اثر منابع مختلف نیتروژن بر جذب و انتقال نیتروژن در لوبیا محلی گیلان در زراعت ارگانیک

محمدحسین انصاری*[۱]، هادی اسدی‌رحمانی[۲]، رویا مظاهری[۳]و بهزاد رضازاده[۴]

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

* نویسنده مسئول: **mansari@iaurasht.ac.ir**

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۰۱ **تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۱/۲۰**

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثر باکتری‌های محرک رشد گیاه و بقایای کمپوست قارچ بر جذب و انتقال نیتروژن در لوبیا، آزمایشی به‌صورت بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در منطقه رشت اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل شاهد (بدون تلقیح با باکتری و عدم کاربرد کمپوست)، باکتری آزوسپریلوم، باکتری ازتوباکتر، کمپوست قارچ (۲ تن در هکتار)، کمپوست قارچ + آزوسپریلوم و کمپوست قارچ + ازتوباکتر بودند. نتایج آزمایش نشان داد که با افزایش رشد گیاه تا مرحله گل‌دهی غلظت نیتروژن گیاه افزایش یافت ولی این افزایش برای جذب نیتروژن تا مرحله پر شدن دانه‌ها ادامه داشت. تیمارهای آزمایش فعالیت آنزیم فسفاتاز اسیدی و قلیایی را به‌ترتیب ۳۱ تا ۶۷ و ۴۲ تا ۷۵ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند و تیمارهای کاربرد باکتری + کمپوست قارچ بیش‌ترین فعالیت آنزیمی را نشان دادند. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که تیمار ازتوباکتر + کمپوست بیش‌ترین مقدار کلروفیل a و کل (به‌ترتیب ۱۱/۸ و ۱۵/۸ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) را نشان داد. بیش‌ترین تعداد گره ریشه (۸۱/۴ گره)، عملکرد بیولوژیک (۶۰۳۲ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد پروتئین (۳۹۸ کیلوگرم در هکتار) نیز از تیمار آزوسپریلوم + کمپوست قارچ به‌دست آمد. هم‌چنین تیمارهای به‌کار برده شده عملکرد دانه را ۱۱ تا ۴۹ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند و تیمار آزوسپریلوم + کمپوست قارچ، با میانگین ۲۱۰۴ کیلوگرم در هکتار نسبت به سایر تیمارها برتری معنی‌دار داشت. نتایج به‌دست آمده بیانگر آن است که تلقیح گیاهان با آزوسپریلوم و کاربرد کمپوست قارچ ضمن افزایش عملکرد دانه، پروتئین دانه را نیز افزایش می‌دهد. بنابراین برای حصول حداکثر عملکرد دانه لوبیا در کاربرد کمپوست قارچ تحت تلقیح با باکتری آزوسپریلوم در منطقه رشت توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پروتئین دانه، روند جذب نیتروژن، عملکرد بیولوژیک و کلروفیل.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.35.2.1]

مقدمه

لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در کشور ما بعد از گندم و برنج عمده‌ترین غذای مردم را تشکیل می‌دهد. لوبیا با داشتن ۳۲-۱۸ درصد پروتئین نقش مهمی را در تامین مواد پروتئینی مورد نیاز انسان دارد (Rendon-Anaya *et al.*, 2017). علاوه‌بر این، به‌دلیل هم‌زیستی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن اتمسفری بر ریشه آن‌ها، در حاصلخیزی خاک موثرند و هر ساله مقادیر زیادی نیتروژن بعد از برداشت این محصولات به خاک اضافه می‌شود (Peralta *et al.*, 2016). در سال‌های اخیر لزوم سلامت محصولات تولید شده در نظام‌های مختلف کشاورزی از نظر وجود بقایای سموم، مواد شیمیایی و اثر آن‌ها بر سلامت انسان و محیط زیست سبب شده است تا روش‌های تولید و نهاده‌های به‌کار رفته در تولید آن‌ها مورد توجه خاص قرار گیرند (Zaidi *et al.*, 2017). در همین زمینه یکی از روش‌هایی که اخیراً به‌عنوان جایگزینی مناسب در تولید محصولات کشاورزی، بدون استفاده از نهاده‌های شیمیایی و سازگار با محیط زیست در جهان پذیرفته شده است زراعت ارگانیک می‌باشد (Gabriel and Tscharntke, 2007). در این نوع زراعت تأمین مواد غذایی مورد نیاز گیاه، از انواع کودهای آلی و برای مبارزه با آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز از مبارزه مکانیکی و بیولوژیکی استفاده می‌شود (Macfadyen *et al.*, 2009). آزمایش‌ها و مطالعات پژوهشی مختلف، نتایج ضد و نقیضی را در رابطه با عملکرد تولیدی در زراعت ارگانیک نشان می‌دهد (Flohre *et al.*, 2011). گزارش‌های متعددی نشان‌دهنده‌ی کاهش عملکرد در زراعت ارگانیک هستند (Nemecek *et al.*, 2011). بررسی‌های انجام شده در این زمینه نشان داد مهم‌ترین دلیل کاهش عملکرد در زراعت ارگانیک عمدتاً ناشی از عدم توازن تغذیه‌ای و آفات به‌دلیل محدودیت استفاده از کود و سموم شیمیایی بوده است (Zaidi *et al.*, 2017). با مدیریت صحیح حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه می‌توان ضمن حفظ محیط زیست، تنوع زیستی و کارایی نهاده‌ها را نیز افزایش داد. در این راستا، کاربرد کودهای بیولوژیک از اهمیت ویژه‌ای در افزایش تولید محصول و حفظ حاصلخیزی پایدار خاک برخوردار است (اسدی‌رحمانی و همکاران، ۱۳۸۳). قابلیت چندین نوع باکتری خاک‌زی از گروه آزوسپریلوم و ازتوباکتر از طریق تثبیت بیولوژیک در تأمین نیتروژن بخش زیادی از نیتروژن مصرفی گیاه به اثبات رسیده است که ضمن کاهش مصرف کود شیمیایی از طریق افزایش جذب نیتروژن سبب بهبود رشد گیاهان می‌شوند (Flohre *et al.*, 2011). کارایی این باکتری‌ها بستگی زیادی به وضعیت خاک به‌ویژه ماده آلی خاک دارد (Das *et al.*, 2014). اثر این باکتری‌ها بر افزایش جذب عناصر غذایی و تثبیت نیتروژن در حضور ماده آلی اثبات شده است (Meena *et al.*, 2016; Das and Singh, 2014; Ahmad *et al.*, 2014). اصلاح‌کننده‌های آلی به‌عنوان یکی از راه‌های تأمین نیتروژن و جایگزینی برای کودهای شیمیایی شناخته می‌شوند (Rodriguez *et al.*, 1996). با توجه به حجم بالای ضایعات و پسماندهای بستر پرورش قارچ، کمپوست قارچ می‌تواند به‌عنوان کود آلی مورد استفاده قرار گیرد (Özguven,

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.35.2.1]

1998). کمپوست قارچ یکی از فرآورده‌های جانبی صنعت تولید قارچ‌های خوراکی است که به بقایای باقی‌مانده بستر پرورش قارچ اطلاق می‌شود کمپوست قارچ می‌تواند به‌عنوان یکی از اصلاح کننده‌های آلی با کیفیت، نقش مؤثری در افزایش پایداری سیستم‌های زراعی داشته باشد (Turan *et al*., 2017; Fidanza *et al*., 2010). با توجه به این‌که در مقیاس صنعتی به هنگام آماده‌سازی بستر قارچ خوراکی، کود مرغی، کاه و گچ مورد استفاده قرار می‌گیرد، باقی‌مانده این ترکیبات در بستر کشت می‌توانند در قالب کمپوست قارچ مورد استفاده قرار گیرد (Frutos *et al*., 2010). در این ارتباط Özguven (۱۹۹۸) با اشاره به نقش مؤثر کمپوست قارچ در بهبود عملکرد توت‌فرنگی گزارش کرد که استفاده از این کود می‌تواند در بهبود پایداری تولید نقش مؤثری را ایفاء کند. Frutos و همکاران (۲۰۱۰) نیز ضمن اشاره به اثرات مثبت کود بستر قارچ در بهبود ویژگی‌های خاک‌های آلوده به عناصر سنگین، گزارش دادند که این کود می‌تواند نقش مؤثری در بهبود رشد رویشی و نیز رشد اندام‌های زیرزمینی در گیاه آتریپلکس (*Atriplex halimus* L.) داشته باشد. افزایش جذب فسفر، نیتروژن و پتاسیم تحت مصرف کمپوست قارچی توسط Adams و Frostick (۲۰۰۹) و سیدی و رضوانی‌مقدم (۱۳۹۰) گزارش شده است. در سال‌های اخیر تولید قارچ دکمه‌ای در استان گیلان توسعه زیادی داشته است و بقایای آن می‌تواند به‌عنوان یک کود آلی غنی از نیتروژن در مزارع مورد استفاده قرار بگیرد. بنابراین این آزمایش با هدف ارزیابی اثر کمپوست قارچ به همراه باکتری‌های غیر هم‌زیست تثبیت کننده نیتروژن بر جذب و انتقال نیتروژن در گیاه لوبیا در شهرستان رشت انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴در اراضی پیرامون شهر رشت با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۹ دقیقه، ۱۵ متر پایین‌تر از سطح دریا جرا شد. قبل از شروع آزمایش از خاک مزرعه جهت تعیین برخی از ویژگی‌های خاک نمونه‌برداری به‌عمل آمد که نتایج آزمون خاک در جدول ۱ ارایه شده است. این آزمایش به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از ۱- باکتری آزوسپریلوم‌لیپوفروم، ۲- ازتوباکتر کرکوکوم، ۳- بقایای کمپوست قارچ دکمه‌ای (۲ تن در هکتار)، ۴- باکتری آزوسپریلوم‌لیپوفروم+ بقایای کمپوست قارچ، ۵- باکتری ازتوباکترکروکوکوم+ بقایای کمپوست قارچ و ۶- تیمار شاهد. ویژگی‌های بقایای کمپوست قارچ دکمه‌ای در جدول۲ ارائه شده است. بذر لوبیا مورد استفاده رقم محلی پاچ باقلا بود که از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گیلان تهیه شد. جهت تلقیح بذرها، ابتدا بذرها به‌وسیله صمغ عربی آغشته و باکتری‌های مورد نظر به توده بذر اضافه شد (هفت گرم مایه تلقیح که در هرگرم آن 10^7 عدد باکتری زنده و فعال وجود دارد) همگی این باکتری‌ها بومی خاک‌های کشور بوده و توسط بخش تحقیقات بیولوژی خاک موسسه تحقیقات خاک و آب جدا و خالص‌سازی و مایه تلقیح آن‌ها تهیه

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-26]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.35.2.1]

شده است. پس از تلقیح بذور و خشک کردن در سایه عملیات کاشت در تاریخ ۱۵ اردیبهشت ماه با توصیه‌های صورت گرفته انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل شش خط کاشت به‌طول پنج متر بود و بذرها به فاصله ۱۰ سانتی‌متر بر روی خطوط و ۵۰ سانتی‌متر بین خطوط با تراکم ۲۰۰ هزار بوته در هکتار کشت شد. کشت لوبیا به‌صورت دستی و در عمق تقریبی حدود پنج سانتی‌متر کشت و سپس به‌صورت بارانی آبیاری انجام شد. از آنجا که هدف آزمایش جذب نیتروژن بدون مصرف کود شیمیایی بود هیچ‌گونه کود و افزودنی شیمیایی استفاده نشد و مبارزه با علف‌های هرز به روش مکانیکی (وجین دستی) انجام گرفت و در طول آزمایش آفات و بیماری خاصی مشاهده نشد.

جدول ۱: ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایش

عمق نمونه‌برداری (cm)	بافت خاک	اسیدیته خاک (pH)	درصد اشباع	هدایت الکتریکی EC(d.Sm^{-1})	درصد کربن آلی	نیتروژن قابل جذب (%)	فسفر قابل جذب (mg kg^{-1})	پتاسیم قابل جذب (mg kg^{-1})
۳۰- ۰	لومی رسی	۷/۸	۴۹	۰/۴۸	۱/۰۹	۰/۳۷	۱۵/۸	۱۵۲

جدول ۲: خصوصیات شیمیایی کمپوست قارچ مورد استفاده در آزمایش

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC(d.Sm^{-1})	کربن آلی (%)	نیتروژن (mg kg^{-1})	فسفر (mg kg^{-1})	پتاسیم (mg kg^{-1})
۷/۸۵	۲/۰۷	۴/۳۶	۳۸۷۴	۸۹۶	۱۵۳۲

برای اندازه‌گیری نیتروژن گیاه، در ۳۰ روز پس از سبز شدن، گل‌دهی، تشکیل غلاف، پر شدن دانه و رسیدگی فیزیولوژیک، سه بوته از ردیف دوم هر کرت برداشت شد و پس از خشک کردن و آسیاب نمودن گیاه، نیتروژن گیاه به روش کجلدال تعیین شد. جهت تعیین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه از دو خط وسط با حذف ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای خطوط، بوته‌های یک متر مربع برداشت شد و سپس در آزمایشگاه در دمای ۷۵ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت خشک و سپس توزین شد (Syed, 2016). برای محاسبه درصد پروتئین، بعد از به‌دست آوردن درصد نیتروژن دانه (روش کجلدال) به عدد ثابت ۶/۲۵ ضرب و درصد پروتئین خام به‌دست آمد و عملکرد پروتئین از حاصل‌ضرب درصد پروتئین در عملکرد دانه تقسیم بر ۱۰۰، تعیین شد (Linn and Martin, 1999). برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم فسفاتاز اسیدی و قلیایی در دو مرحله (۳۰ و ۶۰ روز پس از کاشت) به مقدار لازم از خاک اطراف سیستم ریشه‌ای برداشته شد و حدود یک گرم از آن خاک برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز قلیایی و اسیدی مورد استفاده قرار گرفت. فعالیت فسفاتازهای اسیدی و قلیایی پس از اضافه کردن یک میلی‌لیتر محلول پارانیتروفنیل سدیم فسفات به‌عنوان سوبسترا در حضور تامپون MUB (بافر اسیدی با pH =۶/۵ جهت اندازه‌گیری فسفاتاز اسیدی و بافر قلیایی با pH =۱۰/۵ جهت اندازه‌گیری فسفاتاز قلیایی) با استفاده از روش Eivazi و Tabatabai (۱۹۹۷) اندازه‌گیری شد. در مرحله گل‌دهی نیز دو روز پس از آبیاری ریشه گیاه، توسط یک سیلندر فلزی ۲۵ سانتی‌متری، از خاک خارج شد و پس از شستشوی ریشه، گره‌های ریشه

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-26]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.35.2.1]

شمارش شدند. هم‌چنین در این مرحله، جهت بررسی تغییرات مقدار محتوای کلروفیل در تیمارهای مختلف از هر کرت تعداد سه گیاه برداشت شده و سپس به آزمایشگاه منتقل شد تا مقدار محتوای کلروفیل برگ نمونه‌ها اندازه‌گیری شود. استخراج کلروفیل برگ با استفاده از استون و اندازه‌گیری آن با استفاده از روش تغییر یافته Arnon (۱۹۴۹) انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS ۹,۲ انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. شکل‌ها با استفاده از نرم افزار Excel رسم شد.

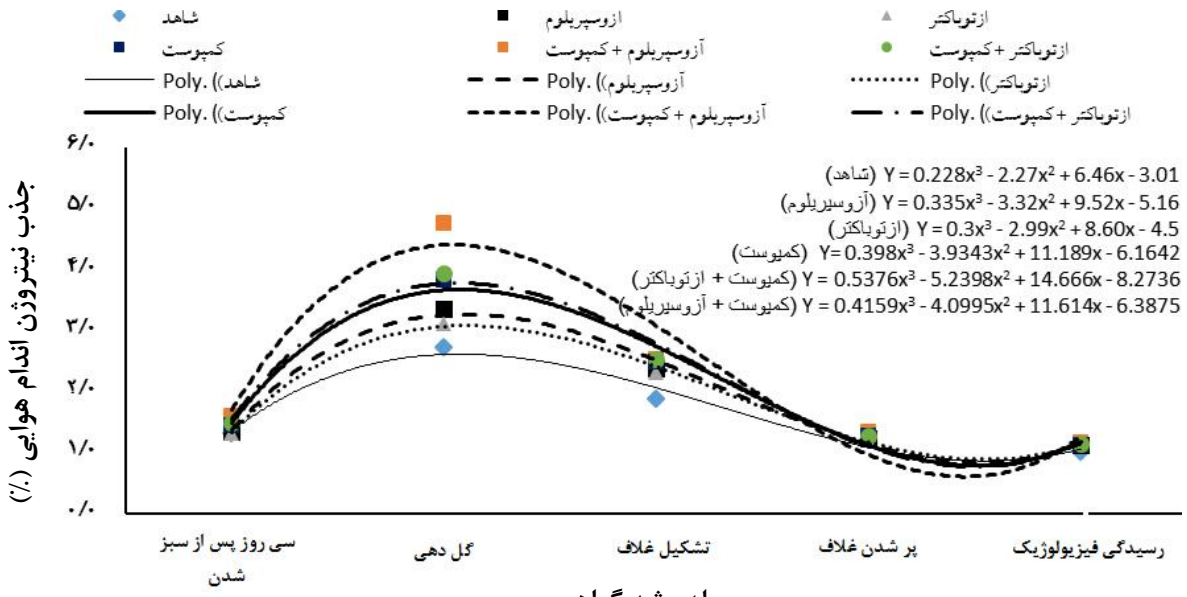
نتایج و بحث

جذب و غلظت نیتروژن در طول دوره رشد گیاه

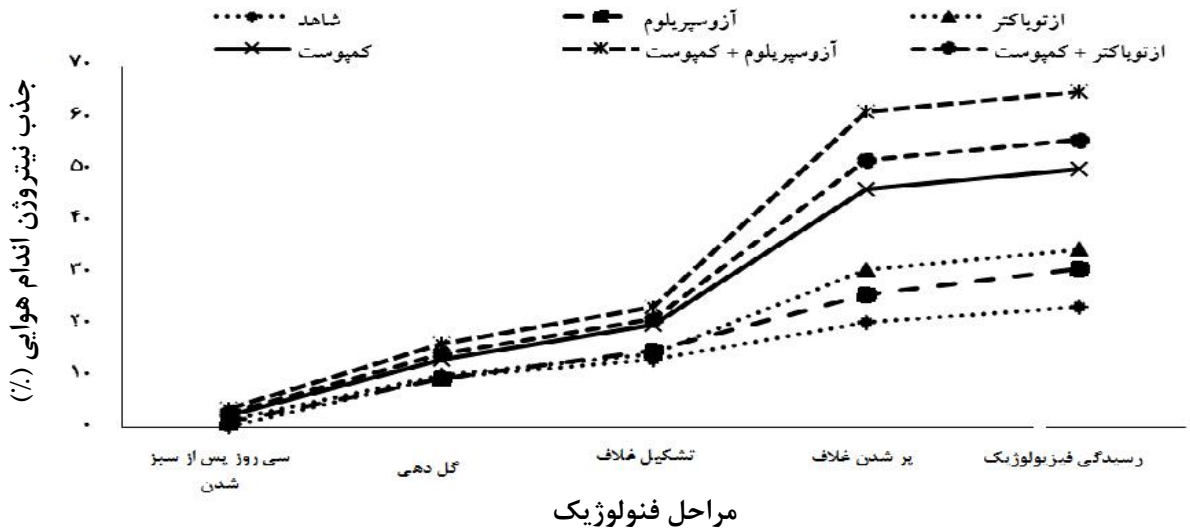
نتایج نشان داد که با افزایش رشد تا مرحله گل‌دهی غلظت نیتروژن گیاه افزایش یافت اما از مرحله گل‌دهی تا رسیدگی فیزیولوژیک غلظت نیتروژن به‌طور خطی کاهش یافت و بیش‌ترین غلظت نیتروژن گیاه در تیمار کمپوست قارچی + آزوسپریلوم مشاهده شد (شکل ۱). اما اندازه‌گیری جذب نیتروژن نشان داد که با افزایش رشد گیاه جذب نیتروژن افزایش یافت و این جذب تا پر شدن غلاف ادامه داشت و بیش‌ترین مقدار جذب از مرحله تشکیل غلاف تا پر شدن غلاف مشاهده شد. تیمارهای آزمایش نیز از ابتدای مرحله اندازه‌گیری تا آخرین مرحله اندازه‌گیری روند مشابهی داشتند ولی در بین تیمارها، تیمار کمپوست قارچی + آزوسپریلوم در مقایسه با سایرین در زمان‌های اندازه‌گیری میانگین بالاتری نشان داد (شکل۲). شکل‌های ۱ و ۲ نشان می‌دهد که با افزایش رشد گیاه غلظت نیتروژن اندام‌های هوایی تا مرحله گل‌دهی و شروع تشکیل غلاف‌ها افزایش یافت اما بعد از آن شروع به کاهش نمود ولی جذب نیتروژن که تابع رشد گیاه و غلظت نیتروژن اندام هوایی است تا رسیدگی فیزیولوژیک تداوم داشت. علت کاهش غلظت نیتروژن اندام هوایی پس از گل‌دهی و شروع پر شدن دانه را می‌توان ناشی از انتقال نیتروژن از ساقه و برگ به سمت دانه‌ها دانست و افزایش جذب نیتروژن بعد از این مراحل هم ناشی از تداوم رشد گیاه می‌باشد، هر چند تغییری در افزایش جذب نیتروژن از مرحله پر شدن غلاف‌ها تا رسیدگی فیزیولوژیک مشاهده نشد. گزارش شده است که در حدود نیمی از جذب نیتروژن گیاهان، تا زمان گل‌دهی و بقیه طی یک دوره ۳۰ روزه بین تا پر شدن دانه‌ها انجام می‌شود (Narula *et al.*, 2010). در یک آزمایش تجمع نیتروژن دانه در تیمار کودهای پایه توأم با روی، با و بدون کود زیستی حاوی ازتوباکتر و آزوسپیریلوم به‌ترتیب ۴/۳ و ۳/۹ درصد به‌دست آمد و افزایش معنی‌داری درکل نیتروژن گیاه در مراحل گل‌دهی، غلاف‌دهی و پر شدن دانه در تیمارهای حاوی کود زیستی و کود نیتروژن مشاهده شد (Yasari and Patwardhan, 2007). گزارش شده است که غنی‌سازی ورمی‌کمپوست با باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلوم، جذب نیتروژن دانه نخود را ۳۲ درصد نسبت به کاربرد

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-26]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.35.2.1]

انفرادی ورمی کمپوست افزایش داد (Shahzad *et al.*, 2014). Malik و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که کاربرد کمپوست در مراحل اولیه رشد گیاه ماش را با کمبود نیتروژن مواجه کرد ولی زمانی که کاربرد کود گاوی با تلقیح گیاهان با باکتری آزوسپریلوم همراه شد، غلظت نیتروژن اندام هوایی را افزایش داد. بنا به گزارش Meena و همکاران (۲۰۱۶) جذب نیتروژن در گیاه ماش تا زمانی که اندام‌های سبز گیاه فتوسنتز نمایند تداوم دارد. در این راستا Chauhan و Bagyaraj (۲۰۱۵) نیز گزارش کردند که در زمان پر شدن دانه‌ها جذب نیتروژن، انتقال نیتروژن ذخیره شده در بافت‌های مختلف گیاه به سمت دانه‌ها را افزایش می‌دهد که منتهی به افزایش پروتئین دانه می‌شود.



شکل ۱: اثر تیمارهای آزمایش بر غلظت نیتروژن اندام هوایی در مراحل مختلف رشد لوبیا



شکل ۲: اثر تیمارهای آزمایش بر جذب نیتروژن در مراحل مختلف رشد لوبیا

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-26]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.35.2.1]

آنزیم فسفاتاز اسیدی و قلیایی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای آزمایش بر فسفاتاز اسیدی و قلیایی در ۳۰ و ۶۰ روز پس از کاشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌های اثر تیمارهای آزمایش بر فسفاتاز اسیدی نشان داد که در ۳۰ روز پس از کاشت بیش‌ترین فعالیت فسفاتاز اسیدی در تیمار آزوسپریلوم + کمپوست قارچی مشاهده شد و در ۶۰ روز پس از کاشت فعالیت فسفاتاز اسیدی بین تیمارهایی که کمپوست قارچی دریافت کرده بودند تفاوت معنی‌دار وجود نداشت اما نسبت به تیمارهای بدون کمپوست برتری معنی‌دار نشان دادند. هم‌چنین مشاهده شد که در تمام تیمارهای آزمایش فعالیت فسفاتاز اسیدی در ۶۰ روز نسبت به ۳۰ روز بیش‌تر بود (شکل ۳). مقایسه میانگین اثر تیمارهای آزمایش بر فسفاتاز قلیایی نیز نشان داد که بیش‌ترین فعالیت آنزیم در ۳۰ روز پس از کاشت مربوط به تیمار ازتوباکتر + کمپوست قارچی بود اما در اندازه‌گیری پس از ۶۰ روز بیش‌ترین فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی در تیمار آزوسپریلوم + کمپوست قارچی مشاهده شد و بر خلاف فسفاتاز اسیدی، فعالیت فسفاتاز قلیایی در ۶۰ روز پس از کاشت فقط در برخی از تیمارها نسبت به ۳۰ روز بیش‌تر بود (شکل ۴). چندین نوع فسفاتاز در خاک وجود دارد و آن‌هایی که بیش‌تر معمول‌اند شامل فسفومنواسترازها و فسفودی‌استرازها و فیتازها هستند (Turner *et al*., 2005). فسفومنواسترازها بر روی منواسترهای فسفات عمل می‌کنند و بر اساس اپتیمم pH محیط به دو صورت فسفومنواسترازهای اسیدی و قلیایی تقسیم می‌شوند. فسفومنواسترازهای اسیدی در خاک‌های اسیدی و فسفومنواسترازهای قلیایی در خاک‌های بازی و خنثی بیش‌ترین فعالیت را دارند (Saparatka, 2003). Philip و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که پروسه معدنی شدن فسفر از ترکیبات فسفر آلی توسط آنزیم‌ها به‌خصوص فسفاتاز و فیتاز صورت می‌گیرد، این مکانیزم‌ها در مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه نقش مهمی دارند. اینوزیتول پنتاهگزافسفات‌ها (فیتات) و مشتقات آن (فیتات کلسیم و منیزیم‌دار) و هم‌چنین گلیسروفسفات‌سدیم از جمله ترکیبات فسفر آلی خاک محسوب می‌شوند (Turner *et al*., 2005). فسفاتاز نقش مهمی در حل کردن فسفات نامحلول خاک، جدای از دیگر مکانیسم‌های حل فسفات، بازی می‌کند (Shahzad *et al*., 2014). مقدار ماده آلی خاک نقش کلیدی در تولید طیف وسیعی از آنزیم‌ها توسط ریزجانداران خاک دارد (Saparatka, 2003). در آزمایش ما نیز کمپوست قارچ از طریق افزایش تکثیر و فعالیت باکتری‌ها در خاک شده و در نتیجه در تیمارهای دارای کمپوست تولید آنزیم فسفاتاز اسیدی و قلیایی توسط باکتری‌ها افزایش یافت. از طرفی با توجه به این‌که فسفاتاز قلیایی توسط باکتری تولید و ترشح می‌شود، لذا توزیع مطلوبی از این آنزیم در خاک کرت‌ها وجود داشته است. یکی‌دیگر از نظریه‌ها برای تفسیر تجمع فسفات به فرم $H_2PO_4^-$ در گیاه به‌دنبال تلقیح گیاهان با باکتری‌ها، فعالیت فسفاتاز اسیدی و قلیایی باکتریایی است. این تئوری تا حدودی افزایش تجمع فسفر در دانه و ساقه را بر مبنای ازدیاد سرعت تحول و حل

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-26]

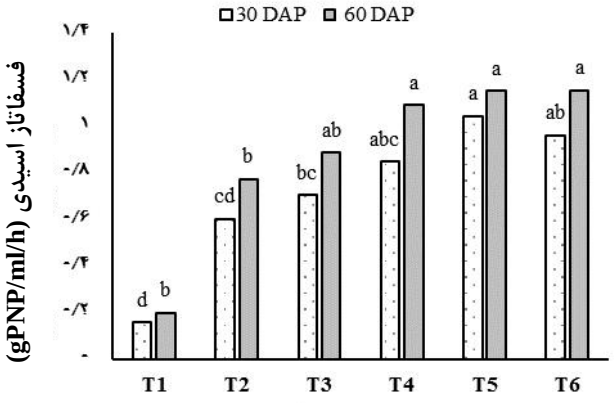
[DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.35.2.1]

کردن فسفر به کمک باکتری توجیه می‌نماید (Sharma *et al*., 2015).

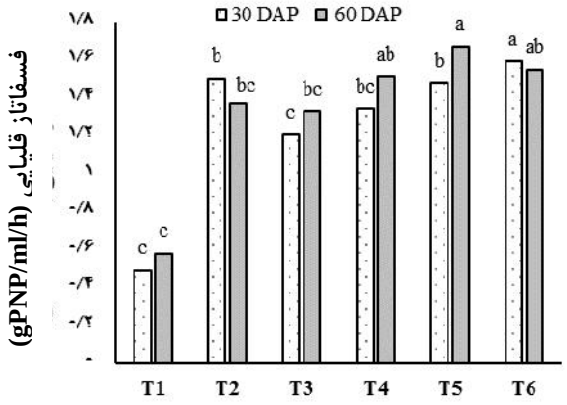
جدول ۲: تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایش بر فعالیت آنزیم فسفاتاز اسیدی و قلیایی در ۳۰ و ۶۰ روز پس کاشت

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)			
		فسفاتاز قلیایی	فسفاتاز قلیایی	فسفاتاز اسیدی	فسفاتاز اسیدی
		۳۰ روز پس از کاشت		۶۰ روز پس از کاشت	
تکرار	۳	۰/۰۱۱ns	۲/۵۰**	۰/۸۱۲**	۰/۹۱۰**
تیمار	۵	۰/۰۲۳**	۰/۳۴۷**	۰/۰۸۲**	۰/۲۵۹**
خطا	۱۵	۰/۰۰۵۱	۰/۰۷۳	۰/۰۰۷۴	۰/۰۸۱
ضریب تغییرات (٪)		۸/۵۲	۱۶/۶۹	۱۴/۳۳	۲۵/۵۵

ns، ** و * به‌ترتیب عدم اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد، را نشان می‌دهند.



شکل۳: اثر تیمارهای آزمایش بر فعالیت آنزیم فسفاتاز اسیدی در ۳۰ و ۶۰ روز پس از کاشت



شکل۴: اثر تیمارهای آزمایش بر فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی در ۳۰ و ۶۰ روز پس از کاشت

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

ساز و کار مؤثر برای این امر به توسعه سیستم ریشه‌ای در اثر تولید هورمون، ترشح اسیدهای آلی، تولید پروتون، تولید سیدروفور و فسفاتازهای اسیدی و قلیایی توسط این باکتری‌ها نسبت داده شده است که منجر به افزایش سطح جذب ترکیبات فسفره و نیتروژنه می‌شود (Lavakush *et al*., 2014). شایان ذکر است مقدار فسفاتاز اسیدی و قلیایی فقط در خاک اطراف ریشه گیاه اندازه‌گیری شد. علت تولید بیش‌تر فسفاتاز قلیایی توسط باکتری‌ها را می‌توان ناشی از قلیایی بودن نسبی خاک محل آزمایش نیز دانست.

تعداد گره ریشه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای آزمایش بر تعداد گره ریشه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین نشان داد که تیمارهای تیمارهای آزمایش برتری معنی‌دار نسبت به تیمار شاهد داشتند و تیمار آزوسپریلوم + کمپوست قارچ بیش‌ترین تعداد گره را نشان داد و تیمار ازتوباکتر + کمپوست قارچ در مرتبه بعدی قرار

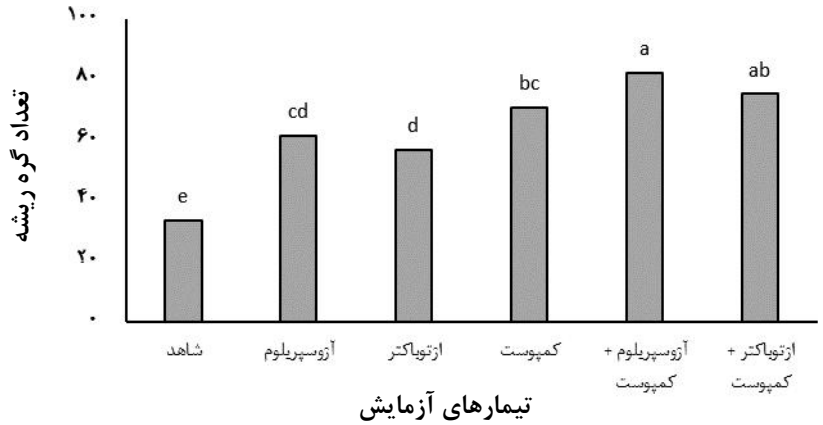
[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-26]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.35.2.1]

داشت (شکل ۵). بر خلاف این باور که تنها ریزوبیوم در گره ریشه استقرار پیدا می‌کند، حضور باکتری‌های دیگر علاوه بر ریزوبیوم در گره ریشه گیاهان خانواده لگومینوز گزارش شده است (Li *et al*., 2008). Schwartz و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که تلقیح دوگانه لوبیا با ریزوبیوم و باکتری‌های PGPR منجر به افزایش معنی‌دار تعداد گره ریشه و عملکرد دانه در مقایسه با گیاهانی که فقط با ریزوبیوم تلقیح شده بودند، شد. گزارش‌های زیادی بر افزایش بازده هم‌زیستی ریزوبیوم زمانی که بذر لوبیا با باکتری‌های تثبیت کننده غیر هم‌زیست مانند باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلوم در گره‌زایی ریشه نخود (Verma *et al*., 2010)، باقلا (Dashadi *et al*., 2011) و لوبیا (Yadegari, 2014) گزارش شده است. توسعه سیستم ریشه در گیاهان توسط فعالیت اکسین‌ها تنظیم می‌شود و در گره‌های ریشه لگوم، ایندول استیک‌اسید (IAA) تولید شده توسط اکثر PGPR، آنزیم پمپ پرتون (H^+-ATPase) را فعال می‌کند که برای تولید انرژی در گره‌ها مهم است (Figueiredo *et al*., 2010). بنا به نظر Das و همکاران (۲۰۱۴) افزودن ماده آلی به محیط ریشه فعالیت باکتری‌ها را به‌طور چشمگیری بالا برده و تعداد گره ریشه لوبیا را افزایش می‌دهد.

جدول ۳: تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایش بر محتوای کلروفیل برگ، غلظت نیتروژن ریشه و تعداد گره ریشه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)				
		تعداد گره ریشه	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	غلظت نیتروژن ریشه
تکرار	۳	۱۵/۲ns	۰/۸۲۲ns	۴/۹۲ns	۰/۸۲۷ns	۰/۱۰۳**
تیمار	۵	۷۶/۶*	۲۴/۱**	۴۷/۳۴**	۲۰/۱*	۰/۱۵۱**
خطا	۱۵	۲۷/۷	۱/۵۳۶	۱/۴۸۶	۶/۰۴	۰/۰۰۱۷
ضریب تغییرات (٪)		۸/۳۲	۱۴/۱۹	۲۵/۹۵	۱۸/۳۵	۹/۲۹

ns، ** و * به‌ترتیب عدم اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد، را نشان می‌دهند.



شکل۵: اثر تیمارهای آزمایش بر تعداد گره ریشه لوبیا

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-26]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1396.9.35.2.1]

میزان کلروفیل برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای آزمایش بر میزان کلروفیل a، b و کل معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین نشان داد که زمانی که ریزجانداران به تنهایی مورد استفاده قرار گرفتند مقدار کلروفیل a را از ۲۷ تا ۳۹ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند اما وقتی که توام با کمپوست قارچی استفاده شدند این افزایش ۵۹ تا ۶۴ درصد بود. این در حالی است که تیمارهای ترکیب کمپوست + باکتری کم‌ترین میزان کلروفیل b را نشان دادند. مقایسه میانگین کلروفیل کل نیز نشان داد که تیمارهای آزمایش نسبت به تیمار شاهد برتری معنی‌دار داشتند و تیمار ازتوباکتر + کمپوست بیش-ترین مقدار کلروفیل کل را نشان داد ولی به لحاظ آماری تفاوت معنی‌دار با تیمارهای کمپوست و آزوسپریلوم + کمپوست نداشت (جدول ۵). Ievinsh (۲۰۱۱) گزارش کود افزودن ۱۰ درصد ورمی‌کمپوست به بستر کشت باعث افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل برگ لوبیا شد. راه‌های بسیار متفاوتی وجود دارد که باکتری‌های PGPR می‌توانند اصلاح رشد، سلامتی، تغذیه و عملکرد گیاه را تحت اثر قرار دهند. افزایش رشد به‌دلیل اثر متفاوت باکتری روی خود گیاه یا ریزوسفر است که مهم‌ترین آن اثر بر افزایش برگ و کلروفیل است (Mirzakhani *et al*., 2009). نتیجه مشابهی به‌وسیله Biswas و همکاران (۲۰۱۳) گزارش شده است که در آن تلقیح سویه‌های باکتری آزوسپریلوم هدایت روزنه‌ای و میزان کلروفیل کل گیاه کاهو را افزایش داد. Mahfouz و Sharaf-Eldin (۲۰۰۷) گزارش کردند که با افزایش نیتروژن غلظت کلروفیل کل افزایش یافته، چرا که نیتروژن در ساختمان کلروفیل شرکت می‌کند و غلظت کلروفیل بستگی به مقدار نیتروژن دریافتی دارد. هر چند در این آزمایش افزایش کارایی باکتری‌ها توسط کمپوست قارچی به‌وجود آمد. کمپوست قارچی نیز به‌دلیل دارا بودن مواد آلی زیاد و نیز از طریق مقادیر متنابهی از عناصر غذایی که در اختیار گیاه قرار می‌دهد، کلروفیل برگ را به-طور معنی‌دار افزایش می‌دهد (Alagawadi and Gaur, 2012).

غلظت نیتروژن ریشه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای آزمایش بر غلظت نیتروژن ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمارهای آزمایش به‌جز آزوسپریلوم برتری معنی‌دار نسبت به شاهد داشتند. نکته مورد توجه این است که زمانی که باکتری آزوسپریلوم به تنهایی به‌کار رفت با تیمار شاهد تفاوت معنی‌دار نداشت اما زمانی که به همراه کمپوست قارچی به‌کار رفت نسبت به تیمار شاهد برتری معنی‌دار نشان داد. بیش‌ترین غلظت نیتروژن ریشه در تیمارهای ترکیب باکتری + کمپوست قارچی مشاهده شد (جدول ۵). جذب نیتروژن برای تمام اندام‌های گیاه برای رشد ضروری است و نیتروژن بعد از ذخیره شدن در بافت‌های مختلف در زمان پر شدن دانه به سمت دانه‌ها هدایت می‌شود (Yadegari, 2014). افزایش غلظت نیتروژن ریشه توسط آزوسپریلوم (Das *et al*., 2014)، ازتوباکتر و

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-26]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.35.2.1]

کمپوست (Eghball, 2000) گزارش شده است.

عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای آزمایش بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمارهای به‌کار برده شده برتری معنی‌دار نسبت به تیمار شاهد داشتند و تیمار آزوسپریلوم + کمپوست قارچی بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک را نشان داد و تیمار ازتوباکتر+ کمپوست قارچی در مرتبه بعدی قرار داشت. نکته مورد توجه این است که کارایی کاربرد کمپوست قارچی و باکتری‌ها افزایش یافت که به‌صورت توام مورد استفاده قرار گرفتند (جدول ۵). این نتیجه با نتایج Das و Singh (۲۰۱۴) و Mahmoud و همکاران (۲۰۱۵) هماهنگ می‌باشد. Yadegari (۲۰۱۴) دلیل عمده افزایش وزن‌خشک برگ لوبیا و افزایش وزن تر کل در تیمار با آزوسپیریلوم برازیلنس و سودوموناس پوتیدا را قابلیت تولید مواد هورمونی و تثبیت بیولوژیکی نیتروژن نامیده‌اند. Mahfouz و Sharaf-Eldin (۲۰۰۷) دلیل افزایش وزن خشک رازیانه توسط باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلوم را نتیجه نقش آن‌ها در تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و نیز تولید مواد تسریع‌کننده رشد مانند اکسین و جیبرلین بیان کرده‌اند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای آزمایش بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین نشان داد که تیمارهای آزمایش به‌کار برده شده برتری معنی‌دار نسبت به تیمار شاهد داشتند به‌طوری‌که عملکرد دانه ۱۱ تا ۴۹ درصد افزایش دادند. زمانی که کمپوست قارچ همراه با باکتری آزوسپریلوم به‌کار رفت به‌طور معنی‌دار عملکرد دانه را نسبت به کاربرد انفرادی آن‌ها افزایش داد، اگرچه کاربرد توام ازتوباکتر و کمپوست قارچی نیز عملکرد دانه را نسبت به کاربرد انفرادی کمپوست قارچی افزایش داد ولی این افزایش معنی‌دار نبود (جدول ۵). این نتایج منطبق بر نتایج Meena و همکاران (۲۰۱۶) و Das و همکاران (۲۰۱۴) می‌باشد. مصرف نیتروژن به‌عنوان گلوگاه رشد، بر بیوماس و گل‌دهی گیاهان مختلف مؤثر است و باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلوم به‌عنوان باکتری محرک رشد و تثبیت کننده نیتروژن اتمسفری، می‌توانند 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 می‌کند (Mahmoud *et al*., 2015)، در حالی‌که حضور ماده آلی در خاک کارایی باکتری‌ها را افزایش می‌دهد (Ahmad *et al*., 2014). Suneja و همکاران (۲۰۰۷) با ارزیابی منابع مختلف نیتروژنی بر چند لگوم گزارش کردند که افزایش تعداد دانه در 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. Karthikeyan و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که باکتری‌ها به‌طور معنی‌دار تعداد شاخه فرعی، غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف را در گیاه لوبیا افزایش می‌دهند. که این امر را ناشی از افزایش ریشه‌زایی و افزایش تثبیت نیتروژن و هم

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-26]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1396.9.35.2.1]

چنین تولید محرک‌های هورمونی رشد گزارش کردند.

مقدار نیتروژن دانه و عملکرد پروتئین

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای آزمایش بر مقدار نیتروژن دانه و عملکرد پروتئین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین‌های مقدار نیتروژن دانه نشان داد که تیمارهای آزمایش به‌جز باکتری ازتوباکتر نسبت به شاهد برتری معنی‌دار نشان دادند. باکتری آزوسپریلوم چه به‌صورت انفرادی و چه به‌صورت توام با کمپوست قارچی نسبت به سایر تیمارها برتری معنی‌دار نشان دادند (جدول ۵). مقایسه میانگین‌های عملکرد پروتئین (که تابع مقدار پروتئین دانه در عملکرد دانه می‌باشد) نشان داد که تیمارهای تلقیحی و کمپوست قارچ برتری معنی‌دار نسبت به شاهد داشتند به‌طوری‌که عملکرد پروتئین را ۴۲ تا ۶۹ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند. بیش‌ترین عملکرد پروتئین از تیمار آزوسپریلوم + کمپوست قارچ به‌دست آمد و تیمار کمپوست قارچ در مرتبه بعدی قرار داشت. باکتری آزوسپریلوم چه به‌صورت انفرادی و چه به‌صورت ترکیب با کمپوست قارچ، مقدار نیتروژن بیش‌تری نسبت به باکتری آزوسپریلوم جذب کرد و عملکرد پروتئین بیش‌تری نشان داد (جدول ۵). Verma و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کرد که تلقیح بذرهای نخود با ریزو باکتری‌هایی مانند ازتوباکتر و آزوسپیریلوم منجر به افزایش میزان کل نیتروژن در بافت‌های نخود شد. 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 (Peng *et al*., 2006). جذب این عنصر به‌ویژه در شرایط کمبود آن با استفاده از ارتباط‌های ریزجانداران، در کنار به حداقل رساندن راه‌های تلفات آن نقش مؤثری در افزایش کارایی این عنصر در گیاه خواهد داشت (Dawson *et al*., 2008). به‌طورکلی، ازتوباکتر و آزوسپریلوم در کنار کود ماده‌آلی می‌تواند با اثرگذاری مثبت خود بر جذب عناصر ماکرو (Singh and Agarwal, 2005) و میکرو (Narula *et al*., 2010) باعث افزایش رشد گیاه می‌شوند. آزوسپیریلوم علاوه بر قابلیت تثبیت نیتروژن، با تولید مواد محرک رشد، سبب بهبود رشد ریشه و متعاقب آن موجب افزایش سرعت جذب آب و عناصر غذایی می‌گردد و از این طریق در افزایش عملکرد اثر می‌گذارد (Bashan *et al*., 2016). گزارش شده که تلقیح با آزوسپریلوم جذب PO_4^{-3} و NH_{4+} را به‌وسیله گیاه بالا برده و مقدار پروتئین در گیاه را افزایش می‌دهد (Maougal *et al*., 2014)، که مبین نتایج به‌دست آمده در این آزمایش می‌باشد. Malik و همکاران (۲۰۱۴) نیز گزارش کردند که باکتری ازتوباکتر می‌تواند نیترات را جذب و تبدیل به آمونیوم کند و به‌طور فعال انتقال دهد و در گیاهان تلقیح شده به همراه کاربرد کمپوست بیش‌ترین درصد و عملکرد پروتئین مشاهده شد در حالی‌که کاربرد کود شیمیایی نیتروژن در این تیمارها از درصد پروتئین دانه کاست.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.35.2.1]

جدول ۴: تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایش بر عملکرد دانه، غلظت نیتروژن دانه، عملکرد پروتئین و عملکرد بیولوژیک

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)			
		عملکرد دانه	غلظت نیتروژن دانه	عملکرد پروتئین	عملکرد بیولوژیک
تکرار	۳	۱۵۰۰۰^{ns}	۰/۰۳۹^{ns}	۸۳۷^{ns}	۶۷۰۹^{ns}
تیمار	۵	۸۸۸۴۵۳**	۱/۳۶**	۸۵۸۲۷**	۵۱۱۹۷۸۴**
خطا	۱۵	۱۴۹۹۲	۰/۱۷۱	۱۶۵۹	۴۱۶۶۸
ضریب تغییرات (٪)		۷/۲۵	۱۳/۶۵	۱۲/۴۲	۴/۸۲

^{ns}، ** و * به‌ترتیب عدم اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد، را نشان می‌دهند.

جدول ۵: مقایسه میانگین تیمارهای آزمایش بر صفات اندازه‌گیری شده لوبیا

تیمارهای آزمایش	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	غلظت نیتروژن ریشه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	عملکرد پروتئین	غلظت نیتروژن دانه
	(mg/ml)			(٪)	کیلوگرم در هکتار			(٪)
شاهد	۴/۱^{d}	۴/۶۸^{ab}	۸/۸۱^{b}	۰/۱۵۲^{d}	۲۳۷۶^{e}	۱۰۶۸^{d}	۱۵۷^{e}	۲/۳۶^{c}
آزوسپریلوم	۸/۲^{bc}	۴/۷۵^{ab}	۱۲/۹^{ab}	۰/۲۱۶^{d}	۳۱۵۰^{d}	۱۴۱۲^{c}	۲۱۳^{d}	۲/۴۲^{c}
ازتوباکتر	۶/۶^{c}	۵/۶۸^{a}	۱۲/۳^{ab}	۰/۳۹۵^{c}	۴۴۴۰^{c}	۱۲۰۰^{cd}	۲۵۸^{c}	۳/۴۴^{a}
کمپوست	۱۰/۳^{ab}	۵/۲۱^{a}	۱۵/۵^{a}	۰/۷۰۲^{a}	۴۳۷۲^{c}	۱۷۱۲^{b}	۳۲۸^{b}	۳/۰۷^{b}
آزوسپریلوم + کمپوست	۱۰/۴^{a}	۳/۹۱^{b}	۱۴/۴^{a}	۰/۶۳۱^{a}	۶۰۳۲^{a}	۲۱۰۶^{a}	۳۹۸^{a}	۳/۰۳^{b}
ازتوباکتر + کمپوست	۱۱/۸^{a}	۴/۰۶^{b}	۱۵/۸^{a}	۰/۵۳۹^{b}	۵۰۱۶^{b}	۱۷۹۲^{b}	۳۲۳^{b}	۲/۸۹^{b}

حروف مشترک در هر ستون عدم اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش حاکی از برتری معنـی‌دار ترکیـب کودهای بیولوژیک و کمپوست‌قارچ نسبت به شاهد در بسیاری از صفات اندازه‌گیری شـده و نیز پاسخ مثبت گیاه لوبیا نسبت به این نـوع تیمـار بـود. در این آزمایش افزایش جذب و انتقال نیتروژن توسط باکتری‌ها زمانی افزایش یافت که همراه با بقایای کمپوست قارچ مورد استفاده قرار گرفت. ماده آلی خاک نقش زیادی در کارگرد باکتری‌ها در محیط ریشه دارد. بنابراین کاربرد کمپوست قارچ با افزایش ماده آلی خاک، فعالیت باکتری‌های به‌کار برده شده را نیز افزایش داد و ضمن افزایش جذب نیتروژن و فسفر، پروتئین دانه را نیز افزایش داد. هم-چنین بیش‌ترین عملکرد دانه از تیمار ترکیب کمپوست قارچ با باکتری به‌دست آمد و باکتری آزوسپریلوم نسبت به باکتری ازتوباکتر برتری معنی‌دار داشت. بنابراین با توجه به نتایج به‌دست آمده برای حصول حداکثر عملکرد دانه لوبیا در یک زراعت ارگانیک کاربرد کمپوست قارچ تحت تلقیح با باکتری آزوسپریلوم در منطقه رشت توصیه می‌شود. هم‌چنین برای آزمایش‌های آتی مقایسه کمپوست قارچ، کمپوست آزولا، ورمی‌کمپوست به همراه دیگر باکتری‌ها در زراعت لوبیا پیشنهاد می‌شود.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.35.2.1]

سپاسگذاری

مقاله حاضر از طرح پژوهشی مصوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت می‌باشد و هزینه‌های طرح از محل بودجه پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت تأمین شد. بدین وسیله مراتب تشکر و قدردانی خود را از معاونت پژوهشی دانشگاه به‌دلیل همکاری و مساعدت در تقبل هزینه‌های آن اعلام می‌داریم.

منابع

سیدی، س. م. و رضوانی‌مقدم، پ. ۱۳۹۰. بررسی عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف نیتروژن در استفاده از کمپوست قارچ، کود بیولوژیک و اوره در گندم. نشریه بوم شناسی کشاورزی، ۳ (۳): ۳۰۹-۳۱۹.

اسدی‌رحمانی، ه.، خسروی، ه.، علیپور،م. و ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۳. نقش باکتری‌های محرک رشد (PGPR) در رشد و سلامت گیاه. قسمت اول: افزایش عملکرد گیاه. نشریه فنی شماره ۳۰۹. انتشارات سنا، تهران، ایران، ص ۱۷۱.

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.

Ahmad, M., Zahir, Z. A., Jamil, M., Nazli, F., Latif, M. and Akhtar, M. F. 2014. Integrated use of plant growth promoting rhizobacteria, biogas slurry and chemical nitrogen for sustainable production of maize under salt–affected conditions. Pakistan Journal of Botany, 46(1): 375-382.

Alagawadi, A. R. and Gaur, A. C. 2012. Inoculation of *Azospirillum brasilense* and phosphate solubilizing bacteria on yield of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] in dry land. Tropical Agriculture, 69: 347–350.

Arnon, D. T. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplast phenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology, 24: 1-15.

Bashan, Y., Singh, M. and Levanony, H. 2016. Contribution of *Azospirillum brasilense* Cd to growth of tomato seedlings is not through nitrogen fixation. Canadian Journal of Botany, 67: 2429-2434.

Biswas, J.C., Ladha, J.K., Dazzo, F.B., Yanni, Y.G. and Rolfe, B.G. 2013. Rhizobial inoculation influences seedling vigor and yield of rice. Agronomy Journal, 92:880-886.

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. and Singh, A. P. 2014. Effect of PGPR and organic manures on soil properties of organically cultivated mung bean. Bioscan, 9(1): 27-29.

Das, I., Pradhan, A. K. and Singh, A. P. 2014. Yield and yield attributing parameters of

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.35.2.1]

organically cultivated mung bean as influenced by PGPR and organic manures. Journal of Crop and Weed, 10(1):172-174.

Dashadi, M., Khosravi, H., Moezzi, A., Nadian, H. and Heidari, M. 2011. Co-inoculation of *Rhizobium* and *Azotobacter* on growth of faba bean under water deficit conditions. American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Sciences, 11(3): 314-319.

Dawson, J. C., Huggins, D. R. and Jones, S. S. 2008. Characterizing nitrogen use efficiency in natural and agricultural ecosystems to improve the performance of cereal crops in low-input and organic agricultural systems. Field Crops Research, 107: 89-101.

Eghball, B. 2000. Nitrogen mineralization from field-applied beef cattle feedlot manure or compost. Soil Science Society of America Journal, 64(6): 2024-2030.

Eivazi, F. and Tabatabai, M. 1977. Phosphates in soils. Soil Biology and Biochemistry, 9: 167-172.

Fidanza, M. A., Sanford, D. L., Beyer, D. M. and Aurentz, D. J. 2010. Analysis of fresh mushroom compost. Horticutural Technology, 20(2): 449-453.

Figueiredo, M., Seldin, L., De Araujo, F. and Mariano, R. 2010. Plant growth promoting rhizobacteria: Fundamentals and applications in Plant Growth and Health Promoting Bacteria. D.K. Maheshwari (ed). 21-43.

Flohre, A., Rudnick, M., Traser, G., Tscharntke, T. and Eggers, T. 2011. Does soil biota benefit from organic farming in complex vs. simple landscapes. Agriculture, Ecosystem and Environment, 141: 210-214.

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.

Gabriel, D. and Tscharntke, G. 2007. Insect pollinated plants benefit from organic farming. Agriculture, Ecosystem and Environment, 118: 43-48.

Ievinsh, G. 2011. Vermicompost treatment differentially affects seed germination, seedling growth and physiological status of vegetable crop species. Plant Growth Regulation, 65:169-181.

Karthikeyan, B., Jaleel, G., Lakshmannan, A. and Deiveekasundaram, C. A. 2008. Studies on the microbial biodiversity of some commercially important medicinal plants. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 62: 143–145.

Lavakush, Y. J., Verma, J. P., Jaiswal, D. K. and Kumar, A. 2014. Evaluation of PGPR and different concentration of phosphorus level on plant growth, yield and nutrient content of rice (*Oryza sativa*). Ecological Engineering, 62: 123-8.

Li, J., Wang, E., Chen, W. and Chen, X. 2008. Genetic diversity and potential for promotion of plant growth detected in nodule endophytic bacteria of soybean grown in Heilongjiang province of China. Soil Biology and Biochemistry, 40: 238–246.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.35.2.1]

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.

Macfadyen, S., Gibson, R., Raso, L., Sint, D., Traugott, M. and Memmott, M. 2009. Parasitoid control of aphids in organic and conventional farming systems. Agriculture, Ecosystem and Environment, 133: 14-18.

Mahfouz, S.A. and Sharaf- Eldin, A. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). International Agrophysics, 2: 361-366.

Mahmoud, E., El-Gizawy, E. and Geries, 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.

Malik, M. M. R., Akhtar, M. J., Ahmad, I. and Khalid, M. 2014. Synergistic use of rhizobium, compost and nitrogen to improve growth and yield of mung bean (*Vigna radiata*). Pakistan Journal of Agricultural Science, 51(2): 383-388.

Maougal, R.T., Brauman, A., Plassard, C., Abadie, J. Djekoun, A. and Drevon, J.J. 2014. Bacterial capacities to mineralize phytate increase in the rhizosphere of nodulated clover under P deficiency. European Journal of Soil Biology, 62:8–14.

Meena, S. S., Yadav, J., Singhal, D.K., Jat, L.K. and Meena, R.K. 2016. The assessment of rice husk biochar, carpet waste, FYM and PGPR on growth and yield of Mungbean (*Vigna radiata* L.). Journal of Pure and Applied Microbiology, 10(3): 2427-2432.

Mirzakhani, M., Ardakani, M. R., Aeene band, A., Shirani rad, A. H. and Rejali, F. 2009. Dual inoculation of *Azotobacter* and Mycorrhiza with nitrogen and phosphorus fertilizer rates on grain yield and some of characteristics of spring safflower. Proceeding of international conference on energy and environment. March 19-21. pp: 729-733.

Narula, N., Kumar, V., Behl, R. K., Deubel, A., Gransee, A. and Merbach, W. 2010. Effect of P-solubilizing *Azotobacter chroococcum* on N, P, K uptake in P-responsive wheat genotypes grown under greenhouse conditions. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 163: 393-398.

Nemecek T., Dubois, D., Huguenin, E. O. and Gaillard, G. 2011. Life cycle assessment of Swiss farming systems: Integrated and organic farming. Agricultural System. 104: 217-232.

Özguven, A. I. 1998. The opportunities of using mushroom compost waste in Strawberry growing. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 22: 601-607.

Peng, S., Buresh, R. J., Huang, J., Yang, J., Zou, Y., Zhong, X., Wang, G. and Zhang, F.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.35.2.1]

2006. Strategies for overcoming low agronomic nitrogen use efficiency in irrigated rice systems in China. Field Crops Research, 96:37-47.

Peralta, H., Aguilar, A., Díaz, R., Mora, Y., Martínez-Batallar, G., Salazar, E. and Mora, J. 2016. Genomic studies of nitrogen-fixing rhizobial strains from Phaseolus vulgaris seeds and nodules. BMC genomics, 17(1): 711-718.

Philip, A., Thomas, J. and Xiaodun, H. 2008. Bioavailability of Organically-Bound Soil Phophorous, Cannadian Journal of Microbiolology, 43: 577-582.

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.

Rodríguez Cáceres, E. A., González Anta, G., López, J. R., Di Ciocco, C. A., Pacheco Basurco, J. C. and Parada, J. L. 1996. Response of field-grown wheat to inoculation with *Azospirillum brasilense* and *Bacillus polymyxa* in the semiarid region of Argentina. Arid Soil Research and Rehabilitation, 10(1): 13-20.

Saparatka, N. 2003. Phosphatase activities (ACP- ALP) in Agro ecosystem Soils. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences.

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.

Shahzad, S. M., Khalid, A., Arif, M. S., Riaz, M., Ashraf, M., Iqbal, Z. and Yasmeen, T. 2014. Co-inoculation integrated with P-enriched compost improved nodulation and growth of Chickpea(*Cicer arietinum* L.) under irrigated and rainfed farming systems. Biology and fertility of soils, 50(1): 1-12.

Sharma, S., Thind, H. S., Singh, Y., Singh, V. and Singh, B. 2015. Soil enzyme activities with biomass ashes and phosphorus fertilization to rice–wheat cropping system in the Indo-Genetic plains of India. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 101(3): 391-400.

Singh, R. and Agarwal, S. K. 2005. Effect of levels of farmyard manure and nitrogen fertilization on grain yield and use efficiency of nutrients in wheat (*Triticum aestivum*). Indian Journal of Agricultural Sciences, 75(7): 408-413.

Suneja, P., Dudeja, S. S. and Narula, N. 2007. Development of multiple CO- inoculants of different biofertilizers and their interaction with plants. Archives of Agronomy and Soil Science,

53(2): 221–230.

Syed, N. 2016. A comparative study between molecular and agro-morphological methods for

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.35.2.1]

describing genetic relationships in Tunisian faba bean populations. Journal of New Sciences: Agriculture and Biotechnology, 27(8): 1513-1518.

Turan, M., Yildirim, E., Kitir, N., Unek, C., Nikerel, E., Ozdemir, B. S. and Mokhtari, N. E. P. 2017. Beneficial role of plant growth-promoting bacteria in vegetable production under abiotic stress. In Microbial Strategies for Vegetable Production. Springer International Publishing. (pp. 151-166).

Turner, B. L., Frossard, E. and Baldwin, D. S. 2005. Organic Phosphorus in the Environment. CABI Publishing Series. 412.

Verma, J., Yadav, J. and Tiwari, K. 2010. Application of *Rhizobium sp.* BHURC01 and plant growth promoting *Rhizobacteria* on nodulation, plant biomass and yield of chick pea (*Cicer arietinum* L.). International Journal of Agricultural Research, 5(3): 148-156.

Yadegari, M. 2014. Inoculation of bean (*Phaseolus vulgaris*) Seeds with *Rhizobium phaseoli* and plant growth promoting rhizobacteria. Advances in Environmental Biology, 8(2): 419-424.

Yasari, E. and Patwardhan, A. 2007. Effects of (*Azotobacter* and *Azosprillium*) inoculants and chemical fertilizers on growth and productivity of canola (*Brassica napus* L.). Asian Journal of Plant Sciences, 6(1): 77-82.

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).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.35.2.1]