

استفاده تلفیقی از کود شیمیایی، آزوسپریلوم، ازتوباکتر و کمپوست بر عملکرد و جذب عناصر لوییای معمولی

The Effect of combined use of chemical fertilizer, Azetobacter, Azospirillum and compost on seed yield and nutrient uptake of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

محمدحسین انصاری^{۱*}، هادی اسدی رحمانی^۲، رویا مظاهری^۳، بهزاد رضازاده^۴

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران. (نگارنده مسئول)
۲. موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان ترویج، آموزش و تحقیقات کشاورزی، کرج، ایران.
۳. گروه خاکشناسی، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران.
۴. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زراعت، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۱/۲۵

چکیده

انصاری، م. ح.، اسدی رحمانی، ه.، مظاهری، ر.، رضازاده. استفاده تلفیقی از کود شیمیایی، آزوسپریلوم، ازتوباکتر و کمپوست بر عملکرد و جذب عناصر لوییای معمولی

نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۰ - شماره ۳ - پایبند ۱۱۶ پائیز ۹۶: ۳۵-۱۴

به منظور ارزیابی اثر سطوح مختلف کود نیتروژن و کمپوست قارچ بر عملکرد، اجزای عملکرد و جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم لویا تحت تلقیح با باکتری های آزوسپریلوم و ازتوباکتر، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در منطقه رشت اجرا شد. عامل های آزمایش شامل عامل اول: سطوح مختلف کود نیتروژن (۰، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار) و عامل دوم: تیمارهای مواد آلی زیستی (باکتری آزوسپریلوم، باکتری ازتوباکتر، کمپوست قارچ (۲ تن در هکتار)، کمپوست قارچ + آزوسپریلوم، کمپوست قارچ + ازتوباکتر و شاهد) بودند. نتایج آزمایش نشان داد که در هر سه سطح کود نیتروژن تیمارهای مواد آلی زیستی مقدار کلروفیل برگ، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و عملکرد بیولوژیک را به طور معنی دار نسبت به شاهد افزایش دادند. همچنین تیمارهای مواد آلی زیستی در سطح صفر، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن، عملکرد دانه را به ترتیب ۱۹ تا ۶۳، ۱۰ تا ۷۴ و ۵ تا ۶۵ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند و بیشترین عملکرد دانه (۳۰۶۷ کیلوگرم در هکتار) از تیمار آزوسپریلوم + کمپوست قارچ در سطح ۷۵ کیلوگرم کود نیتروژن به دست آمد. در اغلب تیمارهای مواد آلی زیستی، با افزایش مصرف کود نیتروژن، غلظت نیتروژن و فسفر اندام هوایی و دانه و غلظت پتاسیم دانه کاهش یافت، ضمن آن که تیمار آزوسپریلوم + کمپوست قارچ نسبت به سایر تیمارها برتری معنی دار داشت. نتایج به دست آمده بیانگر آن است که تلقیح گیاهان با آزوسپریلوم و کاربرد کمپوست قارچ ضمن افزایش عملکرد دانه، پروتئین، فسفر و پتاسیم دانه را نیز افزایش داد. بنابراین برای افزایش عملکرد و کیفیت دانه لویا، می توان از کاربرد کمپوست قارچ، ۷۵ کیلوگرم در هکتار اوره و تلقیح با باکتری آزوسپریلوم در شرایط مشابه آزمایش بهره برد.

واژه های کلیدی: باکتری محرک رشد گیاه، پتاسیم، پروتئین، فسفر، کلروفیل، کود آلی

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: mansari@iaurasht.ac.ir

مقدمه

حبوبات، به عنوان یکی از مهمترین منابع گیاهی غنی از پروتئین بعد از غلات دومین منبع غذایی انسان به شمار می‌رود. در بین حبوبات، لوبیا از نظر ارزش اقتصادی و سطح زیر کشت مقام اول جهان را دارا می‌باشد (Rendon-Anaya et al., 2017). لوبیا بعد از گندم و برنج عمده‌ترین غذای مردم جهان را تشکیل می‌دهد. دانه حبوبات با داشتن ۱۸-۳۲ درصد پروتئین نقش مهمی را در تامین مواد پروتئینی مورد نیاز انسان دارد. علاوه بر این، به دلیل همزیستی باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن اتمسفری با ریشه آن‌ها، در حاصلخیزی خاک موثرند و هر ساله مقادیر زیادی نیتروژن بعد از برداشت این محصولات به خاک اضافه می‌شود (Khurana & Dudeja, 1997). نیتروژن چهارمین عنصر اصلی تشکیل دهنده وزن خشک گیاهان و یکی از اجزاء تشکیل دهنده بسیاری از متابولیت‌های مهم گیاهی از قبیل پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک، برخی هورمون‌ها، کلروفیل و انواع دیگری از متابولیت‌های اولیه و ثانویه گیاهان است (Hopkins, 2004). در بین عناصر غذایی مختلفی که در بافت‌های گیاهی یافت می‌شود، نیتروژن بیشترین غلظت را داشته و بیش از سایر عناصر غذایی عملکرد محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Padilla et al., 2015). با مصرف زیاد و مستمر کودهای شیمیایی نیتروژن‌دار، اتلاف نیتروژن از طریق آبشویی و انتقال آن به منابع آب‌های زیر زمینی (آلودگی آب) و تصعید این عنصر (آلودگی هوا) افزایش می‌یابد. سرعت تجزیه ماده آلی در خاک نیز افزایش

یافته و مقادیر زیادی اکسید نیتروژن (N_2O) و دی‌اکسید کربن به اتمسفر وارد می‌شود و این گازهای گلخانه‌ای در گرم شدن اقلیم مؤثرند (Zaidi et al., 2017). کودهای بیولوژیک که در واقع مجموعه‌ای از ریزجانداران هستند، می‌توانند جایگزینی برای کودهای شیمیایی باشند. قابلیت چندین نوع باکتری خاکزی از گروه آزوسپریلوم و ازتوباکتر از طریق تثبیت بیولوژیک در تامین نیتروژن بخش زیادی از نیتروژن مصرفی گیاه به اثبات رسیده است (Wani et al., 1995; Vessey, 2003). استفاده از کودهای بیولوژیک از جمله روش‌های زراعی بهینه است که مشکلات تامین نیتروژن در خاک را بر طرف می‌نماید (Zaidi et al., 2017) و ضمن کاهش میزان مصرف کودهای شیمیایی و افزایش کارایی آن‌ها، از طریق افزایش جذب نیتروژن سبب بهبود رشد گیاهان می‌شوند (Seyedi & Rezvani Moghaddam, 2011). این باکتری‌های آزادزی ریزوسفر را که به طور مستقیم و غیرمستقیم باعث بهبود رشد و سلامت گیاه می‌شوند، باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه می‌نامند (Vessey, 2003). این باکتری‌ها، باکتری‌های محرک رشد با استفاده از مکانیسم‌های خاصی اثرات مضر بیمارگرهای گیاهی را تعدیل نموده و به این طریق موجب افزایش رشد گیاه می‌شوند. اما در روش مستقیم این باکتری‌ها با تثبیت آزادزی نیتروژن، تولید متابولیت‌های مؤثر در رشد گیاه (مانند هورمون‌های گیاهی اکسین، سیتوکینین و جیبرلین)، افزایش حلالیت ترکیبات نامحلول

نقش مؤثری را ایفاء کند (Özguven, 1998). اثر مثبت کود بستر قارچ در بهبود خصوصیات خاک های آلوده به عناصر سنگین و بهبود رشد رویشی و نیز رشد اندام های زیر زمینی در گیاه آتریپلکس (Frutos et al., 2010)، افزایش جذب فسفر، نیتروژن و پتاسیم (Adams & Frostick, 2009) و افزایش کارایی باکتری های ازتوباکتر و آزوسپریلوم (Seyedi & Rezvani Moghaddam, 2011) گزارش شده است. در سال های اخیر تولید قارچ دکمه ای در استان گیلان توسعه زیادی داشته است و بقایای آن می تواند به عنوان یک ماده آلی حاوی نیتروژن و فسفر در مزارع مورد استفاده قرار بگیرد. بنابراین این آزمایش با هدف ارزیابی اثر کمپوست قارچ به همراه باکتری های غیر همزیست تثبیت کننده نیتروژن بر غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاه لویا تحت شرایط کاربرد کود نیتروژن در شهرستان رشت انجام شد.

مواد و روش ها

آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۴ در اراضی پیرامون شهر رشت با طول جغرافیایی $20^{\circ} 48'$ و عرض جغرافیایی $38^{\circ} 19'$ و با ارتفاع ۱۵ متر پایین تر از سطح دریا اجرا شد. میانگین بارندگی و دمای ماهانه در طول دوره رشد گیاه در جدول ۱ ارائه شده است. قبل از شروع آزمایش از خاک مزرعه جهت تعیین برخی از خصوصیات خاک نمونه برداری به عمل آمد که نتایج آنالیز خاک در جدول ۲ ارائه شده است. آزمایش در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی، به صورت فاکتوریل و در سه تکرار انجام شد. عامل های آزمایش شامل عامل اول: کود نیتروژن در سه

(مثل فسفر، پتاسیم و عناصر ریزمغذی به ویژه آهن از طریق تولید اسیدهای معدنی، آلی و تولید سیدروفورها) و کاهش تأثیر سوء اتیلن ناشی از تنش (با تولید آنزیم ACC دی آمیناز)، به رشد بهتر گیاه کمک می کنند (Benizri et al., 2001; De Salamone et al., 2001, Glick, 2014). استفاده از پسماندهای آلی در کشاورزی به عنوان منبع با ارزشی از اصلاح کننده های آلی تأمین کننده عناصر غذایی ضروری برای گیاه، بسیار مهم می باشند. با کاربرد مواد آلی، هم وضعیت مواد آلی خاک (هوموس خاک) و هم مقدار عناصر غذایی آن بهبود می یابد. با توجه به حجم بالای ضایعات و پسماندهای بستر پرورش قارچ، کمپوست قارچ می تواند به عنوان کود آلی مورد استفاده قرار گیرد (Özguven, 1998). کمپوست قارچ یکی از فرآورده های جانبی صنعت تولید قارچ های خوراکی است که به بقایای باقیمانده بستر پرورش قارچ اطلاق می شود کمپوست قارچ می تواند به عنوان یکی از اصلاح کننده های آلی با کیفیت، نقش مؤثری در افزایش پایداری سیستم های زراعی داشته باشد (Fidanza et al., 2010; Khattak et al., 2011). با توجه به اینکه در مقیاس صنعتی به هنگام آماده سازی بستر قارچ خوراکی، کود مرغی، کاه و گچ مورد استفاده قرار می گیرد، باقیمانده این ترکیبات در بستر کشت می توانند در قالب کمپوست قارچ مورد استفاده قرار گیرد (Frutos et al., 2010). در این ارتباط به نقش مؤثر کمپوست قارچ در بهبود عملکرد توت فرنگی اشاره شده است به طوری که استفاده از این کود می تواند در بهبود پایداری تولید

جدول ۱- بارندگی و دمای ماهانه در طول دوره رشد گیاه (۱۳۹۴) رشت

Table 1. Monthly precipitation and temperature from May to August for the 2015 growing season in Rasht

ماه Months	بارندگی Precipitation (mm)	دما Temperature (°C)		
		حداکثر Maximum	حداقل Minimum	میانگین Average
اردیبهشت (May)	29.4	26.6	20.1	23.35
خرداد (June)	116	30.38	22.8	26.59
تیر (July)	98.3	31.9	25.6	28.75
مرداد (August)	64	28.3	22	25.15

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 2. Soil Physical and chemical characteristics at experimental field

عمق نمونه برداری Soil depth sampling (cm)	بافت خاک Soil texture	اسیدیته خاک (pH)	درصد عصاره اشباع SP (%)	هدایت الکتریکی (dS m ⁻¹) EC	کربن آلی OC (%)	نیتروژن N (mg kg ⁻¹)	فسفر P (mg kg ⁻¹)	پتاسیم K (mg kg ⁻¹)
0-30	Clay- loam	7.8	49	0.48	1.09	0.37	15.8	152

جدول ۳- خصوصیات شیمیایی کمپوست قارچ مورد استفاده در آزمایش

Table 3. Chemical properties of mushroom compost used in experiment

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (d Sm ⁻¹)	کربن آلی OC (%)	نیتروژن N (mg kg ⁻¹)	فسفر P (mg kg ⁻¹)	پتاسیم K (mg kg ⁻¹)
7.85	2.07	4.36	3874	896	1532

آزمایش در جدول ۳ ارائه شده است. بذر لویا مورد استفاده رقم محلی پاچ باقلا بود که از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گیلان تهیه گردید. جهت تلقیح بذرها، ابتدا بذرها بوسیله صمغ عربی آغشته و باکتری‌های مورد نظر به توده بذر اضافه گردید (هفت گرم مایه تلقیح که در هر گرم آن ۱۰^۷ عدد باکتری زنده و فعال وجود داشت). همگی این باکتری‌ها بومی خاک‌های کشور بوده و توسط بخش تحقیقات بیولوژی خاک موسسه

سطح (۰، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار) و عامل دوم: تیمارهای مواد آلی زیستی (۱- باکتری آزوسپریلوم لیپوفرورم^۲، ۲- ازتوباکتر کرکوکوم^۳، ۳- بقایای کمپوست قارچ دکمه‌ای (۲ تن در هکتار)، ۴- باکتری آزوسپریلوم لیپوفرورم + بقایای کمپوست قارچ، ۵- باکتری ازتوباکتر کرکوکوم + بقایای کمپوست قارچ و ۶- تیمار شاهد) بود. خصوصیات شیمیایی بقایای کمپوست قارچ دکمه‌ای مورد استفاده در

2- *Azospirillum lipoferum*

3- *Azotobacter chroococcum*

گردید و سپس در آزمایشگاه در دمای ۷۵ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت خشک و سپس توزین گردید.

برای اندازه گیری نیتروژن، فسفر و پتاسیم ریشه، اندام های هوایی و دانه، سه بوته از ردیف دوم هر کرت به همراه ریشه برداشت گردید و پس از خشک و آسیاب نمودن گیاه، نیتروژن به روش کجلدال، فسفر به روش وانادات - مولیبدات (با دستگاه اسپکتروفوتومتر) و غلظت پتاسیم (با دستگاه فیلم فوتومتر) تعیین گردید. برای محاسبه درصد پروتئین، بعد از به دست آوردن غلظت نیتروژن دانه (روش کجلدال) در عدد ثابت ۶/۲۵ ضرب و درصد پروتئین خام بدست آمد و عملکرد پروتئین از حاصل ضرب درصد پروتئین در عملکرد دانه تقسیم بر ۱۰۰، تعیین گردید (Linn & Martin, 1999).

تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار SAS_{9.2} انجام شد. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید. شایان ذکر است در صفاتی که اثر متقابل آنها معنی دار بود از روش برش و روش L.S.Means نیز استفاده شد.

نتایج و بحث

مقدار کلروفیل برگ: بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها، اثر متقابل کود نیتروژن × مواد آلی زیستی بر مقدار کلروفیل a، b و کلروفیل کل معنی دار بود (جدول ۴). بین تیمارهای مواد آلی زیستی در هر سه سطح کود نیتروژن تفاوت معنی دار وجود داشت (جدول ۵). مقایسه میانگین نشان داد که در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن بیشترین مقدار کلروفیل a و

تحقیقات خاک و آب جدا و خالص سازی شده و مایه تلقیح آنها تهیه شده بود. پس از تلقیح بذور و خشک کردن در سایه عملیات کاشت در تاریخ ۱۵ اردیبهشت ماه با توصیه های صورت گرفته انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل شش خط کاشت به طول پنج متر بود و بذرها در عمق تقریبی ۵ سانتی متر، به فاصله ۱۰ سانتی متر بر روی خطوط و ۵۰ سانتی متر بین خطوط با تراکم ۲۰۰ هزار بوته در هکتار به صورت دستی کاشت شدند و سپس به صورت بارانی آبیاری انجام شد. کود اوره نیز در سه مرحله یک سوم در مرحله کاشت، یک سوم در مرحله گلدهی و مابقی در مرحله پر شدن دانه ها به صورت سرک داده شد. مبارزه با علف های هرز به روش مکانیکی (وجین دستی) انجام گرفت و در طول آزمایش آفات و بیماری خاصی مشاهده نشد. در مرحله گلدهی نیز دو روز پس از آبیاری، ریشه گیاه (توسط یک سیلندر فلزی ۲۵ سانتیمتری) از خاک خارج گردید و پس از شستشوی ریشه، گره های ریشه شمارش گردیدند. همچنین در این مرحله، جهت بررسی تغییرات مقدار کلروفیل در تیمارهای مختلف، از هر کرت تعداد سه گیاه برداشت شده و سپس به آزمایشگاه منتقل شد تا مقدار کلروفیل برگ نمونه ها اندازه گیری شود. استخراج کلروفیل برگ با استفاده از استون و اندازه گیری آن با استفاده از روش تغییر یافته (Arnon, 1949) انجام گردید. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک جهت تعیین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه از دو خط وسط با حذف ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای خطوط، بوته های یک متر مربع برداشت

کاهش یافت. گزارش شده است که مصرف کود نیتروژن در گوجه‌فرنگی فراتر از نیاز گیاه، کلروفیل برگ را کاهش داده و ریزش برگ‌های مسن‌تر را تشدید نموده و دوام برگ را کاهش داد (Padilla et al., 2015). ضمن آن که با افزایش ماده آلی خاک، مصرف کود نیتروژن فقط در زمان سبز شدن گیاه کلروفیل و استقرار گیاه را بهبود بخشد و در مراحل بعدی رشد، تاثیری بر کلروفیل برگ نداشت (Bertrand et al., 2014)

تعداد گره ریشه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها برای تعداد گره ریشه، اثر متقابل کود نیتروژن × مواد آلی زیستی را معنی‌دار نشان داد (جدول ۴)، به طوری که بین تیمارهای مواد آلی زیستی در هر سه سطح کود نیتروژن تفاوت معنی‌دار وجود داشت (جدول ۵). مقایسه میانگین نشان داد که در سطح صفر و ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، تیمارهای مواد آلی زیستی برتری معنی‌دار نسبت به تیمار شاهد داشتند و در سطح ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن نیز به جز تیمار کمپوست سایر تیمارها نسبت به شاهد برتری معنی‌دار نشان دادند. همچنین تیمارهای مواد آلی زیستی در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن تعداد گره بیشتری نسبت به شرایط مصرف کود نیتروژن تولید کردند (جدول ۶). این نتیجه با نتایج حاصل از آزمایش برخی از محققان که مصرف بیش از حد نیتروژن منجر به کاهش تعداد گره ریشه می‌شود، انطباق دارد (Wani et al., 1995; Abtahi et al., 2014; Bonnet et al., 2016) علاوه بر این مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی نیتروژن در مزارع

کل از تیمار آزوسپریلوم + کمپوست و بیشترین مقدار کلروفیل b از تیمارهای آزوسپریلوم و ازتوباکتر به دست آمد اما در سطح ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بیشترین مقدار کلروفیل a از تیمار کمپوست و بیشترین مقدار کلروفیل b و کل از تیمار آزوسپریلوم + کمپوست به دست آمد. در سطح ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن بین تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود نداشت اما این اختلاف نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار بود. نکته مورد توجه این است که مقدار کلروفیل کل در اغلب تیمارها با افزایش مصرف کود نیتروژن، افزایش یافت اما در تیمار شاهد، کاهش یافت (جدول ۶). علت اینکه در هر سطح مصرف کود اوره، تاثیر تیمارها بر مقدار کلروفیل برگ متفاوت بود می‌تواند ناشی از واکنش باکتری‌ها و کمپوست قارچ به کود اوره باشد که در اغلب گزارش‌ها تاثیر منفی کود شیمیایی بر کارایی باکتری‌ها نشان داده شده است. گزارش شده است که با افزایش جذب نیتروژن، مقدار کلروفیل برگ افزایش یافت و این افزایش در برگ‌های جوان‌تر گیاه مشهودتر بود (Živčák et al., 2014). گزارش شده است که در گیاهان تلقیح شده با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن دی‌ازوتوروف، مصرف نیمی از کود نیتروژن توصیه شده، حداکثر کلروفیل را نشان داد اما افزایش مصرف نیتروژن نه تنها غلظت کلروفیل برگ را افزایش نداد بلکه منجر به کاهش آن از طریق افزایش سطح برگ و کاهش ضخامت برگ شد (Bonnet et al., 2016). در حالی که در آزمایش ما فقط در تیمار شاهد با افزایش مصرف کود نیتروژن، مقدار کلروفیل برگ

کشت لوبیا باعث از بین رفتن باکتری های بومی تثبیت کننده نیتروژن شده و کارایی آنها را نیز کم می کند (Barron et al., 2000). در آزمایش ما نیز باکتری های غیرهمزیست در شرایط عدم کاربرد نیتروژن بیشترین تعداد گره ریشه را نشان دادند. Yadegari (2013) ضمن به دست آوردن نتایج مشابه گزارش کرد که باکتری های ازتوباکتر و آزوسپریلوم، با افزایش رشد ریشه و فراهم نمودن عناصری مانند فسفر و آهن تعداد گره ریشه را افزایش می دهند. افزایش تعداد گره ریشه را در خاک های مختلف زیر کشت لوبیا در گیاهان تلقیح شده با ازتوباکتر و آزوسپریلوم گزارش شده و اذعان شده است که تعداد گره در خاک هایی با ماده آلی بالاتر، به طور معنی دار نسبت به خاک های آهکی و با ماده آلی پایین، بیشتر بود (Porte et al., 2017).

تعداد غلاف و تعداد دانه در بوته: نتایج

حاصل از تجزیه واریانس داده ها برای تعداد غلاف و تعداد دانه در بوته، اثر متقابل کود نیتروژن \times مواد آلی زیستی را معنی دار نشان داد (جدول ۷)، به طوری که بین مواد آلی زیستی در هر سه سطح کود نیتروژن تفاوت معنی دار وجود داشت (جدول ۸). مقایسه میانگین تعداد غلاف نشان داد که واکنش مواد آلی زیستی با مصرف نیتروژن از نظر تعداد غلاف در بوته تغییر یافت هر چند که در هر سه سطح کود نیتروژن تیمار کمپوست + آزوسپریلوم بیشترین تعداد غلاف را تولید کرد (در سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بین تیمار کمپوست + آزوسپریلوم و کمپوست + ازتوباکتر به لحاظ آماری تفاوت معنی دار وجود نداشت) ولی برخی از تیمارها با افزایش مصرف

کود نیتروژن تعداد غلاف را افزایش و برخی دیگر کاهش دادند. مقایسه میانگین تعداد دانه در بوته نیز نشان داد که در هر سه سطح کود نیتروژن، به جز ازتوباکتر سایر تیمارهای مواد آلی زیستی نسبت به تیمار شاهد برتری معنی دار داشتند. باکتری ازتوباکتر زمانی که به تنهایی به کار رفت اختلاف معنی دار با تیمار شاهد نداشت اما زمانی که با کمپوست به کار رفت تعداد دانه در بوته را در مقایسه با کاربرد انفرادی کمپوست به طور معنی دار افزایش داد. در میان تیمارها بیشترین تعداد دانه در بوته از تیمار کمپوست + آزوسپریلوم در سطح ۷۵ کیلوگرم کود نیتروژن مشاهده شد (جدول ۹). یکی از عوامل اصلی تعیین کننده تعداد غلاف در گیاه، تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه است (Dashti et al., 1998; Barron et al., 2000; Das et al., 2014). کودهای آلی مانند کمپوست، ورمی کمپوست و کود دامی با تأمین تدریجی عناصر غذایی این عمل را به خوبی انجام داده و باعث افزایش تعداد غلاف در بوته می شوند (Abdelhamid et al., 2013; Schwartz et al., 2004). می توان نتیجه گرفت که احتمالاً خواص شیمیایی و فیزیکی اسید هیومیک موجود در کمپوست قارچ (Joshi et al., 2009; Fernández et al., 2010)، از طریق افزایش ظرفیت نگهداری عناصر غذایی و افزایش هورمون های تنظیم کننده رشد و همچنین افزایش فعالیت میکروارگانیسم ها (Khattak et al., 2011)، باعث افزایش تجمع نیتروژن در گیاه شده و با افزایش نیتروژن، تعداد ساقه فرعی، تعداد غلاف و تعداد دانه در بوته افزایش می یابد (Soobhany et al., 2017)، که

باکتری + کمپوست که بیشترین عملکرد بیولوژیک را نشان دادند به لحاظ آماری تفاوت معنی دار وجود نداشت و در سطح ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن، تیمار کمپوست + آزو سپریلوم نسبت به سایر تیمارها برتری معنی دار نشان داد. در مجموع در اغلب تیمارهای مواد آلی زیستی با افزایش مصرف کود نیتروژن، عملکرد بیولوژیک کاهش یافت به طوری که تیمار کمپوست + آزو سپریلوم در سطح عدم مصرف کود نیتروژن بیشترین عملکرد بیولوژیک را نشان داد (جدول ۹). کاهش عملکرد بیولوژیک با افزایش مصرف کود نیتروژن در این تیمارها ممکن است ناشی از تاثیر کود شیمیایی نیتروژن بر کاهش کارایی تیمارها باشد. سطوح بالای نیتروژن از سنتز نشاسته در اندامهای هوایی ممانعت به عمل می آورد و سطح قند ریشه را کاهش می دهد بنابراین رشد ریشه و به دنبال آن رشد اندامهای هوایی به واسطه مصرف نیتروژن زیاد منع می شود. کاهش مصرف کود نیتروژن در شرایط کاربرد ماده آلی و باکتری های تثبیت کننده نیتروژن در آزمایش های (Das et al., 2014) و (Abtahi et al., 2014) و (Mahmoud et al., 2015) گزارش شده است. باکتری های محرک رشد می توانند ارتفاع گیاه و قابلیت تولید را از طریق سنتز فیتوکرومها، افزایش فراهمی مواد غذایی در یک محل، آسان کردن جذب مواد غذایی، کاهش سمیت فلزات سنگین در گیاهان، جلوگیری از عوامل بیماری زا و القا مقاومت سیستماتیک به عوامل بیماری زا افزایش دهند (Schwartz et al., 2013). همچنین Chauhan & Bagyaraj, (2015) افزایش ۴۳/۸

نتایج به دست آمده در این آزمایش مبین این گزارش ها می باشد به طوری که تیمارهای به کار برده شده ضمن افزایش غلظت نیتروژن اندام هوایی و دانه، عملکرد بیولوژیک را نیز نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند که افزایش رشد قسمت های رویشی گیاه، افزایش اجزای عملکرد را نیز به همراه دارد. افزایش اجزای عملکرد را می توان به نقش موثر باکتری های محرک رشد در تثبیت نیتروژن و رها سازی آن در مراحل حساس نیاز کودی نیز مرتبط دانست که سبب افزایش نیتروژن قابل مصرف در مراحل حساس رشدی می شود (Dashti et al., 1998; Barron et al., 2000). از طرف دیگر (Chauhan & Bagyaraj, 2015) نیز مشاهده کردند که تلقیح گیاه لوبیا با باکتری آزو سپریلوم به طور معنی دار تعداد شاخه فرعی، تعداد دانه و غلاف در بوته را افزایش داد و این افزایش را ناشی از افزایش تعداد گره ریشه، تثبیت نیتروژن، جذب عناصر و همچنین تولید محرک های هورمونی رشد معرفی کردند. در این ارتباط (Das & Singh, 2014) و (Porte et al., 2017) نیز در مطالعه ای مشابه اعلام کردند که افزایش تعداد دانه و غلاف در گیاه ممکن است ناشی از اثر افزایش دسترسی به مواد غذایی توسط کمپوست کود دامی و باکتری های محرک رشد گیاه باشد که منطبق با نتایج ما می باشد.

عملکرد بیولوژیک: نتایج حاصل از تجزیه

واریانس داده ها برای عملکرد بیولوژیک، اثر متقابل کود نیتروژن × مواد آلی زیستی را معنی دار نشان داد (جدول ۷). در سطح صفر و ۷۵ کیلوگرم کود نیتروژن بین تیمارهای ترکیب

برگ و تعداد گره ریشه باشد که منجر به افزایش فعالیت فتوسنتزی و جذب نیتروژن شده و در نهایت با بالا بردن تعداد غلاف و تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه را افزایش داده باشد. در شرایط کاربرد ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن نیز به جز باکتری ازتوباکتر سایر تیمارهای مواد آلی زیستی نسبت به تیمار شاهد برتری معنی دار داشتند. نکته مورد توجه این است که در شرایط کاربرد کود نیتروژن تیمارهای باکتریایی نسبت به کمپوست عملکرد کمتری نشان دادند اما زمانی که با کمپوست به کار رفتند نسبت به کاربرد انفرادی کمپوست برتری معنی دار نشان دادند (جدول ۹). این نتایج منطبق بر نتایج (Das et al., 2014) می باشد. مصرف نیتروژن به عنوان گلوگاه رشد، بر بیوماس و گلدهی گیاهان مختلف مؤثر است و باکتری های ازتوباکتر و آزوسپریلوم به عنوان باکتری محرک رشد و تثبیت کننده نیتروژن اتمسفری، می توانند بخشی یا تمام نیتروژن مورد نیاز گیاه را تامین کنند. با این وجود نیتروژن در خاک، که از طریق کود شیمیایی تامین شده باشد، در کارکرد باکتری اختلال ایجاد می کند (Mahmoud et al., 2015)، در حالی که حضور ماده آلی در خاک کارایی باکتری ها را افزایش می دهد (Abdelhamid et al., 2004). مطابق با نتایج این آزمایش، (Khan et al., 2013) بیان کردند که افزایش میزان نیتروژن در خاک با تأثیر منفی بر فعالیت آزوسپریلوم می تواند سبب کاهش اثرات مفید این باکتری بر عملکرد گندم شود. به نظر می رسد که استفاده از کودهای زیستی در سیستم های رایج فاقد کارایی بوده و تنها

درصدی عملکرد بیولوژیک به واسطه تلقیح بذر با آزوسپریلوم و سودوموناس را گزارش کرده و علت را به تولید اسید ایندول -۳- استیک (IAA) به وسیله سویه های مختلف باکتری های جنس آزوسپریلوم نسبت دادند. (Achakzai & Bangulzai, 2006) نیز عنوان داشتند که تلقیح بذر با آزوسپریلوم با افزایش توسعه ریشه و جذب بهتر آب و مواد غذایی منجر به بهبود رشد رویشی گیاه و افزایش ارتفاع بوته های نخود می گردد و در ادامه اثر منفی کاربرد کود نیتروژن بر کارایی باکتری ها را گزارش کردند. اثر منفی مصرف کود شیمیایی نیتروژن بر کاهش کارایی باکتری ها در سویا (Abtahi et al., 2014)، لویا (Fernández et al., 2010) و ماش (Das et al., 2014) گزارش شده است.

عملکرد دانه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها برای عملکرد دانه، اثر متقابل کود نیتروژن × مواد آلی زیستی را معنی دار نشان داد (جدول ۷) به طوری که بین مواد آلی زیستی در همه سطوح کود نیتروژن تفاوت معنی دار وجود داشت (جدول ۸). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن زمانی که کاربرد باکتری ازتوباکتر با کمپوست همراه شد نسبت به تیمار ازتوباکتر به تنهایی و شاهد برتری معنی دار داشت. مایه تلقیح آزوسپریلوم و کمپوست چه به صورت انفرادی و چه به صورت توأم، عملکرد دانه را ۶۹ تا ۷۴ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند. تاثیر تیمار آزوسپریلوم و کمپوست بر افزایش عملکرد دانه ممکن است از طریق افزایش تجمع کلروفیل

در سیستم‌های کم‌نهاده ممکن است تأثیرگذار باشد. در ارزیابی منابع مختلف نیتروژنی بر چند لگوم گزارش شده است که افزایش تعداد غلاف توسط باکتری می‌تواند ناشی از تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه، به‌ویژه اکسین باشد که افزایش تعداد دانه در غلاف گیاه را نیز به همراه دارد (Fernández et al., 2010). باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد با تخصیص ماده خشک بیشتر به بوته سبب افزایش رشد رویشی و در نتیجه فراهم سازی امکان بهره‌برداری از نور و فتوسنتز بیشتر و در نهایت افزایش عملکرد را موجب می‌شوند (Chauhan and Bagyaraj, 2015).

نیتروژن ریشه و اندام هوایی، پروتئین

دانه و عملکرد پروتئین: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده کود نیتروژن بر غلظت نیتروژن ریشه و اثر متقابل کود نیتروژن × مواد آلی زیستی بر نیتروژن اندام هوایی، پروتئین دانه و عملکرد پروتئین معنی‌دار بود (جدول ۱۰). مقایسه میانگین اثر ساده کود نیتروژن بر غلظت نیتروژن ریشه نشان داد که مصرف کود نیتروژن، غلظت نیتروژن ریشه را به طور معنی‌دار افزایش داد اما بین سطح ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم تفاوت معنی‌دار وجود نداشت (شکل ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل کود نیتروژن × مواد آلی زیستی بر نیتروژن اندام هوایی نشان داد که در هر سه سطح نیتروژن، تیمارهای مواد آلی زیستی برتری معنی‌دار نسبت به شاهد داشتند و گیاهان تلقیح شده با آزوسپریلوم نسبت به سایر تیمارهای مواد آلی زیستی برتری معنی‌دار داشتند. در مجموع

بیشترین غلظت نیتروژن در اندام‌های هوایی در تیمار آزوسپریلوم + کمپوست و در سطح ۷۵ کیلوگرم کود اوره مشاهده شد. مقایسه میانگین اثر متقابل کود نیتروژن × مواد آلی زیستی بر پروتئین دانه نیز نشان داد که مانند آنچه در مورد غلظت نیتروژن دانه مشاهده شد، تیمارهای مواد آلی زیستی برتری معنی‌دار نسبت به شاهد داشتند و بیشترین غلظت پروتئین دانه از تیمار آزوسپریلوم + کمپوست در سطح ۷۵ کیلوگرم کود اوره به دست آمد (جدول ۱۲). این نتیجه نشان می‌دهد تیمارهایی که بتوانند نیتروژن بیشتری در اندام‌های گیاه انباشت کنند، پروتئین دانه بیشتری نشان می‌دهند. این نتیجه با نتایج (Khan et al., 2013; Zaidi et al., 2017) که افزایش نیتروژن اندام هوایی و دانه را در گیاهان تیمار شده با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن را گزارش کردند، مطابقت دارد. مقایسه میانگین عملکرد پروتئین دانه، که تابع غلظت پروتئین دانه و عملکرد دانه می‌باشد، نشان داد که در سطح عدم استفاده از کود اوره تیمارهای مواد آلی زیستی به جز از تو باکتر نسبت به تیمار شاهد برتری معنی‌دار داشتند. اما در سطح ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار تیمارهای کاربرد توام باکتری + کمپوست برتری معنی‌دار داشتند هر چند در سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار تیمار کمپوست نیز نسبت به تیمار شاهد برتری معنی‌دار داشت. بیشترین عملکرد پروتئین دانه از تیمار آزوسپریلوم + کمپوست در سطح ۷۵ کیلوگرم کود اوره به دست آمد (جدول ۱۲). نتایج به دست آمده با نتایج (Abdelhamid et al., 2004), Yadegari gal., (۲۰۱۳) و (Das & Singh,

غلظت فسفر ریشه، اندام هوایی و دانه:

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده تیمارهای مواد آلی زیستی بر غلظت فسفر اندام‌هوایی و ریشه و اثر متقابل کود نیتروژن × مواد آلی زیستی بر غلظت فسفر دانه معنی‌دار بود (جدول ۱۰). مقایسه میانگین اثر ساده تیمارهای مواد آلی زیستی بر غلظت فسفر ریشه و اندام‌هوایی نشان داد که گیاهان تیمار شده با کمپوست قارچ در شرایط تلقیح و عدم تلقیح با باکتری، حاوی بیشترین غلظت فسفر بودند (شکل‌های ۲ و ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل کود نیتروژن × تیمارهای مواد آلی زیستی بر مقدار فسفر دانه نشان داد که در سطح عدم مصرف کود نیتروژن، باکتری ازتوباکتر و در سطح ۷۵ کیلوگرم نیتروژن، باکتری ازتوباکتر و آزوسپریلوم با تیمار شاهد تفاوت معنی‌دار نداشتند اما سایر تیمارها نسبت به شاهد برتری معنی‌دار نشان دادند. رابطه باکتری - گیاه تحت تأثیر عواملی مانند رقم، ماده آلی خاک، pH خاک و شرایط اقلیمی می‌باشد و بنابراین در شرایط این آزمایش و رقم لویبای مورد استفاده، باکتری آزوسپریلوم کارایی بیشتری از نظر جذب عناصر و تأثیر بر رشد و عملکرد گیاه نسبت به باکتری ازتوباکتر نشان داد. اما در سطح ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن همه تیمارها نسبت به شاهد برتری معنی‌دار داشتند. نکته مورد توجه این است که در سطح صفر و ۷۵ کیلوگرم کود نیتروژن تیمار آزوسپریلوم + کمپوست بیشترین غلظت فسفر دانه را نشان دادند در حالی که در سطح ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن اگرچه تیمار آزوسپریلوم + کمپوست بیشترین غلظت فسفر

(۲۰۱۴) هماهنگ می‌باشد. Seyedi & Rezvani Moghaddam (۲۰۱۱) نشان دادند که توان تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلوم در حضور کمپوست قارچ افزایش یافت و این نکته را مورد تأکید قرار دادند که با وجود افزایش درصد نیتروژن اندام‌هوایی و پروتئین دانه توسط این باکتری‌ها، در شرایط نبود یا کمبود مواد آلی در خاک، ازتوباکتر و آزوسپریلوم ممکن است کود بیولوژیک مناسبی جهت تولید گندم نباشند. در آزمایش ما نیز زمانی باکتری‌ها بیشترین تأثیر مثبت را بر گیاه داشتند که به همراه کمپوست قارچ به کار رفتند. با توجه به این که ماهیت از دست رفتن نیتروژن ممکن است به حسب خصوصیات خاک، شرایط آب و هوایی، نوع و یا مرحله رشدی گیاه متفاوت باشد (Achakzai et al., 2006)، جذب این عنصر بویژه در شرایط کمبود آن با استفاده از ارتباط‌های باکتریایی، در کنار به حداقل رساندن راه‌های تلفات آن نقش مؤثری در افزایش کارایی این عنصر در گیاه خواهد داشت (Porte et al., 2017). به طور کلی، ازتوباکتر و آزوسپریلوم در حضور ماده آلی خاک می‌توانند با اثر گذاری مثبت خود بر جذب عناصر غذایی پر مصرف (Song et al., 2015) و کم مصرف (Dashti et al., 1998)، باعث افزایش رشد گیاه شوند. بنابراین هر عاملی که بتواند جذب نیتروژن را در ریشه، ساقه و برگ افزایش دهد، درصد پروتئین دانه و غلاف را نیز افزایش خواهد داد (Soobhany et al., 2017).

شوند و همچنین اسید گلوکونیک و اسید ۲-کتواگزالییک با آزادسازی پروتون سبب کاهش pH محیط و انحلال فسفات های نامحلول خاک می گردند (Sharma et al., 2013)، در نتیجه آزاد شدن فسفر در خاک قابلیت دسترسی ریشه به این عنصر زیاد شده و جذب فسفر در گیاه افزایش می یابد (Kumar et al., 2015).

غلظت پتاسیم دانه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها برای غلظت پتاسیم دانه، اثر متقابل کود نیتروژن × مواد آلی زیستی را معنی دار نشان داد (جدول ۱۰)، به طوری که بین تیمارهای مواد آلی زیستی در هر سه سطح کود نیتروژن تفاوت معنی دار وجود داشت (جدول ۱۱). مقایسه میانگین نشان داد که در سطح صفر و ۷۵ کیلوگرم کود نیتروژن، تیمارهای ازتوباکتر + کمپوست و آزوسپریلوم + کمپوست و در سطح ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن تیمار آزوسپریلوم + کمپوست بیشترین غلظت پتاسیم دانه را نشان دادند. همچنین اغلب تیمارها در سطح عدم مصرف کود نیتروژن نسبت به سطح ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن، غلظت پتاسیم دانه بیشتری نشان دادند. افزایش غلظت پتاسیم در اندام هوایی و ریشه در اثر تلقیح با باکتری های محرک رشد گیاه توسط محققین مختلفی گزارش شده است (Sheng, 2010; Singh et al., 2005). این باکتری ها با تخریب کانی های پتاسیم دار، این عنصر را از کانی آزاد کرده و به شکل قابل استفاده برای گیاه در می آورند. حضور پلی ساکاریدهای باکتریایی به عنوان عوامل موثر در رهاسازی پتاسیم از کانی های خاک گزارش شده است

دانه را نشان داد ولی به لحاظ آماری تفاوت معنی دار با تیمار ازتوباکتر + کمپوست نداشت (جدول ۱۲). تاثیر منفی کود نیتروژن بر فعالیت باکتری ازتوباکتر در جذب فسفر گزارش شده است (Lavakush et al., 2014). اما در این آزمایش در سطح ۱۵۰ کیلوگرم باکتری ازتوباکتر نسبت به دو سطح دیگر کود نیتروژن، جذب فسفر بیشتری نشان داد. بنا به گزارش Khan et al., (2013) فعالیت برخی از سویه ها با قابلیت حل فسفات معدنی، در خاک هایی با نیتروژن بالا افزایش می یابد. (Hervas et al., 2008) نشان دادند که کل نیتروژن برگ با شدت آسیمیلاسیون CO₂ و فعالیت آنزیم های روبیسکو و فسفوانول پیرووات کربوکسیلاز (PEP) در ارتباط است و ۴۰-۵۰ درصد نیتروژن محلول در برگ های گیاهان را می توان در ساختار این دو آنزیم به علاوه پیرووات اورتوفسفات دی کیناز یافت. از آنجایی که فسفر در بسیاری از ترکیبات سلول های گیاهی از قبیل اسیدهای آمینه و اسیدهای نوکلئیک و فسفولپیدها وجود دارد، بنابراین به نظر می رسد که یکی از علایم کمبود آن در گیاه، کند شدن رشد و کاهش پروتئین باشد (Turner et al., 2005). بنابراین وجود فسفر قابل دسترس مناسب منجر به افزایش رشد و جذب فسفر و نیتروژن می شود (Das et al., 2014). همچنین استفاده از ریزجاندارانی مانند ازتوباکتر و آزوسپریلوم، با ترشح اسیدهای آلی (اسیدآگزالییک و اسیدسیتریک) از طریق کلاته کردن و تشکیل کمپلکس های پایدار با کاتیون های آهن و آلومنیوم و کلسیم سبب آزاد شدن فسفات به داخل محلول خاک می

et al., (2015) دریافتند که اثر متقابل ماده آلی و باکتری بر جذب فسفر و پتاسیم معنی دار بود که می تواند ناشی از اثر هم افزایی و تشدید کننده کودهای زیستی و آلی باشد. به نظر می رسد مصرف همزمان باکتری های زیستی از جمله ازتوباکترو و آزوسپریلیوم با کمپوست قارچ می تواند سبب افزایش فعالیت این باکتری ها شده و همچنین بهبود فرایند معدنی شدن نیتروژن و افزایش قابلیت دسترسی به فسفر و پتاسیم توسط گیاه و افزایش عملکرد گردیده است. کودهای آلی از جمله کمپوست قارچ محیط مناسبی را برای تکثیر باکتری ها فراهم می کند که در نتیجه این اثرات تشدید کننده و مثبت در نهایت باعث افزایش عملکرد گیاه می گردد (Seyedi & Rezvani Moghaddam, 2011).

نتیجه گیری نهایی

نتایج نشان دادند به جای استفاده بی رویه از کود شیمیایی می توان با استفاده بهینه از مواد آلی زیستی و کاهش مصرف ۵۰ درصدی کود شیمیایی نیتروژن، عملکرد دانه را افزایش داد. کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار عملکرد و جذب عناصر را در اغلب تیمارهای بیولوژیک کاهش داد. همچنین عملکرد دانه و غلظت عناصر در اندام هوایی و دانه، توسط باکتری ها زمانی افزایش یافت که همراه با بقایای کمپوست قارچ مورد استفاده قرار گرفتند. در مجموع کاربرد توأم کمپوست قارچ + آزوسپریلیوم بیشترین عملکرد دانه را نشان داد بر اساس نتایج به نظر می رسد در شرایط مشابه آزمایش، کاربرد کمپوست قارچ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار اوره تحت تلقیح با باکتری آزوسپریلیوم می تواند

(Yahalom et al., 2004). پلی ساکاریدها (مثل اسیدهای اورنیک) مواد لعابی و لزجی هستند که دارای عوامل کربوکسیلی و فنلی می باشند که فنل و کربوکسیل موجود در پلی ساکاریدها با عناصر موجود در سیلیکات ها واکنش داده و تشکیل پیوندهای پیچیده ای می دهند که منجر به آزاد شدن عناصر از شبکه کریستالی شده و باعث انتقال آنها به داخل محلول خاک می شوند (Wu et al., 2012). شاید این مواد لزج تولید شده توسط باکتری های به کار برده شده، مواد پلی ساکاریدی باشند که توسط این باکتری ها تولید و ترشح شده و در آزادسازی پتاسیم مؤثر واقع شده است. محققین گزارش کردند که این باکتری ها قادر به تولید سیدروفور می باشد که سیدروفور تولید شده می تواند با عناصر موجود در سطح کانی کمپلکس برقرار کند و در آزادسازی عناصری مثل فسفر، پتاسیم و آهن مؤثر واقع شود (Singh et al., 2010). بنابراین تجزیه کانی های پتاسیم دار و آزاد شدن پتاسیم در اثر این مکانیسم و یا سایر مکانیسم ها می تواند نقش مؤثری در افزایش پتاسیم قابل استفاده در خاک باشد (Supanjani et al., 2006). (Yahalom et al., 2004) نتیجه گرفتند که تلقیح با آزوسپریلیوم از طریق افزایش حجم سیستم ریشه، باعث افزایش جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم توسط ریشه گیاه جو و لوبیا می شود. گزارش شده است که باکتری های غیر همزیست عناصری مانند فسفر، آهن، منگنز و روی را به شکل محلول و قابل جذب تبدیل نموده و از این طریق امکان جذب آن ها را برای گیاه فراهم می نمایند (Porte et al., 2017). در آزمایشی (Song

سپاسگزاری

مقاله حاضر از طرح پژوهشی مصوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت می باشد و هزینه های طرح از محل بودجه پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت تأمین گردید. بدین وسیله مراتب تشکر و قدردانی خود را از معاونت پژوهشی دانشگاه به دلیل همکاری و مساعدت در تقبل هزینه های آن اعلام می داریم.

رشد و جذب عناصر غذایی در لوبیا را بهبود بخشیده و در نهایت، علاوه بر افزایش عملکرد، کیفیت دانه را نیز افزایش دهد. همچنین برای آزمایش های آتی مقایسه کمپوست قارچ، کمپوست آزولا، ورمی کمپوست به همراه دیگر باکتری ها در زراعت لوبیا پیشنهاد می شود.

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر مواد آلی زیستی بر محتوای کلروفیل برگ و تعداد گره ریشه تحت سطوح مختلف کود نیتروژن
Table 4. Analysis of variance for the effect of biological treatment on leaf chlorophyll content and number of root nodule under different levels of nitrogen fertilizer

Source	df	میانگین مربعات (Mean Squares)			
		کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll	تعداد گره ریشه Number of root nodule
تکرار Replication	2	575**	22.0 ^{ns}	822**	6.80 ^{ns}
نیتروژن Nitrogen (N)	2	96.1 ^{ns}	143**	223*	1790**
مواد آلی زیستی Biological treatment (B)	5	456**	125**	959**	2509**
نیتروژن × مواد آلی زیستی N × B	10	263**	85.0**	363**	396**
خطا Error	34	38.9	11.5	53.6	22.2
ضریب تغییرات CV (%)		8.61	8.06	6.38	9.86

^{ns}, * و ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی دار، وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد
ns, * and **: not Significant, Significant at 1% and 5% probability levels, respectively

جدول ۵- تجزیه واریانس برش دهی اثر مواد آلی زیستی بر محتوای کلروفیل برگ و تعداد گره ریشه در سطوح مختلف کود نیتروژن
Table 5. Slice analysis of variance for the effect of biological treatment on leaf chlorophyll content and number of root nodule under different levels of nitrogen fertilizer

سطوح کود اوره Urea levels (kg ha ⁻¹)	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll	تعداد گره ریشه Number of root nodule
0	163**	43.0*	195**	1277**
75	441**	160**	681**	849**
150	378**	91.6**	809**	1175**

^{ns}, * و ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی دار، وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد
ns, * and **: not Significant, Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل مواد آلی زیستی × کود نیتروژن بر محتوای کلروفیل برگ و تعداد گره ریشه

Table 6. Mean comparison for the interaction effect of biological treatment × nitrogen fertilizer on leaf chlorophyll content and number of root nodule

سطوح کود	اوره	مواد آلی زیستی	کلروفیل a Chlorophyll a (mg lit ⁻¹)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg lit ⁻¹)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg lit ⁻¹)	تعداد گره ریشه Number of root nodule
0		Control	7.30	3.98	11.6	34.6
		<i>Azotobacter</i>	6.36	4.82*	11.1	72.8*
		<i>Azospirillum</i>	7.44	5.03*	12.4*	73.4*
		Compost	7.41	4.62*	12.0*	61.9*
		Compost + <i>Azotobacter</i>	6.16	4.25	10.4	32.8
		Compost + <i>Azospirillum</i>	7.97*	4.52*	12.4*	80.0*
		LSD (0.05)	0.54	0.56	0.602	8.19
75		Control	6.11	4.31	10.4	22.8
		<i>Azotobacter</i>	7.98*	4.10	12.0*	41.3*
		<i>Azospirillum</i>	7.93*	3.80	11.7*	53.4*
		Compost	8.26*	3.61	11.8*	40.0*
		Compost + <i>Azotobacter</i>	5.23	3.01	8.25	30.5*
		Compost + <i>Azospirillum</i>	6.82	5.18*	12.0*	70.0*
		LSD (0.05)	1.18	0.563	1.33	5.62
150		Control	5.23	3.08	8.31	20.5
		<i>Azotobacter</i>	7.86*	4.63*	12.5*	62.8*
		<i>Azospirillum</i>	8.04*	4.53*	12.5*	67.5*
		Compost	8.13*	4.19*	12.3*	24.6
		Compost + <i>Azotobacter</i>	7.70*	4.05*	11.7*	40.0*
		Compost + <i>Azospirillum</i>	8.04*	4.17*	12.2*	32.3*
		LSD (0.05)	0.473	0.663	0.976	11.15

* در هر ستون وجود اختلاف معنی دار با تیمار شاهد را با استفاده از آزمون LSD نشان می دهد.

* In each column, there is a significant difference with control treatment according to LSD test.

جدول ۸- تجزیه واریانس اثر مواد آلی زیستی بر تعداد غلاف و دانه در بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در سطوح مختلف کود نیتروژن

Table 8. Slice analysis of variance for the effect of biological treatment on number of pod and seed/plant, biological yield and seed yield under different levels of nitrogen fertilizer

سطوح کود اوره	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در بوته	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه
Urea levels (kg ha ⁻¹)	Number of pod plant ⁻¹	Number of seed plant ⁻¹	Biological yield (kg ha ⁻¹)	Seed yield (kg ha ⁻¹)
0	63.4**	1654**	3158474**	2780314**
75	39.8**	1328**	2589223**	2233070*
150	45.05**	1182**	2907799**	1988557**

ns, * و ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی دار، وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد
ns, * and **: not Significant, Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

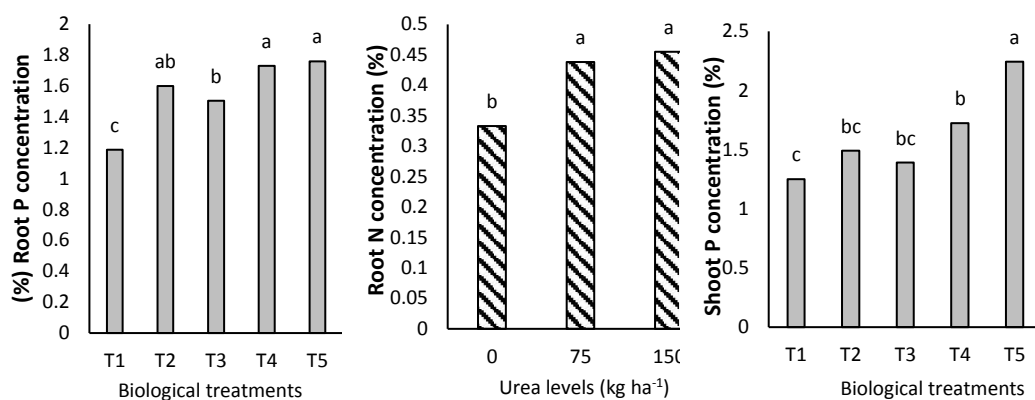
جدول ۹- مقایسه میانگین اثر متقابل مواد آلی زیستی × کود نیتروژن بر تعداد غلاف و دانه در بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه

Table 9. Mean comparison for the interaction effect of biological treatment × nitrogen fertilizer on number of pod and seed/plant, biological yield and seed yield

سطوح کود اوره Urea levels (kg ha ⁻¹)	مواد آلی زیستی Biological treatment	تعداد غلاف در بوته Number of pod plant ⁻¹	تعداد دانه در بوته Number of seed plant ⁻¹	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg ha ⁻¹)	عملکرد دانه Seed yield (kg ha ⁻¹)
0	Control	5.26	17.55	2726	719
	<i>Azotobacter</i>	6.06	21.72	3669*	890
	<i>Azospirillum</i>	14.36*	65.49*	3289*	2685*
	Compost	13.30*	56.66*	4371*	2323*
	Compost + <i>Azotobacter</i>	14.23*	66.71*	5009*	2735*
	Compost + <i>Azospirillum</i>	15.80*	68.50*	5141*	2808*
	LSD (0.05)	2.10	14.4	538	351
75	Control	5.56	20.4	3509	839
	<i>Azotobacter</i>	6.13	20.2	3893*	830
	<i>Azospirillum</i>	8.73*	34.0*	5402*	1191*
	Compost	6.73	22.8	5238*	938*
	Compost + <i>Azotobacter</i>	10.8*	39.5*	5961*	1620*
	Compost + <i>Azospirillum</i>	15.1*	74.8*	5985*	3067*
	LSD (0.05)	3.14	12.7	246	104
150	Control	5.90	17.18	3386	704
	<i>Azotobacter</i>	5.50	18.25	4126*	748
	<i>Azospirillum</i>	8.80*	32.14*	3060	949*
	Compost	9.23*	33.89*	3772*	1389*
	Compost + <i>Azotobacter</i>	13.2*	62.32*	4654*	2555*
	Compost + <i>Azospirillum</i>	14.6*	57.02*	5595*	2338*
	LSD (0.05)	3.43	13.8	441	226

* در هر ستون وجود اختلاف معنی دار با تیمار شاهد را با استفاده از آزمون LSD نشان می دهد.

* In each column, there is a significant difference with control treatment according to LSD test.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر ساده مواد آلی زیستی بر غلظت فسفر ریشه (LSD = 0.119)

Figure 2. Mean comparison of effect of biological treatment on root P concentration

(T1=شاهد، T2= آزوسپریلوم، T3= ازتوباکتر، T4= کمپوست قارچ، T5= کمپوست قارچ + آزوسپریلوم و T6= کمپوست قارچ + ازتوباکتر)

شکل ۱- مقایسه میانگین اثر ساده سطوح کود نیتروژن بر غلظت نیتروژن ریشه (LSD = 0.085)

Figure 1. Mean comparison of effect of N fertilizer on root N concentration

شکل ۳- مقایسه میانگین اثر ساده مواد آلی زیستی بر غلظت فسفر اندام هوایی (LSD = 0.106)

Figure 3. Mean comparison of effect of biological treatment on shoot P concentration

جدول ۱۰- تجزیه واریانس اثر مواد آلی زیستی بر غلظت فسفر ریشه، نیتروژن ریشه، نیتروژن اندام هوایی، فسفر اندام هوایی، پروتئین دانه، فسفر دانه و پتاسیم اندام هوایی تحت سطوح مختلف کود نیتروژن

Table 10. Analysis of variance for the effect of biological treatment on concentration of root P, root N, shoot P, shoot N, seed P, shoot K and seed protein under different levels of nitrogen fertilizer

S.O.V	df	میانگین مربعات (Mean Squares)						
		فسفر ریشه	نیتروژن ریشه	نیتروژن اندام هوایی	فسفر اندام هوایی	پروتئین دانه	فسفر دانه	پتاسیم اندام هوایی
		Root P	Root N	Shoot N	Shoot P	Seed protein	Seed P	Shoot K
تکرار Replication	2	0.012 ^{ns}	0.027 ^{ns}	0.017 ^{ns}	0.075 ^{ns}	6.92*	0.010 ^{ns}	0.0013 ^{ns}
نیتروژن Nitrogen (N)	2	0.085 ^{ns}	0.075*	0.442**	0.052 ^{ns}	68.3**	0.394**	0.650**
مواد آلی زیستی Biological treatment (B)	5	0.463**	0.017 ^{ns}	0.334**	0.115*	155**	0.864**	0.186**
نیتروژن × مواد آلی زیستی N × B	10	0.088 ^{ns}	0.013 ^{ns}	0.173**	0.060 ^{ns}	39.8**	0.309**	0.170**
خطا Error	34	0.087	0.02	0.032	0.041	2.03	0.031	0.0054
ضریب تغییرات CV (%)		19.2	25.1	5.11	11.9	6.35	13.8	13.58

ns, * و ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی دار، وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد
ns, * and **: not Significant, Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۱۱- تجزیه واریانس برش دهی اثر مواد آلی زیستی بر غلظت فسفر ریشه، نیتروژن ریشه، نیتروژن اندام هوایی، فسفر اندام هوایی، پروتئین دانه، فسفر دانه و پتاسیم اندام هوایی در سطوح مختلف کود نیتروژن

Table 11. Slice analysis of variance for the effect of biological treatment on concentration of root P, root N, shoot P, shoot N, seed P, shoot K and seed protein under different levels of nitrogen fertilizer

سطوح کود اوره Urea levels (kg ha ⁻¹)	نیتروژن اندام هوایی Shoot N	پروتئین دانه Seed Protein	فسفر دانه Seed P	عملکرد پروتئین Protein yield	پتاسیم اندام هوایی Shoot K
0	0.271**	73.1**	0.634**	292786**	0.198**
75	0.170*	94.5**	0.398**	294609*	0.121**
150	0.198**	67.9**	0.450**	193371**	0.207**

ns, * و ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی دار، وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد
ns, * and **: not Significant, Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۱۲- مقایسه میانگین اثر متقابل مواد آلی زیستی × کود نیتروژن بر غلظت فسفر ریشه، نیتروژن ریشه، نیتروژن اندام هوایی، فسفر اندام هوایی، پروتئین دانه، فسفر دانه و پتاسیم اندام هوایی

Table 12. Mean comparison for the interaction effect of biological treatment on biological treatments × nitrogen fertilizers on concentration of root P, root N, shoot P, shoot N, seed P, shoot K and seed protein

سطوح کود اوره Urea levels (kg ha ⁻¹)	مواد آلی زیستی Biological treatment	غلظت Concentration				عملکرد پروتئین Seed protein yield (kg ha ⁻¹)
		نیتروژن اندام هوایی Shoot N	پروتئین دانه Seed protein	فسفر دانه Seed P	پتاسیم دانه Seed K	
		(%)				
0	Control	2.45	18.77	0.826	1.25	135
	<i>Azotobacter</i>	2.82*	18.04	0.906*	1.41*	159
	<i>Azospirillum</i>	3.07*	28.39*	1.630*	1.51*	761*
	Compost	2.90*	26.64*	1.736*	1.72*	619*
	Compost + <i>Azotobacter</i>	2.74*	29.06*	1.723*	1.90*	807*
	Compost + <i>Azospirillum</i>	3.09*	27.12*	1.880*	1.96*	767*
	LSD (0.05)	0.241	2.79	0.210	0.104	219
75	Control	2.45	14.37	0.856	0.982	119
	<i>Azotobacter</i>	2.72*	19.22*	0.913	1.10	174
	<i>Azospirillum</i>	2.74*	22.72*	0.973	1.29**	210*
	Compost	3.07*	18.04*	1.203*	1.34*	180
	Compost + <i>Azotobacter</i>	2.90*	20.72*	1.386*	1.51*	369*
	Compost + <i>Azospirillum</i>	3.82*	30.93*	1.810*	1.53*	950*
	LSD (0.05)	0.214	2.93	0.314	0.143	120
150	Control	2.45	15.25	0.850	0.982	107
	<i>Azotobacter</i>	2.62*	18.77*	0.890*	1.23*	140
	<i>Azospirillum</i>	2.82*	19.22*	0.980*	1.53*	182
	Compost	2.74*	23.04*	1.223*	1.57*	319*
	Compost + <i>Azotobacter</i>	3.07*	27.12*	1.636*	1.46*	690*
	Compost + <i>Azospirillum</i>	3.52*	26.77*	1.743*	1.78*	624*
	LSD (0.05)	0.193	1.69	0.343	0.186	128

* در هر ستون وجود اختلاف معنی دار با تیمار شاهد را با استفاده از آزمون LSD نشان می دهد.

* In each column, there is a significant difference with control treatment according to LSD test.

References

- Abdelhamid, M. T., Horiuchi, T., and Oba, S. 2004. Composting of rice straw with oilseed rape cake and poultry manure and its effects on faba bean (*Vicia faba* L.) growth and soil properties. *Bioresource technology*, 93(2): 183–189.
- Abtahi, S.M., Seyed Sharifi, R., and Qaderi, F. 2014. Influence of Nitrogen Fertilizer Rates and Seed Inoculation with Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Yield, Fertilizer Use Efficiency, Rate and Effective Seed Filling Period of Soybean (*Glycine max* L.) in Second Cropping. *Agricultural Science and Sustainable production*, 24 (3), 112–129. (In Persian).
- Achakzai, A.K.K., and Bangulzai, M.I. 2006. Effect of various of nitrogen fertilizer on the yield and yield attributes of pea (*Pisum sativum* L.) cultivars. *Pakistan Journal of Botany*, 32:2. 331– 340.
- Adams, J.D.W., and Frostick, L.E. 2008. Investigating microbial activities in compost using mushroom (*Agaricus bisporus*) cultivation as an experimental system. *Bioresource Technology*, 99: 1097–1102.
- Arnon, D.T. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplast phenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24: 1–15.
- Barron, J.E., Pasini, R.J., Davis, D.W., Stuthman, D.D., and Graham, P.H. 2000. Response to selection for seed yield and nitrogen fixation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Field Crop Research*, 62: 119–128.
- Benizri, E., Baudoin, E., and Guckert, A. 2001. Root colonization by inoculated plant growth-promoting rhizobacteria. *Biocon ScL Technology*, 11: 557–574.
- Bertrand, I., Ehrhardt, F., Alavoine, G., Joulain, C., Issa, O.M., and Valentin, C. 2014. Regulation of carbon and nitrogen exchange rates in biological soil crusts by intrinsic and land use factors in the Sahel area. *Soil Biology and Biochemistry*, 72: 133–144.
- Bonnet, S., Berthelot, H., Turk-Kubo, K., Fawcett, S., Rahav, E., L'Helguen, S., and Berman-Frank, I. 2016. Dynamics of N₂ fixation and fate of diazotroph-derived nitrogen in a low-nutrient, low-chlorophyll ecosystem: results from the Vahine mesocosm experiment (New Caledonia). *Biogeosciences*, 13(9): 2653–2673.
- Chauhan, H., and Bagyaraj, D. J. 2015. Inoculation with selected microbial consortia not only enhances growth and yield of French bean but also reduces fertilizer application under field condition. *Scientia Horticulturae*, 197: 441–446.
- Das, I., Pradhan, A.K., and Singh, A.P. 2014. Yield and yield attributing parameters of organically cultivated mungbean as influenced by PGPR and organic manures. *Journal of Crop and*

- Weed, 10(1): 172–174.
- Dashti, N., Zhang, F., Rynes, H., and Smith, D.L. 1998. Plant growth promoting rhizobacteria accelerate nodulation and increase nitrogen fixation activity by field grown soybean (*Glycine max* L.) under short season conditions. *Plant and Soil*, 200: 205–213.
- De Salamone, I.E., Hynes, R.K., and Nelson, L.M. 2001. Cytokinin production by plant growth promoting rhizobacteria and selected mutants. *Canadian Journal of Microbiology*, 47: 404–411.
- Fernández, L.F., Reyes–Varela, V., Martínez–Suárez, C., Salomón–Hernández, G., Yáñez–Meneses, J., Ceballos–Ramírez, J. M., and Dendooven, L. 2010. Effect of different nitrogen sources on plant characteristics and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Bioresource Technology*, 101(1): 396–403.
- Fidanza, M.A., Sanford, D.L., Beyer, D.M., and Aurentz, D.J. 2010. Analysis of fresh mushroom compost. *Horticultural Technology*, 20(2): 449–453.
- Frutos, I., Garate, A., and Eymar, E. 2010. Applicability of spent mushroom compost (SMC) as organic amendment for remediation of polluted soils. *Acta Horticulturae*, 852: 261–268.
- Glick, B. R. 2014. Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world. *Microbiological Research*, 169(1): 30–39.
- Hervas, A.B., Canosa, I., and Santero, E. 2008. Transcriptome analysis of *Pseudomonas putida* in response to nitrogen availability. *Journal of Bacteriology*, 190:416–420.
- Hopkins, W.G. 2004. Introduction to plant physiology. John Wiley and Sons. New York, 557p.
- Joshi, D., Hooda, K.S., Bhatt, J.C., Mina, B.L., and Gupta, H.S. 2009. Suppressive effects of composts on soil–borne and foliar diseases of French bean in the field in the western Indian Himalayas. *Crop Protection*, 28(7): 608–615.
- Khan, M.S., Zaidi, E.A. and Oves, M. 2013. Effects of Azotobacter inoculants on the yield and phosphate uptake by wheat under different nitrogen resource. *Field Crop Research*, 28(3): 259–261.
- Khattak, A.M., Ahmad, I., Amin, N., and Wahid, A. 2011. Effects of different amended organic media on the growth and development of *Vinca rosea* ‘victory. *Applied Ecology and Environmental Research*, 27(2): 203–209.
- Khurana, A.L., and Dudeja, S.S. 1997. Biological nitrogen fixation technology for pulses production in India. *Indian. Inst. Pulses Reserch*. Kanpur. Pp1–18.
- Kumar, V., Singh, P., Jorquera, M.A., Sangwan, P., Kumar, P., Verma, A.K., and Sanjeev, A. 2015. Isolation of phytase–producing bacteria from Himalayan soils and their effect on growth and phosphorus uptake of Indian mustard and Egyptian clover. *World Journal of*

- Microbiology and Biotechnology, 29:1361–1369.
- Lavakush, Y.J., Verma, J.P., Jaiswal D.K., and Kumar, A. 2014. Evaluation of PGPR and different concentration of nitrogen level on plant growth, yield and nutrient content of rice (*Oryza sativa*). Ecological Engineering, 62: 123–128.
- Linn, J.G. and Martin, N.P. 1999. Forage quality tests and interpretation. The College of Agricultural, Food and Environmental Sciences, University of Minnesota Press, USA.
- Mahmoud, E., El-Gizawy, E., and Gerjes, L. 2015. Effect of compost extract, N₂-fixing bacteria and nitrogen levels applications on soil properties and onion crop. Archives of Agronomy and Soil Science, 61(2): 185–201.
- Özguven, A.I. 1998. The opportunities of using mushroom compost waste in Strawberry growing. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 22: 601–607.
- Padilla, F.M., Peña-Fleitas, M.T., Gallardo, M., and Thompson, R.B. 2015. Threshold values of canopy reflectance indices and chlorophyll meter readings for optimal nitrogen nutrition of tomato. Annals of Applied Biology, 166(2): 271–285.
- Porte, D., Gupta, S.B., Singh, A.K., Chowhury, T., Dash, D., and Soni, R. 2017. Evaluation of non-symbiotic nitrogen fixing bacterial influence on rhizobium nodulation behaviour in bacterial consortia. International Journal of Crop Research, 5(4): 1598–1602.
- Rendon-Anaya, M., Herrera-Estrella, A., Gepts, P., and Delgado-Salinas, A. 2017. A new species of Phaseolus (*Leguminosae, Papilionoideae*) sister to *Phaseolus vulgaris*, the common bean. Phytotaxa, 313(3): 259–266.
- Schwartz, A.I., Ortiz, M., Maymon, C., Herbold, N., and Fujishige, F. 2013. *Bacillus simplex*—A little known PGPR with anti-fungal activity— Alters pea legume root architecture and nodule morphology when coinoculated with *Rhizobium leguminosarum* bv. *Viciae*. Agronomy, 3: 595–620.
- Seyedi, S.M., and Rezvani Moghaddam, P. 2011. Yield, yield components and nitrogen use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L.) in mushroom compost, biological fertilizer and urea application. Journal of Agroecology, 3(3): 409–419. (In Persian).
- Sharma, S.B., Sayyed, R.Z., Trivedi, M.H., and Gobi, T.A. 2013. Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. Springerplus, 2:587.
- Sheng, X.F. 2005. Growth promotion and increased potassium uptake of cotton and rape by a potassium releasing strain of *Bacillus edaphicus*. Soil Biology and Biochemistry, 37(10): 1918–1922.
- Singh, G., Biswas, D. R., and Marwaha, T.S. 2010. Mobilization of potassium from waste mica by

- plant growth promoting rhizobacteria and its assimilation by maize (*Zea mays* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.): a hydroponics study under phytotron growth chamber. *Journal of plant nutrition*, 33(8): 1236–1251.
- Song, X., Liu, M., Wu, D., Griffiths, B. S., Jiao, J., Li, H., and Hu, F. (2015). Interaction matters: Synergy between vermicompost and PGPR agents improves soil quality, crop quality and crop yield in the field. *Applied Soil Ecology*, 89: 25–34.
- Soobhany, N., Mohee, R., and Garg, V.K. 2017. A comparative analysis of composts and vermicomposts derived from municipal solid waste for the growth and yield of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Environmental Science and Pollution Research*, 24(12): 11228–11239.
- Supanjani, H.H., Jung, J.S., and Lee, K.D. 2006. Rock phosphate potassium and rock solubilizing bacteria as alternative sustainable fertilizers. *Agronomy, Sustainable and Development*, 26: 233–240.
- Turner, B.L., Frossard, E., and Baldwin, D.S. 2005. *Organic Phosphorus in the Environment*. CABI Publishing Series. 412.
- Wani, S.P., Rupela, O.P., and Lee, K.K. 1995. Sustainable agriculture in the tropics through biological nitrogen fixation in seed legumes. *Plant and Soil*, 174: 29–49.
- Wu, F., Wan, J. H. C., Wu, S., and Wong, M. 2012. Effects of earthworms and plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) on availability of nitrogen, phosphorus, and potassium in soil. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 175(3): 423–433.
- Yadegari, M. 2013. Inoculation of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds with *Rhizobium phaseoli* and plant growth promoting rhizobacteria. *Advances in Environmental Biology*, 8(2): 419–424.
- Yahalom, D., Jukervitch, E., Burdman, S., and Okon, Y. 2004. Root growth respiration and beta-glucosidase activity in barley and common bean inoculated with *Azospirillum brasilense*. *Symbiosis*, 26: 367 – 377.
- Zaidi, A., Khan, M.S., Saif, S., Rizvi, A., Ahmed, B., and Shahid, M. 2017. Role of nitrogen-fixing plant growth-promoting rhizobacteria in sustainable production of vegetables: Current perspective in microbial strategies for vegetable production. Springer International Publishing. (pp. 49–79).
- Živčák, M., Olšovská, K., Slamka, P., Galambošová, J., Rataj, V., Shao, H.B., and Breštič, M. 2014. Application of chlorophyll fluorescence performance indices to assess the wheat photosynthetic functions influenced by nitrogen deficiency. *Plant, Soil and Environment*, 60(5): 210–215.

The Effect of combined use of chemical fertilizer, Azetobacter, Azospirillum and compost on seed yield and nutrient uptake of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

M. H. Ansari^{1*}, H. Asadi-Rahmani², R. Mazaheri³ and B. Rezazadeh⁴

1. Department of Agronomy and Plant Breeding, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran. (Corresponding author)
2. Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran.
3. Department of Soil Science, SavadKoh Branch, Islamic Azad University, SavadKoh, Iran.
4. Department of Agronomy and Plant Breeding, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran.

Received: November 2017 Accepted: April 2018

Extended Abstract

Ansari, M.H., H. Asadi-Rahmani, Mazaheri, R., Rezazadeh, B., The Effect of combined use of chemical fertilizer, Azetobacter, Azospirillum and compost on seed yield and nutrient uptake of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

Applied Research in Field Crops Vol 30, No. 3, 2017 4-6: 14-35(in Persian)

Introduction: The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is an important crop both in temperate and tropical climates and is an excellent source of protein. It is well established that depletion in nitrogen availability strongly affects rhizobial populations in the rhizosphere of legumes (Padilla et al., 2015). Nitrogen (N) is a major nutrient for plant growth and development and affects the seed yield more than other nutrients. Excessive application of nitrogen fertilizer increases nitrogen loss through leaching (water contamination) and sublimation (air pollution) (Zaidi et al., 2017). Biological fertilizers, which are a mixture of microorganisms, can be partial substitutes for chemical fertilizers. The ability of several bacterial species such as *Azospirillum* and *Azotobacter* in providing a large portion of the plant's demanded nitrogen through biological fixation has been proven. Also, mushroom compost, which is one of the side-products of the edible fungus industry, can play an important role in increasing plant nitrogen uptake as a quality modifier. The present study is based on the assumption that the application of mushroom compost and biofertilizers can improve, in addition to seed yield, the seed quality of bean as compared to chemical nitrogen.

Email address of the corresponding author: mansari@iaurasht.ic.ir

Material and Methods: A field experiment was conducted in Rasht, North of Iran, as factorial based on a randomized complete blocks design with three replications during the grown season 2015. The experimental factors consisted of chemical nitrogen (0, 75 and 150 kg urea ha⁻¹) and biological treatments (*Azospirillum lipoferum*, *Azotobacter chroococcum*, mushroom compost (2 t ha⁻¹), mushroom compost + *Azospirillum*, mushroom compost + *Azotobacter* and a control). A local cultivar of bean “Pach Baghala” which was obtained from Guilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center was used in this experiment. The measured traits included chlorophyll content, the concentration of N and phosphorus (P) (root, shoot and seed) and potassium (K) of seed, yield components and seed yield. The statistical analysis was conducted using the SAS 9.2 software.

Results and Discussion: The results showed that inoculation of the bean plant with the biological agents under all levels of chemical nitrogen fertilizer increased leaf chlorophyll content, number of pods per plant, number of seeds per plant and biological yield as compared to the control. Also, the application of biological treatments in the presence of 0, 75 and 150 kg of nitrogen raised bean seed yield by 19 – 63%, 10 – 74% and 5 – 65%, respectively, and the highest seed yield (3067 kg ha⁻¹) was obtained from *Azospirillum* + mushroom compost treatment at 75 kg nitrogen ha⁻¹. Almost all the biological treatments used in this study led to decreased N and P concentrations of seed and shoot and K concentration of seed with increasing nitrogen fertilizer and the highest shoot N (3.82%), seed protein (30.93%), seed P (1.880%), seed K (1.96%) and protein yield (950 kg ha⁻¹) were observed with *Azospirillum* + mushroom compost treatment. We found that when the bacteria, especially *Azotobacter*, were applied individually, they did not have a pronounced effect on the most of the traits of bean, but when used simultaneously with mushroom compost, they significantly augmented the plant nutrient uptake and seed yield. The *Azospirillum*, both individually and in combination with compost resulted in more bean N and P uptake, biological and seed yield than *Azotobacter*. Under the inoculation of biological agents, bean plant, when supplied with 150 kg nitrogen ha⁻¹, produced yield which was less than or equal to 75 kg nitrogen ha⁻¹. Therefore, the use of mushroom compost in combination with biofertilizers can reduce the requirement of chemical nitrogen fertilizer by up to 50%. The use of growth promoting bacteria can induce greater allocation of dry matter to different plant organs, which may result in increased vegetative development, making it possible for plant to capture more light and consequently increase its photosynthetic rate, ultimately leading to enhanced grain yield (Chauhan and Bagyaraj, 2015)

Conclusion: According to our results, application of *Azospirillum* + mushroom

compost (2 t ha⁻¹) under 75 kg nitrogen ha⁻¹ can be considered as one of the suitable treatments for obtaining the highest seed yield and quality in common bean in Rasht region.

Keywords: Chlorophyll, Organic fertilizer, PGPR, Phosphorus, Potassium, Protein.

References

- Padilla, F.M., Peña-Fleitas, M.T., Gallardo, M., and Thompson, R.B. 2015. Threshold values of canopy reflectance indices and chlorophyll meter readings for optimal nitrogen nutrition of tomato. *Annals of Applied Biology*, 166(2): 271–285.
- Zaidi, A., Khan, M.S., Saif, S., Rizvi, A., Ahmed, B., and Shahid, M. 2017. Role of nitrogen-fixing plant growth-promoting rhizobacteria in sustainable production of vegetables: Current perspective in microbial strategies for vegetable production. Springer International Publishing. (pp. 49–79).