

بررسی تأثیر کودهای آلی و میکروبی بر رشد و تغذیه دانه‌های پسته

امیرحسین جمالی فرد^۱، پیمان عباس‌زاده‌دهجی^۲ و عبدالرضا اخگر^۳

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۵/۷/۱۴

چکیده

با توجه به وجود اثرات مخرب زیست‌محیطی استفاده از کودهای شیمیایی و بالا بودن هزینه تولید آن‌ها امروزه استفاده از کودهای آلی و میکروبی افزایش یافته است. تغذیه تلفیقی گیاه از طریق استفاده از کودهای آلی و میکروبی یکی از اجزای لازم و حیاتی برای رسیدن به کشاورزی پایدار می‌باشد. به منظور بررسی تأثیر کودهای آلی و میکروبی بر رشد و تغذیه دانه‌های پسته آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان انجام شد. در این آزمایش بذره‌های پسته رقم بادامی ریز زرد و قزوینی در دو آزمایش جداگانه پس از استریل شدن و جوانه زنی، با باکتری در سه سطح (بدون تلقیح (D₀)، تلقیح با دو جدایه متفاوت از باکتری سودوموناس فلورسنت (D₆ و D₁₂) و سه سطح کود دامی (M₀ ۰، M₂ ۲ و M₄ ۴ درصد وزنی) با ۳ تکرار کاشته شدند (۵۴ گلدان). نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که اثر توأم باکتری و کود دامی باعث افزایش ۲۸/۱ درصدی وزن خشک برگ، ۷۷/۶ درصدی وزن خشک ساقه و ۳۷/۰ درصدی وزن خشک اندام‌هوایی در رقم بادامی ریز زرد و ۴۸/۶، ۶۰/۴ و ۵۵/۰ درصدی در رقم قزوینی شد. هم‌چنین جذب تمامی عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در تیمارهای کود و باکتری افزایش یافت. جذب کلسیم در هر دو رقم مورد مطالعه بیش از ۱۶۰ درصد افزایش یافت. هم‌چنین در رقم قزوینی بیشترین جذب نیتروژن و فسفر مربوط به تیمارهای M₂D₆ و M₀D₆ به ترتیب با افزایش ۱۱۴ و ۱۱۵ درصدی نسبت به شاهد بود. بیشترین جذب منگنز در رقم بادامی ریز زرد و قزوینی به ترتیب مربوط به تیمارهای M₂D₆ و M₂D₁₂ و با افزایش ۹۱/۷ و ۱۰۰ درصدی در مقایسه با شاهد بود. در رقم قزوینی تیمار M₄D₁₂ بیشترین جذب آهن و روی به ترتیب با افزایش ۹۴/۴ و ۸۸/۱ درصدی در مقایسه با شاهد به خود اختصاص داد. با توجه به نتایج به دست آمده، مشکلات زیست محیطی و گرانی کودهای شیمیایی استفاده از کودهای دامی و میکروبی برای افزایش رشد و تغذیه پسته توصیه می‌شود.

واژگان کلیدی: بادامی ریز زرد، سودوموناس فلورسنت، قزوینی، کود دامی

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، ایران.

^۲ استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، ایران.

^۳ دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، ایران.

مقدمه

افزایش روز افزون نیاز غذایی مردم در اثر رشد سریع جمعیت ایجاب می‌کند که میزان تولید محصولات کشاورزی افزایش یابد. اما مشکلات زیست محیطی ناشی از کاربرد بی‌رویه کودهای شیمیایی، انرژی و هزینه تولید باعث شده که توجه به کاربرد کودهای زیستی معطوف گردد (۲۹). امروزه در مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه کاربرد کودهای زیستی به ویژه PGPRها و کودهای آلی با کودهای شیمیایی مهم‌ترین راهبرد سیستم کشاورزی پایدار با نهاده کافی است (۴۶). افزایش نیاز به کشاورزی پایدار باعث شده که از کودهایی که پایه میکروبی و ریز موجودات مفید دارند استفاده شود. به علاوه تحقیقات انجام شده بر روی برهم‌کنش بین گیاهان، خاک و سایر ریزجانداران نشان داد که روابط بین آنها می‌تواند راه‌هایی را برای استفاده از این موجودات در اهداف کشاورزی امکان‌پذیر سازد (۳۸). کودهای آلی بر بهبود کیفیت محصول از زمان تولید تا عرضه در بازار تأثیر می‌گذارند (۳۳). برخی از محققین گزارش کرده‌اند که میوه و محصولات باغی که به‌وسیله مواد آلی تغذیه شده‌اند حاوی ویتامین‌ها و مواد معدنی بیشتری نسبت به محصولات متداول می‌باشند (۳۷). علاوه بر این سطوح بالاتری از ویتامین C، فسفر، آهن، منیزیم، مقدار کمی نیترات و مقادیر کمتری از فلزات سنگین در سبزیجاتی که به‌صورت ارگانیک تولید شده بودند مشاهده شده است (۵۱).

به گروهی از باکتری‌های ریزوسفری خاک که سبب تحریک رشد گیاه می‌شوند باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه^۱ (PGPR) می‌گویند. این باکتری‌ها می‌توانند با استفاده از روش‌های مختلف شامل انحلال ترکیبات کم‌محلول و نامحلول عناصر غذایی مانند فسفر و روی و در نتیجه افزایش فراهمی آنها، تثبیت نیتروژن، کنترل بیمارگرهای گیاهی، تولید سیدروفور و تولید هورمون‌های گیاهی سبب افزایش رشد گیاه شوند (۲۶). از جمله باکتری‌های PGPR می‌توان به *Pseudomonas* و *Azotobacter*، *Acetobacter* و *Azospirillum* اشاره نمود که با استفاده از مکانیسم‌های مستقیم و غیرمستقیم خاص باعث تحریک رشد گیاه می‌شوند (۳۱). سودوموناس‌ها از مهم‌ترین باکتری‌های ریزوسفری هستند که به دلیل توانایی بالای آنها در رقابت با سایر ریزجانداران برای عناصر غذایی و سازگاری سریع با شرایط محیطی مختلف، در بیشتر محیط‌ها یافت می‌شوند (۴۹). این باکتری‌ها پتانسیل قابل توجهی در بهبود کارایی جذب عناصر غذایی مختلف و افزایش رشد گیاه از خود نشان داده‌اند (۳۹). درخت پسته مانند سایر گیاهان عالی برای رشد نرمال رویشی و زایشی به عناصر غذایی ضروری نیاز دارد. تعادل بین عناصر مختلف می‌تواند سلامت گیاه پسته و تولید محصول آن را تحت تأثیر قرار دهد (۴۸). کودهای آلی به‌ویژه کودهای دامی در مقایسه با کودهای شیمیایی دارای مقادیر زیادی مواد آلی

¹ Plant Growth Promoting Rhizobacteria

هستند و می‌توانند به عنوان منابعی غنی از عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن و فسفر به شمار آیند و به‌مرور این عناصر را در اختیار گیاهان قرار دهند. این کودها می‌توانند با بهبود ساختمان فیزیکی خاک تا حدی سبب تعادل در بخش شیمیایی شوند (۲). به دلیل محدودیت‌های خاک از قبیل عدم وجود ساختمان مناسب در اغلب مناطق، بالا بودن pH، بافت نامناسب خاک و طولانی بودن فواصل آبیاری، استفاده از مواد آلی به‌صورت کودهای حیوانی در مناطق پسته‌کاری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد و نیاز است حداقل هر دو سال یکبار به مقدار کافی از انواع کودهای دامی مختلف (گوسفندی، گاو و مرغی) به صورت چالکود استفاده گردد (۱۲). بنابراین در این تحقیق سعی شده تا تأثیر کاربرد همزمان کود آلی (گاو) و میکروبی (سودوموناس فلورسنت) بر افزایش رشد و نمو دانه‌های پسته در جهت بهبود تغذیه گیاه و کاهش مصرف کودهای شیمیایی بررسی شود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر کود دامی به همراه جدایه‌های مختلف سودوموناس فلورسنت بر رشد و تغذیه دو رقم پسته بادامی ریز زرد و قرونی به صورت جداگانه، یک آزمون گلخانه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورها شامل کود گاو در سه سطح (۰، ۲ و ۴ درصد وزنی) و باکتری در سه سطح (بدون تلقیح، تلقیح با دو جدایه متفاوت از باکتری سودوموناس فلورسنت با توان حل‌کنندگی بالای فسفات (D6 و D12) بود.

آنالیز خاک و کود

برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله pH در خمیر اشباع توسط الکتروود شیشه‌ای (۴۵)، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع، بافت به روش هیدرومتر (۱۹)، کربن آلی (۵۰)، غلظت روی، آهن، مس و منگنز عصاره‌گیری شده با DTPA (۳۴)، نیتروژن به روش کجلدال (۲۰)، فسفر به روش اولسن (۴۲)، کلسیم و منیزیم در عصاره اشباع به روش کمپلکسومتری و تیتراسیون با EDTA (۴۴) و پتاسیم به روش استات آمونیوم و قرائت با دستگاه فلیمفتومتر (۳۲) اندازه‌گیری شدند (جدول ۱). هم‌چنین برخی از خصوصیات فیزیکی کود دامی گاو از جمله pH توسط الکتروود شیشه‌ای (۴۵) و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع اندازه‌گیری شد. سپس یک گرم از نمونه پودر شده کود در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس به روش خشک سوزانی خاکستر شده و پس از هضم با اسید کلریدریک ۲ نرمال عصاره‌گیری شد و عناصر آهن، منگنز، روی و مس (به‌وسیله‌ی دستگاه جذب اتمی مدل GBC Avanta ver.1.33 (۲۳)، پتاسیم به‌وسیله‌ی فلیمفتومتر (۴۳)، فسفر به روش چاپمن ویرات (۲۱) و قرائت به‌وسیله‌ی دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل PG instrument T80 UV/VIS ساخت کشور استرالیا، کلسیم و منیزیم به روش کمپلکسومتری و تیتراسیون با EDTA (۴۴) و نیتروژن به روش کجلدال (۲۰) اندازه‌گیری شدند (جدول ۲).

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه*

منیزیم	کلسیم	منگنز	روی	مس	آهن	پتاسیم	فسفر	EC	pH	نیترژن	ماده آلی	شن	سیلت	رس	بافت
meq L ⁻¹			mg kg ⁻¹			dSm ⁻¹			%						
۱۶/۴	۲۶/۰	۳/۵۰	۳/۷۲	۳/۶۱	۳/۵۴	۳۵۰	۵/۲۳	۱/۹۷	۷/۵۱	۰/۰۴۹	۰/۱۷	۴۹	۴۱	۱۰	لوم

*: آهن، مس، روی و منگنز با DTPA عصاره‌گیری شده است؛ فسفر به روش اولسن و پتاسیم با استات آمونیوم عصاره‌گیری شده است

جدول ۲- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کود دامی گاوی مورد مطالعه

منگنز	روی	مس	آهن	نیترژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	EC	pH
mg kg ⁻¹				%				dSm ⁻¹		
۲۶۸	۶۲/۰	۳۳/۶	۴۳۲۴	۰/۴۱	۱/۰۲	۱/۸۷	۰/۴۴	۰/۸۴	۱۲/۱	۷/۴۵

آزمایش گلخانه‌ای

قبل از کاشت، ابتدا بذرها را هم‌اندازه‌ی دو رقم پسته پس از جداسازی پوست سخت و ضدعفونی سطحی (۱۰ دقیقه در محلول وایتکس ۱۰ درصد و سپس ۸ تا ۱۰ بار شستشو با آب مقطر استریل برای حذف محلول وایتکس) به مدت ۲۴ ساعت در یک ظرف سر بسته استریل خیسانده و بذرها جهت جوانه‌دار شدن بر روی واتر-آگار قرار داده و در دمای ۲۵ درجه سلسیوس تا زمان جوانه‌دار شدن درون انکوباتور نگهداری شدند. گلدان‌های پلاستیکی ۵ کیلوگرمی با یک خاک بافت متوسط و غیر شور پس از اضافه کردن مقدار مناسب کود دامی پر شدند. دو جدایه سودوموناس فلورسنت از کلکسیون باکتری گروه علوم خاک دانشگاه ولی عصر رفسنجان تهیه گردید. خصوصیات محرک رشدی این دو جدایه در جدول ۳ ارائه شده است (۴). جدایه‌ها به مدت ۴۸ ساعت درون محیط کشت مایع^۱ NB کشت داده شدند و پس از همسان نمودن جمعیت سوسپانسیون‌ها (با جمعیت 5×10^7 در هر میلی‌لیتر محیط کشت) به عنوان مایه تلقیح، مورد استفاده قرار گرفتند. در هر گلدان تعداد ۸ بذر پسته جوانه‌دار شده کشت شدند. پس از ۴ هفته تعداد گیاهان در هر دو رقم به چهار گیاه کاهش یافت. گلدان‌ها با آب مقطر و به روش وزنی در حد رطوبت زراعی آبیاری و به مدت ۴ ماه در گلخانه نگهداری شدند. برای برداشت ابتدا بخش هوایی گیاهان از محل طوقه قطع شد. پس از شست‌وشوی نمونه‌ها و قرار گرفتن در پاکت‌های کاغذی، به مدت ۴۸ ساعت در آن با درجه حرارت ۶۵ تا ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند تا وزن آن‌ها به حد ثابتی رسید. پس از توزین وزن خشک اندام هوایی، نمونه‌ها با آسیاب پودر شدند. برای تهیه عصاره، یک گرم از نمونه‌های پودر شده در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس به روش خشک سوزانی خاکستر شده و پس از هضم با اسید کلریدریک ۲ نرمال عصاره‌گیری شد و عناصر آهن، منگنز، روی و مس به‌وسیله‌ی دستگاه جذب اتمی مدل GBC Avanta ver.1.33 (۲۳)، پتاسیم به روش شعله‌سنجی و به‌وسیله‌ی فلیم‌فتومتر (۴۳)، فسفر به روش چاپمن و پرات (۲۱) و به‌وسیله‌ی دستگاه اسپکتروفتومتر مدل PG instrument T80 UV/VIS ساخت کشور استرالیا، کلسیم و منیزیم به روش کمپلکسومتری و تیتراسیون با EDTA (۴۴) و نیتروژن به روش کج‌دال (۲۰) اندازه‌گیری شد.

آنالیز آماری

تجزیه آماری با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

¹ Nutrient Broth

جدول ۳- توان انحلال فسفر (تری کلسیم فسفات)، تولید سیدروفور و اکسین جدایه‌های سودوموناس فلورسنت مورد مطالعه

اکسین ($\mu\text{g ml}^{-1}$)	سیدروفور قطر هاله به کلونی			انحلال فسفر			جدایه
	روز ششم	روز چهارم	روز دوم	pH	($\mu\text{g ml}^{-1}$)	قطر هاله به کلونی	
۲/۹۹	۲/۰۹	۲/۳۲	۲/۱۴	۴/۰۱	۷۰۵	۱/۷۸	D ₆
۲/۳۸	۲/۴۱	۲/۷۱	۲/۶۰	۳/۲۸	۶۵۶	۱/۵۷	D ₁₂

نتایج و بحث

تأثیر کود دامی و جدایه‌های سودوموناس فلورسنت بر پارامترهای رویشی

نتایج تجزیه واریانس تأثیر باکتری، کود دامی و اثر متقابل آن‌ها بر پارامترهای رویشی ارقام بادامی ریز زرد و قزوینی در جدول ۴ نشان داده شده است. در رقم بادامی ریز زرد تأثیر تیمار باکتری بر وزن خشک اندام‌هوایی در سطح یک درصد و بر وزن خشک ساقه در سطح پنج درصد معنی‌دار شد اما بر وزن خشک برگ از لحاظ آماری تأثیر معنی‌داری نداشت. در رقم قزوینی باکتری بر وزن خشک برگ و اندام‌هوایی در سطح یک درصد تأثیر معنی‌دار داشت و بر وزن خشک ساقه در سطح پنج درصد دارای اثر معنی‌دار شد. تیمار کود دامی در رقم بادامی ریز زرد بر وزن خشک ساقه و اندام‌هوایی تأثیر معنی‌دار در سطح پنج درصد داشت اما بر وزن خشک برگ اثر معنی‌داری نداشت. در رقم قزوینی نیز تیمار کود دامی توانست اثر معنی‌دار در سطح یک درصد بر وزن خشک برگ و اندام‌هوایی داشته باشد لیکن از لحاظ آماری تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک ساقه نداشت. هم‌چنین در هر دو رقم تأثیر باکتری و کود دامی بر تمامی پارامترهای رویشی در سطح پنج درصد معنی‌دار شد.

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر باکتری و کود دامی بر پارامترهای رویشی رقم بادامی ریز زرد و قزوینی

میانگین مربعات				منابع تغییرات
وزن خشک اندام‌هوایی	وزن خشک ساقه	وزن خشک برگ	درجه آزادی	
۰/۷۸۷**	۰/۲۶۷*	۰/۱۴۳ ^{ns}	۲	باکتری
۰/۴۲۴*	۰/۱۵۵*	۰/۰۶۹ ^{ns}	۲	کود دامی
۰/۲۳۴*	۰/۰۷۲*	۰/۱۲۹*	۴	باکتری و کود دامی
۱/۹۷	۰/۰۹۰	۰/۰۹۲	۱۸	خطا
۷/۸۴	۱۷/۹	۱۰/۲		CV (بادامی ریز زرد)
۱/۴۸۱**	۰/۱۶۵*	۰/۶۷۳**	۲	باکتری
۱/۱۷۸**	۰/۰۹۵ ^{ns}	۰/۷۲۲**	۲	کود دامی
۰/۳۳۰*	۰/۱۰۳*	۰/۱۵۴*	۴	باکتری و کود دامی
۲/۱۴	۰/۷۵۸	۱/۷۵	۱۸	خطا
۷/۸۶	۱۳/۹	۱۰/۶		CV (قزوینی)

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

نتایج مقایسه میانگین اثر باکتری و کود دامی بر وزن خشک برگ، ساقه و اندام‌هوایی ارقام پسته (جدول ۵) نشان داد در رقم بادامی ریز زرد بیشترین وزن خشک برگ، ساقه و اندام‌هوایی به ترتیب مربوط به تیمارهای M_0D_6 ، M_4D_6 و M_4D_{12} و در رقم قزوینی به ترتیب مربوط به تیمارهای M_2D_{12} ، M_2D_6 و M_2D_6 بود که باعث افزایش ۲۸/۱، ۷۷/۶ و ۳۷/۰ درصدی این شاخص‌ها در رقم بادامی ریز زرد و ۶۰/۴، ۴۸/۶ و ۵۵/۰ درصدی در رقم قزوینی نسبت به شاهد گردید. جدایه D_6 توانست وزن خشک ساقه و اندام‌هوایی را به ترتیب از ۱/۰۴ به ۱/۳۴ و ۳/۸۸ به ۴/۴۳ گرم در گلدان در رقم بادامی ریز زرد افزایش دهد که این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار بود. در رقم قزوینی جدایه D_{12} باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک برگ، ساقه و اندام‌هوایی به ترتیب از ۲/۶ به ۳/۰۹، ۱/۳۱ به ۱/۵۸ و ۳/۹۲ به ۴/۶۸ گرم در گلدان شد. سطوح ۴ و ۲ درصد وزنی کود دامی به ترتیب باعث افزایش معنی‌دار ۲۲ و ۱۹/۲ درصدی وزن خشک ساقه و ۹/۳۱ و ۹/۵۷ درصدی وزن خشک اندام‌هوایی در رقم بادامی ریز زرد شدند. در رقم قزوینی تیمار دو درصد وزنی کود دامی (M_2) توانست وزن خشک برگ و اندام‌هوایی را به ترتیب ۳/۲۰ و ۱۷/۷ درصد و به‌طور معنی‌دار افزایش دهد. افزایش وزن خشک برگ می‌تواند ناشی از افزایش فتوسنتز به دلیل افزایش فراهمی عناصر در خاک در حضور کود و باکتری باشد. افزایش وزن خشک ساقه احتمالاً به دلیل توان زیاد کود دامی در جذب آب و فراهمی مطلوب عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف و در نتیجه تأثیر مثبت بر بیوماس گیاه بوده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت با افزایش میزان کود دامی و حضور باکتری احتمالاً میزان عناصر بیشتری در اختیار گیاه برای افزایش رشد رویشی، افزایش طول ساقه و در نتیجه افزایش وزن ساقه و وزن خشک اندام‌هوایی قرار گرفته است. سبلی و همکاران (۸) بیان کردند که کاربرد همزمان کود زیستی میکروبی و کود آلی با تأثیر بر میزان دسترسی و تامین عناصر مورد نیاز گیاه و افزایش طول دوره رویشی، افزایش رشد رویشی معنی‌داری را در بر داشته است. از این رو حضور کودهای زیستی میکروبی در نظام‌های مختلف کشاورزی پایدار می‌تواند با ایجاد یک بستر مناسب و پیامد آن دسترسی مطلوب گیاه به عناصر غذایی، موجبات بهبود رشد گیاه گردد. در پژوهش‌های انجام شده تلقیح بذر پسته با جدایه‌های منتخب باکتری سودوموناس فلورسنت موجب افزایش سطح و وزن خشک برگ، ارتفاع نهال‌های پسته و در نتیجه افزایش وزن خشک ساقه و اندام‌هوایی گردید (۴). پژوهشگران بیان کردند افزایش کود دامی و باکتری باعث افزایش وزن خشک برگ گیاه گوجه‌فرنگی شد که این افزایش وزن به دلیل افزایش کارایی دستگاه فتوسنتزی در اثر اضافه شدن کود و باکتری بوده است (۱). نتایج آزمایشات نشان داد استفاده از کودهای بیولوژیک تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفر به همراه کود آلی باعث افزایش رشد و وزن خشک

گیاه ذرت شد (۵۲). پژوهشگران بیان کردند که افزایش کود زیستی از جمله کود دامی و ورمی کمپوست و باکتری‌های محرک رشد گیاه مانند سودوموناس سبب افزایش وزن خشک، افزایش تعداد دانه و وزن غلاف گیاه لوبیا شده است (۶).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر باکتری و کود دامی بر پارامترهای رویشی رقم بادامی ریز زرد و قزوینی (گرم در گلدان)

وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک اندام‌هوایی	منابع تغییرات	
رقم بادامی ریز زرد				
۲/۴۹b	۰/۸۳۳c	۳/۳۲b	D ₀	
۳/۱۹a	۱/۱۲ac	۴/۳۲a	D ₆	M ₀
۲/۹۴ab	۱/۳۲ab	۴/۲۶a	D ₁₂	
۳/۰۴ab	۱/۲۶ab	۴/۳۰a	D ₀	
۳/۰۸a	۱/۴۳ab	۴/۵۲a	D ₆	M ₂
۳/۰۰ab	۱/۲۲ac	۴/۲۳a	D ₁₂	
۲/۹۸ab	۱/۰۴bc	۴/۰۲a	D ₀	
۲/۹۶ab	۱/۴۸a	۴/۴۵a	D ₆	M ₄
۳/۰۸a	۱/۴۷ab	۴/۵۵a	D ₁₂	
رقم قزوینی				
۲/۰۵b	۱/۱۱b	۳/۱۶c	D ₀	
۲/۹۹a	۱/۴۵ab	۴/۴۴ab	D ₆	M ₀
۲/۷۶a	۱/۶۳a	۴/۳۹ab	D ₁₂	
۲/۸۴a	۱/۶۲a	۴/۴۶ab	D ₀	
۳/۲۴a	۱/۶۵a	۴/۹۰a	D ₆	M ₂
۳/۲۹a	۱/۴۷ab	۴/۷۷ab	D ₁₂	
۲/۹۳a	۱/۲۲b	۴/۱۵b	D ₀	
۲/۹۷a	۱/۳۸ab	۴/۳۵ab	D ₆	M ₄
۳/۲۲a	۱/۶۴a	۴/۸۷a	D ₁₂	

M₀, M₂ و M₄ به ترتیب بدون کود دامی، سطح ۲ و ۴ درصد وزنی کود دامی

D₀, D₆ و D₁₂ به ترتیب سطح بدون باکتری و تلقیح با جدایه‌های D₆ و D₁₂

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد به روش دانکن می‌باشد.

تأثیر کود دامی و جدایه‌های سودوموناس فلورسنت بر جذب عناصر ماکرو

نتایج تجزیه واریانس تأثیر باکتری، کود دامی و باکتری و کود دامی بر جذب عناصر ماکرو در دو رقم بادامی ریز زرد و قزوینی در جدول ۶ گزارش شده است. در رقم بادامی ریز زرد تیمار باکتری بر جذب نیتروژن و فسفر در سطح پنج درصد و در رقم قزوینی بر جذب تمامی عناصر ماکرو به جز منیزیم در سطح یک درصد تأثیر معنی‌دار داشت. هم‌چنین این تیمار در رقم بادامی ریز زرد بر جذب پتاسیم، کلسیم و در هر دو رقم بر جذب منیزیم تأثیر معنی‌داری از لحاظ آماری نداشت. تیمار کود دامی در رقم بادامی ریز زرد و قزوینی بر جذب نیتروژن، پتاسیم و کلسیم در سطح یک درصد و بر جذب فسفر در رقم

قزوینی در سطح پنج درصد تأثیر معنی‌دار داشت و در رقم بادامی ریز زرد بر جذب فسفر و در هر دو رقم بر جذب منیزیم تأثیر معنی‌داری از لحاظ آماری نداشت. هم‌چنین در هر دو رقم تأثیر باکتری و کود دامی بر جذب تمامی عناصر ماکرو در سطح پنج درصد معنی‌دار شد.

جدول ۶- تجزیه واریانس اثر باکتری و کود دامی بر جذب عناصر ماکرو در رقم بادامی ریز زرد و قزوینی

میانگین مربعات						
منیزیم	کلسیم	پتاسیم	فسفر	نیترژن	درجه آزادی	منابع تغییرات
۴/۷۶ ^{ns}	۱۳/۹ ^{ns}	۱۲۷ ^{ns}	۱۱/۶*	۶۷۵*	۲	باکتری
۱/۰۹ ^{ns}	۲۰۸**	۲۴۱۵**	۰/۵۷۱ ^{ns}	۸۴۴**	۲	کود دامی
۶/۶۱*	۱/۱۲*	۲۶۲*	۳/۳۶*	۱۳۶*	۴	باکتری و کود دامی
۲/۶۹	۴/۴۷	۱۵۱	۲/۹۸	۴۲/۵	۱۸	خطا
۱۴/۲	۱۴/۹	۱۷/۳	۱۷/۷	۷/۵۷		CV (بادامی ریز زرد)
۴/۷۰ ^{ns}	۳۴/۲**	۸۱۱**	۱۰/۹**	۴۶۵**	۲	باکتری
۱/۹۵ ^{ns}	۱۸۳**	۲۷۶۷**	۵/۶۱*	۱۵۴۳**	۲	کود دامی
۹/۹۲*	۵/۸۷*	۲۰۱*	۴/۰۶*	۸۶/۳*	۴	باکتری و کود دامی
۳/۶۳	۴/۴۷	۸۲/۵	۱/۳۷	۲۵/۸	۱۸	خطا
۱۸/۵	۱۳/۴	۱۰/۹	۱۷/۰	۶/۸۲		CV (قزوینی)

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

نتایج مقایسه میانگین اثر باکتری و کود دامی بر جذب عناصر ماکرو در رقم‌های بادامی ریز زرد و قزوینی (جدول ۷) نشان داد بیشترین جذب نیترژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم به ترتیب مربوط به تیمارهای M₄D₀، M₀D₆، M₄D₁₂، M₀D₆ و M₄D₁₂ بود که باعث افزایش ۶۹/۴، ۵۳/۳، ۱۲۳، ۱۶۸ و ۵۴/۵ درصدی جذب این عناصر در رقم بادامی ریز زرد نسبت به شاهد شد. هم‌چنین در رقم قزوینی بیشترین جذب نیترژن و فسفر مربوط به تیمارهای M₀D₆ و M₂D₆ (به ترتیب با افزایش ۱۱۴ و ۱۱۵ درصدی نسبت به شاهد) بود و تیمار M₄D₁₂ در مقایسه با شاهد باعث افزایش ۱۴۲، ۱۶۴ و ۶۷/۳ درصدی جذب پتاسیم، کلسیم و منیزیم در رقم قزوینی شد. باکتری جدایه D₆ توانست جذب فسفر را از ۸/۴۰ به ۱۰/۴ میلی‌گرم در گلدان به‌طور معنی‌داری در رقم بادامی ریز زرد افزایش دهد. هم‌چنین همین جدایه جذب نیترژن و فسفر را به ترتیب از ۶۶/۳ به ۷۹/۷ و ۵/۶۶ به ۷/۸۱ میلی‌گرم در گلدان در رقم قزوینی افزایش داد که این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار بود. در رقم بادامی ریز زرد باکتری جدایه D₁₂ باعث افزایش معنی‌دار جذب نیترژن، پتاسیم، کلسیم و منیزیم به ترتیب از ۷۷/۶ به ۹۴/۵، ۶۶/۵ به ۷۳/۴، ۱۲/۶ به ۱۴/۸ و ۱۰/۶ به ۱۲/۰ میلی‌گرم در گلدان شد. هم‌چنین این جدایه توانست باعث افزایش معنی‌دار جذب پتاسیم، کلسیم و منیزیم در رقم قزوینی شود. سطح ۴ درصد وزنی کود دامی (M₄)

باعث افزایش معنی‌دار ۲۲/۳ و ۶۰/۶ درصدی جذب نیتروژن و پتاسیم در رقم بادامی ریز زرد و ۳۵/۰ و ۷۶/۱ درصدی جذب پتاسیم و کلسیم در رقم قزوینی شد. در رقم بادامی ریز زرد تیمار دو درصد وزنی کود دامی (M₂) توانست جذب کلسیم و منیزیم را به ترتیب ۹۸/۸ و ۶/۳۰ درصد و به‌طور معنی‌دار افزایش دهد. هم‌چنین این تیمار باعث افزایش معنی‌دار ۱۷/۲ و ۸/۶۰ درصدی جذب نیتروژن، فسفر و منیزیم نسبت به شاهد در رقم قزوینی شد.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر باکتری و کود دامی بر جذب عناصر ماکرو رقم بادامی ریز زرد و قزوینی (میلی‌گرم در گلدان)

رقم بادامی ریز زرد					منابع تغییرات	
منیزیم	کلسیم	پتاسیم	فسفر	نیتروژن		
۸/۵۴b	۶/۵۱b	۴۰/۶d	۷/۳۷b	۶۰/۸e	D ₀	
۱۱/۵ab	۹/۶۰b	۵۳/۰cd	۱۱/۳a	۷۸/۳d	D ₆	M ₀
۱۳/۲a	۹/۵۴b	۶۴/۷bc	۱۱/۲a	۸۸/۶bd	D ₁₂	
۱۱/۸a	۱۶/۳a	۶۸/۰ac	۹/۲۰ab	۸۷/۳bd	D ₀	
۱۲/۲a	۱۷/۳a	۸۱/۲ab	۱۰/۰ab	۹۸/۲ab	D ₆	M ₂
۱۱/۳ab	۱۷/۴a	۷۵/۰ac	۹/۴۲ab	۹۱/۹ac	D ₁₂	
۱۱/۶ab	۱۵/۱a	۹۰/۸a	۸/۶۴ab	۸۴/۶cd	D ₀	
۱۱/۷a	۱۷/۴a	۸۳/۲ab	۹/۸۰ab	۹۰/۹ac	D ₆	M ₄
۱۱/۴ab	۱۷/۵a	۸۰/۵ab	۱۰/۲ab	۱۰۳a	D ₁₂	
رقم قزوینی						
۷/۱۱b	۸/۰۱d	۴۵/۸e	۴/۰۵c	۴۶/۲d	D ₀	
۱۱/۷a	۱۱/۹c	۷۰/۵d	۸/۷۱a	۶۸/۰c	D ₆	
۱۰/۴ab	۱۱/۶c	۷۶/۹cd	۷/۰۶ab	۶۵/۲c	D ₁₂	
۱۱/۶a	۱۶/۲b	۸۴/۳bd	۷/۶۵a	۸۱/۷ab	D ₀	
۱۰/۳ab	۲۰/۲a	۸۶/۰bd	۸/۰۴a	۹۰/۶a	D ₆	
۹/۹۱ab	۱۷/۸ab	۸۷/۴bd	۷/۵۸a	۸۲/۶ab	D ₁₂	
۹/۶۰ab	۱۶/۲b	۸۹/۳bc	۵/۲۸bc	۷۰/۹c	D ₀	
۹/۸۸ab	۱۸/۱ab	۹۶/۲ab	۶/۶۸ab	۸۰/۶b	D ₆	
۱۱/۹a	۲۱/۲a	۱۱۱a	۶/۷۶ab	۸۴/۴ab	D ₁₂	

M₀، M₂ و M₄ به ترتیب بدون کود دامی، سطح ۲ و ۴ درصد وزنی کود دامی
 D₀، D₆ و D₁₂ به ترتیب سطح بدون باکتری و تلقیح با جدایه‌های D₆ و D₁₂
 میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد به روش دانکن می‌باشد.

نیتروژن یکی از اجزای اصلی ساخت آمینواسیدها و رشد و نمو گیاه است. پژوهشگران گزارش کردند کود دامی منبع مهمی برای نیتروژن است که به تدریج این عنصر را در اختیار گیاه قرار می‌دهد و با افزودن این کود به خاک می‌توان تا ۴۲ درصد نیتروژن گیاه را تامین کرد و مانع از آبشویی و هدر رفت آن در خاک شد (۴۱). با افزایش سطح کاربرد کود، غلظت نیتروژن گیاه در تیمار کود دامی به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت (۵). پژوهشگران نشان دادند با کاربرد

جدایه‌های سودوموناس فلورسنت غلظت نیتروژن در کلزا ۲۶/۵ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (۱۰). کریمی و همکاران (۳۰) در آزمایشی که روی درختان ۱۵ ساله پسته انجام دادند، نتیجه گرفتند که کاربرد کود آلی و نیتروژنه باعث افزایش وزن دانه و عملکرد گردید. رضوی‌نسب و همکاران (۷) بیان کردند کاربرد کود نیتروژنه به همراه کود آلی باعث افزایش رشد و غلظت نیتروژن در گیاه پسته گردید. آذرمی و همکاران (۴) نشان دادند که باکتری‌های سودوموناس فلورسنت از طریق انحلال ترکیبات نامحلول مانند فسفر باعث افزایش رشد و غلظت این عنصر در گیاه پسته شدند. همچنین این باکتری‌ها موجب افزایش معنی‌دار غلظت پتاسیم در اندام‌هوایی نهال‌ها شدند به طوری که تلقیح با جدایه‌های pf1، pf2 و pf3 غلظت پتاسیم اندام‌هوایی را به ترتیب ۱۲، ۱۴ و ۱۰ درصد در مقایسه با شاهد بدون تلقیح افزایش داد. کودهای دامی منبعی پایه برای تامین عناصر غذایی گیاه محسوب می‌شوند و دارای مقادیر زیادی عناصر پرمصرف مانند فسفر می‌باشند (۱۸) که در حضور باکتری‌های حل‌کننده فسفات این عناصر به صورت قابل جذب برای گیاه تبدیل شده و در نتیجه غلظت آن‌ها در گیاه افزایش می‌یابد. محققان توانایی ترشح اسیدهای آلی و آنزیم‌های فسفاتاز توسط باکتری‌های حل‌کننده فسفات را از عوامل اصلی انحلال شکل‌های نامحلول معدنی و آلی فسفر به شکل‌های قابل جذب می‌دانند (۲۷). تولید اسید آلی توسط باکتری‌های حل‌کننده فسفات که منجر به کاهش pH محیط ریزوسفری می‌شود علاوه بر افزایش فسفر قابل جذب می‌تواند بر انحلال برخی عناصر غذایی نیز موثر باشد (۲۲). توانایی سودوموناس‌ها در تولید اسیدهای آلی و انحلال منابع فسفر نامحلول از قبیل تری‌کلسیم فسفات می‌تواند در افزایش فسفر قابل استفاده برای گیاه و در نتیجه افزایش رشد گیاه سودمند باشد (۵۳). میزان عناصر غذایی در کود دامی نسبتاً زیاد است و می‌تواند اغلب عناصر مورد نیاز گیاه، مخصوصاً نیتروژن، فسفر و پتاسیم را تامین کند (۳۶). اردکانی و همکاران (۳) نشان دادند سطوح مختلف کود دامی و کاربرد همزمان کود دامی و آزوسپریلیوم، مایکوریزا و استروپتومایسس باعث افزایش غلظت پتاسیم اندام‌هوایی گیاه گندم شد. کودهای زیستی با فراهم‌سازی یون‌هایی مانند فسفات، آهن، کلسیم و غیره باعث افزایش غلظت آن‌ها در گیاهان می‌شوند (۵۲). علاوه بر نیتروژن، فسفر و پتاسیم، کود دامی منبع خوبی از دیگر عناصر پرمصرف (کلسیم، منیزیم و گوگرد) و بسیاری از ریزمغذی‌های ضروری است که به صورت کلات در بخش‌های گوناگون این کود ذخیره شده‌اند و همچنین ریزجانداران خاک از جمله باکتری‌ها نیز باعث آزاد شدن این عناصر از کود و قابل جذب شدن آن‌ها برای گیاه می‌شوند (۵۴). پژوهشگران افزایش معنی‌داری در مقدار کلسیم برگ‌های گیلاس در اثر کاربرد *Pseudomonas* BA-8 مشاهده کردند (۲۵). پژوهشگران نشان دادند استفاده از کود آلی منجر به افزایش فسفر، پتاسیم، منیزیم و کلسیم قابل دسترس گیاه می‌گردد (۲۴) و باکتری‌های حل‌کننده فسفات با ترشح اسیدهای آلی

علاوه بر فسفر باعث آزادسازی این عناصر از ترکیبات موجود در خاک می‌گردند و دسترسی گیاه را به این عناصر غذایی افزایش می‌دهند (۲۸).

تأثیر کود دامی و باکتری سودوموناس فلورسنت بر جذب عناصر میکرو

نتایج تجزیه واریانس تأثیر باکتری، کود دامی و باکتری و کود دامی بر جذب عناصر میکرو در دو رقم بادامی ریز زرد و قزوینی در جدول ۸ گزارش شده است. تیمار باکتری در رقم بادامی ریز زرد بر جذب آهن و منگنز در سطح پنج درصد و روی و مس در سطح یک درصد و در رقم قزوینی بر جذب تمامی عناصر میکرو در سطح پنج درصد و مس در سطح یک درصد تأثیر معنی‌دار داشت. تیمار کود دامی در رقم بادامی ریز زرد بر جذب منگنز و مس در سطح یک درصد تأثیر معنی‌دار داشت اما تأثیر معنی‌داری از لحاظ آماری بر جذب آهن و روی نداشت. این تیمار در رقم قزوینی بر جذب روی و منگنز در سطح پنج درصد تأثیر معنی‌دار داشت اما تأثیر آن بر جذب آهن و مس از لحاظ آماری معنی‌دار نشد. هم‌چنین در هر دو رقم تأثیر باکتری و کود دامی بر جذب تمامی عناصر میکرو در سطح پنج درصد معنی‌دار شد.

جدول ۸- تجزیه واریانس اثر باکتری و کود دامی بر جذب عناصر میکرو در رقم بادامی ریز زرد و قزوینی

میانگین مربعات					منابع تغییرات
مس	منگنز	روی	آهن	درجه آزادی	
۱۵۱**	۱۲۳۶*	۲۶۳۰**	۲۴۰۶۸*	۲	باکتری
۸۵/۸**	۱۷۶۵**	۳۹۷ ^{ns}	۱۴۱۲۴ ^{ns}	۲	کود دامی
۱۶/۳*	۱۳۳*	۱۱۰۴*	۴۹۰۸*	۴	باکتری و کود دامی
۱۱/۴	۲۲۸	۲۸۸	۴۸۹۶	۱۸	خطا
۱۳/۶	۱۵/۹	۱۳/۶	۱۵/۴		CV (بادامی ریز زرد)
۲/۱۲**	۲۵۹۸*	۲۷۱۷*	۶۴۷۳۷*	۲	باکتری
۰/۷۳۰ ^{ns}	۲۳۷۸*	۲۸۳۵*	۸۰۴۳ ^{ns}	۲	کود دامی
۰/۲۷۱*	۶۱/۶*	۸۱۹*	۱۴۳۱۰*	۴	باکتری و کود دامی
۰/۳۱۴	۱۷۱	۷۰۵	۱۲۱۲۳	۱۸	خطا
۱۱/۳	۱۲/۶	۱۷/۷	۲۰/۶۷		CV (قزوینی)

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

نتایج مقایسه میانگین اثر باکتری و کود دامی بر جذب عناصر میکرو در رقم‌های بادامی ریز زرد و قزوینی در جدول ۹ نشان داده شده است. بیشترین جذب آهن، روی، منگنز و مس در رقم بادامی ریز زرد به ترتیب مربوط به تیمارهای M₂D₁₂، M₀D₆، M₀D₁₂ و M₀D₆ بود و به ترتیب باعث افزایش ۷۳/۵، ۹۴/۵، ۹۱/۷ و ۵۴/۷ درصدی در مقایسه با شاهد شدند. در رقم قزوینی بیشترین جذب آهن، روی و مس مربوط به تیمار M₄D₁₂ به ترتیب با افزایش ۹۴/۴، ۸۸/۱ و ۷۸/۳ درصدی و بیشترین

جذب منگنز در تیمار M_2D_{12} با افزایش ۱۰۰ درصدی در مقایسه با شاهد مشاهده شد. باکتری جدایه D_6 توانست جذب منگنز را از ۸۱/۴ به ۱۰۳ میلی‌گرم در گلدان به‌طور معنی‌داری در رقم بادامی ریز زرد افزایش دهد که این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار بود. در رقم بادامی ریز زرد باکتری جدایه D_{12} باعث افزایش معنی‌دار جذب آهن، روی و مس به‌ترتیب از ۳۹۵ به ۴۹۷، ۱۰۴ به ۱۳۶ و ۲۰/۱ به ۲۷/۲ میکروگرم در گلدان شد. هم‌چنین این جدایه توانست باعث افزایش معنی‌دار جذب آهن، روی، منگنز و مس به‌ترتیب از ۴۳۷ به ۶۰۰، ۱۳۰ به ۱۶۳، ۸۵/۱ به ۱۱۸ و ۱۷/۲ به ۲۵/۰ میکروگرم در گلدان در رقم قزوینی شود. سطح ۴ درصد وزنی کود دامی (M_4) باعث افزایش معنی‌دار و ۳۳ درصدی جذب منگنز در رقم بادامی ریز زرد و ۲۴/۸ درصدی جذب روی در رقم قزوینی شد. در رقم بادامی ریز زرد تیمار دو درصد وزنی کود دامی (M_2) باعث کاهش معنی‌دار و ۲۴/۰ درصدی جذب مس نسبت به شاهد شد این کاهش غلظت و جذب به‌دلیل کلات شدن بیشتر مس با افزایش کود و در نتیجه غیرقابل جذب شدن برای گیاه می‌باشد. هرچه مقدار ماده آلی بیشتر باشد میزان مس کمپلکس شده با ماده آلی بیشتر شده و از دسترس گیاه خارج می‌شود (۴۷). هم‌چنین این تیمار باعث افزایش معنی‌دار و ۳۳/۹ درصدی جذب منگنز نسبت به شاهد در رقم قزوینی شد.

در مناطق پسته‌کاری به‌دلیل وجود خاک‌های آهکی با pH بالا قابلیت استفاده عناصری مانند آهن، روی، منگنز و مس محدود و باعث بروز کمبود در گیاه می‌شود (۱۲). در کود دامی میزان عناصر کم مصرف مانند آهن فراوان است (۱۳) و باکتری‌های سودوموناس با تولید سیدروفور سبب افزایش حلالیت و در نتیجه افزایش غلظت این عنصر در گیاه می‌شوند (۲۶). هم‌چنین تجزیه کود دامی در خاک می‌تواند با کاهش pH موضعی خاک به‌خصوص در منطقه ریزوسفری باعث افزایش فراهمی عناصری مانند آهن، روی و منگنز شود (۱۷). کودهای دامی دارای مقادیر زیاد عناصر غذایی کم‌مصرف از جمله آهن می‌باشند (۹) و سیدروفورها قادرند آهن را از میان فرم‌های متنوع محلول و غیرمحلول به‌دست آورده و به صورت کلات در اختیار گیاه قرار دهند (۳۵). جدایه‌های سودوموناس فلورسنت قابلیت به نسبت خوبی در تولید سیدروفور دارند (۱۶). محمودآبادی و همکاران (۱۵) گزارش کردند کاربرد کمپوست و کود گاوی سبب افزایش معنی‌دار ۱/۳ و ۲ برابری جذب روی گیاه سویا در مقایسه با تیمار شاهد گردید به‌طوری‌که بالاترین جذب روی با مصرف دو درصد کمپوست و کود گاوی به‌دست آمد. گزارش شده است که تیمار کود آلی باعث افزایش غلظت روی برگ پسته شد که نسبت به درختانی که کود آلی دریافت نکرده بودند ۶/۷ درصد افزایش نشان داد. هم‌چنین این تیمار جذب منگنز برگ را نیز نسبت به شاهد ۲۰ درصد افزایش داده است (۱۴). نتایج پژوهش‌ها نشان داد کاربرد جدایه‌های سودوموناس فلورسنت باعث افزایش جذب روی، منگنز و مس نهال‌های پسته

شدند، به طوری که غلظت منگنز در اندام هوایی نهال‌های تلقیح شده با جدایه‌های pf1، pf2 و pf3 به ترتیب ۴۶، ۸۳ و ۲۱ درصد نسبت به شاهد بدون تلقیح افزایش نشان داد (۴). عباس‌زاده و همکاران (۱۱) گزارش کردند که ۲۰ درصد جدایه‌های سودوموناس فلورسنت جدا شده از ریزوسفر گیاهان مختلف توانایی انحلال نمک‌های کم محلول روی را دارا بودند. محمدی و همکاران (۱۴) نشان دادند تیمار کود آلی جذب منگنز برگ گیاه پسته را نسبت به شاهد ۲۰ درصد افزایش داده است. نتایج پژوهش‌ها نشان داد کاربرد کود دامی باعث افزایش پارامترهای رشد و جذب آهن، روی و منگنز در گیاه پسته نسبت به شاهد شد (۴۰).

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر باکتری و کود دامی بر جذب عناصر میکرو رقم بادامی ریز زرد (میکروگرم در گلدان)

مس	منگنز	روی	آهن	منابع تغییرات	
رقم بادامی ریز زرد					
۲۱/۰cd	۵۸/۴b	۷۳/۵b	۲۹۹b	D ₀	M ₀
۳۲/۵a	۸۷/۸a	۱۳۴a	۴۵۳a	D ₆	
۳۱/۵ab	۹۰/۴a	۱۴۳a	۴۶۶a	D ₁₂	
۲۰/۸cd	۸۹/۴a	۱۲۶a	۴۴۴a	D ₀	M ₂
۲۳/۴cd	۱۱۲a	۱۳۷a	۴۵۶a	D ₆	
۲۴/۵cd	۱۰۰a	۱۲۷a	۵۱۹a	D ₁₂	
۱۸/۳d	۹۶/۵a	۱۱۵a	۴۴۴a	D ₀	M ₄
۲۵/۵bc	۱۰۹a	۱۲۷a	۴۷۷a	D ₆	
۲۵/۵bc	۱۰۹a	۱۳۷a	۵۰۷a	D ₁₂	
رقم قزوینی					
۱۴/۸e	۶۲/۴d	۱۰۱b	۳۲۵b	D ₀	M ₀
۲۵/۱ab	۸۸/۱c	۱۴۰ab	۵۶۹a	D ₆	
۲۳/۸ac	۱۰۴ac	۱۴۶ab	۶۰۱a	D ₁₂	
۱۹/۶cd	۱۰۰c	۱۴۶ab	۵۰۳ab	D ₀	M ₂
۲۲/۵ac	۱۱۷ab	۱۷۵a	۵۹۴a	D ₆	
۲۴/۹ab	۱۲۵a	۱۵۳a	۵۶۶a	D ₁₂	
۱۷/۲de	۹۲/۶c	۱۴۲ab	۴۸۳ab	D ₀	M ₄
۲۰/۷bd	۱۱۸ab	۱۵۲a	۵۱۶ab	D ₆	
۲۶/۴a	۱۲۴ab	۱۹۰a	۶۳۲a	D ₁₂	

M₀، M₂ و M₄ به ترتیب بدون کود دامی، سطح ۲ و ۴ درصد وزنی کود دامی

D₀، D₆ و D₁₂ به ترتیب سطح بدون باکتری و تلقیح با جدایه‌های D₆ و D₁₂

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد به روش دانکن می‌باشد.

نتیجه گیری کلی

با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق، کاربرد کود دامی اثرات مثبت و چشمگیری بر تمام شاخص‌های رشد، عملکرد و اجزای عملکرد پسته داشت و می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد کود دامی می‌تواند نقش موثری در افزایش رشد و عملکرد این گیاه و همچنین کاهش مصرف کودهای شیمیایی داشته باشد. تلقیح با جدایه‌های سودوموناس فلورسنت با خصوصیات محرک رشدی بالا توانست باعث افزایش رشد رویشی نهال‌ها و بهبود وضعیت تغذیه‌ای آن‌ها شود. با توجه به اثرات مثبت و فزاینده کود زیستی سودوموناس به تنهایی و مخلوط با کود دامی بر شاخص‌های رویشی و جذب عناصر و در صورت مشاهده اثرات مثبت این باکتری‌ها در شرایط باغی، می‌توان از این کود به عنوان یک راهکار مناسب و اقتصادی جهت افزایش عملکرد در واحد سطح استفاده کرد. در اکثر موارد تأثیر کود دامی و باکتری محرک رشد بر شاخص‌های رویشی و عناصر اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود. این نتایج بیانگر اثرات سینرژیستی کود دامی و باکتری محرک رشد بر یکدیگر می‌باشد. در نتیجه کاربرد همزمان این دو نوع کود زیستی شاید بتواند برخی از مشکلات تغذیه‌ای باغات پسته را برطرف کند.

منابع

- ۱- اثباتی، م.، اخوان سپه‌ی، ع.، اصغر زاده، ا. و خسروشاهلی، م. ۱۳۹۳. جداسازی، شناسایی و بررسی جمعیت گونه‌های (*Azospirillum* sp.) در خاک‌های اطراف تهران و ارزیابی اثرات محرک رشدی آن‌ها بر گیاه گوجه‌فرنگی در شرایط گلخانه. نشریه زیست‌شناسی خاک، ۲ (۱): ۴۳-۵۴.
- ۲- احمدیان، ا.، قنبری، ا. و ب. سیاه‌سر. ۱۳۹۰. اثر تنش خشکی و مصرف انواع کود آلی و معدنی و بقایای آن‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد بابونه آلمانی. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، ۳ (۳): ۳۸۳-۳۹۵.
- ۳- اردکانی، م.ر.، مجد، ف.، مظاهری، د. و ق. نورمحمدی. ۱۳۸۰. بررسی کارایی آزوسپیریولوم، میکوریزا و استرپتومایسس به همراه مصرف کود دامی در گندم با استفاده از فسفر-۳۲. مجله علوم زراعی ایران، ۳ (۱): ۵۶-۶۹.
- ۴- آذر می، ف.، مظفری، و.، عباس‌زاده دهجی، پ. و م. حمیدپور. ۱۳۹۳. جداسازی باکتری‌های سودوموناس فلورسنت از ریزوسفر درختان پسته و تعیین برخی خصوصیات محرک رشدی آن‌ها. نشریه زیست‌شناسی خاک، ۴ (۲): ۱۷۴-۱۸۵.
- ۵- ابراهیمی، ن.، افیونی، م.، کرمی، م. و ی. رضایی‌نژاد. ۱۳۸۷. اثر باقی‌مانده و تجمعی کودهای آلی بر غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در خاک و گندم. نشریه علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۶: ۸۱۲-۸۰۳.

- ۶- جدیدالاسلام شاهسوار، ن.، شاهسونی، ش. و ن. اصغرزاد. مطالعه تأثیر دو نوع کود زیستی و کود آلی بر جذب برخی عناصر ریشه و بخش هوایی گیاه لوبیا. چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران، رفسنجان، ۱۳۹۴.
- ۷- رضوی نسب، ا.، شیرانی، ح.، تاج‌آبادی پور، ا. و ح. دشتی. ۱۳۸۸. اثر نیتروژن، شوری و ماده آلی بر نهال پسته و مرفولوژی ریشه آن. نشریه علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۷: ۳۳۳-۳۲۱.
- ۸- سبطی، م.، موحدی نائینی، س. ع. ر.، قربانی نصرآبادی، ر.، روشنی، ق. ع.، شهریاری، ق. و م. موحدی، ۱۳۸۸. تعیین عصاره‌گیر مناسب پتاسیم در یک خاک رسی با رس غالب ایلیت و تأثیر ازتوباکتر و ورمی کمپوست بر غلظت و میزان پتاسیم قابل جذب و عملکرد گندم دیم. پژوهش‌های تولید گیاهی، ۴: ۷۶-۵۹.
- ۹- شریفی، م.، میرزاخانی، م. و ن. ساجدی. ۱۳۹۰. تأثیر مصرف نیتروکسین، نیتروژن و کود دامی بر عملکرد، کارایی مصرف نیتروژن و برخی صفات زراعی ذرت شیرین. نشریه یافته‌های نوین کشاورزی، ۲: ۱۴۹-۱۴۰.
- ۱۰- عباس‌زاده دهجی، پ.، اسدی رحمانی، ه.، خاوازی، ک.، سلطانی طولارود، ع.، اخگر، ع. و م. امیدواری. ۱۳۹۳. تأثیر سودوموناس‌های فلورسنت محرک رشد گیاه بر رشد و نمو کلزا. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار، ۴(۱): ۲۰۱-۲۱۷.
- ۱۱- عباس‌زاده دهجی، پ.، ثواقبی، غ.، اسدی رحمانی، ه.، رجالی، ف.، فرحبخش، م.، متشعزاده، ب. و م. امیدواری. ۱۳۹۱. تأثیر سودوموناس‌های فلورسنت بر افزایش انحلال ترکیبات روی و بهبود جذب آن توسط لوبیا. مجله علوم خاک و آب، ۱۹: ۲۲۴-۲۳۳.
- ۱۲- علی‌پور، ح. و س. ج. حسینی فرد. ۱۳۸۲. تشخیص و رفع کمبود عناصر غذایی در پسته. وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات کشاورزی.
- ۱۳- فلاح، س.، قلاوند، ا. و م. ر. خواجه‌پور. ۱۳۸۶. تأثیر نحوه اختلاط کود دامی با خاک و تلفیق آن با کود شیمیایی بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت دانه‌ای (*Zea mays L.*) در خرم‌آباد لرستان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۰: ۲۴۲-۲۳۳.
- ۱۴- محمدی، ز.، روستا، ح.، تاج‌آبادی پور، ا. و ح. حکم‌آبادی. ۱۳۹۲. اثر نیتروژن، کود آلی، پتاسیم و آهن بر محصول، کیفیت میوه و غلظت عناصر غذایی برگ در پسته رقم فندق پیوند شده بر روی پایه بادامی ریز زرنده. نشریه علوم باغبانی، ۲۷(۲): ۱۲۹-۱۱۷.
- ۱۵- محمودآبادی، م.، رونقی، ع.، کریمیان، ن. و ی. امام. ۱۳۸۷. بررسی گلخانه‌ای اثر آبشویی کود آلی بر میزان شوری خاک و خصوصیات دانه سویا. نشریه تنش‌های محیطی در علوم کشاورزی، ۱(۱): ۴۷-۵۶.

۱۶- مقامی، م.، علمایی، م.، رسولی صدقیانی، م. و ا. دردی پور، ۱۳۹۲. جداسازی و بررسی برخی از صفات محرک رشد گیاهی

سودوموناس های فلورسنت بومی مزارع سویای استان گلستان. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار، ۳(۲): ۲۵۱-۲۶۴.

17-Belde, M., Mattheis, A., Sprenger, B. and H. Albrecht, 2000. Long-term development of yield affecting weeds after the change from conventional to integrated and organic farming. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, 17: 291-301.

18-Bonfante, P. 2003. Plants, mycorrhizal fungi and endobacteria: a dialog among cells and genomes. *The Biological Bulletin*, 204: 215-220.

19-Bouyoucos, G.J. 1951. A recalibration of hydrometer method for making mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal*, 43:434-438.

20-Bremner, J.M. and D.R. Keeney. 1965. Steam distillation methods for determination of ammonium nitrate and nitrate. *Analytica Chimica Acta*, 32:465-495.

21-Chapman, H.D. and F.P. Pratt. 1961. Ammonium vandate-molybdate method for determination of phosphorus. *Methods of analysis for soils, plants and water*.

22-Chen, Z., Ma, S. and L. Liu. 2008. Studies on phosphorous solubilizing activity of a strain of phosphobacteria isolated from chestnut type soil in China. *Bioresource Technology*, 99(14): 6702-6707.

23-Cottenie, A. 1980. Methods of Plant Analysis. *In: Soil and Plant Testing*. FAO Soils Bulletin, 38:64-100.

24-Erhart, E. and W. Hartl, 2003. Mulching with compost improves growth of blue spruce in Christmas tree plantations. *European Journal Soil Biology*, 39(3): 149-156.

25-Esitken, A., Pirlak, L., Turan, M. and F. Sahin. 2006. Effects of floral and foliar application of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrition of sweet cherry. *Scientia Horticulturae*, 110(4): 324-327.

26-Glick, B. R. 2014. Bacteria with ACC deaminase can promot plant growth and help to feed the world. *Microbiological Research*, 169: 30-39.

27-Islam, T. and M. Hossain. 2012. Plant probiotics in phosphorous nutrition in crops, with special reference to Rice. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp: 325-365.

28-Jutur, P.P. and A.R. Reddy. 2007. Isolation, purification and properties of new restriction endonucleases from *Bacillus badius* and *Bacillus lentus*. *Microbiol Research*, 162: 378-383.

29-Kannayan, S. 2002. Biofertilizers for sustainable crop production, Biothecnology of biofertilizers. Naro-sa Publishing House, New Delhi, India 9-49.

30-Karimi, M., Cheraghi, S.A.M. and F. Dehghani. 2005. Effect of ammonium nitrate and triple super phosphate on yield and yield components of Pistachio trees. *Acta Horticulturae*, 726: IV International Symposium on Pistachios and Almonds.

31-Kloepper, J.W., Lifshitz, L. and R.M. Zablotowicz. 1989. Free-Living bacterial inocula for enhancing crop productivity. *Trends in Biotechnology*, 7(2): 39-44.

- 32-Knudson, D., Peterson, G.A. P.L. and Pratt. 1982. Lithium, sodium and potassium. In: A. L. Page et al. (eds.). Methodes of soil analysis. Part 2, 2nd ed., American Society and Agronomy Madison, WI. 225-246.
- 33-Lazcano, C., Revilla, P., Malvar, A. and J. Dom inguez.. 2011. Yield and fruit quality of four sweet corn hybrids (*Zea mays* L.) under conventional and integrated fertilization with vermicompost. Journal of Science Food and Agriculture, 91: 1244-1253.
- 34-Lindsay, W.L. and W.A. Norvell. 1978. Development of DTPA test for zinc, iron, manganese and copper. American Journal of Soil Science and Society, 42:421-428.
- 35-Logeshwaran, P., Thangaraju, M. and K. Rajasundari. 2009. Hydroxamate siderophores of endophytic bacteria *Gluconacetobacter diazotrophicus* isolated from sugarcane roots. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 3(4): 3564-3567.
- 36-MacDonald, J.M., Ribaud, M.O., Livingston, M.J., Beckman, J. and W. Haung. 2009. Manure use for fertilizer and for energy. United States Department of Agriculture, 1-46.
- 37-Magkos, F., Arvaniti, F. and A. Zampelas. 2003. Organic food: nutritious food or food for thought? A review of the evidence. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 54(5): 357–371.
- 38-Malus, A.E., Sas-Paszt, L. and J. Ciesielska. 2012. Technologies for Beneficial Microorganisms Inocula Used as Biofertilizers, The ScientificWorld Journal Volume Article ID 491206, 12 pages.
- 39-Muleta, D., Assefa, F., Borjesson, E. and U. Granhall. 2013. Phosphate solubilizing rhizobacteria associated with *Coffea arabica* L. in natural coffee forests of Southwestern Ethiopia. Journal of the Saudi Society of Agricultural Science, 12(1): 73-84.
- 40-Nadi, M., Golchin, A., Mozafari, V., Saeidi, T. and E. Sedaghati. 2011. The effects of different vermicomposts on the growth and chemical composition of the pistachio seedlings. Journal of Research in Agricultural Science, 7(1):59-69.
- 41-Najm, A.A., Haj seyed hadi, M.R., Darzi, M.T. and F. Fazeli. 2013. Influence of nitrogen fertilizer and cattle manure on the vegetative growth and tuber production of potato. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5(2):147-154.
- 42-Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., and L.A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorous in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Department of Agriculture: Washington, D.C., USDA Circ. 939.
- 43-Pich, A.L., Miller, R.H. and D.R. Keeney. 1992. Method of soil Analysis. Part II: Chemical and Mineralogical Properties (Second Edition ed.). Madison, Wisconsin: SSSA.
- 44-Rayan, J. R., Estefan, G. and A. Rashid. 2001. Soil and plant analysis laboratory manual. (2 edition). ICADRA. Syria.
- 45-Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline alkali soils. U.S.D.A. Handbook, No. 60. Washington, D. C., U.S.A.

- 46-Sharma, A., Johri, B.N., Sharma, A.K. and B.R. Glick. 2003. Plant growth promoting bacterium *Pseudomonas* sp strain GRP(3) influences iron acquisition in mung bean (*Vigna radiate* L. Wilzeck). *Soil Biology and Biochemistry*, 35(7): 887-894.
- 47-Sims, J.L. and W.H. Patrick. 1987. The distribution of micronutrients capacity on soil under conditions of varying redox potential and pH. *Soil Science Society of America Journal*, 42: 258-262.
- 48-Uryu, K. and J. Pearson. 1984. Diagnosis and correction of nutritional problems including the crinkle test disorder. *Ann. Rept. (1983-1984) California Pistachio Commission. Fresno, CA 1984. 79-85.*
- 49-Vyas, P. and A. Gulati. 2009. Organic acid production in vitro and plant growth promotion in maize under controlled environment by phosphate-solubilizing fluorescent pseudomonas. *Biomedicine Microbiology* 22: 9-174.
- 50-Walkley, A. and T.A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining organic matter and a proposed modification of chromic acid titration method. *Soil Science*. 37:29-38.
- 51-Worthington, V. 2001. Nutritional quality of organic versus conventional fruits, vegetables and grains. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 7(2): 161–173.
- 52-Wu, S.C., Cao, Z.H., Li, Z.G., Cheung, K.C. and M.H. Wong. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixers, P and K solubilizers and AM fungi on Maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma*, 125:155-166.
- 53-Zaki, M.F., Fawzy, Z.F., Ahmed, A.A. and A.S. Tantawy. 2012. Application of phosphate dissolving bacteria for improving growth and productivity of two sweet pepper (*Capsicum annum* L.) cultivars under newly reclaimed soil. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 6(3): 826-839.
- 54-Zhou, D.M., Hao, X.Z., Wang, Y.J., Dong, Y.H. and L. Cang. 2005. Copper and Zn uptake by radish and pakchoi as affected by application of livestock and poultry manures. *Chemosphere*, 59(2):167-175.

The Effect of Organic and Microbial Fertilizers on Growth and Nutrition of Pistachio Seedlings

Amirhosein Jamalifard¹, Payman Abbaszadeh Dahaji², Abdolreza Akhgar³

Abstract

Nowadays the application of organic and microbial fertilizers has increased regarding the destructive environmental impacts of applying chemical fertilizers and the high cost of production of them. One of the essential components to achieve the sustainable agriculture is integrated plant nutrition through using organic and microbial fertilizers. An experiment was done in a completely randomized factorial design in the greenhouse of University of Vali-e-Asr to evaluate the effect of organic and microbial fertilizers on growth and nutrition of pistachio seedlings. In this experiment two variety of pistachio seeds, Badami-riz Zarand and Qazvini, after sterilization and germination were planted In two separate experiments and were inoculated in 3 level of bacteria (uninoculated (D₀) and inoculated with 2 different strains of Fluorescent Pseudomonads (D₆ and D₁₂)) and 3 level of manure (0 (M₀), 2 (M₂) and 4 (M₄) W/W%) in 3 replications (54 pots). The results indicated that the combined effect of bacteria and manure could rise leaf dry weight (28.1 %), stem dry weight (77.6 %) and shoot dry weight (37.0%) in Badami-riz Zarand variety and 60.4%, 48.6% and 55.0% in Qazvini variety in comparison to control respectively. The application of fertilizer and Bacteria in all of the treatments increased macronutrients and micronutrients uptake. The uptake of Ca raised more than 160% in both of the varieties as well. The uptake of N and P in Qazvini variety was related to M₀D₆ and M₂D₆ which soared 114% and 115% respectively compared to the control. The maximum uptake of Mn in Badami- riz Zarand and Qazvini varieties was indicated in M₂D₆ and M₂D₁₂ which boosted 91.7% and 100% respectively in comparison with the control. M₄D₁₂ demonstrated the highest Fe and Zn uptake (94.4% and 88.1% respectively) compared to the control. Regarding the results, environmental problems and high costs of chemical fertilizers, manure and microbial Fertilizers are recommended for improving growth and nutrition of pistachio.

Key Words: Badami-riz Zarand, Fluorescent Pseudomonads, Qazvini, manure.

¹ M.Sc. Student, Department of Soil Science, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran.

² Assistant professor, Department of Soil Science, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran.

³Associate professor, Department of Soil Science, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran.