نشریه پژوهش های کاربردی زراعی
دوره۳۳- شماره ۳- پیاپند ۱۲۸ پاییز ۱۳۹۹

ارزیابی اثر کودهای زیستی بر ویژگیهای کلیدی وابسته با رشد گیاه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)

Evaluation of biological fertilizerson the key traits related with the growth of bean plant (*Phaseolus vulgaris* L.)

هادی خاوری[1*]، قدرت اله شاکرمی[1]

۱. گروه زراعت، واحد خرم آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم آباد، ایران.. ، (*نگارنده مسئول)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۱۰ - شناسانهٔ برنمود رقمی: 10.22092/aj.2020.116336.1219

چکیده

خاوری، ه.، شاکرمی، ق.، . ارزیابی اثر کودهای زیستی بر ویژگی های کلیدی وابسته با رشد گیاه لوبیا **(*Phaseolus vulgaris* L.)**
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۳ - شماره ۳- پیاپند ۱۲۸ پاییز ۱۳۹۹ صفحه: ۲۲-۰۱

کشاورزی فشرده با تکیه بر مصرف بیش از نیاز نهاده های شیمیایی، باعث فشار زیادی بر محیط زیست می شود. امروزه به کارگیری ریزجانداران خاک زی در جهت کاهش مصرف این نهاده ها و همچنین افزایش حاصلخیزی خاک و تولید پایدار محصولات کشاورزی مورد توجه قرار گرفته است. با هدف ارزیابی اثر کودهای زیستی بر ویژگی های وابسته با رشد و عملکرد ارقام لوبیا قرمز، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در منطقه بیران شهر لرستان اجرا شد. فاکتورها شامل تلقیح با گونه های میکوریزا در دو سطح (تلقیح و بدون تلقیح)، مایه زنی با ازتوباکتر کروکوکوم **در دو سطح (مایه زنی و عدم مایه زنی) و ارقام لوبیا قرمز شامل (توده بیران شهر، ارقام اختر و گلی) بودند. نتایج نشان داد که اثر ازتوباکتر، تعداد برگ، کلروفیل برگ، پروتئین دانه، عملکرد دانه و اثر میکوریزا، تعداد برگ، پروتئین دانه، کلونیزاسیون ریشه، عملکرد دانه و عملکرد کاه و همچنین اثر متقابل ازتوباکتر×میکوریزا، کلونیزاسیون ریشه ارقام لوبیا را به طور معنی داری افزایش داد. اثر متقابل ازتوباکتر×میکوریزا×رقم بر عملکرد دانه معنی دار بود. بیشترین مقادیر عملکرد دانه در توده بیران شهر، رقم اختر و گلی (به ترتیب ۲۰۶۸، ۱۹۳۲ و ۲۹۸۱ کیلوگرم در هکتار) مشاهده گردید. بیشترین کلونیزاسیون ریشه در رقم گلی به دست آمد که نسبت به رقم اختر و توده بیران شهر به ترتیب ۳۰/۵ و ۲/۴ درصد افزایش داشت. اثر متقابل ازتوباکتر×میکوریزا×رقم بیش ترین اثر معنی دار را بر تولید اقتصادی دانه ارقام لوبیا نشان داد. عملکرد دانه در توده بیران شهر، ارقام اختر و گلی به ترتیب ۵۶/۵، ۱۹/۱ و ۴۳/۲ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. یافته ها نشان داد که قارچ میکوریزا و** ازتوباکتر کروکوکوم، **دارای اثر افزایشی بر ویژگی های وابسته با رشد و عملکرد گیاه لوبیا بوده و می توانند در جهت تولید پایدار این محصول در نظام های زراعی پایدار در نظر گرفته شوند.**

واژه های کلیدی: ازتوباکترکروکوکوم، پروتئین دانه، کلونیزاسیون ریشه، لوبیا قرمز، میکوریزا آربسکولار

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: 2006.khavari.hadi@gmail.com

مقدمه:

افزایش تولید محصولات زراعی در جهت برآوردن نیازهای غذایی برای جمعیت در حال رشد جهان بسیار ضروری است (Barea, 2015). کشاورزی فشرده یک سیستم کشاورزی است که با استفاده نامتعادل و بیش از نیاز نهاده‌های ورودی (کودها و سموم شیمیایی)، سبب ایجاد فشار زیادی بر محیط زیست میشود (Scotti *et al*., 2015). امروزه بوم نظام‌های زراعی رایج با توجه به محدود بودن زمینهای زراعی و همچنین نیاز رو به افزایش به محصولات تولیدشده در این بوم نظام‌ها، سبب مصرف نامتعادل و بدون مدیریت کودهای شیمیایی در تولید این محصولات شده است. بررسی میزان مصرف کودهای شیمیایی نیتروژن (N)، فسفر (P_2O_5) و پتاسیم (K_2O) حاکی از آن است که در سال ۲۰۱۴ میلادی، متوسط کل مصرف این کودها در سراسر جهان به ترتیب ۸۵/۵، ۳۳/۲ و ۲۰/۴ (کیلوگرم در هکتار) بوده است که این میزان در مقایسه با سال ۲۰۰۰ میلادی به ترتیب افزایشی معادل ۳۱/۷، ۲۸/۱ و ۱۲ درصد داشته است (FAO, 2015). این مدیریت نامطلوب کشاورزی میتواند سبب تغییر ترکیب گونهای و یا کاهش تنوع زیستی در بوم نظامهای زراعی شده و در نتیجه توانایی‌های طبیعی آنها را نیز به لحاظ تولید محصولات زراعی تحت تأثیر قرار دهد. از طرفی افزایش سلامت و تأمین امنیت غذایی محصولات تولیدشده در بوم نظام‌های کشاورزی در جهت حفظ پویایی منابع خاک و آب در این بوم نظام‌ها، بر اساس اصول اکولوژیکی دارای اهمیت بسیاری است. از سوی دیگر مصرف نامتعادل و بدون مدیریت نهاده‌های شیمیایی باعث ناپایداری در بوم نظام‌های زراعی شده است و پیامدهای جبران‌ناپذیر اقتصادی و زیست‌محیطی مصرف آنها در کشاورزی در سراسر جهان شناخته‌شده است (Abbott & Murphy, 2007; Azarmi & Malakouti, 2014). کشاورزی پایدار با رویکرد حصول تولید پایدار در درازمدت و سازگاری با محیط، بر کاهش و یا حذف نهاده‌های شیمیایی در جهت تولید محصولات کشاورزی متکی است. هدف اصلی کشاورزی پایدار افزایش کارایی چرخه داخلی عناصر غذایی خاک و استفاده از کودهای زیستی و آلی به‌عنوان جایگزین برای کودهای شیمیایی در جهت بهبود و پایداری عملکرد دانه و کیفیت با حفظ بهره‌وری مناسب از منابع خاک و آب در بوم نظام‌های زراعی است (Azarmi & Malakouti, 2014). کودهای زیستی حاوی مواد نگه‌دارنده‌ای با جمعیت متراکم یک یا چند ریزجاندار مفید خاکزی و یا به‌صورت فرآورده متابولیک این موجودات می‌باشند که به‌منظور بهبود حاصلخیزی خاک و عرضه مناسب عناصر غذایی موردنیاز گیاه در یک نظام زراعی پایدار به کار میروند و رویکرد جهانی در تولید محصولات کشاورزی به سمت تولید و به‌کارگیری این ریزجانداران در نظامهای زراعی است (Amirabadi *et al*., 2009; Parvizi *et al*., 2014). محققان در پژوهش‌های زیادی نشان داده‌اند که توجه بیشتر به مدیریت خاک و با بهره‌گیری از پتانسیل حمایتی ریزجانداران از گیاهان در خاک میتوان تنوع زیستی، تأمین سلامت و به دنبال آن پویایی عناصر خاک را

افزایش داد، لذا برای رسیدن به یک سیستم زراعی پایدار، استفاده از نهاده‌هایی که علاوه بر تأمین نیازهای گیاه، جنبه‌های اکولوژیکی سیستم را بهبود بخشند و اثرات منفی مصرف نهاده‌های شیمیایی را کاهش دهند ضروری به نظر میرسد (Kizilkaya, 2008; Koocheki *et al*., 2015). ازجمله این ریزجانداران مفید خاک‌زی میتوان به گونه‌های مختلف قارچ میکوریزا وزیکولار آربسکولار Vesicular Arbuscular Mycorrhizal (VAM) و باکتری‌های محرک رشد گیاه (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria: PGPR) به‌ویژه ازتوباکتر کروکوکوم (*Azotobacter chroococcum*) اشاره نمود (Abbott & Murphy, 2007). قارچهای میکوریزا آربسکولار از مهمترین ریزجانداران خاکزی در ثبات بوم نظام‌های زراعی هستند که به یک راسته (Monophyletic phylum) با نام علمی *Glomero mycota* متعلق میباشند و مهمترین نقش آنها افزایش جذب آب و مواد غذایی در گیاه میزبان و همچنین افزایش توان آنها در برابر تنشهای مختلف محیطی (خشکی و شوری) است (Schussler *et al*., 2001). ازتوباکتر کروکوکوم متعلق به خانواده *Azotobacteracea* و یکی از مهمترین باکتری‌های آزادزی-خاکزی و هتروتروف می‌باشد که علاوه بر تثبیت نیتروژن مولکولی موجود در اتمسفر از طریق افزایش تحرک و قابلیت جذب عناصر غذایی و تولید فیتوهورمون‌ها موجب بهبود شرایط تغذیهای و همچنین افزایش رشد گیاهان میزبان میشود (Mrkovacki & Milic, 2001). محققان در پژوهشهای مزرعه‌ای متعددی، اثربخشی مفید این ریزجانداران را بر گیاه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)، گندم (*Triticum aestivum* L.)، ذرت(*Zea mays* L.)، آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)، گلرنگ بهاره (*Carthamus tinctorius* L.)، کنجد (*Sesamum indicum* L.) و برنج (*Oryza sativa* L) در خصوص با بهبود ویژگیهای وابسته با رشد و عملکرد کمی و کیفی گیاهان زراعی گزارش نموده‌اند (Ramana *et al*., 2010; Yadegari & Rahmani, 2010; Ardakani *et al*., 2015a; Biari *et al*., 2011; Aghababaei *et al*., 2012; Rezvani Moghaddam *et al*., 2015; Koocheki *et al*., 2015; Ardakani *et al*., 2012b). گیاه لوبیا، یکی از مهمترین گیاهان زراعی خانواده حبوبات (Leguminous) است. دانه این گیاه علاوه بر قابلیت انبارداری مناسب، یک منبع غنی از پروتئین و مواد مغذی مانند ویتامین، نشاسته، روغن و مواد معدنی می‌باشد که دارای جایگاه مهم و عمدهای در سبد غذایی بسیاری از مردم دنیا است (Mcclean *et al*., 2004). هدف از این آزمایش ارزیابی اثر فعالیتهای کمکی قارچ میکوریزا آربسکولار و ازتوباکتر کروکوکوم بر ویژگیهای کلیدی وابسته به رشد و عملکرد ارقام مختلف گیاه لوبیا قرمز در یک بوم نظام زراعی پایدار نسبت به روش‌های رایج کاشت این گیاه در شرایط آب و هوایی استان لرستان بود.

مواد و روشها

این آزمایش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه‌ای واقع در 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. عوامل موردبررسی شامل تلقیح بذر با سه گونه قارچ میکوریزا آربسکولار (*Glomus etunicatum, G. Intraradices, G. mossea*) در دو سطح (تلقیح m_1 و بدون تلقیح m_2) ، مایه‌زنی با باکتری ازتوباکتر کروکوکوم (*Azotobacter chroococcum* Strain 15) در دو سطح (مایه‌زنی a_1 و عدم مایه‌زنی a_2) و ارقام لوبیا قرمز شامل توده بیران‌شهر (فرم بوته رونده و رشد نامحدود V_1) ، اختر (فرم بوته ایستاده، رشد محدود V_2) و گلی (فرم بوته رونده، رشد نامحدود V_3) 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

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

کود زیستی میکوریزا آربسکولار با پتانسیل ۱۰۰ قطعه تکثیر (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 ($10^8 \times 5$ CFU بر گرم به ازای هر میلیلیتر) از مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور (بخش تحقیقات بیولوژی خاک) و بذور ارقام 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. آبیاری با روش نشتی (فارویی) در طی مراحل رشد و نمو بر اساس شرایط اقلیمی منطقه و نیاز زراعی گیاه انجام شد. اولین آبیاری پس از خروج جوانه‌ها و استقرار کامل گیاه‌چه‌ها در ۱۴ روز پس از کاشت و مراحل بعدی آبیاری هر هفت روز یکبار انجام شد. میانگین حجم آب مصرفی در طی دوره رشد و نمو ارقام لوبیا با احتساب مرحله خاک آب (قبل از کاشت) در حدود ۱۶۹۱۸/۲ متر مکعب در هکتار 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 با توجه به تراکم جمعیت پایین آفات و عوامل بیماری-زا در مزرعه و نرسیدن به سطح زیان اقتصادی (افزایش تراکم جمعیت آفات و عوامل بیماریزا از حد تحمل مزرعه که باید در جهت کنترل آنها اقدام نمود)، به‌منظور افزایش کارایی دشمنان طبیعی، تأمین امنیت غذایی و تولید در یک بوم نظام زراعی پایدار در جهت کاهش هزینه‌های تولید در مراحل رشد بوته‌ها از هیچگونه نهاده شیمیایی شامل آفتکش و قارچکش استفاده نشد. در پایان فصل رشد، برداشت بوته‌ها 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 اندازه-گیری شد. تعداد برگ در بوته در مرحله شروع غلافده‌ی با انتخاب تصادفی تعداد ۱۰ بوته و نمونه برداری تخریبی (۵۰ سانتیمتر طولی) از هر واحد آزمایشی تعیین شد. برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل برگ از دستگاه کلروفیلمتر (SPAD 502 Plus chlorophyll meter) ساخت کمپانی مینولتا کشور ژاپن استفاده شد. عملکرد کاه نیز از تفاضل عملکرد بیولوژیکی به عملکرد دانه محاسبه شد. برای محاسبه درصد پروتئین دانه با استفاده از روش ماکرو-کجلدال (مقدار

کل نیتروژن برای هر نمونه اندازه‌گیری و درصد پروتئین دانه، از حاصلضرب درصد نیتروژن در عدد ثابت ۶/۲۵ برای هر تیمار محاسبه شد (Nelson & Sommers, 1973). کلونیزاسیون ریشه در مرحله ۵۰ درصد گلدهی بوته‌ها با استفاده از روش خطوط متقاطع Gridline Intersect methods (Tennant, 1975) محاسبه گردید. در نهایت داده‌ها با استفاده از نرمافزار SAS Ver 9. 1. 3 تجزیه واریانس گردید و مقایسه میانگین تیمارهای موردبررسی 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 برگ در بوته

برگها مهمترین بخش تبادلات گازی گیاهان با محیط رشد و سطح دریافت‌کننده نور میباشند. بیشترین میزان دریافت انرژی نورانی و تبدیل آن به انرژی شیمیایی (فرآیند فتوسنتز) برای گیاهان توسط برگها انجام میشود. بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر ازتوباکتر، میکوریزا و رقم و همچنین اثر متقابل ازتوباکتر در رقم بر تعداد برگ در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید.

مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بین تلقیح با کود زیستی میکوریزا آربسکولار (۹۷/۰ برگ در بوته) و بدون تلقیح (۹۰/۸ برگ در بوته) ازنظر افزایش تعداد برگ در بوته تفاوت معنی‌داری وجود داشت. به‌طوری‌که تعداد برگ در بوته در تیمار تلقیح با کود زیستی میکوریزا آربسکولار ۶/۸ درصد بیشتر از تیمار بدون تلقیح بود (جدول ۳). این موضوع نشان میدهد که همزیستی میکوریزایی در جذب آب و مواد غذایی به‌ویژه فسفر به گیاه لوبیا کمک بیشتری کرده و سبب افزایش تعداد برگ شده است؛ که در نتیجه این همزیستی گیاه با ریز جاندار میتواند سبب افزایش کارایی فتوسنتز، تثبیت دیاکسید کربن و افزایش اندامهای هوایی گیاه گردد. در رابطه با توسعه بیوماس اندام-های هوایی و افزایش تعداد برگ در بوته با تلقیح قارچ میکوریزا آربسکولار نتایج مشابه‌ی توسط سایر پژوهشگران در گیاه گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* MILL) و گیاه کاهو (*Lactuca sativa* L) گزارش‌شده است (Khalied & Elkhider, 1993; Zuccarini, 2007). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل ازتوباکتر در رقم نشان داد که تعداد برگ در بوته با مایه‌زنی ازتوباکتر افزایش معنی‌داری یافت. به‌طوری‌که تعداد برگ در بوته در تیمار مایه‌زنی ازتوباکتر در توده بیرانشهر، ارقام اختر و گلی به ترتیب (۱۲۲، ۵۱/۴ و ۱۴۰ برگ در بوته) نسبت به تیمار عدم مایه‌زنی ازتوباکتر در رقم (۹۶/۶، ۴۳/۰ و ۱۰۸ برگ در بوته) به ترتیب ۲۷، ۱۹/۴ و ۲۹/۳ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴). مایه‌زنی با ازتوباکتر کروکوکوم سبب افزایش تعداد برگ در بوته گیاه لوبیا در مقایسه با تیمار شاهد (عدم مایهزنی) گردید. در این خصوص میتوان چنین اظهار داشت که ازتوباکتر کروکوکوم به‌عنوان یکی از مهم‌ترین باکتریهای ریزوسفری محرک رشد گیاه، از طریق تثبیت زیستی نیتروژن و همچنین بهبود توانایی گیاه در جذب این عنصر غذایی، توانسته است با تولید بیشتر مواد

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر ازتوباکتر (A)، میکوریزا (M) و رقم (V) بر صفات مورد مطالعه گیاه لوبیا قرمز

Table 2: Analysis of variance (mean squares) for the effect of *azotobacter (A), mycorrhiza (M)* and cultivars (V) on the studied traits of red bean plant cultivars

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	تعداد برگ در بوته Leaf number per plant	کلروفیل اسپاد SPAD Chlorophyll	کلونیزاسیون ریشه Root colonization	پروتئین دانه Seed protein	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد کاه Straw yield
تکرار Replication	3	27.9 ^{ns}	3.20 ^{ns}	8.94 ^{ns}	0.799 ^{ns}	26935.4 ^{ns}	379189.4 ^{ns}
ازتوباکتر A	1	5875.2 **	213.3 **	16.3 ^{ns}	590.5 **	619845.9 **	878217.4 ^{ns}
میکوریزا M	1	460.3 **	6.02 ^{ns}	261.3 **	17.9 **	2169257.7 **	1504105.3 *
رقم V	2	27040.0 **	196.4 **	452.4 **	64.3 **	3493215.1 **	9276845.9 **
ازتوباکتر×میکوریزا A*M	1	178.8 ^{ns}	7.84 ^{ns}	33.3 *	5.05 ^{ns}	151727.0 ^{ns}	41134.0 ^{ns}
ازتوباکتر×رقم A*V	2	602.5 **	15.0 *	9.89 ^{ns}	31.7 **	75924.0 ^{ns}	72771.1 ^{ns}
میکوریزا×رقم M*V	2	131.9 ^{ns}	6.26 ^{ns}	0.270 *	3.60 ^{ns}	120541.7 ^{ns}	31964.0 ^{ns}
ازتوباکتر×میکوریزا×رقم A*M*V	2	28.0 ^{ns}	12.8 ^{ns}	8.89 ^{ns}	1.81 ^{ns}	1673.7 *	270165.6 ^{ns}
خطا Error	33	74.9	4.51	7.45	1.91	95415.6	325135.4
ضریب تغییرات C.V (%)	–	9.22	4.97	7.74	5.94	15.8	13.9

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

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

فتوسنتزی، رشد و نمو رویشی گیاه لوبیا را بهبود بخشیده و درنتیجه تعداد برگ در بوته را در این گیاه افزایش دهد. محققان گزارش نمودند که ارتباط با ازتوباکتر کروکوکوم موجب فراهم نمودن عنصر نیتروژن برای رشد ریشه و افزایش قابل توجه تولید زیستتوده گیاه چغندر قند *Beta vulgaris* (L.) میگردد، که این امر اثر قابل توجه‌ی بر سرعت رشد و تعداد برگها در بوته

دارد (Prvulovic *et al*., 2010) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. سایر پژوهشگران نیز در پژوهشهای مزرعه‌ای انجام‌شده نتایج مشابه‌ی در خصوص نقش باکتریهای محرک رشد در افزایش رشد و تعداد برگ در گیاهان زراعی گزارش نموده‌اند (Yadavi *et al*., 2014; Nieto and Frankenberger, 1991; Hernandez *et al*., 1995; Rohitashav *et al*., 1993).

کلروفیل برگ (SPAD)

فرآیند فتوسنتز یکی از مهمترین شاخص‌های فعالیتهای فیزیولوژیک گیاه است که وابسته به میزان کلروفیل در گیاه است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ازتوباکتر و اثر رقم در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل ازتوباکتر در رقم در سطح احتمال پنج درصد بر مقدار کلروفیل برگ معنیدار شد (جدول ۲). بیشترین میزان کلروفیل برگ در تیمار مایه‌زنی با ازتوباکتر در رقم اختر (۴۹/۰) بهدست آمد که نسبت به تیمار عدم مایه‌زنی با ازتوباکتر (۴۳/۵)، به میزان ۱۲/۶ درصد افزایش داشت (جدول ۴). در خصوص با اثر متقابل ازتوباکتر در توده بیران- شهر و رقم گلی، نتایج مقایسه میانگین نشان داد که کلروفیل برگ در تیمار مایه‌زنی ازتوباکتر در توده بیرانشهر (۴۱/۸) و در رقم گلی (۴۳/۶) نسبت به شرایط عدم مایه‌زنی ازتوباکتر به ترتیب ۱۴ و ۴/۷ درصد برتری داشت (جدول ۴). نتایج این آزمایش نشان داد که میزان عدد کلروفیل- متر در ارقام لوبیا به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر مایه زنی با ازتوباکتر کروکوکوم قرار گرفت. به نظر میرسد که استفاده از قابلیت تثبیت زیستی نیتروژن توسط باکتریهای محرک رشد ازجمله ازتوباکتر کروکوکوم میتواند میزان بیشتری از این عنصر را که نقش مهمی در ساختار کلروفیل دارد در اختیار گیاه قرار داده و سبب افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل) در گیاه گردد. افزایش نیتروژن در اندام‌های رویشی گیاه لوبیا سبب افزایش میزان آمونیوم شده و از طریق افزایش تولید آنزیم‌های گلوتامات و گلوتامین سنتتاز باعث افزایش میزان کلروفیل (عدد کلروفیلمتر) در این گیاه میگردد (Harbone & Dey, 1997; Mirshekari *et al*., 2008). در خصوص اثر مایه‌زنی باکتری ازتوباکتر کروکوکوم بر افزایش غلظت کلروفیل برگها نتایج مشابه‌ی در گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) (Mahmoodi Souresٍtani *et al*., 2017)، در گیاه روغنی گلرنگ (Dahmarede *et al*., 2016) و در گیاه زراعی گندم (Haji Boland *et al*., 2013) گزارش شده است که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

کلونیزاسیون ریشه

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر میکوریزا و اثر رقم در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل ازتوباکتر در میکوریزا و همچنین میکوریزا در رقم در سطح احتمال پنج درصد بر درصد کلونیزاسیون ریشه گیاه لوبیا معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با کاربرد توأم کودهای زیستی، کلونیزاسیون ریشه افزایش یافت. به‌طوری‌که کلونیزاسیون ریشه در تیمار مایهزنی ازتوباکتر و تلقیح میکوریزا (۳۶/۱ درصد) نسبت به تیمار عدم مایه‌زنی ازتوباکتر و بدون تلقیح میکوریزا (۳۲/۶ درصد) به میزان

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر اصلی ازتوباکتر (A)، میکوریزا (M) و رقم (V) بر صفات مورد مطالعه ارقام لوبیا قرمز

Table 3. Mean comparisons for the main effects of *azotobacter (A), mycorrhiza (M)* and cultivars (V) on the studied traits of red bean plant cultivars

تیمار Treatment	تعداد برگ در بوته Leaf number per plant	کلروفیل اسپاد SPAD Chlorophyll	کلونیزاسیون ریشه (درصد) Root colonization (%)	پروتئین دانه (درصد) Seed protein (%)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد کاه (کیلوگرم در هکتار) Straw yield ($kg.ha^{-1}$)
ازتوباکتر (مایه‌زنی) A_1	104.9 a	44.8 a	34.6 a	26.7 a	2058.9 a	4222.8 a
ازتوباکتر (عدم مایه‌زنی) A_2	82.8 b	40.6 b	35.8 a	19.7 b	1831.6 a	3952.3 a
میکوریزا (تلقیح) M_1	97.0 a	43.0 a	37.5 a	23.9 a	2157.8 a	4264.6 a
میکوریزا (بدون تلقیح) M_2	90.8 b	42.3 a	32.9 b	22.6 a	1732.7 b	3910.5 b
تودهیر انشهر V_1	109.7 b	39.2 c	37.9 a	20.9 b	1643.1 b	4599.2 a
رقم اختر V_2	47.2 c	46.2 a	29.1 b	24.1 a	1709.2 b	3212.5 b
رقم گلی V_3	124 a	42.6 b	38.6 a	24.7 a	2483.4 a	4451.0 a

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

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

۱۰/۷ درصد افزایش داشت (جدول ۴). این موضوع را میتوان به عوامل فیزیکی ریشه مانند توسعه‌ی سیستم ریشه‌ای از طریق افزایش حجم تارهای کشنده و ساختمان اپیدرم و همچنین دسترسی بیشتر به آب و عناصر غذایی نسبت داد (Mirzakhani *et al*., 2010). در پژوهش‌های مزرعه‌ای انجام شده نتایج مشابه‌ی بر گیاه گندم (Ardakani *et al*., 2015a) و همچنین بر گیاه گلرنگ (Omidi *et al*., 2014) در خصوص نقش به‌کارگیری توأم میکوریزا آربسکولار و ازتوباکتر در افزایش درصد کلونیزاسیون ریشه گیاهان زراعی گزارش‌شده است که با نتایج این

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل دوجانبه عاملها بر صفات مورد مطالعه ارقام لوبیا قرمز

Table 4. Mean comparison for the interaction effects of the treatments on the studied traits of red bean plant cultivars

تیمار Treatment	تعداد برگ در بوته Leaf number per plant	کلروفیل اسپاد SPAD Chlorophyll	کلونیزاسیون ریشه (درصد) Root colonization (%)	پروتئین دانه (درصد) Seed protein (%)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد کاه (کیلوگرم در هکتار) Straw yield ($kg.ha^{-1}$)
مایهزنی ازتوباکتر×تلقیح میکوریزا A_1M_1	106.1 a	45.5 a	36.1 ab	27.7 a	2327.7 a	4370.6 a
مایهزنی ازتوباکتر×بدون تلقیح میکوریزا A_1M_2	103.8 a	44.0 a	33.1 b	25.8 a	1790.1 b	4075.1 a
عدم مایهزنی ازتوباکتر× تلقیح میکوریزا A_2M_1	87.8 a	40.5 b	39.0 a	20.0 b	1988.0 ab	4158.6 a
عدم مایهزنی ازتوباکتر× بدون تلقیح میکوریزا A_2M_2	77.8 a	40.6 b	32.6 b	19.4 b	1675.2 b	3746.0 a
مایهزنی ازتوباکتر×تودهبیرانشهر A_1V_1	122.7 b	41.8 b	36.6 a	23.0 c	1793.8 b	4720.1 a
مایهزنی ازتوباکتر×رقم اختر A_1V_2	51.4 e	49.0 a	29.3 b	27.7 b	1743.3 b	3288.6 b
مایهزنی ازتوباکتر×رقم گلی A_1V_3	140.7 a	43.6 b	38.0 a	29.5 a	2639.5 a	4659.7 a
عدم مایهزنی ازتوباکتر× تودهبیرانشهر A_2V_1	96.6 d	36.6 c	39.2 a	18.9 e	1492.4 b	4478.3 a
عدم مایهزنی ازتوباکتر× رقم اختر A_2V_2	43.0 e	43.5 b	28.8 b	20.6 d	1675.0 b	3136.3 b
عدم مایهزنی ازتوباکتر× رقم گلی A_2V_3	108.8 c	41.6 b	39.3 a	19.8 de	2327.3 a	4242.3 a
تلقیح میکوریزا×تودهبیرانشهر M_1V_1	110.5 b	38.8 d	40.1 a	21.2 ab	1866.0 c	4768.3 a

آزمایش مطابقت دارد.

همچنین بررسی اثر متقابل میکوریزا در رقم بر کلونیزاسیون ریشه نشان داد که تلقیح با کود زیستی میکوریزا آربسکولار تفاوت معنیداری را در کلونیزاسیون ریشه ارقام لوبیا در مقایسه با بوتههای بدون تلقیح این گیاه ایجاد کرد. کلونیزاسیون ریشه در تیمار تلقیح میکوریزا در توده بیرانشهر، ارقام اختر و گلی به ترتیب (۴۰/۱،

تلقیح میکوریزا×رقم اختر M_1V_2	49.4 c	47.0 a	31.5 c	24.5 ab	1830.3 c	3437.6 b
تلقیح میکوریزا×رقم گلی M_1V_3	131.1 a	43.2 bc	41.1 a	25.8 a	2777.2 a	4587.8 a
بدون تلقیح میکوریزا×تودهبیرانشهر M_2V_1	108.9 b	39.6 d	35.7 b	20.7 b	1420.2 d	4430.0 a
بدون تلقیح میکوریزا×رقم اختر M_2V_2	45.0 c	45.4 ab	26.7 d	23.7 ab	1588.1 cd	2987.3 b
بدون تلقیح میکوریزا×رقم گلی M_2V_3	118.4 ab	41.9 cd	36.2 b	23.5 ab	2189.7 b	4314.2 a

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

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

۳۱/۵ و ۴۱/۱ درصد) نسبت به تیمار بدون تلقیح با کود زیستی میکوریزا آربسکولار (۳۵/۷، ۲۶/۷ و ۳۶/۲ درصد) به ترتیب به میزان ۱۲/۲، ۱۷/۷ و ۱۳/۴ درصد افزایش داشت (جدول ۴). کلونیزاسیون ریشه یکی از مهمترین شاخص‌های همزیستی گیاهان زراعی با قارچ‌های میکوریزا آربسکولار است. در خصوص با افزایش درصد کلونیزاسیون ریشه در گیاه لوبیا به نظر میرسد که همزیستی میکوریزایی توانسته است با توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه و افزایش مقدار و کیفیت ترشحات ریشه‌ای سبب بهبود وضعیت جذب آب و عناصر غذایی به‌ویژه فسفر در گیاه شود که درنتیجه درصد کلونیزاسیون ریشه افزایش پیداکرده است (Al-Karaki *et al*., 1998; Aliasgharzade *et al*., 2006). کلونیزاسیون ریشه به گونه گیاه زراعی و سیستم ریشهای و همچنین میزان فسفر خاک نیز بستگی دارد. به‌طوری‌که حد زیاد بالا و پایین فسفر میتواند سبب کاهش کلونیزاسیون ریشه گردد (Ledig *et al*., 1976). پژوهشگران در بررسی سه‌گونه قارچ میکوریزا آربسکولار (*Glomus mossea, G. intraradices, G. geosporum*) بر گیاه گندم گزارش نمودند که تلقیح با این ریز جانداران تأثیر معنی‌داری بر درصد کلونیزاسیون قارچ در ریشه داشت و در میان تیمارهای قارچی به‌طور متوسط ۱۵ تا ۳۲ درصد کلونیزاسیون ریشه مشاهده شد (Farzaneh *et al*., 2015). محققان نیز بیان داشتند که کلونیزاسیون ریشه گیاه لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna sinensis* L.) با تلقیح قارچ میکوریزا آربسکولار (*Glomus mossea*) در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Marzban *et al*., 2014) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

پروتئین دانه (درصد)

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس اثر سه عامل ازتوباکتر، میکوریزا و رقم و همچنین

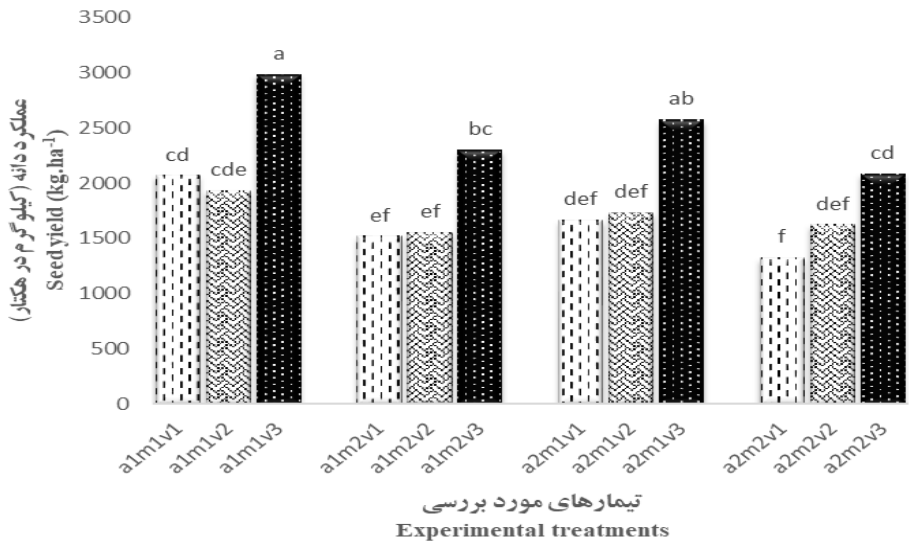
اثر متقابل ازتوباکتر در رقم در سطح احتمال یک درصد بر پروتئین دانه گیاه لوبیا معنی‌دار گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر اصلی تیمارها نشان داد که بین تلقیح با کود زیستی میکوریزا آربسکولار (۲۳/۹ درصد) و بدون تلقیح (۲۲/۶ درصد) به لحاظ افزایش میزان پروتئین دانه تفاوت معنی‌داری وجود داشت. به‌طوری‌که میزان پروتئین دانه در تیمار تلقیح با کود زیستی میکوریزا آربسکولار ۵/۳ درصد بیشتر از تیمار بدون تلقیح بود (جدول ۳). در تفسیر نتیجه حاصل از افزایش میزان پروتئین دانه گیاه لوبیا در اثر تلقیح با میکوریزا آربسکولار، میتوان اظهار داشت که برتری میزان پروتئین در تیمار تلقیح میکوریزا آربسکولار میتواند به دلیل نقش مفید این ریز جانداران در افزایش غلظت فسفر و نیتروژن در بخشهای رویشی، انتقال مجدد آسیمیلاتها (مواد فتوسنتزی) و تجمع بیشتر آن در اندامهای اقتصادی گیاه (دانه‌ها) به‌واسطه گسترش محیط جذب ریشه باشد (Clark & Zeto, 2000). دیگر پژوهشگران نیز گزارش نمودند که تلقیح بذر گیاه گندم با قارچ میکوریزا گونه (*Glomus intraradices*) میانگین درصد پروتئین دانه را به میزان ۱۱/۷ درصد افزایش داد و این افزایش معنیدار بود (Zand & Hasanpour, 2014). در این خصوص پژوهشگران نیز بیان داشتند که تلقیح قارچ میکوریزا گونه‌های (*Glomus mosseae* و *G. intraradices*) سبب افزایش معنیدار پروتئین دانه گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.) رقم هاشم در مقایسه با تیمار عدم تلقیح گردید به‌طوری گونه *Glomus mosseae* نسبت به گونه *G. intraradices* موفقتر عمل نمود (Khosrojerdi *et al*., 2013).

همچنین مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها نشان داد که مایه‌زنی با ازتوباکتر سبب افزایش معنیدار پروتئین دانه در گیاه لوبیا میگردد. پروتئین دانه در تیمار مایه‌زنی ازتوباکتر در توده بیرانشهر، ارقام اختر و گلی به ترتیب (۲۳/۰، ۲۷/۷ و ۲۹/۵ درصد) نسبت به تیمار عدم مایه‌زنی ازتوباکتر در رقم (۱۸/۹، ۲۰/۶ و ۱۹/۸ درصد) به ترتیب به میزان ۲۱/۸، ۳۴/۶ و ۴۹/۲ درصد افزایش داشت (جدول ۴). نیتروژن به‌عنوان یکی از مهمترین عناصر غذایی نقش مهمی در بیشتر فرآیندهای بیوشیمیایی گیاه مانند ساختمان آنزیمها، کلروفیل، اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌های ذخیره‌ای، دیواره و ترکیبات سلولی بر عهده دارد و چنانچه جذب این عنصر توسط گیاه با مشکل مواجه شود اثر نزولی بر عملکرد و میزان پروتئین دانه گیاهان زراعی خواهد داشت (Gan *et al*., 2011). به نظر میرسد که تثبیت زیستی نیتروژن با مایه‌زنی ازتوباکتر سبب فراهم شدن این عنصر برای گیاه لوبیا شده و در افزایش میزان پروتئین دانه مؤثر واقع‌شده است. محققان نیز گزارش نمودند که مایه‌زنی بذر گیاه لوبیا با ازتوباکتر سبب افزایش معنی‌دار پروتئین دانه گردید (Abdollahi Sahlabadi *et al*., 2015) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

عملکرد دانه

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس اثر ازتوباکتر، میکوریزا و رقم در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل سه‌گانه ازتوباکتر در میکوریزا در رقم بر عملکرد دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). مقایسه

میانگین اثر متقابل سه‌گانه تیمارهای موردبررسی در آزمایش، نشان داد که مایه‌زنی بذر با باکتری ازتوباکتر کروکوکوم و تلقیح قارچ میکوریزا آربسکولار در توده بیرانشهر، رقم اختر و گلی، عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد (عدم مایه‌زنی باکتری در بدون تلقیح قارچ در رقم) افزایش داد (شکل ۱). مقایسه میانگین اثر سه‌گانه عوامل موردبررسی در بین ارقام لوبیا، تفاوت معنی‌داری را بر روی عملکرد دانه‌نشان داد به‌طوری‌که عملکرد دانه در تیمار مایه‌زنی ازتوباکتر و با تلقیح میکوریزا در توده بیرانشهر (۲۰۶۸ کیلوگرم در هکتار) نسبت به تیمار عدم مایه‌زنی ازتوباکتر در بدون تلقیح میکوریزا در توده بیرانشهر (۱۳۲۱ کیلوگرم در هکتار) افزایش ۵۶/۵ درصدی داشت (شکل ۱). همچنین مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه ازتوباکتر در میکوریزا در رقم اختر نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در تیمار مایه‌زنی ازتوباکتر در تلقیح میکوریزا در رقم اختر (۱۹۳۲ کیلوگرم در هکتار) نسبت به تیمار عدم مایه‌زنی ازتوباکتر در بدون تلقیح میکوریزا در رقم اختر (۱۶۲۱ کیلوگرم در هکتار) به میزان ۱۹/۱ درصد افزایش نشان داد (شکل ۱). درخصوص اثر متقابل ازتوباکتر در میکوریزا در رقم گلی نیز نتایج مقایسه میانگین نشان داد که عملکرد دانه در تیمار مایه‌زنی ازتوباکتر در تلقیح میکوریزا در رقم گلی (با ۲۹۸۱ کیلوگرم در هکتار که بالاترین عملکرد را نیز در بین تیمارهای مختلف



شکل ۱- اثر متقابل ازتوباکتر، میکوریزا و رقم بر عملکرد دانه ارقام گیاه لوبیا قرمز

در هر ستون و برای هر تیمار میانگینهای دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد 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.

Figure 1. Effect of azotobacter, mycorrhizal and cultivar on seed yield of red bean plant cultivars

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

A1 and A2, with and without application of Azotobacter chroococcum, respectively.

M1 and M2, with and without application of Arbuscular Mycorrhiza, respectively.

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

این آزمایش داشت) حدود ۴۳/۲ درصد بیشتر از تیمار عدم مایه‌زنی ازتوباکتر در بدون تلقیح میکوریزا در رقم گلی (۲۰۸۲ کیلوگرم در هکتار) بود (شکل ۱).

در خصوص اثر توأم به‌کارگیری میکوریزا و ازتوباکتر میتوان اظهار داشت که بین این ریز جانداران خاکزی یک خصوصیت همافزایی و تشدیدکنندگی وجود دارد که موجب مشارکت و افزایش فعالیت همزمان آنها در خاک شده و از طریق افزایش جذب عناصر غذایی (فسفر و نیتروژن) سبب بهبود کارایی فتوسنتز در گیاه گردیده که درنتیجه موجب بهبود رشد و به دنبال آن افزایش در عملکرد اقتصادی (دانه) و اجزاء عملکرد میشود.

نتایج این آزمایش نشان‌دهنده آن است که افزایش عملکرد دانه در تیمار تلقیح میکوریزا و مایه‌زنی با ازتوباکتر میتواند به دلیل همیاری این ریزجانداران با گیاه لوبیا باشد که توانسته‌اند از طریق بهبود در اجزاء عملکرد، سبب افزایش معنی‌داری عملکرد دانه گردد. در خصوص تفاوت بین عملکرد دانه در ارقام لوبیا نیز میتوان بیان داشت که ارقام اصلاح‌شده (گلی و اختر) از پتانسیل تولید بالاتری نسبت به ارقام بومی و توده‌های محلی (توده بیرانشهر) برخوردارند که میتواند دلیل اصلی این تفاوت در عملکرد دانه در بین این ارقام باشد. در رابطه با اختلاف عملکرد دانه در بین ارقام اصلاح‌شده اختر و گلی نیز میتوان بیان داشت که این تفاوت می‌تواند به دلیل تفاوت در فرم رویشی بوته‌ها (گلی رونده و رشد نامحدود) و (اختر ایستاده و رشد محدود) در این ارقام باشد.

پژوهشگران نیز در بررسی پاسخ عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم لوبیا قرمز گلی (با رشد نامحدود و تیپ رشدی رونده) ، صیاد (با رشد نامحدود و تیپ رشدی نیمه رونده) و درخشان (با رشد محدود و تیپ رشدی ایستاده) به تلقیح با میکوریزا آربسکولار (*Glomus intraradices*) و باکتری همزیست ریزوبیوم (*Rhizobium phaseoli* strain Rb116 & strain Rb133) گزارش نمودند که بالاترین عملکرد دانه با میزان ۲۶۶۵ کیلوگرم در هکتار از تیمار تلقیح دوگانه میکوریزا و ریزوبیوم سویه Rb133 و رقم گلی و کمترین عملکرد دانه نیز از تیمار مصرف میکوریزا و عدم مصرف ریزوبیوم در رقم درخشان با میزان ۱۱۷۲ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد و عملکرد دانه لوبیا در شرایط تیماری توأم کودهای زیستی میکوریزا و ریزوبیوم نسبت به عدم مصرف آنها برتری نسبی نشان داد (Ardakani *et al*., 2011c) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. در پژوهشهای مزرعه‌ای انجام‌شده، نتایج مشابه‌ی در گیاه ذرت (Biari *et al*., 2011)، در زراعت گیاه آفتابگردان (Aghababaei *et al*., 2012)، در عملکرد گیاه گلرنگ بهاره (Rezvani Moghaddam *et al*., 2015) و در برخی ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه کنجد (Koocheki *et al*., 2015)، در خصوص نقش این کودهای زیستی در افزایش رشد و عملکرد گیاهان زراعی گزارش‌شده است.

عملکرد کاه

نتایج تجزیه واریانس آزمایش (جدول ۲) نشان داد که اثر اصلی میکوریزا و رقم به ترتیب

در سطح احتمال پنج و یک درصد بر عملکرد کاه ارقام لوبیا معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تلقیح با کود زیستی میکوریزا آربسکولار توانسته است عملکرد کاه را به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد (بدون تلقیح) افزایش دهد. بیشترین عملکرد کاه (۴۲۶۴ کیلوگرم در هکتار) در تیمار تلقیح با میکوریزا به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد (۳۹۱۰ کیلوگرم در هکتار) به میزان ۹ درصد افزایش داشت (جدول ۳). به نظر میرسد که تلقیح با کود زیستی میکوریزا توانسته است از طریق توسعه‌ی سیستم ریشه‌ای و جذب بهینه عناصر غذایی به‌ویژه فسفر و همچنین توسعه‌ی اندام‌های فتوسنتز کننده، سبب افزایش رشد رویشی و شاخسار و درنهایت عملکرد کاه در گیاه لوبیا نسبت به تیمار شاهد (بدون تلقیح با میکوریزا) شود (Wissuwa *et al*., 2005). پژوهشگران افزایش عملکرد کاه ارقام گندم نواحی گرمسیری را در اثر تلقیح با کود زیستی میکوریزا گونه‌های (*G. mossaae* و *Glomus intradices*) گزارش نمودند (Jiriaie *et al*., 2014). دیگر پژوهشگران نیز بیان داشتند که تلقیح با کود زیستی میکوریزا سبب افزایش معنی‌دار عملکرد کاه در گیاه جو (*Hordeum vulgare* L.) و سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor*) شده است (Khaghani & safapour, 2015; Hamzei & Sadeghi ۲۰۱۴) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

در مورد ارقام مورد مطالعه نیز بیشترین عملکرد کاه (۴۵۹۹ کیلوگرم در هکتار) از توده بیرانشهر با فرم رویشی رونده و رشد نامحدود و کمترین آن (۳۲۱۲ کیلوگرم در هکتار) از رقم اختر با فرم رویشی ایستاده و رشد نامحدود به‌دست آمد و عملکرد کاه در رقم گلی (۴۴۵۱ کیلوگرم در هکتار) با فرم بوته رونده و رشد نامحدود نیز به‌طور نسبی حد واسط ارقام دیگر بود (جدول ۳). تفاوت عملکرد کاه رقم اختر (ایستاده و رشد محدود) نسبت به توده بیرانشهر و رقم گلی (رونده و رشد نامحدود) را علاوه بر فرم رویشی بوته میتوان به کاهش خصوصیاتی مانند: حجم کلی ریشه، ارتفاع بوته، تعداد شاخه، برگ و به‌طور کلی توانایی تولید زیست‌توده کمتر این رقم نسبت داد. در این خصوص نیز سایر محققان دلیل تفاوت عملکرد زیست‌توده را در بین ارقام لوبیا قرمز درخشان (ایستاده و رشد محدود)، صیاد (نیمه رونده و رشد نامحدود) و گلی (رونده و رشد نامحدود) تحت تأثیر تلقیح دوگانه میکوریزا (*Glomus intraradices*) و ریزوبیوم (Rb116 و Rb133) را علاوه بر تیپ رشدی آنها در شرایط عدم مصرف کودهای زیستی، به کمبود عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن در محیط رشد آنها نسبت دادند و بیان نمودند که کاهش عملکرد زیست‌توده رقم درخشان به‌دلیل کاهش خصوصیات زراعی مانند: طول ساقه، قطر ساقه و تعداد شاخه فرعی نسبت به رقم صیاد و گلی میباشد (Safapour *et al*., 2010) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش نشان داد که صفات مورد بررسی ارقام لوبیا قرمز تحت تأثیر فعالیت‌های کمکی کودهای زیستی میکوریزا و ازتوباکتر قرار گرفتند. به‌طوریکه به‌کارگیری این ریزجانداران مفید خاکزی،

توانست با برقراری تعادل بین نمو رویشی و زایشی گیاه لوبیا و همچنین بهبود صفات تعداد برگ در بوته، محتوای کلروفیل برگ (اسپاد) و کلونیزاسیون ریشه، عملکرد اقتصادی را در ارقام مورد مطالعه به‌نحو چشمگیری بهبود ببخشد. به‌طورکلی به‌کارگیری این ریزجانداران شرایط مناسب را برای بهبود ویژگیهای کلیدی وابسته با رشد و عملکرد کمی و کیفی گیاه لوبیا فراهم نمود که با توجه به اهداف تولید پایدار در زراعت این گیاه و همچنین در جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی در بوم نظام‌های زراعی پایدار، میتواند مدنظر قرار گیرد.

سپاسگزاری

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

References:

Abbott, L.K., and Murphy, D.V. 2007. Soil biological fertility - a key to sustainable land use in agriculture. Published by Springer.

Abdollahi Sahlabadi, Z., Rahimi, M.M., and Keshavarzi, K. 2015. Investigating the effect of Azotobacter and Bio-phosphate fertilizers on yield and yield components of *Phaseolous Vulgaris*. *Biological Forum – An International Journal,* 7 (1): 534-538.

Aghababaei, F., Raiesi, F., and Hosseinpur, A. 2012. The Influence of earthworm and arbuscular mycorrhizal fungi on microbial biomass carbon and enzyme activity in a soil contaminated with cadmium in sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivation. *Journal of Water and Soil,* 27 (5): 949-962. (in Persian with English abstract).

Aliasgharzade, N., Neyshabouri, M.R. and Salimi, G. 2006. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and Bradyrhizobium japonicum on drought stress of soybean. *Biologiae,* 61: 324-328. (in Persian with English abstract).

Al-Karaki, G.N., Al-Raddad, A., and Clark, R.B. 1998. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress on growth and nutrient uptake of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Mycorrhiza*, 7: 83-88.

Amirabadi, M., Rejali, F., Ardakani, M., and Borji, M. 2009. Effect of azotobacter and mycorrhizal fungi inoculants on the uptake of some nutrients in corn (SC 704 cultivar) at different levels of phosphorus. *Iranian Journal of Soil Research (Soil and Water Science),* 23 (1): 107-115. (in Persian).

Amraei, B., Ardakani, M.R., Rafiei, M., Paknejad, F., and Rejali, F. 2015a. Effect of Mycorrhiza and Azotobacter on concentration of macro elements and root colonization percentage in different cultivars of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Biological Forum – An International Journal,* 7 (2): 895-900.

Ardakani, M.R., Rajali, F., and Heidari, S.H. 2012b. Study the effect of arbuscular biological fertilizer on yield and yield components of rice cultivars. *Journal of Plant Eco physiology,* 4 (11): 1-13. (In Persian with English abstract).

Azarmi, F., Malakouti, M.J., and Khavazi, K. 2014. Effect of phosphate solubilizing microorganisms on increasing the efficiency and recovery percent of

phosphate fertilizers in canola. *Iranian Journal of Soil Research (formerly Soil and Water Science),* 24 (4): 499-507. (In Persian with English abstract).

Barea, J.M. 2015. Future challenges and perspectives for applying microbial biotechnology in sustainable agriculture based on a better understanding of plant-microbiome interactions. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition,* 15 (2): 261-282.

Biari, A., Gholami, A., and Rahmani, H.A. 2011. Effect of different plant growth promotion bacteria (*Azotobacter*, *Azospirillum*) on growth parameters and yield of field maize. *Journal of Water and Soil,* 25 (1): 1-10. (In Persian with English abstract).

Boveiri Dehsheikh, A., Mahmoodi Sourestani, M., Zolfaghari, M., and Enayatizamir, N. 2017. The effect of plant growth promoting rhizobacteria, chemical fertilizer and humic acid on morpho-physiological characteristics of basil (*Ocimum basilicum* var. thyrsiflorum). *Journal of sustainable agriculture and production science,* 26 (4): 129-142. (In Persian with English abstract).

Clark, R.B., and Zeto, S.K. 2000. Mineral acquisition by arbuscular mycorrhizal plants. *Journal of Plant Nutrition*, 23: 867-902.

Food and agriculture organization of the united nations (FAO). 2015. Statistical pocketbook world food and agriculture. Available at Web site http://www.fao.org/Statistics (verified 31 Aug 2016).

Gan, Y., Malhi, S.S., Brandt, S., Katepa-Mupondwa, F., and Stevenson, C. 2011. Nitrogen use efficiency and nitrogen uptake of Jancea canola under diverse environments. *Agronomy Journal,* 100: 285-295.

Habibi, S., Meskarbashee, M., Farzaneh, M. 2015. Effect of mycorrhizal fungus (*Glomus* spp) on wheat (*triticum aestivum*) yield and yield components with regard to irrigation water quality. *Iranian Journal of Field Crops Research,* 13 (3): 471-484. (in Persian with English abstract).

Haji Boland, R., Aliasgharzadeh, N., and Mehrfar, Z. 2013. Ecological study of Azotobacter in two Zrbayhan Highland regions and its effect on growth and mineral nutrition of plants inoculated wheat. *Science and Technology of Agriculture and Natural Resources,* 2 (8): 75-89. (in Persian with English

abstract).

Hamzei, J., and Sadeghi, F. 2014. Study of root colonization percentage of grain sorghum cultivars by two species of mycorrhizal fungi and its effect on some morphological and agronomic traits. *Journal of agronomy science,* 5 (9): 25-36. (In Persian with English abstract).

Harbone, J.B., and Dey, P.M. 1997. Plant Biochemistry. Academic Press, New York.

Hasanpour, J., and Zand, B. 2014. Effect of wheat (*Triticum aestivum* L.) seed inoculation with bio-fertilizers on reduction of drought stress damage. *Iranian journal of seed science and research,* 1 (2): 1-12. (In Persian with English abstract).

Hernandez, A.N., Hernandez, A., and Heydrich, M. 1995. Selection of rhizobacteria for use in maize cultivation. *Cultivar Tropicales,* 6: 5-8.

Jiriaie, M., Fateh, E., and Aynehband, A. 2014. The consequences of the application of Mycorrhiza and Azospirillum inoculations on yield and yield components of wheat cultivars. *Journal of Agroecology,* 6 (3): 520-528. (In Persian with English abstract).

Khaghani, S.H., and Safapour, M. 2015. Study of characteristics mycorrhizal barley under biofortification by Zinc and Iron. *Journal of crop production research,* 6 (4): 303-316. (In Persian with English abstract).

Khalied, A.S., and Elkhider, R.A. 1993. Vesicular-arbuscular mycorrhizas and soil salinity. *Mycorrhiza,* 4: 45-57.

Khosrojerdi, M., Shahsavani, S.H., Gholipor, M., and Asghari, H.R. 2013. Effect of rhizobium and mycorrhizal fungi inoculation on some nutrient uptake by chickpea at different levels of iron sulfate fertilizer. Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, *Electronic Journal of Crop Production,* 6 (2): 71-87.

Kizilkaya, R. 2008. Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. *Ecological Engineering,* 33 (2): 150-156·

Koocheki, A., Bakhshaie, S., Khorramdel, S., Mokhtari, V., and Taher Abadi, S.H.

2015. Effect of mycorrhiza symbiosis on yield, yield components and water use efficiency of sesame (*Sesamum indicum* L.) affected by different irrigation regimes in mashhad condition. *Iranian Journal of Field Crops Research,* 13 (3): 448-460. (in Persian with English abstract).

Ledig, F.T., Drew, A.P., and Clark, J.G. 1976. Maintenance and constructive respiration, photosynthesis, and net assimilation rate in seedlings of pitch pine (*Pinus rigida* Mill.). *Annual Botany,* 4: 289-300.

Marzban, Z., Ameriyan, M.R., and Mamarabadi, M. 2014. Investigating the root characteristics and colonization index in cowpea and maize using mesorrhizobium bacteria and mycorrhiza in intercropping. *Journal of Soil Management and Sustainable Production,* 4(2): 169-185. (In Persian with English abstract).

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.

Mirshekari, B., Baser, S., and Jawanshi, A. 2008. Effect of nitrogen biofertilizer and various levels of urea fertilizer on physiological characteristics and biological yield of hybrid corn 704 in cold semi-arid territories. *Journal of Agriculture New Findings,* 4 (3): 404-410. (In Persian).

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 various Nitrogen and Phosphorus levels use on oil yield and some of traits in safflower. *Journal of Agronomy and plant breeding,* 6 (1): 75-87. (In Persian).

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

Nelson, D.W., and Sommers, L.E. 1973. Determination of total nitrogen in plant material. *Agronomy Journal,* 65: 109–112.

Nieto, K.F., and Frankenberger, W.T.(Jr.). 1991. Influence ofadenine, isopenyl alcohol and *Azotobacter chroococcum* on thevegetative growth of zea mays. *Plant and Soil,* 135: 213-221.

Omidi, A., Mirzakhani, M., and Ardakani, M.R. 2014. Evaluation of the qualitative traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) as affected by Azotobacter and Mycorrhizal symbiosis. *Journal of Agroecology,* 6 (2): 324-338. (In Persian with English abstract).

Parvizi, K., Dashti, F., Esna Ashari, M., Rejali, F., and Chiechi, M. 2014. Effect of two mycorrhizal fungi species (*Glomus mosseae* and *G. etunicatum*) on mineral nutrients uptake and mini tuber production in potato plantlets. *Journal of Soil biology,* 1 (1): 61-69. (In Persian with English abstract).

Prvulovic, D., Popovice, M., Malencic, D., Marinkovic, B., and Jacimovic, G. 2010. Effects of nitrogen fertilization on the biochemical and physiological parameters in leaves and root of sugar beet associated with *Azotobacter chroococcum. Journal of Plant Nutrition,* 33:15–26.

Ramana, V., Ramakrishna, M., Purushotham, K., and Balakrishna Reddy, K. 2010. Effect of bio-fertilizers on growth, yield attributes and yield of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Legume Research an International Journal,* 33 (3): 178-183. Available at Web site http://www.arccjournals.com / indianjournals.com/ (verified September 2010).

Rezvani Moghaddam, P., Norouzian, A., and Seyyedi, S.M. 2015. Evaluation the effects of manure and mycorrhizal inoculation on grain and oil yield of spring safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Agroecology,* 7 (3): 331-343. (In Persian with English abstract).

Rohitashav, S., Sood, B. K., Sharma, V. K., and Singh, R. 1993. Response of forage maize (*Zea mays* L.) to Azotobacter inoculation and nitrogen. *Indian Journal of Agronomy,* 38: 555-558.

Safapour, M., Ardakani, M.R., Khaghani, S.H., Rejali, F., Zargari, K., Changizi, M., and Teimuri, M. 2011c. Response of yield and yield components of three red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes to co-inoculation with *Glomus intraradices* and *Rhizobium phaseoli*. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 11 (3): 398-405.

Safapour, M., Ardakani, M.R., Rejali, F., Khaghani, S.H., and Teimuri, M. 2010. Effect of co-inoculation of Mycorrhiza and Rhizobium on common bean

(*Phaseolus Vulgaris* L.). *Science-Research Quarterly Journal New Finding in Agriculture,* 5 (1): 21-35. (In Persian).

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

Scotti, R., Bonanomi, G., Scelza, R., Zoina, A., and Rao, M.A. 2015. Organic amendments as sustainable tool to recovery fertility in intensive agricultural systems. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition,* 15 (2): 333-352.

Shahraki, M., Dahmarede, M., Khamari, E., and Asgharzade, A. 2016. Effects of Azotobacter and Azospirillum and levels of manure on quantitative and qualitative traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Agroecology,* 8 (1): 59-69. (In Persian with English abstract).

Tennant, D. 1975. A test of a modified line intersect method of estimating root length. Journal of Ecology 63: 995-1001.

Wissuwa, M., Gamat, G., and Ismail, A.M. 2005. Is root growth under phosphorus deficiency affected by source or sink limitation. *Journal of Experimental Botany,* 56: 1943-1950.

Yadegari, M., and Asadi Rahmani, H. 2010. Evaluation of bean (*Phaseolus vulgaris*) seeds' inoculation with Rhizobium phaseoli and plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR) on yield and yield components. *African Journal of Agricultural Research,* 5 (9): 792-799. Available at Web site http://www.academicjournals.org/AJAR/ (verified 4 May 2010).

Yousefpoor, Z., Yadavi, A., Balouchi, H., and Farajee, H. 2014. Evaluation of some physiological, morphological and phonological characteristics in Sunflower (*Helianthus annuus* L.) influenced by biological and chemical sources of nitrogen and phosphorus. *Journal of Agroecology,* 6 (3): 508-519.

Zuccarini, P. 2007. Mycorrhizal infection ameliorates chlorophyll content and nutrient uptake of lettuce exposed to saline irrigation. *Plant Soil and Environment (PLANT SOIL ENVIRON),* 53: 283-289.

Evaluation of biological fertilizerson the key traits related with the growth of bean plant (*Phaseolus vulgaris* L.)

Hadi Khavari[1*], Ghodratolah Shakarami[1]

1. Department of Agronomy, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran(Corresponding author-Hadi Khavari)

Received: November 2020 Accepted: October 2020 - DOI: 10.22092/aj.2020.116336.1219

Extended Abstract

Khavari, H., Shakarami, GH., Evaluation of biological fertilizerson the key traits related with the growth of bean plant (Phaseolus vulgaris L.)
Applied Research in Field Crops Vol 33, No. 3, 2020 01-03: 01-22(in Persian)

Introduction:

Increasing crop production to meet the food demands of the world`s buregioing population is of paramount importance (Barea, 2015). Intensive agriculture is characterized by a large use of inputs (chemical fertilizers and pesticides), causing a large pressure on the environment. Today, due to the limited arable lands and ever growing need to feed human communities, the adoption of intensive farming has resulted in an unbalanced use of chemical fertilizers (Scotti *et al*., 2015). The consumption of the chemical fertilizers: nitrogen (N), phosphate (P_2O_5), potash (K_2O) across the world was 85.5, 32.2 and 20.4 (kg of nutrients per ha) in the year 2014, respectively. While in the year 2000, the respective values for these fertilizers were 64.9, 25.9 and 18.2 (kg of nutrients per ha), exhiniting a 31.7, 28.1 and 12 % increase in their use in fourteen years' time, respectively (FAO, 2015). Unbalanced and inconsiderate use of chemical inputs cause instability in agricultural ecosystems and irreparable economic and environmental damages. Sustainable agriculture aims to achieve viable production and sustainability in the

Email address of the corresponding author: 2006.khavari.hadi@gmail.com

long term and to reduce or eliminate chemical inputs in agricultural production. Biological fertilizers contain preservatives with a dense population of beneficial soil microorganisms, which can improve soil fertility and provide an appropriate supply of nutrients needed by plants. The incorporation of beneficial microorganisms into sustainable farming systems can enhance food quality and quantity.

Materials and Methods:

This experiment was conducted as a factorial layout based on a randomized complete block design with four replications during the growing season of 2016 at the experimental field of Beiran Shahr town of Khorramabad in Lorestan Province, Iran (48° 31' E, 33° 40' N and 1653m above the sea level). Before conducting the experiment, to determine the physical and chemical properties of the soil, samples were collected from 0-30 and 30-60 cm depth of the soil. During this experiment, the effects of three factors were studied: 1. inoculation with Arbuscular mycorrhizal M (*Glomus etunicatum*, *G. intraradices, G. mossea*) in two levels (M_1= inoculation, M_2= no inoculation), 2. inoculation with *Azotobacter chroococcum* (strain 15) A, in two levels (A_1= inoculation, A_2= no inoculation) and 3. the response of three different cultivars of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) (V_1: landrace beiran shahr, V_2: Akhtar and V_3: Goli varieties). Chlorophyll content of the leaf was estimated by using chlorophyll meter SPAD-502 Plus, Konica Minolta. The protein percentage determined by Macro–Kjeldahl method and to measure root colonization, the grid-line intersect methods was employed.

Results and Discussion:

The results showed that the main effect of the biological fertilizer on leaf number, SPAD chlorophyll content, root colonization, seed protein percent, seed yield and straw yield was significant. Moreover, the two-way interaction effects of mycorrhiza and Azotobacter on root colonization were statistically significant. Based on the variance analysis, the effects of triple interactions between *azotobacter*×mycorrh iza×cultivars were found to be significant for seed economic yield ($P \leq 0.05$). The seed yield for landrace Beiran Shahr, Akhtar and Goli varieties increased by ٥٦,٥, ١٩,١ and ٤٣,٢ percent as compared to non-inoculation treatment, respectively.
The combined effect of *azotobacter*×*mycorrhizal* produced the highest seed yield

in Goli variety (2981 kg. ha^{-1}), which is a bean plant of indeterminate growth type.

Conclusions:

The results of this experiment showed that the studied traits of the red bean cultivars were influenced by the application of biological fertilizer. It seems that the use of biological fertilizers (*mycorrhiza* and *azotobacter*) results in a better root and shoot growth, a balanced vegetative and reproductive development and improvement of leaf number, SPAD chlorophyll content and root colonization, which ultimately contributes to a significant increase in the plant economic performance. Generally, the application of these microorganisms provided the conditions necessary for the improvement of the key characteristics associated with the growth and qualitative performance of bean plants, which is in line with the objectives of sustainable production of this plant, as well as with the reduced use of chemical fertilizers in sustainable ecosystems.

Keywords: *Azotobacter chroococcum*, Arbuscular mycorrhizal, Red bean, Root colonization, Seed protein.

References:

Barea, J.M. 2015. Future challenges and perspectives for applying microbial biotechnology in sustainable agriculture based on a better understanding of plant-microbiome interactions. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition,* 15 (2): 261-282.

Food and agriculture organization of the united nations (FAO). 2015. Statistical Pocketbook World food and agriculture. Available at Web site http://www.fao.org/Statistics (verified 31 Aug 2016).

Scotti, R., Bonanomi, G., Scelza, R., Zoina, A., and Rao, M.A. 2015. Organic amendments as sustainable tool to recovery fertility in intensive agricultural systems. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 15 (2): 333-352.*