اثر تلقیح با گونه‌های میکوریزا و ازتوباکتر کروکوکوم بر مراحل فنولوژی و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.)

هادی خاوری* **و قدرت‌اله شاکرمی**

* گروه کشاورزی، زراعت، واحد خرم آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم آباد، ایران

نویسنده مسئول: 2006.khavari.hadi@gmail.com

چکیده

به منظور ارزیابی اثر کودهای زیستی میکوریزا و ازتوباکتر بر مراحل فنولوژی و عملکرد دانه ژنوتیپ-های لوبیا قرمز، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۱۳۹۵ در منطقه بیران‌شهر لرستان اجرا شد. تیمارها شامل تلقیح با میکوریزا آربسکولار گونه‌های (*Glomus etunicatum, G. Intraradices, G. mossea*) در دو سطح (تلقیح و بدون تلقیح) ، مایه‌زنی با (*Azotobacter chroococcum* Strain 15) در دو سطح (مایه‌زنی و عدم مایه‌زنی) و ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز شامل (توده بیران‌شهر، ارقام اختر و گلی) بودند. نتایج نشان داد که اثر ازتوباکتر بر روز تا پر شدن دانه‌ها، اثر دوگانه میکوریزا×ژنوتیپ بر روز تا تشکیل غلاف و روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی و اثر سه‌گانه ازتوباکتر×میکوریزا×ژنوتیپ بر عملکرد دانه از نظر آماری مثبت و معنی‌دار گردید. بیشترین عملکرد دانه (۲۹۸۱/۹۰ کیلوگرم در هکتار) از اثر توأم مایه‌زنی ازتوباکتر×تلقیح میکوریزا×رقم گلی با فرم بوته رونده و رشد نامحدود به‌دست آمد. همچنین بیشترین درصد وابستگی و پاسخ میکوریزایی به ترتیب (۱۳/۴۹ و ۱۵/۵۹٪) در تیمار مایه‌زنی ازتوباکتر در تلقیح میکوریزا در رقم گلی و کمترین وابستگی و پاسخ میکوریزایی به ترتیب (۳/۴۳ و ۳/۵۶٪) در تیمار مایه‌زنی ازتوباکتر در تلقیح میکوریزا در رقم اختر به دست آمد. نتایج نشان داد که همزیستی میکوریزایی یا به عبارتی وابستگی میکوریزایی این امکان را برای گیاهان میزبان فراهم می‌سازد تا با توسعه ریشه‌ها به سطح بیشتری از خاک دسترسی پیداکرده و با گسترش سطح جذب شبکه‌های هیفی ریشه، جذب آب و عناصر غذایی را بهبود بخشیده و درنهایت سبب افزایش رشد و عملکرد گیاهان میکوریزایی گردد.

واژه‌گان کلیدی: رشد زایشی، وابستگی میکوریزایی، پاسخ میکوریزایی، لوبیا قرمز

مقدمه

لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) از خانواده بقولات (*Legominise*) است. دانه این گیاه با داشتن ۲۲ درصد پروتئین، ۶۲ درصد نشاسته و ۲ درصد چربی، جایگاه مهم و عمده‌ای در سبد غذایی و تغذیه انسان‌ها دارد و جزء اصلی رژیم غذایی بسیاری از مردم دنیا محسوب می‌گردد (Mcclean *et al*., 2004). امروزه برای تغذیه گیاهان مقدار زیادی کودهای شیمیایی به‌ویژه نیتروژن و فسفر مصرف می‌شود که علاوه بر تخریب محیط‌زیست عوارض زیادی برای سلامت انسان‌ها و دیگر موجودات زنده به همراه دارد (Garrity *et al*., 2005). مصرف بیش‌ازحد کودهای شیمیایی سبب تغییر میزان اسیدیته خاک، به هم خوردن تعادل ریزجانداران و گیاهان بومی خاک و تعادل عناصر غذایی محلول و قابل‌جذب گیاه در خاک می‌شود (Mahajan and Gupta, 2009). زیان‌های اقتصادی و زیست‌محیطی ناشی از مصرف زیاد و مستمر کودهای شیمیایی در کشاورزی در سطح جهانی شناخته‌شده است (Abbott and Murphy, 2007). ازاین‌رو مشکلات زیست‌محیطی ناشی از کاربرد کودهای شیمیایی و هزینه‌های تولید این کودها، تجدیدنظر در روش‌های تولید و افزایش عملکرد محصولات زراعی را ضروری ساخته است (Naghavi Maremati *et al*., 2007). از طرفی به‌کارگیری ریزجانداران مفید خاک‌زی تحت عنوان کودهای زیستی به‌عنوان طبیعی‌ترین و مطلوب‌ترین راه‌حل برای زنده و فعال نگه‌داشتن سیستم حیاتی خاک در بوم نظام‌های زراعی مطرح است (Saleh Rastin, 2001). کودهای زیستی در حقیقت ماده‌ای شامل انواع مختلف ریز موجودات آزاد زی بوده (Vessey, 2003) که توانایی تبدیل عناصر غذایی اصلی موجود در خاک را از فرم غیرقابل‌دسترس برای گیاه به فرم قابل‌دسترس طی فرآیندهای بیولوژیکی داشته و منجر به توسعه سیستم ریشه‌ای و جوانه‌زنی بهتر بذرها می‌شوند (Rajendran and Devaraj, 2004). از جمله این ریزجانداران مفید خاک‌زی می‌توان به گونه‌های مختلف قارچ میکوریزا آربسکولار (Arbuscular Mycorrhizal) و باکتری‌های محرک رشد گیاه (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria: PGPR) به‌ویژه ازتوباکتر کروکوکوم (*Azotobacter chroococcum*) اشاره نمود (Kokalis-Burelle *et al*., 2002; Lekberg *et al*., 2013). قارچ‌های میکوریزا آربسکولار از مهم‌ترین ریزجانداران خاک‌زی همزیست با ۹۰ درصد از گونه‌های مختلف گیاهی هستند که به یک راسته (Monophyletic phylum) با نام علمی *Glomero mycota* متعلق می‌باشند (Schussler *et al*., 2001). ازتوباکتر کروکوکوم متعلق به خانواده *Azotobacteracea* و از مهم‌ترین باکتری‌های آزادزی-

خاک‌زی و هتروتروف می‌باشد که علاوه بر تثبیت نیتروژن ملکولی موجود در اتمسفر از طریق افزایش تحرک و قابلیت جذب عناصر غذایی و تولید فیتوهورمون‌ها موجب بهبود شرایط تغذیه و رشد گیاهان زراعی می‌شود (Mrkovacki and Milic, 2001). بسیاری از پژوهشگران به نقش مثبت کودهای زیستی حاوی بر خصوصیات کمی، کیفی، رشد و عملکرد گیاهان زراعی اشاره‌کرده‌اند. این ریز جانداران مفید خاک‌زی می‌توانند از طریق توسعه‌ی سیستم ریشه‌ای، بهبود جذب و انتقال عناصر غذایی، تولید متابولیت‌ها، هورمون‌های گیاهی (اکسین، جیبرلین و سیتوکنین)، امکان افزایش رشد و عملکرد گیاهان زراعی را فراهم کنند (Benabdellah *et al*., 2011; Latef and Chaoxing, 2010). اردکانی و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی تلقیح قارچ میکوریزا آربسکولار گونه (*Glomus mosseae*) بر روی چهار رقم (بی‌نام، علی کاظمی، حسن سرایی و طارم هاشمی) گیاه برنج (*Oryza sativa* L.) دریافتند که همزیستی میکوریزایی اثر مثبت و معنی‌داری را بر صفات عملکرد و اجزای عملکرد، ارتفاع بوته، وزن ریشه و درصد همزیستی پس از برداشت ارقام برنج داشت.

همچنین به‌کارگیری قارچ میکوریزا به دلیل افزایش جذب آب، مواد غذایی و انتقال بهتر این مواد در اندام گیاهی و همچنین افزایش کارایی فتوسنتز گیاه، باعث افزایش شاخص‌های مورفولوژی و زراعی گیاه سورگوم (*sorghum bicolor*) شد (حمزه‌ئی و می‌آبادی، ۱۳۹۲). ابطحی و همکاران (۱۳۹۳) گزارش نمودند که مقادیر کود نیتروژنِ و باکتری‌های محرک رشد PGPR ، تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه، وزن صد دانه، تعداد دانه در بوته، ارتفاع بوته و تمامی پارامترهای پر شدن دانه گیاه سویا (*Glycine max* L.) دارد. دیگر پژوهشگران عنوان کردند که تلقیح بذر ارقام گندم دیم (*Triticum aestivum* L.) با ازتوباکتر و قارچ میکوریزا سبب افزایش عملکرد اقتصادی این گیاه به میزان ۳۹/۴٪ می‌گردد (امرایی و همکاران، ۱۳۹۵).

محمدزاده و همکاران (۱۳۹۱) در یک پژوهش عنوان کردند که تلقیح بذر ارقام لوبیا قرمز (اختر و صیاد) با باکتری‌های محرک رشد گیاهی (ازتوباکتر کروکوکوم و سودوموناس پوتیدا) عملکرد را نسبت به تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد. این پژوهشگران همچنین عنوان کردند که استفاده از باکتری‌های محرک رشد گیاهی مانند سودوموناس پوتیدا و ازتوباکتر کروکوکوم می‌توانند در استقرار بهتر گیاهچه و افزایش عملکرد لوبیا مفید واقع شود. با توجه به بررسی‌های انجام شده، این آزمایش با هدف مشاهده تغییرات در مراحل رشد و نمو ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز در شرایط تلقیح میکوریزا و مایه‌زنی ازتوباکتر نسب

به روش‌های کشت مرسوم این گیاه در منطقه بیرانشهر لرستان طراحی و اجرا شد.

مواد و روش ها

به منظور ارزیابی اثر کودهای زیستی میکوریزا و ازتوباکتر بر مراحل فنولوژی و عملکرد دانه ژنوتیپ-های لوبیا قرمز، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۴– ۹۵ در مزرعه‌ای واقع روستای سراب مُلکی از توابع منطقه بیرانشهر استان لرستان با عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۶۵۳ متر از سطح دریا، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی شامل تلقیح بذر با گونه‌های قارچ میکوریزا آربسکولار M (*Glomus etunicatum*, *G. Intraradices, G. mossea*) در دو سطح (تلقیح m_1 و بدون تلقیح m_2)، مایه‌زنی با باکتری ازتوباکتر کروکوکوم A (*Azotobacter chroococcum* Strain 15) در دو سطح (مایه‌زنی a_1 و عدم مایه‌زنی a_2) و ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز شامل توده بیرانشهر (فرم بوته رونده و رشد نامحدود V_1)، اختر (فرم بوته ایستاده، رشد محدود و کلاس تجارتی آن Light Red Kidney V_2) و گلی (فرم بوته رونده، رشد نامحدود و کلاس تجاری V_3 Red Mexican) بودند. زمین محل اجرای آزمایش در سال زراعی قبل آیش بود. قبل از انجام آزمایش جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از عمق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش نمونه‌برداری انجام شد. خصوصیات خاک محل انجام آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱ - خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش

Table 1. Soil physical and chemical characteristics of experimental field

بافت خاک Soil Texture	رس Clay	لای Silt	شن Sand	مس Cu	روی Zn	منگنز Mg	آهن Fe	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N	کربن آلی O.C	هدایت الکتریکی EC ($ds.m^{-1}$)	اسیدیته pH	عمق Depth (cm)
		(٪)		($mg.kg^{-1}$)						(٪)	(٪)			
سیلت رسی لوم	37	58	5	0.84	0.97	6.12	3.47	210	4.6	0.08	0.98	0.63	7.65	0-30
Silt Clay Loam	35	58	7	0.55	0.92	4.54	2.81	150	2.4	0.07	0.73	0.58	7.71	30-60

کود زیستی میکوریزا آربسکولار با پتانسیل ۱۰۰ پروپاگول در هر گرم، از گونه‌های مختلف (*Glomus etunicatum, G. Intraradices, G. mossea*) با نام تجاری مایکوروت از شرکت زیست فناور پیشتاز واریان (دانش‌بنیان)، باکتری ازتوباکتر کروکوکوم (*Azotobacter chroococcum* strain 15) با تراکم جمعیت (۵×۱۰^{۸} CFU بر گرم به ازای هر میلی‌لیتر) از مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور (بخش تحقیقات بیولوژی خاک) و بذور ژنوتیپ‌های لوبیا از پردیس تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان بروجرد تهیه گردید.

به‌منظور آماده‌سازی بستر کاشت و بهره‌گیری از مزایای شخم پائیزه، زمین موردنظر توسط گاوآهن برگردان دار در پائیز سال ۱۳۹۴ یک‌بار و پس از مساعد شدن هوا و گاو رو شدن زمین در اواخر اردیبهشت‌ماه سال ۱۳۹۵ یک‌بار شخم زده شد. واحدهای آزمایشی با ابعاد ۵×۲/۵ متر و جوی و پشته‌ها با عرض ۵۰ سانتی‌متر ایجاد شد. فاصله بین واحدهای آزمایشی یک متر و بین بلوک‌ها دو متر در نظر گرفته شد. به‌منظور کاشت بذور با توجه به شرایط حساس جوانه‌زنی گیاه لوبیا آبیاری پیش از کاشت انجام شد. پس از گذشت پنج روز با گاو رو شدن زمین، بذور در تاریخ ۱۴ خرداد ۱۳۹۵ به روش هیرم‌کاری (نم کاری)، به‌صورت دستی در خطوطی با طول پنج متر با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر، فاصله بوته‌ها روی ردیف پنج سانتی‌متر و با تراکم ۴۰ بوته در مترمربع در عمق پنج تا شش سانتی‌متری خاک کشت شد. ماده تلقیح قارچ میکوریزا آربسکولار به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. به این صورت که پس از ایجاد شیار مقدار مشخص‌شده از ماده تلقیح در طول خط کاشت و با عمق دو سانتی‌متری زیر بذور ریخته شد سپس روی آن با خاک پوشانده شد. مایه‌زنی با مایه تلقیح مایع ازتوباکتر کروکوکوم در سایه انجام گردید. به‌منظور مایه‌زنی بذرها، قبل از کاشت میزان بذر موردنیاز محاسبه و در داخل ظروف پلاستیکی ریخته شد. سپس برای چسبندگی بیشتر با سلول‌های باکتری، با مایع صمغ عربی به نسبت ۲۰ میلی‌لیتر به ازای هر کیلوگرم بذر آغشته شدند. مایه تلقیح مایع به نسبت ۵۰ میلی‌لیتر برای هر کیلوگرم بذر اضافه شد و برای تکمیل مایه‌زنی به‌طور کامل مخلوط شد و درنهایت بذرها پس از گذشت مدت ۳۰ دقیقه با خشک شدن نسبی کشت شدند. اولین آبیاری پس از خروج جوانه‌ها و استقرار کامل گیاهچه‌ها در ۱۴ روز پس از کاشت انجام شد، مراحل بعدی آبیاری با توجه به شرایط اقلیمی منطقه هر هفت روز یک‌بار با حجم آبیاری معمول و میانگین تعداد دفعات آبیاری تا پایان فصل رشد ۱۶ مرحله بود. با توجه به اهداف توسعه پایدار در کشاورزی مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت وجین دستی در دو مرحله قبل از شروع گلدهی و در زمان گلدهی کامل بوته‌ها انجام شد. همچنین در مراحل رشد بوته‌ها از هیچ‌گونه نهاده شیمیایی شامل آفت‌کش و قارچ‌کش استفاده نشد. مراحل فنولوژی شامل روز تا تشکیل غلاف، روز تا پر شدن دانه‌ها و روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی با محاسبه تعداد روزها از کاشت تا زمانی که ۵۰ درصد از بوته‌های هر واحد آزمایشی علائم ورود به هر یک از مراحل را نشان دادند، انجام شد. در پایان فصل رشد، برداشت محصول با در نظر گرفتن اثر حاشیه (حذف دو خط کناری و ۵۰ سانتی‌متر از بالا و پایین هر خط کاشت) در سطح پنج مترمربع انجام و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. به‌منظور برآورد صفات درصد وابستگی میکوریزایی و

درصد پاسخ رشد میکوریزایی نیز از معادله‌های زیر استفاده شد (جیریایی و همکاران، ۱۳۹۳).

$$\text{وابستگی میکوریزایی (٪)} = \frac{\text{وزن خشک بوته غیر میکوریزایی} - \text{وزن خشک بوته میکوریزایی}}{\text{وزن خشک بوته میکوریزایی}} \times ۱۰۰$$

$$\text{پاسخ میکوریزایی (٪)} = \frac{\text{وزن خشک بوته غیر میکوریزایی} - \text{وزن خشک بوته میکوریزایی}}{\text{وزن خشک بوته غیر میکوریزایی}} \times ۱۰۰$$

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS Ver 9. 1. 3 تجزیه واریانس گردید و مقایسه میانگین تیمارهای مورد بررسی نیز با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2016 استفاده گردید.

نتایج و بحث

تعداد روز تا تشکیل غلاف

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر اصلی ژنوتیپ در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل دوجانبه میکوریزا در ژنوتیپ در سطح احتمال ۵٪ بر صفت طول دوره تشکیل غلاف گیاه لوبیا معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با کاربرد کود زیستی میکوریزا، تعداد روز تا تشکیل غلاف در ژنوتیپ‌های لوبیا افزایش یافت. بررسی اثر متقابل میکوریزا در ژنوتیپ بر تعداد روز تا تشکیل غلاف نشان داد که تلقیح با کود زیستی میکوریزا آربسکولار تفاوت معنی‌داری را در طول دوره تشکیل غلاف ژنوتیپ‌های لوبیا در مقایسه با بوته‌های بدون تلقیح این گیاه ایجاد کرد. تشکیل غلاف در تیمار تلقیح میکوریزا در توده بیرانشهر، ارقام اختر و گلی به ترتیب (۴۵/۹۱، ۴۳/۴۰ و ۵۷/۹۵٪) نسبت به تیمار بدون تلقیح با کود زیستی میکوریزا آربسکولار (۴۱/۹۸، ۴۱/۴۵ و ۵۳/۵۷٪) به ترتیب به میزان ۹/۳، ۴/۷ و ۸/۱٪ افزایش داشت (جدول ۴). به نظر می‌رسد که حضور کود زیستی میکوریزا از طریق بهبود خصوصیات خاک مانند محتوای ماده آلی و افزایش دسترسی به عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) و همچنین عناصر ریزمغذی، سبب تغییر در شاخص‌های مورفوفیزیولوژیکی گیاه لوبیا به‌ویژه مراحل رشد زایشی ازجمله طول دوره تشکیل غلاف در این گیاه می‌شود (Berta *et al*., 2002). در این رابطه نتایج پژوهش محمدی و همکاران (۱۳۹۲) نیز به افزایش شاخص‌های رشد، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و همچنین افزایش وزن خشک اندام هوایی در مراحل مختلف رشد (گلدهی، غلاف‌دهی و پر شدن دانه) گیاه نخود

(*Cicer arietinum* L.) رقم هاشم با به‌کارگیری کود زیستی میکوریزا آربسکولار اشاره داشت که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر ازتوباکتر، میکوریزا و ژنوتیپ بر مراحل فنولوژی و عملکرد دانه لوبیا قرمز

Table 2. Analysis of variance effect of Azotobacter, Mycorrhiza and Genotypes on Seed yield and Phenological Phases of Red Bean

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (meain square)			
		روز تا تشکیل غلاف day to pod formation	روز تا پر شدن دانه‌ها day to grain filling	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک days to maturity	عملکرد دانه Seed Yield
تکرار Block	3	20.18 ns	20.05 ns	9.95 ns	26935 ns
ازتوباکتر Azotobacter	1	7.18 ns	236.29 **	3.41 ns	619845 **
میکوریزا Mycorrhiza	1	3.01 ns	36.22 ns	3.63 ns	2169257 **
ژنوتیپ Genotype	2	852.51 **	776.80 **	870.86 **	3493215 **
ازتوباکتر×میکوریزا Azotobacter* Mycorrhiza	1	10.80 ns	70.32 ns	16.56 ns	151727 ns
ازتوباکتر× ژنوتیپ Azotobacter* Genotype	2	8.80 ns	10.77 ns	4.61 ns	75924 ns
میکوریزا× ژنوتیپ Mycorrhiza * Genotype	2	75.21 *	45.45 ns	77.43 *	120541 ns
ازتوباکتر×میکوریزا× ژنوتیپ Azotobacter* Mycorrhiza* Genotype	2	60.59 ns	17.45 ns	38.28 ns	1673 *
خطا Error	33	22.96	20.56	25.94	95415
C.V (%)	-	10.11	6.15	5.17	15.87

ns, *, ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ns, nonsignificant; *, significant at P≤0.05; **, significant at P≤0.01.

تعداد روز تا پر شدن دانه‌ها

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر اصلی ازتوباکتر و ژنوتیپ در سطح احتمال ۱٪ بر طول دوره پر شدن دانه معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که مایه‌زنی بذر با ازتوباکتر کروکوکوم سبب افزایش سرعت پر شدن دانه در مقایسه با تیمار شاهد (عدم مایه‌زنی با ازتوباکتر) شد. تعداد روز تا پر شدن دانه در تیمار مایه‌زنی با ازتوباکتر (۷۵/۸۴ روز) در مقایسه با تیمار شاهد (۷۱/۴۰ روز) به دست آمد که به میزان ۶/۲٪ افزایش داشت (جدول ۳). به نظر می‌رسد که به‌کارگیری باکتری‌های محرک رشد گیاه (ازتوباکتر کروکوکوم) در زراعت گیاه لوبیا می‌تواند از طریق افزایش میزان آسیمیلاسیون، موجب بالا رفتن نقل‌وانتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها شده و درنهایت سبب افزایش سرعت در روند پر شدن دانه‌ها گردید (سیدشریفی و همکاران، ۱۳۹۵). سرعت پر شدن دانه در بین ژنوتیپ‌های موردمطالعه نیز دارای تفاوت بود.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین تعداد روز تا پر شدن دانه مربوط در رقم گلی (۷۶/۸۱ روز) و کمترین آن در رقم اختر (۶۵/۶۳ روز) به دست آمد (جدول ۳). این تفاوت در مراحل رشد و نمو بوته‌ها را می‌توان به خصوصیات ژنتیکی و فرم رویشی بوته‌های ژنوتیپ‌های مختلف گیاه لوبیا نسبت داد. دیگر پژوهشگران نیز گزارش نمودند که تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد (ازتوباکتر کروکوکوم سویه ۵، آزوسپریلیوم لیپوفروم سویه OF و سودوموناس پوتیدا با سویه‌های ۴ و ۱۱) سبب افزایش طول دوره و سرعت پر شدن دانه در مقایسه با شاهد می‌شود. این پژوهشگران بیان داشتند که بالاترین عملکرد، اجزای عملکرد، سرعت و طول دوره پر شدن دانه گیاه گندم در تیمار مایه‌زنی بذر با ازتوباکتر در کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کمترین آن‌ها در عدم مایه‌زنی بذر با کودهای زیستی و عدم مصرف نیتروژن به دست آمد (سیدشریفی و همکاران، ۱۳۹۵) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی

طولانی‌تر شدن دوره رشد گیاهان زراعی با رعایت تاریخ کاشت مناسب و عدم برخورد با شرایط نامساعد جوی در پایان فصل رشد می‌تواند شرایط را برای افزایش رشد و عملکرد گیاهان زراعی فراهم کند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی ژنوتیپ در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل دوجانبه میکوریزا در ژنوتیپ در سطح احتمال ۵٪ بر تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک گیاه لوبیا معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل دوجانبه میکوریزا در ژنوتیپ بر صفت تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک نشان داد که بیشترین تعداد روز تا رسیدگی (۱۰۸/۹۲ روز) در تیمار تلقیح میکوریزا در رقم گلی و همچنین کمترین مقدار این صفت (۹۷/۱۷ روز) در تیمار بدون تلقیح میکوریزا در رقم گلی به دست آمد (جدول ۴). به نظر می‌رسد که تلقیح بذر گیاه لوبیا توانست از طریق افزایش تولید اندام‌های فتوسنتز کننده، افزایش تولید و ذخیره بهینه آسیمیلات‌ها (مواد فتوسنتزی) و تداوم بیشتر فعالیت اندام‌های فتوسنتزی توان بیشتری در تولید دانه‌هایی با ذخیره آندوسپرمی داشته باشد و در مقایسه با تیمار عدم استفاده از میکوریزا آربسکولار تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی را به میزان ۱۲٪ افزایش دهد که این افزایش درنهایت سبب رشد بهتر بوته‌ها و افزایش عملکرد شد (جیریایی و همکاران، ۱۳۹۳). در این رابطه محمدی و همکاران (۱۳۹۲) نیز افزایش معنی‌دار شاخص‌های رشد (شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ، تجمع ماده خشک و پر شدن دانه) را در زراعت گیاه نخود با تلقیح میکوریزا گزارش نمودند که با نتایج این آزمایش همخوانی دارد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر اصلی تیمارها بر مراحل فنولوژی و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز

Table 3. Mean comparison of main effect factors on Seed yield and Phenological Phases of Red Bean Genotypes

تیمارها Treatment	روز تا تشکیل غلاف day to pod formation	روز تا پر شدن دانه‌ها day to grain filling	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک days to maturity	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed Yield (kg.ha^{-1})
A_1	46.99 ^{a}	75.84 ^{a}	98.10 ^{a}	2058.92 ^{a}
A_2	47.76 ^{a}	71.40 ^{b}	98.63 ^{a}	1831.65 ^{a}
M_1	47.63 ^{a}	72.75 ^{a}	98.64 ^{a}	2157.87 ^{a}
M_2	47.12 ^{a}	74.49 ^{a}	98.09 ^{a}	1732.70 ^{b}
V1	43.95 ^{b}	78.42 ^{a}	94.90 ^{b}	1643.15 ^{b}
V2	42.42 ^{b}	65.63 ^{b}	93.36 ^{b}	1709.23 ^{b}
V3	55.76 ^{a}	76.81 ^{a}	106.84 ^{a}	2483.47 ^{a}

در هر ستون و برای هر تیمار میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند

A_1 و A_2 به ترتیب مایه‌زنی و عدم مایه‌زنی با ازتوباکتر کروکوکوم

M_1 و M_2 به ترتیب تلقیح و بدون تلقیح با میکوریزا آربسکولار

V_1، V_2 و V_3 به ترتیب توده بیرانشهر، ارقام اختر و گلی

Means in each column and for each treatment followed by similar letter(s) have not significantly different at 5% probability level.
A_1 and A_2, with and without apply *Azotobacter chroococcum*, respectively.
M_1 and M_2, with and without apply *Arbuscular Mycorrhiza*, respectively.
V_1, V_2 and V_3, landrace beiran shahr, Akhtar Variety and Goli Variety, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل دوجانبه تیمارها بر مراحل فنولوژی و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز

Table 4. Mean comparison of two factors interaction effect on Seed yield and Phenological Phases of Red Bean Genotypes

تیمارها Treatment	روز تا تشکیل غلاف day to pod formation	روز تا پر شدن دانه‌ها day to grain filling	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک days to maturity	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed Yield (kg.ha^{-1})
A_1M_1	46.76 ^{d}	76.18 ^{a}	97.79 ^{c}	2327.73 ^{a}
A_1M_2	47.21 ^{b}	75.50 ^{b}	98.41 ^{b}	1790.11 ^{b}
A_2M_1	48.49 ^{a}	69.32 ^{d}	99.50 ^{a}	1988.01 ^{ab}
A_2M_2	47.04 ^{c}	73.48 ^{c}	97.77 ^{d}	1675.28 ^{b}
A_1V_1	44.35 ^{c}	80.48 ^{a}	95.20 ^{c}	1793.82 ^{b}
A_1V_2	41.35 ^{f}	68.73 ^{e}	92.60 ^{f}	1743.39 ^{b}
A_1V_3	55.27 ^{b}	78.30 ^{b}	106.51 ^{b}	2639.56 ^{a}
A_2V_1	43.55 ^{d}	76.36 ^{c}	94.60 ^{d}	1492.48 ^{b}
A_2V_2	43.50 ^{e}	62.52 ^{f}	94.13 ^{e}	1675.07 ^{b}
A_2V_3	56.25 ^{a}	75.32 ^{d}	107.17 ^{a}	2327.38 ^{a}
M_1V_1	45.91 ^{c}	76.50 ^{c}	108.92 ^{a}	1866.04 ^{c}
M_1V_2	43.40 ^{d}	63.87 ^{f}	94.00 ^{d}	1830.33 ^{c}
M_1V_3	57.95 ^{a}	77.88 ^{b}	104.76 ^{b}	2777.24 ^{a}
M_2V_1	41.98 ^{e}	80.35 ^{a}	92.62 ^{f}	1420.26 ^{d}
M_2V_2	41.45 ^{f}	67.38 ^{e}	92.73 ^{e}	1588.13 ^{cd}
M_2V_3	53.57 ^{b}	75.73 ^{d}	97.17 ^{c}	2189.70 ^{b}

در هر ستون و برای هر تیمار میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند

A_1 و A_2 به ترتیب مایه‌زنی و عدم مایه‌زنی با ازتوباکتر کروکوکوم

M_1 و M_2 به ترتیب تلقیح و بدون تلقیح با میکوریزا آربسکولار

V_1، V_2 و V_3 به ترتیب توده بیرانشهر، ارقام اختر و گلی

Means in each column and for each treatment followed by similar letter(s) have not significantly different at 5% probability level.
A_1 and A_2, with and without apply *Azotobacter chroococcum*, respectively.
M_1 and M_2, with and without apply *Arbuscular Mycorrhiza*, respectively.
V_1, V_2 and V_3, landrace beiran shahr, Akhtar Variety and Goli Variety, respectively.

درصد وابستگی میکوریزایی و درصد پاسخ میکوریزایی

وابستگی میکوریزایی خصوصیتی است که به میزان وابستگی گیاه به درصد کلونی‌زایی ریشه‌های میکوریزایی اشاره دارد و کمیت آن به‌وسیله پاسخ رشد گیاه میزبان (پاسخ رشد میکوریزایی) محاسبه می-شود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بیشترین وابستگی و پاسخ میکوریزایی به ترتیب (۱۳/۴۹ و ۱۵/۵۹٪) در تیمار مایه‌زنی ازتوباکتر در تلقیح میکوریزا در رقم گلی و کمترین وابستگی و پاسخ میکوریزایی به ترتیب (۳/۴۳ و ۳/۵۶٪) در تیمار مایه‌زنی ازتوباکتر در تلقیح میکوریزا در رقم اختر به دست آمد (جدول ۵). همزیستی میکوریزایی یا به عبارتی وابستگی میکوریزایی این امکان را برای گیاهان میزبان فراهم می‌سازد تا با توسعه ریشه‌ها به سطح بیشتری از خاک دسترسی پیداکرده و با گسترش سطح جذب شبکه‌های هیفی ریشه، جذب آب و عناصر غذایی را بهبود بخشیده و درنهایت سبب افزایش رشد و عملکرد گیاهان میکوریزایی گردد (Sharma, 2002). به نظر می‌رسد که به‌کارگیری کودهای زیستی میکوریزا و ازتوباکتر از طریق بهبود وضعیت غذایی بوته‌ها سبب افزایش معنی‌دار درصد وابستگی و پاسخ میکوریزایی گیاه لوبیا گردید. به‌طوری‌که وابستگی میکوریزایی گیاه لوبیا به مایه‌زنی با ازتوباکتر و تلقیح با قارچ میکوریزا، بیشتر از شرایط عدم مایه‌زنی ازتوباکتر و بدون تلقیح میکوریزا بود. امیدی و همکاران (۱۳۹۳) گزارش نمودند که مایه‌زنی با ازتوباکتر (سویه ۵) و تلقیح هم‌زمان با قارچ میکوریزا گونه‌های (*G. intradices* و *G. mosseae*) اثر معنی‌داری بر وابستگی میکوریزایی گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) داشت. این محققین بیان داشتند که بیشترین وابستگی میکوریزایی با میانگین (۶۰/۳۴٪) در تیمار کاربرد توأم میکوریزا در ازتوباکتر و کمترین وابستگی میکوریزایی با میانگین (۳۲/۸۶٪) در تیمار عدم مایه‌زنی با ازتوباکتر و بدون تلقیح با قارچ میکوریزا به دست آمد. همچنین جیریایی و همکاران (۱۳۹۳) در ارزیابی تغییرات مورفوفیزیولوژیکی ارقام گندم در شرایط کاربرد میکوریزا و آزوسپیریلوم گزارش نمودند که بیشترین وابستگی میکوریزایی (۳۲٪) و پاسخ میکوریزایی (۴۷٪) در تیمار استفاده از قارچ میکوریزا گونه (*Glomus mosseae*) در گیاه گندم (رقم دنا) دیده شد که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

جدول ۵- مقایسه میانگین درصد وابستگی میکوریزایی و درصد پاسخ میکوریزایی در تیمارهای مورد بررسی

Table 5- Mean comparisons of Mycorrhizal dependent percent and Mycorrhizal Growth response percent under experimental treatmens

تیمارها Treatment	وزن خشک بوته میکوریزایی (کیلوگرم در هکتار) Non-mycorrhizal plant dry weight ($kg.ha^{-1}$)	وزن خشک بوته غیر میکوریزایی (کیلوگرم در هکتار) Mycorrhizal plant dry weight ($kg.ha^{-1}$)	وابستگی میکوریزایی (درصد) Mycorrhizal dependent percent (%)	پاسخ میکوریزایی (درصد) Mycorrhizal Growth response percent (%)
V_1	6634.40 ^{ab}	5850.35 ^{bc}	11.81 ^{b}	13.40 ^{b}
V_2	5267.99 ^{cd}	4575.53 ^{d}	13.14 ^{a}	15.13 ^{a}
V_3	7365.08 ^{a}	6503.96 ^{ab}	11.69 ^{bc}	13.23 ^{bc}
A_1	6698.34 ^{a}	6146.64 ^{ab}	8.23 ^{a}	8.97 ^{a}
A_2	5865.23 ^{ab}	5421.33 ^{b}	7.56 ^{b}	8.18 ^{b}
A_1V_1	6836.99 ^{ab}	6431.80 ^{bc}	5.92 ^{c}	6.29 ^{c}
A_1V_2	5360.18 ^{cd}	5175.80 ^{cd}	3.43 ^{de}	3.56 ^{d}
A_1V_3	7897.84 ^{a}	6832.32 ^{ab}	13.49 ^{a}	15.59 ^{a}
A_2V_1	6190.92 ^{bc}	5509.79 ^{bcd}	11.00 ^{b}	12.36 ^{b}
A_2V_2	4703.96 ^{d}	4447.10 ^{d}	5.46 ^{cd}	5.77 ^{cd}
A_2V_3	6700.82 ^{ab}	6307.09 ^{bc}	5.87 ^{c}	6.24 ^{c}

در هر ستون و برای هر تیمار میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند

A_1 و A_2 به ترتیب مایه‌زنی و عدم مایه‌زنی با ازتوباکتر کروکوکوم

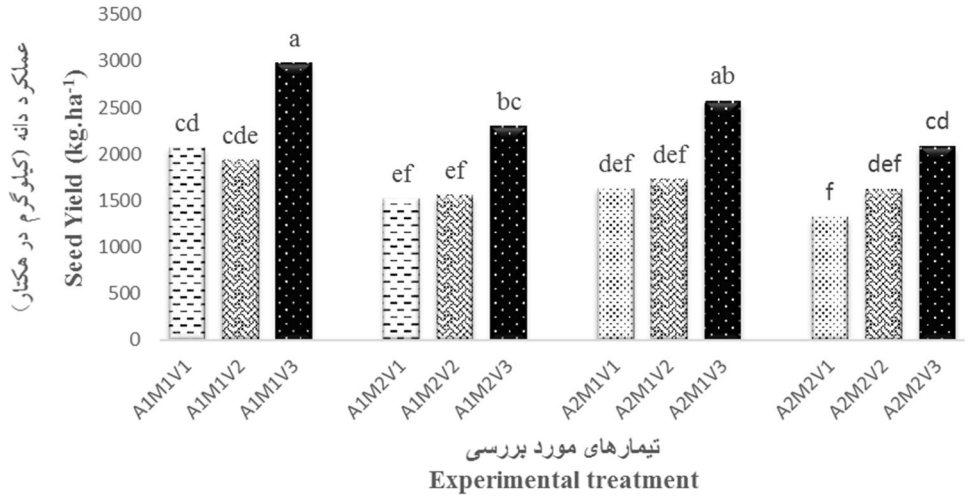
V_1، V_2 و V_3 به ترتیب توده بیرانشهر، ارقام اختر و گلی

Means in each column and for each treatment followed by similar letter(s) have not significantly different at 5% probability level.
A_1 and A_2, with and without apply *Azotobacter chroococcum*, respectively.
V_1, V_2 and V_3, landrace beiran shahr, Akhtar Variety and Goli Variety, respectively.

عملکرد دانه

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس اثر اصلی ازتوباکتر، میکوریزا و ژنوتیپ در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل سه‌جانبه ازتوباکتر در میکوریزا در ژنوتیپ بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر سه‌جانبه تیمارهای موردبررسی در آزمایش، نشان داد که مایه‌زنی بذر با باکتری ازتوباکتر کروکوکوم و تلقیح قارچ میکوریزا آربسکولار در ژنوتیپ، عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد (عدم مایه‌زنی باکتری در بدون تلقیح قارچ در ژنوتیپ) افزایش داد (شکل ۱). همچنین مقایسه میانگین اثر سه‌جانبه عوامل موردبررسی در بین ژنوتیپ‌های لوبیا، تفاوت معنی‌داری را بر روی عملکرد دانه‌نشان داد. به‌طوری‌که عملکرد دانه در تیمار مایه‌زنی ازتوباکتر در تلقیح میکوریزا در توده بیرانشهر (۲۰۶۸/۹۷ کیلوگرم در هکتار) نسبت به تیمار عدم مایه‌زنی ازتوباکتر در بدون تلقیح میکوریزا در توده بیرانشهر (۱۳۲۱/۸۶ کیلوگرم در هکتار) افزایش ۵۶/۵٪ داشت (شکل ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌جانبه ازتوباکتر در میکوریزا در رقم اختر نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در تیمار مایه‌زنی ازتوباکتر در تلقیح میکوریزا در رقم اختر (۱۹۳۲/۳۲ کیلوگرم در هکتار) نسبت به تیمار عدم مایه‌زنی ازتوباکتر در بدون تلقیح میکوریزا در رقم اختر (۱۶۲۱/۸۲ کیلوگرم در هکتار) به میزان ۱۹/۱٪ افزایش نشان داد (شکل

۱). در رابطه با اثر ازتوباکتر در میکوریزا در رقم گلی، نتایج مقایسه میانگین نشان داد کـه عملکـرد دانـه در تیمار مایه‌زنی ازتوباکتر در تلقیح میکوریزا در رقم گلی (۲۹۸۱/۹۰ کیلوگرم در هکتار) حدود ۴۳/۲ بیشتر از تیمار عدم مایه‌زنی ازتوباکتر در بدون تلقیح میکوریزا در رقم گلی (۲۰۸۲/۱۸ کیلوگرم در هکتار) بود (شکل ۱).



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه تیمارهای مورد بررسی بر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز

در هر ستون و برای هر تیمار میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند

A_1 و A_2 به ترتیب مایه‌زنی و عدم مایه‌زنی با ازتوباکتر کروکوکوم

M_1 و M_2 به ترتیب تلقیح و بدون تلقیح با میکوریزا آربسکولار

V_1، V_2 و V_3 به ترتیب توده بیرانشهر، ارقام اختر و گلی

Fig1. Mean comparison of three factors interaction effect on Seed yield of Red Bean Genotypes

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

A_1 and A_2, with and without apply *Azotobacter chroococcum*, respectively.

M_1 and M_2, with and without apply *Arbuscular Mycorrhiza*, respectively.

V_1, V_2 and V_3, landrace beiran shahr, Akhtar Variety and Goli Variety, respectively.

در خصوص اثر توأم به‌کارگیری میکوریزا و ازتوباکتر می‌توان اظهار داشت کـه بـین ایـن ریـز جانـداران خاکزی یک رابطه هم‌افزایی و تشدیدکنندگی وجود دارد که موجب مشارکت و افزایش فعالیت هم‌زمان آن-ها در خاک شده و از طریق افزایش جذب عناصر غذایی (فسفر و نیتروژن) سبب بهبود کارایی فتوسـنتز در گیاه گردیده که درنتیجه موجب بهبود رشد و به دنبال آن افزایش در عملکرد دانه و اجزاء عملکرد مـی‌شـود (Behl *et al*., 2006). در پژوهش‌های مزرعـه‌ای انجـام‌شـده نتـایج مشـابهی توسـط بیـاری و همکـاران (۱۳۹۰) بـر گیـاه ذرت (*Zea mays* L.)، آقابابـایی و همکـاران (۱۳۹۲) در زراعـت گیـاه آفتـابگردان (*Helianthus annuus* L.)، رضـوانی‌مقـدم و همکـاران (۱۳۹۴) بـر عملکـرد گیـاه گلرنـگ بهـاره (*Carthamus tinctorius* L.) و کوچکی و همکاران (۱۳۹۴) بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی کنجـد (*Sesamum indicum* L.)، در رابطه با نقش این کودهای زیستی در افـزایش رشـد و عملکـرد گیاهـان

زراعی گزارش‌شده است که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد کودهای زیستی میکوریزا و ازتوباکتر باعث بهبود عملکرد دانه و صفات فنولوژی ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز در مرحله رشد زایشی شد. به نحوی که مایه‌زنی با ازتوباکتر توانست از طریق افزایش دوره پر شدن دانه‌ها و همچنین فراهم نمودن فرصت کافی برای انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها سبب افزایش عملکرد در مقایسه با تیمار شاهد گردد. همزیستی میکوریزایی نیز باعث افزایش دوره تشکیل غلاف و زمان رسیدگی فیزیولوژیکی دانه در ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز شد. تغذیه گیاه لوبیا با کود زیستی میکوریزا و ازتوباکتر سبب افزایش عملکرد اقتصادی گردید. افزایش عملکرد دانه در توده بیرانشهر، ارقام اختر و گلی به‌ترتیب ۵۶/۵، ۱۹/۱ و ۴۳/۲ درصد نسبت به تیمار عدم کاربرد این ریزجانداران افزایش یافت. در این خصوص می‌توان بیان داشت که امروزه کشاورز موفق کسی است که فوائد بهره‌گیری از پتانسیل حمایتی این ریزجانداران را در جهت حفظ پویایی منابع اکوسیستم‌های زراعی و همچنین بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه بر اساس اصول اکولوژیکی و تا حد امکان عدم مصرف نهاده‌های شیمیایی را مد نظر قرار داده باشد.

سپاسگذاری

بدین‌وسیله از همکاری همه عزیزان مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور (بخش تحقیقات بیولوژی خاک) و همچنین جناب آقای دکتر فرهاد رجالی (دانشیار محترم و عضو هیئت‌علمی مؤسسه) که باراهنمایی‌های ارزنده خود در تهیه مواد، لوازم و انجام این پژوهش نقش مؤثری داشته‌اند، قدردانی می‌نماییم.

فهرست منابع

ابطحی، س.م.، سیدشریفی، ر.، و قادری‌فر، ف. ۱۳۹۳. تأثیر مقادیر کود نیتروژنه و تلقیح بذر با باکتری-های PGPR بر عملکرد، کارایی مصرف کود، سرعت و دوره مؤثر پر شدن دانه سویا در کشت دوم. مجله دانش کشاورزی و تولید پایدار. جلد ۲۴، شماره ۳، صفحه: ۱۲۹-۱۱۲.

اردکانی، م.ر.، رجالی، ف.، و حیدری، ش. ۱۳۹۱. اثر کود بیولوژیک حاوی میکوریزا آربوسکولار بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف برنج. مجله اکو فیزیولوژی گیاهی. جلد ۴، شماره ۱۱، صفحه: ۱۳-۱.

آقابابایی، ف.، رئیسی، ف.، و حسین‌پور، ع. ۱۳۹۲. اثر کرم خاکی و قارچ میکوریزا بر زیست‌توده میکروبی و فعالیت آنزیمی در خاک‌های آلوده‌شده به کادمیم در کشت آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.). مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) جلد ۲۷، شماره ۵، صفحه: ۹۶۲-۹۴۹.

امرایی، ب.، اردکانی، م.، رفیعی، م.، پاکنژاد، ف.، و رجالی، ف. ۱۳۹۵. بررسی اثر کودهای زیستی میکوریزا و ازتوباکتر بر عملکرد دانه ارقام مختلف گندم دیم در منطقه خرم آباد. مجله زراعت و اصلاح نباتات. جلد ۱۲، شماره ۱، صفحه: ۳۰-۱۵.

امیدی، ا.، میرزاخانی، م.، و اردکانی، م. ۱۳۹۳. ارزیابی صفات کیفی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت تأثیر کاربرد ازتوباکتر و همزیستی میکوریزایی. مجله بوم شناسی کشاورزی. جلد ۶، شماره ۲، صفحه: ۳۳۸-۳۲۴.

بیاری، آ.، غلامی، ا.، و اسدی رحمانی، ه. ۱۳۹۰. مطالعه تاثیر سویه‌های مختلف باکتری‌های محرک رشد ازتوباکتر و آزوسپیریلوم بر خصوصیات رشد و عملکرد ذرت. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) جلد ۲۵، شماره ۱، صفحه: ۱۰-۱.

جیریایی، م.، فاتح، ا.، و آینه بند، ا. ۱۳۹۳. ارزیابی تغییرات مورفوفیزیولوژیکی ارقام گندم در شرایط کاربرد مایکوریزا و آزوسپیریلوم. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ۱۲، شماره ۴، صفحه: ۸۵۱-۸۴۱.

حمزه‌ئی، ج.، و می‌آبادی، ص. ۱۳۹۲. مطالعه درصد کلونیزاسیون ریشه ارقام سورگوم دانه‌ای با دو گونه از قارچ میکوریزا و اثر آن بر بعضی صفات مورفولوژیک و زراعی. مجله دانش زراعت. جدل ۶، شماره ۹، صفحه: ۲۵-۳۶.

رضوانی‌مقدم، پ.، نوروزیان، ع.، و سیدی، س.م. ۱۳۹۴. ارزیابی اثر کود دامی و همزیستی میکوریزایی

بر عملکرد کمی و روغن ارقام گلرنگ بهاره (*Carthamus tinctorius* L.). مجله بوم شناسی کشاورزی. جلد ۷، شماره ۳، صفحه: ۳۴۳-۳۳۱.

سیدشریفی، ر.، قنبری، پ.، خاوازی، ک.، و کمری، ح. ۱۳۹۵. مطالعه برهمکنش کود نیتروژن دار و کودهای زیستی بر عملکرد، روند رشد دانه و کارایی مصرف کود نیتروژن در گندم. مجله زیست شناسی خاک. جلد ۴، شماره ۱، صفحه: ۱۴-۱.

کوچکی، ع.، بخشائی، س.، خرم‌دل، س.، مختاری، و.، و طاهرآبادی، ش. ۱۳۹۴. تأثیر همزیستی با گونه‌های قارچ میکوریزا بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب کنجد (*Sesamum indicum* L.) تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری در شرایط مشهد. مجله پژوهش‌های زراعی ایران جلد ۱۳، شماره ۳، صفحه: ۴۶۰-۴۴۸.

محمدزاده، آ.، مجنون حسینی، ن.، غفاری، م.، اسدی، ص.، دوستی، ا.، و خاوازی، ک. ۱۳۹۱. تأثیر پیری بذر و باکتری‌های محرک رشد بر ظهور گیاهچه و عملکرد دو رقم لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.). مجله علوم گیاهان زراعی. جلد ۴۳، شماره ۴، صفحه: ۶۰۰-۵۸۹.

محمدی، ع.، اصغری، ح.، و غلامی، ا. ۱۳۹۲. تأثیر تلقیح قارچ میکوریزا و کود شیمیایی فسفر بر برخی شاخص‌های رشد رقم هاشم گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.). مجله بوم شناسی کشاورزی. جلد ۵، شماره ۳، صفحه: ۲۷۱-۲۶۳.

Abbott, L.K., and Murphy, D.V. 2007. Soil Biological Fertility - A Key to Sustainable Land Use in Agriculture. Published by Springer.

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

Benabdellah, K., Abbas, Y., Abourouh, M., Aroca, R., and Azcon, R. 2011. Influence of two bacterial isolates from degraded and non-degraded soils and arbuscular mycorrhizae fungi isolated from semi-arid zone on the growth of *Trifolium repens* under drought conditions: Mechanisms related to bacterial effectiveness. European Journal of Soil Biology 47: 303-309.

Berta, G., Fusconi, A., and Hooker, J.E. 2002. In: S. Gianinazzi, H. Schuepp, J. M. Barea and K. Haselwandter (Eds). Arbuscular mycorrhizal modifications to plant root systems: scale, mechanisms and consequences. Mycorrhiza Technology in Agriculture, from Genes to Bioproducts. Basel, Switzerland, Birkhauser Verlag p. 71-85.

Garrity, G.M., Bell, J.A., and Lilburn, T. 2005. Class III.Gammaproteobacteria class. In Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, 2nd edn, vol. 2 (The Proteobacteria), part B

(The Gammaproteobacteria), p. 1. Edited by D. J. Brenner, N. R. Krieg, J. T. Staley & G. M. Garrity. New York: Springer.

Kokalis-Burelle, N., Vavrina, C.S., Rosskopf, E.N., and Shelby, R.A. 2002. Field evaluation of plant growth-promoting Rhizobacteria amended transplant mixes and soil solarization for tomato and pepper production in Florida. Plant and Soil 238(2): 257-266.

Latef, A.A. H.A., and Chaoxing, H. 2010. Arbuscular mycorrhizal influence on growth, photosynthetic pigments, osmotic adjustment and oxidative stress in tomato plants subjected to low temperature stress. Acta Physiologiae Plantarum. 33: 1217-1225.

Lekberg, Y., Gibbons, S.M., Rosendahl, S., Ramsey, P.W. 2013. Severe plant invasions can increase mycorrhizal fungal abundance and diversity. International Society for Microbial Ecology (The ISME Journal) 7: 1424–1433.

Mahajan, A., and Gupta, R.D. 2009. Integrated Nutrient Management (INM) in a Sustainable Rice-Wheat Cropping. System. Springer.

Mcclean, P., Kamir, J., and Gepts, P. 2004. Genomic and genetic diversity in common bean. In Wilson RF Stalker HT Brummer EC eds., Legume Crop Genomics. AOCS press. Champaign, Illinois pp 60-82.

Mrkovacki, N., and Milic, V. 2001. Use of *Azotobacter chroococcum* as potentially useful in agricultural application. Annals of Microbiology 51: 145-158.

Naghavi Maremati, A., Bahmanyar, M.A., Pirdashti, H., and Salak Gilani, S. 2007. Effect of different rate and type of organic and chemical fertilizers on yield and yield components of different rice cultivars. 10th Iranian Conference of Soil Science, Tehran, Iran, Pp: 766-767.

Rajendran, K. and Devaraj, P., 2004. Biomass and nutrient distribution and their return of Casuarina equisetifolia inoculated with biofertilizers in farm land. Biomass and Bioenergy, 26(3): 235-249.

Saleh Rastin, N. 2001. Biologic fertilizers and role of them in attain to sustainable agriculture. Soil and Water Sciences Journal (Biologic Fertilizers Particular Journal) 23: 10-23. (In Persian with English Summary).

Schussler, A., Schwarzott, D., and Walker, Ch. 2001. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. Mycological Research 105(12): 1413-1421.

Sharma, A.K, 2002. Bio-fertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India 407p.

Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil 255(2): 571–586.

Effect of inculation with Mycorrhizal species and *Azotobacter chroococcum* on Grain yield and Phenological Phases of Red Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotypes

Hadi Khavari *and Ghodratolah Shakarami

Department of Agronomy, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran.

*** Corresponding Author: 2006.khavari.hadi@gmail.com**

Abstract

In order to study the effect of inculation with Mycorrhizal and Azotobacter on Seed yield and Phenological Phases of Red Bean Genotypes an experiment was performed in a farm located in Lorestan Beiranshahr in crop year 2016, The factorial experiment arranged base on randomized complete block design with four replications. Parameters studied were include inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi species (Glomus etunicatum, G. Intraradices, G. mossea) at two levels (inoculated and no inoculated), inoculated with Azotobacter chroococcum bacteria (Azotobacter chroococcum Strain 15) at two levels: (inoculated and non-inoculated) and red bean Genotypes (Landrace Beiranshahr, Akhtar and Goli varieties). The results showed that Azotobacter effect on day to grain filling, the dual effect of mycorrhizal*genotypes on days to maturity and day to pod formation and three factor interaction on seed yield significant and positive, respectively. The highest seed yield (298.90 kg. ha-1) in effet of three factor inculation Mycorrhizal*Azotobacter*Goli varietiy with plant form progressive and unlimited growth, Obtained. Also The highest Mycorrhizal response and Mycorrhizal dependent (15.59 and 13.49 percent) respectively in Mycorrhizal and Azotobacter inculation*Goli varietiy and the lowest percentage Mycorrhizal response and dependent (3.56 and 3.43 percent) respectively in Mycorrhizal and Azotobacter inculation*Akhtar varietiy, Obtained. The results showed that the Mycorrhizal symbiosis, or mycorrhizal dependency until the Development Roots Provides It's possible for host plants Access to more levels of soil own again and the spread of absorbency levels roots network Hefei, Improved absorption of water and nutrients and ultimately result in Cause increased growth and yield Mycorrhizal plants.

Key words: Reproductive growth, Mycorrhizal dependent, Mycorrhizal response, Red bean