت به کاربرد کود شیمیایی به‌تنهایی مشاهده کردند. انواع کودهای آلی و کودهای حیوانی مشاهده شده که بالاترین شاخص برداشت را داشتند با تلفیق این کودها با یکدیگر به‌دست آمده است (Eghbal and Power, 1999).

عملکرد دانه غوزه‌های فرعی

عملکرد اقتصادی (دانه) در تمامی گیاهان زراعی به‌عنوان عامل مهم اقتصادی مطرح می‌باشد. براساس نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر اصلی ازتوباکتر، اثرمتقابل ازتوباکتر و قارچ گلوموس بر عملکرد دانه غوزه‌های فرعی در گلرنگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شدند. ولی اثر اصلی قارچ گلوموس بر عملکرد دانه غوزه‌های فرعی معنی‌دار نشد (جدول سه). در بررسی مقایسه میانگین‌ها، بیش‌ترین عملکرد دانه غوزه‌های فرعی با میانگین ۴۴/۳۳ گرم در بوته و کم‌ترین آن با میانگین ۲۸/۳۳ گرم در بوته به‌ترتیب مربوط به‌تیمارهای A_1M_3 (تلقیح با ازتوباکتر۵ وتلقیح با مخلوط سویه *G.intraradices* و *G.mosseae*) وA_0M_0 (عدم تلقیح با ازتوباکتر و قارچ گلوموس) بود (جدول پنج). در این بررسی به‌نظر می‌رسد که بر اثر تلقیح ازتوباکتر و قارچ گلوموس، روابط مثبت بین گیاه گلرنگ و این حاصل خیزکننده‌ها تقویت گردیده و منجر به افزایش عملکرد دانه غوزه‌های فرعی شده است. اثر تلقیح دوگانه ازتوباکتر و قارچ گلوموس همراه با منابع فسفر بیش‌ترین مقدار گره‌زایی، رشد و عملکرد دانه گیاه را نسبت به سایرتیمارها دارا می‌باشد (Deepali *et al.*, 2003). محققان، بیان نمودند که قارچ گلوموس و باکتری حل کننده فسفات قادرند جذب فسفر را در گیاهان از طریق افزایش فعالیت فسفاتاز ارتقای دادند و در نتیجه باعث جذب بهتر فسفراز خاک توسط هیف‌ها شوند که در نتیجه منجر به رشد و افزایش عملکردگیاه می‌گردد (Bolan *et al.*,1987). رسولی (۱۳۹۰) اظهار داشت که بیش‌ترین عملکرد دانه غوزه فرعی با میانگین ۷۵/۰۶ گرم در بوته و کم‌ترین آن با میانگین ۵۹/۳۵ گرم در بوته مربوط به تیمارهای تلقیح وعدم تلقیح با ازتوباکتر بود. فراهانی (۱۳۹۰) اظهار داشت بیش‌ترین عملکرد دانه غوزه فرعی با میانگین ۵۸/۹۸ گرم در بوته در تیمار تلقیح با ازتوباکتر و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و مصرف ۳۰ تن در هکتار و کم‌ترین عملکرد دانه غوزه فرعی با میانگین ۳۵/۳۱ گرم در بوته در تیمار تلقیح با ازتوباکتر و مصرف ۱۱۲ کیلوگرم در هکتار و مصرف ۳۰ تن کود دامی در هکتار بود. سیفی (۱۳۸۵) و راج و پاتیل (Rooge and Patil, 1997) طی آزمایش‌های جداگانه‌ای افزایش عملکرد دانه گیاهان زراعی مختلف را در اثر تلقیح با کودهای زیستی و مصرف مناسب کودهای شیمیایی مشاهده کردند.

کمبود آب اشباع

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر اصلی ازتوباکتر، قارچ گلوموس و اثر متقابل ازتوباکتر و قارچ گلوموس بر کمبود آب اشباع در گلرنگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). در بررسی مقایسه میانگین‌ها، بیش‌ترین کمبود آب اشباع با میانگین ۲۴/۸۰ درصد و کم‌ترین آن با میانگین ۱۰/۹۰ درصد به ترتیب مربوط به‌تیمارهایA_1M_3 (تلقیح با ازتوباکتر۵ و تلقیح با مخلوط سویه *G.intraradices* و *G.mosseae*) و A_0M_0 (عدم تلقیح با ازتوباکتر و قارچ گلوموس) بود. به‌نظر می‌رسد استفاده از سویه‌های مختلف ازتوباکتر و قارچ گلوموس باعث

افزایش کمبود آب اشباع شد به‌طوری‌که در اکثرگیاهان با کاهش درصد آب موجود در سلول به کم‌تر از ۹۰ درصد تقسیم سلولی متوقف می‌شود. بنابراین با افزایش مقدار کمبود آب اشباع سرعت رشد گیاه افزایش می‌یابد. فراهانی(۱۳۹۰) در بررسی اثرات اصلی ازتوباکتر نشان داد که بیش‌ترین کمبود آب اشباع با میانگین ۲۵/۹۱ درصد و کم‌ترین آن با میانگین ۲۴/۸۴ درصد به‌ترتیب مربوط به‌تیمارهای عدم تلقیح وتلقیح با ازتوباکتر بود. سلول‌های گیاهی زمانی به حداکثر اشباع آبی خواهند رسید که ریشه‌های گیاه هیچ گونه محدودیتی برای جذب آب از زمین نداشته باشند. در نتیجه انتظار می‌رود که بیش‌ترین مقدار کمبود آب اشباع از تیمار تنش آبی شدید به‌دست آید (میرزاخانی، ۱۳۹۰). با افزایش شدت تنش آبی، آب موجود در بافت‌های گیاهی کاهش و در نتیجه مقدار کمبود آب اشباع، افزایش خواهدیافت. سلول‌های گیاهی زمانی به‌حداکثر اشباع آبی خواهندرسید، که ریشه‌های گیاه هیچ گونه محدودیتی برای جذب آب از زمین نداشته باشند (میرزاخانی و سیبی، ۱۳۹۰).

پروتئین دانه

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر اصلی ازتوباکتر، قارچ گلوموس بر درصدپروتئین دانه گلرنگ معنی‌دار نشد، ولی اثر متقابل ازتوباکتر و قارچ گلوموس بردرصد پروتئین دانه گلرنگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول سه). در بررسی مقایسه میانگین‌ها، بیش‌ترین مقدار پروتئین دانه با میانگین ۱۹/۶۴ درصد و کم‌ترین آن با میانگین ۱۵/۳۹ درصد به‌ترتیب مربوط به تیمارهای A_2M_3 (تلقیح با ازتوباکتر۱۲ وتلقیح با مخلوط سویه *G.intraradices* و*G.mosseae*) وA_0M_1 (عدم تلقیح با ازتوباکترو تلقیح با *G.intraradices*) بود (جدول پنج). به‌نظر می‌رسد استفاده از سویه‌های مختلف ازتوباکتر و قارچ گلوموس باعث افزایش درصد پروتئین دانه در گلرنگ شد و احتمالاً اثرات سینرژیستی مثبت بین ازتوباکتر و قارچ گلوموس توانسته است، فعالیت آن دو را در جذب مواد غذایی و توسعه ریشه تشدید نماید. میرزاخانی و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی اثرات تلقیح دوگانه ازتوباکتر و قارچ گلوموس تحت سطوح نیتروژن و فسفر بر کارایی جذب عناصر غذایی در گلرنگ اظهار داشتند تیمار تلقیح با ازتوباکتر با میانگین ۱۲ و تیمار عدم تلقیح با میانگین ۱۱/۲۰ درصد، بیش‌ترین و کم‌ترین درصد پروتئین را به‌خود اختصاص دادند. بنابراین به‌نظر می‌رسد که باکتری‌های ازتوباکتر و قارچ گلوموس با فعالیت خود، توانسته‌اند نیتروژن هوای خاک را تثبیت کنند و در اختیار ریشه‌ها قرار دهند و گیاه با جذب آن ، مقدار ترکیبات پروتئینی بیش‌تری را تولید کرده است. گلوی و گمرکی (۱۳۹۱) اظهار داشتند که محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی از طریق افزایش اجزای عملکرد به‌ویژه تعداد دانه در بوته سبب افزایش عملکرد دانه، روغن و پروتئین گلرنگ گردید. سایر محققان در آزمایشات خود سطوح مختلف نیتروژن (۰ و۵۰ و۱۰۰ و۱۵۰ و۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) را مورد بررسی قرار داد و به این نتیجه رسید که با افزایش عرضه نیتروژن تا ۱۵۰ کیلوگرم درصد پروتئین دانه افزایش می‌یابد، ولی بین سطوح N_{150} وN_{200} اختلاف معنی‌داری مشاهده‌نشد (Giri, 1995.). اثر متقابل قارچ گلوموس و ازتوباکتر تأثیر معنی‌داری را روی درصد پروتئین در ذرت نشان داد، مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که تیمار کاربرد توأم ازتوباکتر و قارچ گلوموس بیش‌ترین درصد پروتئین را به‌خود اختصاص داد و از لحاظ آماری در گروه اول قرار گرفت (امیرآبادی و همکاران، ۱۳۹۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد بالاترین درصد پروتئین در تیمار تلفیقی ۵۰ درصد دامی+۵۰ درصد شیمیایی همراه با کود سبز و بدون استفاده از کودسبز (F_3F_6) به‌دست آمد و کم‌ترین میزان پروتئین دانه از سیستم تغذیه ۱۰۰ درصد دامی حاصل گردید (شوقی کلخوران و همکاران،۱۳۹۰). مهرورز و چایچی (Mehrvarz and Chaichi,. 2008) گزارش کردند که کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ گلوموس به‌صورت منفرد و تلفیقی می‌تواند باعث افزایش قابل

توجه درصد پروتئین دانه و کاهش NDF[1] و افزایش درصد خاکستر علوفه در گیاه جو شود.

نتیجه‌گیری

استفاده توأم از باکتری ازتوباکتر و قارچ گلوموس موجب شد که عملکرد بیولوژیکی غوزه‌های فرعی فرعی، عملکرد دانه غوزه‌های فرعی و درصد پروتئین دانه در گلرنگ افزایش یابد. به‌طوری‌که بیش‌ترین عملکرد دانه غوزه‌های فرعی با میانگین ۴۴/۳۳ گرم در بوته در تیمار A_1M_3 (تلقیح با ازتوباکتر۵ وتلقیح با مخلوط سویه *G. intraradices* و *G.mosseae*) به‌دست آمد. همچنین بیش‌ترین عملکرد بیولوژیکی غوزه‌های فرعی فرعی با میانگین ۵۰/۳۰ گرم در بوته مربوط به تیمار A_2M_3 (تلقیح با ازتوباکتر۱۲ و تلقیح با مخلوط سویه *G.intraradices* و *G.mosseae*) بود، که اختلاف معنی‌داری را نشان داد، ضمن این که همین تیمار در مقدار پروتئین دانه گلرنگ نیز با میانگین ۱۹/۶۴ درصد میزان بالاتری را نشان داد. اثر متقابل باکتری ازتوباکتر و قارچ گلوموس باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع شاخه‌دهی، عملکرد بیولوژیکی غوزه‌های فرعی فرعی، عملکرد دانه غوزه‌های فرعی، کمبود آب اشباع و درصد پروتئین دانه در گلرنگ شدند. بنابراین استفاده از باکتری‌های حل کننده فسفات و قارچ گلوموس به‌عنوان زاد مایه زیستی می‌تواند فسفر قابل جذب خاک را افزایش دهند و به‌استفاده حداقل از کودهای شیمیایی فسفر کمک کنند و در نتیجه آلودگی‌های زیست محیطی را نیز کاهش و اهداف کشاورزی پایدار را محقق سازند.

سپاسگزاری

به این وسیله از همکاری صمیمانه بخش بیولوژی مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور، برای در اختیار گذاشتن مایه تلقیح‌های ازتوباکتر و قارچ گلوموس و دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک (دانشکده کشاورزی) و همچنین ریاست وقت در تهیه ملزومات این تحقیق و راهنمایی‌های مفید، سپاسگزاری می‌نماید.

1- Neutral Detergent Fibers (NDF)

منابع **References**

امیرآبادی، م.، سیفی، م.، رجالی، ف. و اردکانی، م.ر. ۱۳۹۱. بررسی غلظت عناصر معدنی پرمصرف در ذرت علوفه‌ای (*Zea mays* L.) (رقم سینگل کراس۷۰۴) تحت تأثیر تلقیح قارچ‌میکوریزی و*Azotobacter chroococum* در سطوح مختلف نیتروژن. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، جلد ۴. شماره ۱. صفحات ۴۰-۳۳.

پارسایی‌مهر، ح.، علیزاده، ا. و جعفری‌حقیقی، ب. ۱۳۸۷. اثر کودهای بیولوژیک ازتوباکتر و آزوسپریلیوم در کاهش میزان نیتروژن مصرفی و اثرمتقابل آن‌ها با استرپتومایسس در زراعت پایدار گندم، صفحه ۶۶.

سیفی، م. ۱۳۸۵. تعیین کارایی میکوریزا و ازتوباکترتحت تأثیرسطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت علوفه‌ای (KSC704) در استان مرکزی، خلاصه مقالات نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران،۱۱۳ صفحه.

شوقی‌کلخوران، س.، قلاوند، ا. و مدرس‌ثانوی، س.ع.م. ۱۳۹۰. تأثیرکودهای زیستی و سبز (گندم زمستانه) در ترکیب با منبع تلفیقی نیتروژن (شیمیایی- دامی) بر خصوصیات کمی و کیفی آفتابگردان. علوم محیطی. سال نهم، شماره ۲، صفحات ۵۲-۳۵.

رجالی، ف. ۱۳۸۴. مروری اجمالی بر همزیستی میکوریزی (مبانی و کاربرد). موسسه تحقیقات آب وخاک کشور. نشریه فنی شماره ۴۶۸.

گلوی، م. و گمرکی، ح. ۱۳۹۱. ارزیابی محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی آهن، بر و روی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گلرنگ. نشریه بوم شناسی کشاورزی. جلد۴، شماره ۳، صفحات ۲۰۶-۲۰۱.

میرزاخانی، م. ۱۳۹۰. اثر تنش آبی و مصرف زئولیت بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه گلرنگ پاییزه. اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه.

میرزاخانی، م.، و سیبی، م. ۱۳۹۰. تأثیر تنش آبی و مصرف زئولیت بر عملکرد دانه گلرنگ پاییزه در منطقه اراک. مجموعه مقالات همایش ملی دستاوردهای نوین در زراعت. همایش ملی دستاوردهای نوین در زراعت. دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس، شهرقدس، تهران.

ناصری، ف. ۱۳۷۰. دانه‌های روغنی. انتشارات معاونت فرهنگی آستان قدس رضوی. ۸۱۶ صفحه.

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

Bolan, N.S., Robson, A.D., and Barrow, N.J. 1987. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizal on the availabaility of iron phosphats to plants. Plant and Soil. 99:401-410.

Cabello, M., Irrazabal, G., Bucsinszky, A.M., Saparrat, M., and Schalamuck, S. 2005. Effect of an arbuscular mycorrhizal fungus, *G.mosseae* and a rock-phosphate-solubilizing fungus, p.thomii in menthe piperita growth in a soilless medium. J. Basic Microbiol. 45(3): 182-189.

Carruthes, K., Prithiviraj, B., Cloutier, F. D., Martin, R.C., and Smith, D.L. 2000. Intercropping corn with soybean, lupin and forages:yield component responses. European Journal of Agronomy.12:103-115.

Deepali, P., Singh Namita kashyap J.P., and Dwivedi, G.K. 2003. Response of vascular‌arbescular mycorrhiza (VAM), rhizobium and phosphorus source on nodulation, growth and yield of safflower and pea variety. Crop Res. 25(2):333-336.

Eghbal, B., and Power, J.F. 1999. Composted and non-composted manure application to conventional and no-tillage systems:corn yield nitrogen uptake. Agronomy Journal. 91:819-825.

Farahani, E., Mirzakhani, M., and Gomariyan, M.2012. Effect of manure, nitrogen fertilizer and inoculation with *Azotobacter* on agromic and physiological traits in winter safflower. Master Thesis in Agronomy. Islamic Azad University Arak Branch. 95 pages.

George, E., Marshner, H., and Jakobsen, I. 1995. Role of arbuscular mycorrhiza fungi in uptake of phosphorus and nitrogen from soil. Critical Reviews in Biotechnology. 15(3-4):257-270.

Ghasemi, S., Siavashi, K., Chogan, R., Khavazi, K., and Rahmati, E. 2011. Effect of biofertilizer phosphate on grain yield and its components of maize (*Zea mays* L.) CV.KSC704 under water deficit stress conditions. Seed and Plant Production Journal. 27(2):219-233 (In Persian).

Giri, G. 1995. Influence of irrigation and nitrogen on safflower. Indian Journal of Agronomy. 40(2):336-337.

Han, H. S., and Lee, K.D. 2005. Phosphate and potassium solubilizing bacteria effect on mineral uptake, soil availability and growth of eggplant. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences. 1(2):176-180.

Hungria, M., Andrad, D.S., Colozzi-filho, A., and Balota, E.L. 1997. Interacao entre microrganismos do solo, feijoeriroe milhoem onoculture consorcio. Pesquisa Agrogecuaria Brasileira, 32(8):807-818.

Khavazi, K., Asadi Rahmani, H., and Malakouti, M.J. 2005. Necessary of industrial production of biofertilizers in Iran. Sana Press. 440pp.(In Persian).

Mehrvarz, S., and Chaichi, M.R. 2008. Effect of phosphate solubilizing microorganisms and phosphorus chemical fertilizer on forage and grain quality of barly (*Hordeum vulgare* L.). American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 3(6):855-860.

Mirza, M.S., Rasul, G., Mehnaz, S., Ladha, J.K., Ali, S., and Malik, K.A. 2000. Beneficial effects of inoculated nitrogen-fixing bacteria on rice. In:ladha JK,Reddy PM. The quest for nitrogen fixation in rice. International Rice Research Institute, Los Ba-Os, Philippines, pp:191-204.

Mirzakhani, M., Ardakani, M.R., Aeene band, A., Shirani rad, A.H., and Rejali, F. 2009. Effects of co-inoculation of *Azotobacter* and mycorrhiza under nitrogen and phosphorus levels on nutrients absorbtion efficiency in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) .Ph. D Thesis of Agricultural on Agronomy. Islamic Azad University Science and Research Branch-Khouzestan.

Mirzakhani, M., Ardakani, M.R., Rejali, F., Shirani rad, A.H., and Aeene band, A. 2010. Evaluation of seed twofold inoculation by fungi *Glomus intraradices* mycorrhiza and *Azotobacter chorococum* with varius nitrogen and phosphorus levels use on oil yield some of traits in safflower. Journal of Agronomy and Plant Breeding. 6(1):75-87.

Naseri, R. and Mirzaei, A. 2010. Response of yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seed inoculation with *Azotobacter* and *Azospirillum* and different nitrogen levels under dry land conditions. American-Eurasian J. Agric. and Environ. Sci., 9(4):445-449.

Ngwene, B., George, E., Claussen, W., and Neumann, E. 2010. Phosphorus uptake by cowpea plants from sparingly available or soluble sources as affected by nitrogen form and arbuscular-mycorrhiza-fungal inoculation. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 173(3):353-359.

Rahamatalla, A.B., Babied, E.E., Krishna, A.G., and Tina, A.H.E. 2001. Changes in fatty acids composition during seed growth and hysiocochemical characterstics of oil extracted from four safflower cultivars. Plant Foods for Human Nutrition. 56:385-395.

Rasouli, S., Mirzakhani, M., and Sajedi, N.A. 2011. Effect of *Azotobacter*, manure and nitrogen application on yield and yield component of winter safflower. Master Thesis in Agronomy. Islamic Azad University Arak Branch. 173 pages.

Rejesus, R.M., and Hornbaker, R.H. 1999. Economic and environmental evaluation of alternative pollution-reducing nitrogen management practices in centrical III inois. Agriculture, Ecosystems & Environment. 75(1-2):41-53.

Rooge, R.B., and Patil, V.C. 1997. Effect of sources of phosphorus with microbial inoculants on soybean. Karnataka Journal of Agricultural Sciences. 10(4):946-952.

Stocker, O. 1992. Das wasserdefizit von GefaBpflanzen in verschiedenen klima-zonen. Planta 7:382-386.

Zarea, M.J., Ghalavand, A., Goltapeh, M.E., and Rejali, F. 2008. Green manure, mycorrhiza and soil fertility. American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture. 2(3):249-299.

Zarea, M.J., Ghalavand, A., Goltapeh, M.E., and Rejali, F. 2009. Effect of mixed cropping, earth worms, and arbuscular mycorrhizal fungi on plant yield, mycorrhizal colonization rate, soil microbial biomass, and nitrogenase activity of free living bacteria. Pedobiologia 52(4):223-235.

Zarea, M.J., Ghalavand, A., Goltapeh, M.E., and Rejali, F. 2009. Interaction of mycorrhiza, earth and rhizobium on growth of annual medic under light stress. Journal of Agricultural Technology 5(2):249-259.

Zarea, M.J., Ghalavand, A., Goltapeh, M.E., and Rejali, F. 2009. Role of clover species and AM fungi on forage yield, nutrient uptake, nitrogenase activity and soil microbial biomass. Journal of Agriculture Technology. 5(2):337-347.

Zheng, N., Futang, C., Xinchun, S., and Yancai, W. 1993. Path analysis of correlated characters on flower yield of safflower. Thied Int. Safflower Conf., Bijing, China, pp:582-588.