

بررسی پاسخ دو رقم پسته بادامی ریز زرنند و قزوینی از نظر رشد و تغذیه به کاربرد کود گاوی و سودوموناس‌های فلورسنت

امیرحسین جمالی‌فرد¹، پیمان عباس‌زاده‌دهجی¹ و عبدالرضا اخگر

دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان؛ amirhoseinjamali485@yahoo.com

استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان؛ p.abbaszadeh@vru.ac.ir

دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان؛ arakhgar@yahoo.com

دریافت: 95/4/8 و پذیرش: 95/7/12

چکیده

تغذیه تلفیقی گیاه از طریق استفاده از کودهای آلی و زیستی یکی از اجزای لازم و حیاتی برای رسیدن به کشاورزی پایدار می‌باشد. پژوهش‌های زیادی در مورد میزان تحمل پایه‌های مختلف ارقام پسته به خشکی و شوری انجام گرفته است اما در زمینه پاسخ ارقام مختلف به کاربرد کودهای آلی و زیستی تحقیقات بسیار محدود است. به همین منظور آزمایشی در قالب طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان در سال زراعی 1394 انجام شد. در این آزمایش بذره‌های پسته رقم بادامی ریز زرنند و قزوینی پس از استریل شدن و جوانه زنی، با باکتری در سه سطح (بدون تلقیح، تلقیح با دو جدایه متفاوت از باکتری سودوموناس فلورسنت D₆ و D₁₂) و سه سطح (صفر، دو و چهار درصد وزنی) کود گاوی و با سه تکرار در 54 گلدان کاشته شدند. کاربرد کود گاوی و باکتری سودوموناس فلورسنت باعث افزایش رشد و جذب عناصر غذایی در هر دو رقم پسته قزوینی و بادامی ریز زرنند شد. در این تحقیق افزایش پارامترهای اندازه‌گیری شده در دو رقم پسته در مقایسه با شاهد (عدم کاربرد کود آلی و زیستی) به عنوان پاسخ گیاه در نظر گرفته شد و دو رقم از نظر پاسخ با هم از نظر آماری با مقایسه شدند. نتایج حاصل نشان داد که کاربرد باکتری در مقایسه با عدم کاربرد باعث افزایش معنی‌دار فسفر، آهن و روی در رقم قزوینی در مقایسه با رقم بادامی ریز زرنند شد. تیمار کود دامی در مقایسه با عدم کاربرد آن به ترتیب باعث افزایش معنی‌دار 189.61 و 490 درصدی جذب نیتروژن، فسفر و مس رقم قزوینی در سطح احتمال پنج درصد نسبت به بادامی ریز زرنند شد. اثر متقابل باکتری و کود دامی نیز توانست وزن خشک اندام‌هوایی، جذب آهن، روی، مس، فسفر، کلسیم و نیتروژن را در رقم قزوینی نسبت به بادامی ریز زرنند به‌طور معنی‌دار افزایش دهد. نتایج به‌دست آمده از این تحقیق نشان داد پاسخ دو رقم پسته به کاربرد کود دامی و باکتری‌های محرک رشد متفاوت بوده و رقم قزوینی نسبت به بادامی ریز زرنند پاسخ بهتری به استفاده از کودهای آلی، زیستی و کاربرد همزمان این دو کود نشان داد. بنابراین به نظر می‌رسد که علاوه بر در نظر گرفتن مقاومت ارقام به شوری و خشکی و سایر موارد، باید پاسخ ارقام به کودهای آلی و بیولوژیک در جهت کشاورزی پایدار و تولید محصولات با کیفیت بالاتر در نظر گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: ارقام پسته، آهن، فسفر، کود زیستی، نیتروژن و وزن خشک گیاه

¹ نویسنده مسئول، آدرس: گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان

مقدمه

کشت پیوسته و استفاده مداوم از کودهای شیمیایی باعث افزایش اسیدی شدن خاک، شسته شدن عناصر غذایی، کاهش خواص فیزیکی و میزان ماده آلی خاک می‌شود (نوتیدگه و همکاران، 2005). با در نظر گرفتن این اثرات باید منابع جایگزینی برای حاصلخیزی خاک پیشنهاد گردد. کود آلی می‌تواند یک منبع جایگزین توانمند باشد. استفاده مداوم از کودهای شیمیایی باعث شوری خاک شده و کودهای آلی یک جایگزین مهم برای به حداقل رساندن شوری خاک می‌باشند (تجادا و گنزالس، 2003). افزایش نیاز به عملیات کشاورزی پایدار باعث شده که از کودهایی که پایه میکروبی و ریزموجودات مفید دارند استفاده شود. به علاوه تحقیقات انجام شده بر روی برهمکنش بین گیاهان، خاک و سایر ریزجانداران نشان می‌دهد که روابط بین آنها می‌تواند راههایی را برای استفاده از این موجودات در جهت کشاورزی پایدار امکان‌پذیر سازد (ملوسا و همکاران، 2012). به دلیل هزینه‌های فزاینده مواد شیمیایی کشاورزی، جامعه خواستار استفاده بیشتر از تکنولوژی‌های زیستی در تولید محصولات است (آویس و همکاران، 2008). بین میکروارگانیسم‌های ریزوسفری، باکتری‌ها به دلیل سرعت رشد زیاد و توانایی بالای استفاده از منابع متنوع کربن و انرژی از جمعیت بالاتری برخوردار هستند. به گروهی از باکتری‌های ریزوسفری که با مکانیسم‌های مختلف مانند تثبیت نیتروژن، ترشح سیدروفور، حل‌کنندگی فسفات، تولید آنزیم ACC-دآمیناز، تولید اکسین و کنترل بیماری‌های گیاهی باعث افزایش رشد گیاه می‌شوند، باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه¹ (PGPR) می‌گویند (گلیک، 1995). 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 (ویاس و گولاتی، 2009). این باکتری‌ها پتانسیل قابل توجهی در بهبود کارایی جذب عناصر غذایی مختلف و افزایش رشد گیاه از خود نشان داده‌اند (مولتا و همکاران، 2013). برخی از محققین گزارش کرده‌اند که میوه و محصولات باغی که به وسیله مواد آلی تغذیه شده‌اند حاوی ویتامین‌ها و مواد معدنی بیشتری نسبت به محصولات متداول می‌باشند (مگکوس و همکاران، 2003). مناطق پسته کاری به دلیل محدودیت‌های خاک از قبیل عدم وجود ساختمان مناسب در اغلب

مناطق، بالا بودن pH، بافت نامناسب خاک و طولانی بودن طول دوره آبیاری، استفاده از کودهای آلی حیوانی اجتناب ناپذیر می‌باشد و نیاز است حداقل هر دو سال یکبار به مقدار کافی از انواع کودهای آلی مختلف (گوسفندی، گاوی و مرغی) به صورت چالکود استفاده گردد (علی‌پور و همکاران، 1382). نتایج تحقیقات نشان داد افزایش کود دامی سبب افزایش غلظت نیتروژن، مس، آهن و پتاسیم اندام هوایی نهال‌های پسته شد. همچنین پژوهشگران نشان دادند با افزودن کود دامی و اثرات مطلوب آن بر خصوصیات فیزیکی و حاصلخیزی خاک، طول و چگالی ریشه نهال‌های پسته افزایش و مقاومت فروپذیری خاک به طور معنی‌داری کاهش یافت (رضوی نسب و همکاران، 1390). آذرمی و همکاران (1393) گزارش کردند اضافه کردن کود زیستی سودوموناس فلورسنت به پسته، باعث افزایش رشد، جذب عناصر و مقاومت به شوری دانه‌ها شد. دو رقم قزوینی و بادامی ریز زرد از مهمترین پایه‌های پسته در ایران است اما تحقیقاتی در مورد تفاوت این دو رقم در پاسخ به کودهای زیستی و آلی صورت نگرفته است. در این تحقیق سعی شده است که پاسخ این دو رقم به کاربرد کودهای زیستی و آلی بر رشد و تغذیه بررسی گردد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی پاسخ دو رقم پسته بادامی ریز زرد و قزوینی از نظر رشد و تغذیه به اضافه کردن کودهای آلی و زیستی آزمایش گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل دو رقم پسته، کود دامی گاوی در سه سطح (صفر، دو و چهار درصد وزنی) و باکتری در سه سطح (بدون تلقیح، تلقیح با دو جدایه متفاوت از باکتری‌های سودوموناس فلورسنت D₆ و D₁₂ تهیه شده از کلکسیون باکتری گروه علوم خاک دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان). با صفات محرک رشدی مناسب بود. قبل از کاشت، ابتدا بذرها هم‌اندازه‌ی دو رقم پسته پس از جداسازی پوست سخت و ضدعفونی سطحی (10 دقیقه در محلول وایتکس 10 درصد و سپس 8 تا 10 بار شستشو با آب مقطر استریل برای حذف هیپوکلرید سدیم شستشو شدند) (رضوی نسب و همکاران، 1390) به مدت 24 ساعت در یک ظرف سر بسته استریل خیسانده و بذرها جهت جوانه‌دار شدن بر روی واتر-آگار قرار داده و در دمای 25 درجه سلیسیوس تا زمان جوانه‌دار شدن درون انکوباتور نگهداری شدند. گلدان‌های پلاستیکی پنج کیلوگرمی با خاکی با بافت متوسط و غیر شور پس از اضافه کردن مقدار مناسب کود دامی (صفر، دو و چهار

¹ Plant Growth Promoting Rhizobacteria

استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت سپس میانگین‌ها به روش آزمون دانکن در سطح پنج درصد گروه‌بندی شد. جهت مقایسه تفاوت پاسخ دو رقم به کاربرد کود آلی و زیستی به تنهایی و همچنین کاربرد همزمان دو کود، فقط اثر اصلی رقم از نظر آماری مورد بررسی قرار گرفت. همچنین شکل‌ها و جداول مربوطه با استفاده از برنامه Word و Excel رسم گردیدند.

نتایج و بحث

پاسخ دو رقم پسته به کاربرد باکتری سودوموناس فلورسنت

کاربرد باکتری باعث افزایش وزن خشک اندام‌هوایی و جذب تمامی عناصر نسبت به شاهد بدون تلقیح در هر دو رقم قزوینی و بادامی ریز زرنند شد. پژوهشگران گزارش کردند جذب فسفر ذرت در نتیجه تلقیح باکتری‌های حل‌کننده فسفات افزایش یافت (ظفر و همکاران، 2011). پژوهشگران 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 (اسلام و حسین، 2012). ولی در بین پارامترهای اندازه‌گیری شده تنها دو رقم از نظر افزایش جذب فسفر، آهن و روی با هم اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد داشتند (جدول چهار). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که رقم قزوینی پاسخ بهتری به کاربرد باکتری نشان داده است و درصد افزایش جذب فسفر، آهن و روی در رقم قزوینی به‌طور معنی‌داری در سطح پنج درصد بیشتر از رقم بادامی ریز زرنند بود (به ترتیب شکل‌های یک، دو و سه). اضافه کردن باکتری باعث افزایش تقریباً 30 و 60 درصدی جذب فسفر، آهن و روی به ترتیب در رقم زرنندی و قزوینی نسبت به شاهد شد (شکل‌های یک، دو و سه).

درصد وزنی) پر شدند (خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و کود مورد مطالعه در جدول‌های یک و دو گزارش شده است). خصوصیات محرک رشدی دو جدایه مورد مطالعه در جدول سه ارائه شده است (آذرمی و همکاران، 1393) جدایه‌ها به مدت 48 ساعت درون محیط کشت مایع¹ NB کشت داده شدند و پس از همسان نمودن جمعیت سوسپانسیون‌ها (با جمعیت 5×10^7 سلول در هر میلی‌لیتر محیط کشت) به عنوان مایه تلقیح، استفاده شد. در هر گلدان تعداد هشت بذر پسته جوانه‌زده کشت شد. پس از دو هفته تعداد گیاهان در هر دو رقم به چهار گیاه کاهش یافت. گلدان‌ها با آب مقطر به روش وزنی در حد رطوبت زراعی آبیاری و به مدت چهار ماه در گلخانه نگهداری شد. برای برداشت ابتدا بخش هوایی گیاهان از محل طوقه قطع شد. پس از شست‌وشوی نمونه‌ها و قرار گرفتن در پاکت‌های کاغذی مخصوص، به مدت 48 ساعت در آن‌ها با درجه حرارت 65 تا 70 درجه سلسیوس قرار داده شدند تا وزن آن‌ها به حد ثابتی برسد. پس از توزین وزن خشک اندام هوایی، نمونه‌ها با آسیاب پودر شدند. برای تهیه عصاره، یک گرم از نمونه‌های پودر شده در دمای 550 درجه سلسیوس به مدت پنج ساعت در آون خاکستر شده و پس از هضم با اسید کلریدریک دو نرمال عصاره‌گیری شد و عناصر آهن، منگنز، روی و مس به‌وسیله‌ی دستگاه جذب اتمی مدل GBC Avanta ver.1.33 (کوتینی، 1980)، پتاسیم به روش شعله‌سنجی و قرائت به‌وسیله‌ی فلیم‌فتومتر (بیچ و همکاران، 1992)، فسفر به روش زرد (آمونیم مولبیدات-وانادات) (چاچمن و پرت، 1961) و قرائت به‌وسیله‌ی دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل PG instrument T80 UV/VIS، کلسیم و منیزیم به روش کمپلکسومتری و تیتراسیون با EDTA (رایان و همکاران، 2001) و نیتروژن به‌وسیله‌ی روش کجلدال (برمنر و کینی، 1965) اندازه‌گیری شد.

به‌منظور بررسی پاسخ ارقام از نظر رشد و تغذیه درصد افزایش هر پارامتر اندازه‌گیری شده در مقایسه با شاهد هر رقم (عدم کاربرد کود آلی، زیستی و یا کاربرد همزمان کود آلی و زیستی) محاسبه گردید. جهت آنالیز آماری داده‌ها به سه بخش شامل الف: داده‌های مربوط به اثر متقابل باکتری و رقم (18 میانگین (دو رقم، سه سطح باکتری و سه تکرار))، ب: داده‌های مربوط به اثر متقابل کود آلی و رقم (18 میانگین (دو رقم، سه سطح کود آلی و سه تکرار)) و ج: کل داده‌ها مربوط به اثر متقابل کود آلی، باکتری و رقم (54 میانگین (دو رقم، سه سطح باکتری، سه سطح کود آلی و سه تکرار)) تقسیم‌بندی شد و داده‌ها با

¹ Nutrient Broth

جدول 1- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه*

بافت رس	سیلت	شن	ماده آلی	نیتروژن	pH	EC	فسفر	پتاسیم	آهن	مس	روی	منگنز	کلسیم	منیزیم	
12	39	49	%	0/05	7/71	2/07	7/23	320	1/54	0/61	1/02	1/50	22/0	12/4	
													meq L ⁻¹	mg kg ⁻¹	dSm ⁻¹

جدول 2- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کود دامی گاوی مورد مطالعه

فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	نیتروژن	pH	EC	آهن	مس	روی	منگنز
0/41	1/87	1/02	0/408	0/83	7/45	12/1	4324	33/6	62/0	268
درصد			دسی‌زیمنس بر متر			میلی‌گرم در کیلوگرم				

عناصر اندازه‌گیری شده مقدار کل عنصر بعد از هضم با اسید کلریدریک می‌باشد

جدول 3- توان انحلال فسفر (تری کلسیم فسفات)، تولید سیدروفور و اکسین جدایه‌های سودوموناس فلورسنت مورد مطالعه (آذرمی و همکاران 1393)

اکسین	سیدروفور قطر هاله به کلونی			انحلال فسفر			جدایه
	روز دوم	روز چهارم	روز ششم	pH	میلی‌گرم در لیتر	قطر هاله به کلونی	
2/99	2/14	2/32	2/09	4/01	705	1/78	D ₆
2/38	2/60	2/71	2/41	3/28	656	1/57	D ₁₂

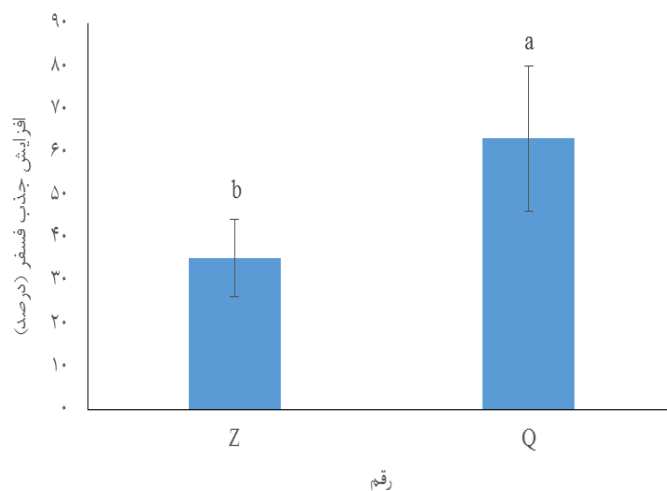
باکتری بوده است. به نظر می‌رسد حضور باکتری تاثیر بیشتری بر جذب عناصر و رشد رقم قزوینی داشته و این رقم پاسخ بهتری به کاربرد باکتری نشان داده است. افزایش وزن خشک اندام هوایی و جذب تمامی عناصر نسبت به شاهد بدون تلقیح در هر دو رقم قزوینی و بادامی ریز زرنده را می‌توان به صفات محرک رشدی مناسب دو جدایه بکار برده شده نسبت داد. این دو جدایه توانایی بالایی در انحلال ترکیبات کم محلول فسفر و تولید سیدروفور دارند (جدول سه). 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 (چن و همکاران، 2008). بعضی از جدایه‌های سودوموناس و باسیلوس توانایی حل کردن ترکیبات روی را دارند که به این باکتری‌ها، باکتری‌های حل‌کننده روی می‌گویند (ساراوانان و همکاران، 2003). پژوهشگران در تحقیقی، افزایش غلظت روی اندام هوایی سیب را در اثر کاربرد باکتری *Pseudomonas fluorescens* BA-8 گزارش کردند (کاراکورت و اسلانتاس، 2010).

آذرمی و همکاران (1393) نشان دادند که باکتری‌های سودوموناس فلورسنت از طریق انحلال ترکیبات نامحلول مانند فسفر و روی باعث افزایش رشد و غلظت این عناصر در گیاه پسته شدند. کاربرد جدایه *Pseudomonas* sp. GRP₃ جداسازی شده از ریزوسفر سویا که توانایی بالایی در تولید سیدروفور داشت، به‌طور قابل ملاحظه‌ای جذب آهن توسط گیاهان را افزایش داد (شارما و همکاران، 2003). گزارش شده است که تلقیح نخود با باکتری *Pseudomonas syringae* جذب آهن اندام‌هوایی را افزایش داد (ساهنی و همکاران، 2008). نتایج اضافه کردن باکتری نشان داد افزایش جذب فسفر، آهن و روی در مقایسه با شاهد بدون تلقیح در رقم قزوینی (به ترتیب شکل‌های یک، دو و سه) 79، 48 و 113 درصد نسبت به بادامی ریز زرنده افزایش معنی‌دار نشان داد. همچنین تاثیر تیمار باکتری باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی و جذب عناصر نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، مس و منگنز به ترتیب به میزان 21، 22، 33، 3، 23، 25 و 3 درصد در رقم قزوینی نسبت به بادامی ریز زرنده شد که این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود و نشان دهنده پاسخ یکسان دو رقم در جذب این عناصر در حضور

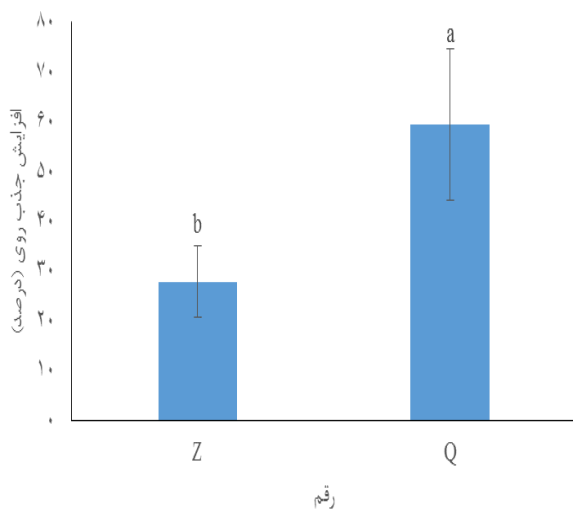
جدول 4- تجزیه واریانس اثر کاربرد باکتری بر وزن خشک و جذب عناصر غذایی دو رقم پسته میانگین مربعات

Cu	Zn	Mn	Fe	Mg	Ca	K	P	N	وزن خشک اندام هوایی	درجه آزادی	منابع تغییرات
346 ^{ns}	4544 ^{**}	8/00 ^{ns}	1352 ^{**}	2544 ^{ns}	4/50 ^{ns}	460 ^{ns}	3444 ^{**}	117 ^{ns}	93/3 ^{ns}	1	رقم
17/7	25/2	6/44	5/77	3918	18/1	31/0	22/7	20/3	9/11	12	خطا

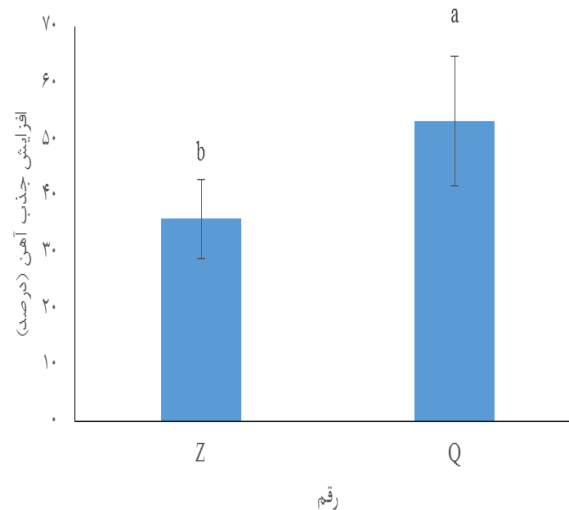
** و ns به ترتیب معنی‌دار بودن در سطح احتمال یک درصد و غیر معنی‌دار بودن



شکل 1- میزان افزایش جذب فسفر در دو رقم پسته با کاربرد باکتری نسبت به شاهد



شکل 3- میزان افزایش جذب روی در دو رقم پسته با کاربرد باکتری نسبت به شاهد



شکل 2- میزان افزایش جذب آهن در دو رقم پسته بادامی با کاربرد باکتری نسبت به شاهد

Z و Q به ترتیب رقم بادامی ریز زرد و قزوینی

پاسخ دو رقم پسته به کاربرد کود گاوی

نتایج تجزیه واریانس اثر کاربرد کود گاوی بر افزایش درصد وزن خشک و جذب عناصر غذایی در دو رقم پسته در مقایسه با شاهد بدون کاربرد کود در جدول پنج نشان داده شده است. کاربرد کود دامی باعث افزایش جذب تمامی عناصر غذایی و وزن خشک گیاه در هر دو رقم پسته در مقایسه با عدم کاربرد کود گاوی شد. پژوهش‌ها نشان داد افزودن کود دامی باعث افزایش رشد و جذب عناصر غذایی به خصوص نیتروژن و فسفر در گیاه گندم شد (دفریتاس، 2000). کودهای دامی منبعی پایه برای تامین عناصر غذایی گیاه محسوب می‌شوند و دارای مقادیر زیادی عناصر پرمصرف مانند فسفر، نیتروژن و پتاسیم می‌باشند (بنافانته، 2003). تیمار کود دامی در مقایسه با عدم کاربرد باعث افزایش بیشتر درصد وزن خشک اندام‌هوایی و جذب تمامی عناصر در رقم قزوینی نسبت به بادامی ریز زرد شد که از این میان تنها افزایش درصد جذب نیتروژن و مس در سطح یک درصد و فسفر در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری در رقم قزوینی نسبت به بادامی ریز زرد داشتند.

مصرف کود دامی سبب افزایش میزان برخی مواد غذایی مورد نیاز گیاهان از جمله فسفر، پتاسیم، منیزیم، آهن، روی و مس در خاک شده و همچنین موجب افزایش قابلیت جذب عناصر برای گیاه گردید (سوماره و همکاران، 2003). نتایج مقایسه میانگین اثر تیمار کود گاوی بر پاسخ این دو رقم نشان داد با اضافه کردن کود گاوی جذب نیتروژن، فسفر و مس در رقم قزوینی به ترتیب 61، 189 و 490 درصد نسبت به بادامی ریز زرد افزایش یافت (به ترتیب شکل‌های چهار، پنج و شش). کاربرد کود گاوی باعث افزایش غیر معنی‌دار 26، 49 و 31 درصدی به ترتیب وزن خشک اندام‌هوایی، روی و منیزیم در رقم قزوینی در مقایسه با بادامی ریز زرد شد. همچنین این تیمار توانست میزان جذب کلسیم را در رقم بادامی ریز زرد نسبت به رقم قزوینی افزایش دهد که این افزایش‌ها از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. همانطور که در شکل‌های چهار، پنج و شش نشان داده شده است کاربرد کود گاوی باعث افزایش 30 درصدی جذب نیتروژن، 20 درصدی جذب فسفر و کاهش 50 درصدی جذب مس

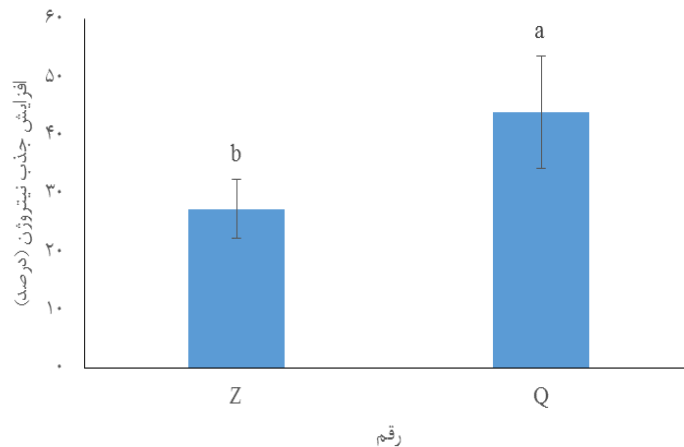
در رقم زردی نسبت به شاهد شد. همچنین این تیمار توانست جذب نیتروژن، فسفر و مس اندام‌هوایی در رقم قزوینی را به ترتیب 45، 40 و 15 درصد نسبت به شاهد افزایش دهد. کود گاوی توانست باعث افزایش رشد و جذب تعدادی از عناصر کم‌مصرف و پرمصرف در رقم قزوینی نسبت به بادامی ریز زرد شود که نشان دهنده پاسخ بهتر رقم قزوینی به افزایش کود نسبت به رقم بادامی ریز زرد می‌باشد. همانطور که در شکل شش نشان داده شده است افزایش کود باعث کاهش جذب مس در رقم بادامی ریز زرد در مقایسه با شاهد بدون کاربرد کود گاوی شد که می‌تواند به دلیل کمپلکس شدن بیشتر مس با ماده آلی باشد. با اضافه شدن ماده آلی به خاک مس با ماده آلی تشکیل کمپلکس داده و از دسترس گیاه خارج می‌شود. این عنصر می‌تواند با مواد آلی خاک تشکیل کمپلکس پایدار دهد و از دسترس گیاه خارج گردد (چاگون و همکاران، 2003). با این وجود رقم قزوینی توانسته مس بیشتری جذب کند که نشان دهنده توان بالای این رقم در جذب عناصر با اضافه کردن کود است. هر چند پاسخ دو رقم به افزایش کود متفاوت بوده است اما بدلیل وجود عناصر غذایی مختلف در ساختار کود گاوی (جدول دو) کاربرد این کود باعث افزایش رشد و بهبود تغذیه هر دو رقم پسته شده است.

کودهای آلی به‌ویژه کودهای دامی می‌توانند به عنوان منابعی غنی از عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن به‌شمار آیند (فرناندز و همکاران، 2010). تحقیقات نشان داده کودهای دامی باعث استحکام ساختمان، تامین حاصلخیزی دراز مدت و افزایش جذب عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف خاک می‌شوند (مخابلا، 2006). تجزیه کود دامی در خاک می‌تواند با کاهش pH موضعی خاک به خصوص در منطقه ریزوسفری و باعث افزایش فراهمی عناصر غذایی شود (بیلدی و همکاران، 2000). کودهای دامی مهم‌ترین عامل فراهمی ماده آلی در ریزوسفر و در نتیجه افزایش جذب عناصر غذایی گیاه می‌باشند (تجادا و همکاران، 2008). محمدی و همکاران (1392) نشان دادند تیمار کود آلی جذب برخی عناصر مانند منگنز برگ گیاه پسته را نسبت به شاهد 20 درصد افزایش داده است.

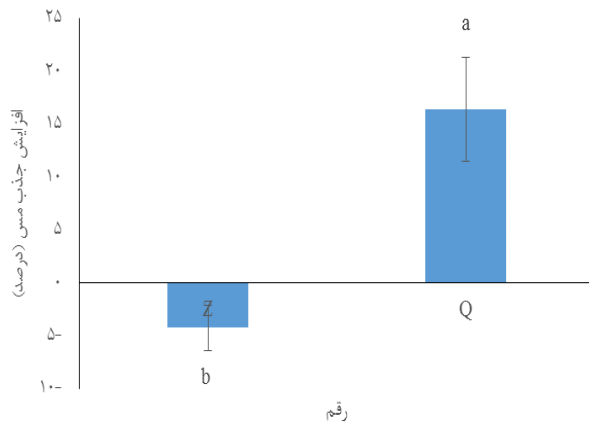
جدول 5- تجزیه واریانس اثر کاربرد کود گاوی بر وزن خشک و جذب عناصر غذایی دو رقم پسته

میانگین مربعات											
Cu	Zn	Mn	Fe	Mg	Ca	K	P	N	وزن خشک اندام‌هوایی	درجه آزادی	منابع تغییرات
1901	896 ^{ns}	377 ^{ns}	1670 ^{ns}	280 ^{ns}	5000 ^{ns}	1738 ^{ns}	3253	1233	117 ^{ns}	1	رقم
11/7	37/7	23/3	21/6	7/11	71/1	18/8	28/3	44/0	7/33	12	خطا

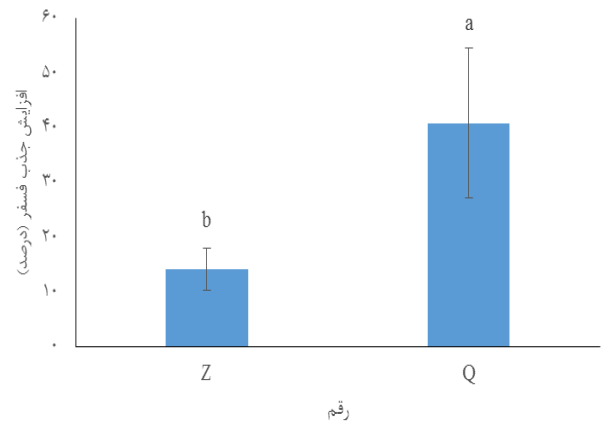
**، * و ns به ترتیب معنی‌دار بودن در سطح احتمال یک و پنج درصد و غیر معنی‌دار بودن



شکل 4- میزان افزایش جذب نیتروژن در دو رقم پسته با کاربرد کود گاوی نسبت به شاهد



شکل 6- میزان افزایش جذب مس در دو رقم پسته با کاربرد کود گاوی نسبت به شاهد



شکل 5- میزان افزایش جذب فسفر در دو رقم پسته با کاربرد کود گاوی نسبت به شاهد

Z و Q به ترتیب رقم بادامی ریز زرد و قزوینی

باکتری (پاسخ این دو رقم) نشان داد کاربرد همزمان باکتری و کود گاوی وزن خشک اندام‌هوایی، جذب نیتروژن، فسفر، کلسیم، آهن، روی و مس در رقم قزوینی به ترتیب 28، 45، 120، 26، 25، 44 و 153 درصد نسبت به بادامی ریز زرد افزایش معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد داشت (به ترتیب شکل‌های هفت تا 13). همچنین کاربرد همزمان باکتری و کود گاوی به ترتیب باعث افزایش 12 و شش درصدی پتاسیم و منگنز در رقم قزوینی نسبت به بادامی ریز زرد شد که این افزایش معنی‌دار نبود. در هر دو رقم کاربرد تلفیقی کود دامی و باکتری باعث افزایش رشد و جذب عناصر غذایی در مقایسه با شاهد عدم کاربرد کود دامی و باکتری شد. پژوهشگران گزارش کردند افزایش بیوماس، عملکرد،

پاسخ دو رقم پسته به کاربرد تلفیقی باکتری و کود گاوی نتایج تجزیه واریانس واریانس اثر کاربرد کود گاوی و باکتری بر درصد افزایش وزن خشک و جذب عناصر غذایی دو رقم پسته در مقایسه با شاهد بدون کاربرد کود و باکتری در جدول شش نشان داده شده است. کاربرد تلفیقی باکتری و کود گاوی باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام‌هوایی و جذب تمامی عناصر به جز پتاسیم، منیزیم و منگنز در رقم قزوینی نسبت به بادامی ریز زرد در سطح یک درصد شد. نتایج مقایسه میانگین به روش آزمون دانکن تاثیر کاربرد تلفیقی باکتری و کود گاوی بر درصد افزایش وزن خشک اندام‌هوایی و جذب عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در دو رقم بادامی ریز زرد و قزوینی در مقایسه با شاهد بدون کاربرد کود دامی و

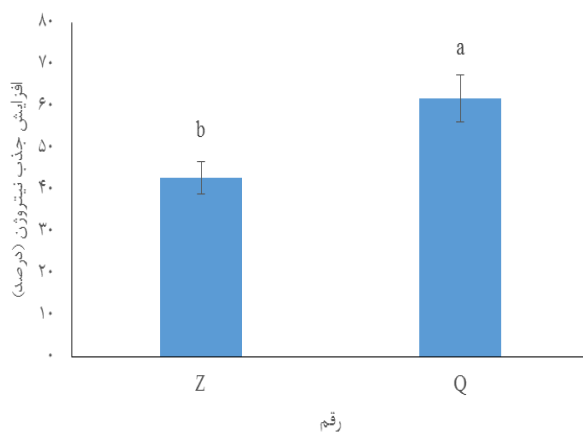
ریزجانداران خاک از جمله باکتری‌ها باعث آزاد شدن این عناصر از کود و قابل جذب شدن آن‌ها برای گیاه می‌شوند (زو و همکاران، 2005). پژوهشگران در مورد جو و چغندر قند آزمایش‌هایی را انجام داده و بیان کردند که تلقیح محصولات توسط باکتری‌های محرک رشد گیاه و کاربرد کود آلی موجب افزایش معنی‌دار عملکرد، اجزاء عملکرد و جذب عناصر غذایی مخصوصاً منیزیم و فسفر شد (شاهین و همکاران، 2004). پژوهشگران نشان دادند استفاده از کود آلی منجر به افزایش فسفر، پتاسیم، منیزیم و کلسیم قابل دسترس گیاه می‌گردد (ارهارت و هارتل، 2003) و باکتری‌های حل‌کننده فسفات با ترشح اسیدهای آلی باعث آزادسازی این عناصر از کمپلکس‌های موجود در خاک می‌گردند و دسترسی گیاه به عناصر غذایی افزایش یافت (جوتوران و ردی، 2007).

غلظت نیتروژن و فسفر سورگوم و نخود زمانی مشاهده شد که 50 درصد کودهای دامی به همراه تلقیح با میکرواورگانیزم‌های حل‌کننده فسفات و ریزوبیوم مورد استفاده قرار گرفتند (ساینی و همکاران، 2004). استفاده همزمان از توپاکتر و کود دامی در خاک‌هایی که دارای مواد آلی ناچیز هستند برای افزایش رشد و جذب عناصر ضروری گیاه گندم توصیه می‌شود (رای و گار، 1988). در رقم زرنندی کاربرد تلفیقی باکتری و کود دامی به ترتیب باعث افزایش 30، 45، 30، 90، 50، 20 و در رقم قزویی 40، 60، 70، 110، 60، 70 و 50 درصدی وزن خشک اندام‌هوایی، جذب نیتروژن، فسفر، کلسیم، آهن، روی و منگنز نسبت به شاهد (عدم کاربرد کود دامی و باکتری) شد. علاوه بر نیتروژن، فسفر و پتاسیم، کود دامی منبع خوبی از دیگر عناصر پرمصرف (کلسیم، منیزیم و گوگرد) و بسیاری از ریز مغذی‌های ضروری است که

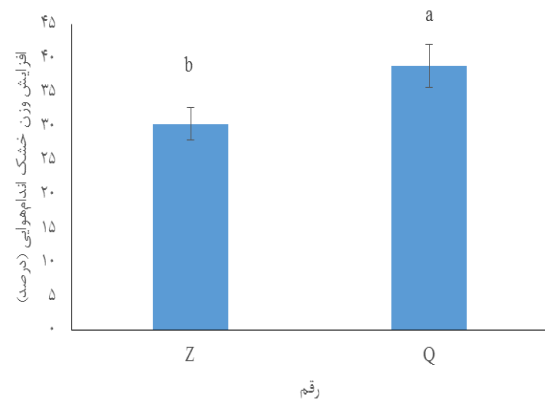
جدول 6- تجزیه واریانس اثر کاربرد کود گاوی و باکتری بر وزن خشک و جذب عناصر غذایی دو رقم پسته میانگین مربعات

	Cu	Zn	Mn	Fe	Mg	Ca	K	P	N	وزن خشک اندام‌هوایی	درجه آزادی	منابع تغییرات
رقم	10792**	6124**	206 ^{ns}	2113**	6/47 ^{ns}	6556**	988 ^{ns}	19722**	4898**	983**	1	رقم
خطا	18/4	57/3	23/2	17/8	1322	56/3	40/3	33/9	57/6	15/7	36	خطا

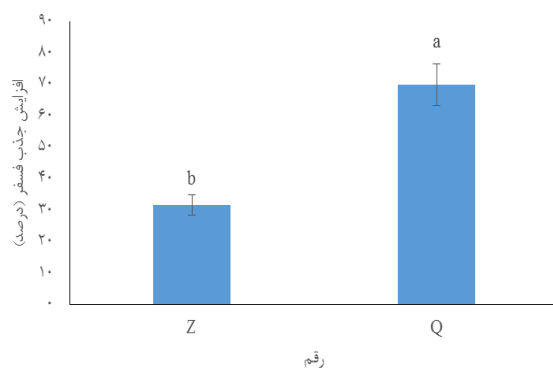
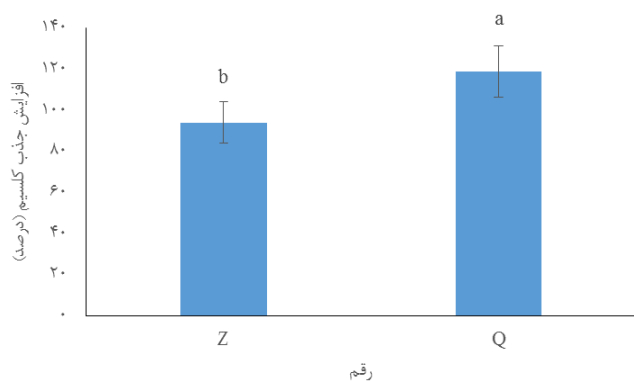
** و ns به ترتیب معنی‌دار بودن در سطح احتمال یک و پنج درصد و غیر معنی‌دار بودن



شکل 8- میزان افزایش جذب نیتروژن در دو رقم پسته با کاربرد کود گاوی و باکتری نسبت به شاهد

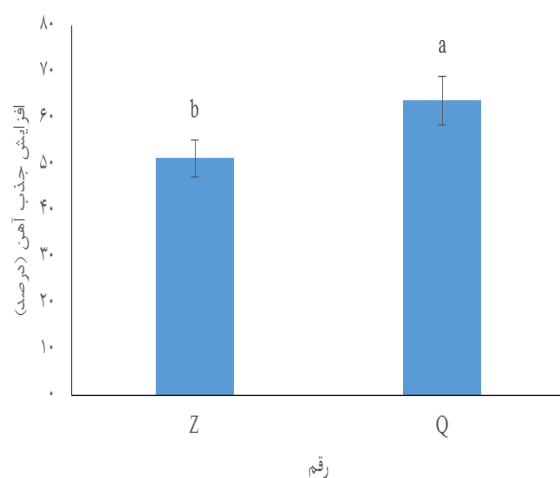
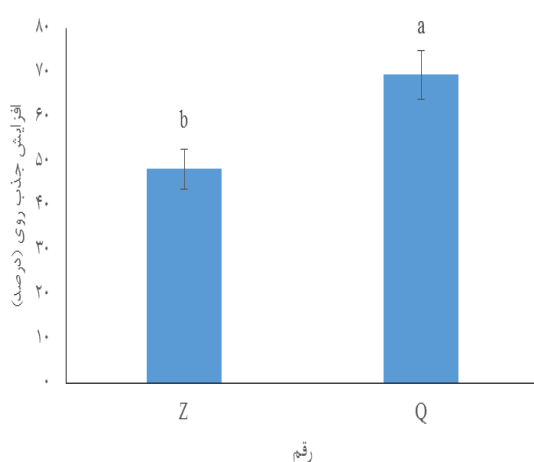


شکل 7- میزان افزایش وزن خشک اندام‌هوایی در دو رقم پسته با کاربرد کود گاوی و باکتری نسبت به شاهد



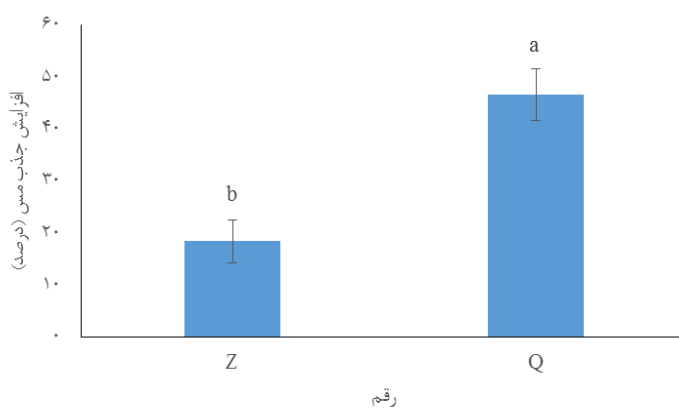
شکل 9- میزان افزایش جذب فسفر در دو رقم پسته با کاربرد کود گاوی و باکتری نسبت به شاهد
 شکل 10- میزان افزایش جذب کلسیم در دو رقم پسته با کاربرد کود گاوی و باکتری نسبت به شاهد

Q و Z به ترتیب رقم بادامی ریز زرد و قزوینی



شکل 11- میزان افزایش جذب آهن در دو رقم پسته با کاربرد کود گاوی و باکتری نسبت به شاهد

شکل 12- میزان افزایش جذب روی در دو رقم پسته با کاربرد کود گاوی و باکتری نسبت به شاهد



شکل 13- میزان افزایش جذب روی در دو رقم پسته با کاربرد کود گاوی و باکتری نسبت به شاهد
 Q و Z به ترتیب رقم بادامی ریز زرد و قزوینی

نتیجه گیری کلی

آزمایش‌های مختلفی مانند مقاومت به شوری، خشکی و یا آفات بر روی ارقام پسته انجام می‌شود که مناسب‌ترین پایه برای منطقه انتخاب شود. با توجه به نتایج بدست آمده از این تحقیق و همچنین افزایش روزافزون استفاده از کودهای آلی و زیستی به جای کودهای شیمیایی در جهت کشاورزی پایدار و بهبود کیفیت محصولات، بررسی پاسخ ارقام مختلف به این کودها در کنار سایر آزمایش‌های مانند مقاومت به شوری امری اجتناب‌ناپذیر است.

تلقیح با جدایه‌های سودوموناس فلورسنت با خصوصیات محرک رشدی بالا و کاربرد کود دامی توانست باعث بهبود وضعیت تغذیه‌ای رقم قزوینی و بادامی ریز زرنند شود که این افزایش در رقم قزوینی بهتر بوده و نشان دهنده پاسخ بهتر رقم قزوینی به اضافه کردن باکتری و کود گاوی در مقایسه با رقم بادامی ریز زرنند بود. به‌منظور انتخاب رقم مناسب برای یک منطقه

فهرست منابع:

1. آذرمی، ف.، مظفری، و.، عباس‌زاده دهجی، پ. و حمیدپور، م. 1393. جداسازی باکتری‌های سودوموناس فلورسنت از ریزوسفر درختان پسته و تعیین برخی خصوصیات محرک رشدی آن‌ها. نشریه زیست‌شناسی خاک 4 (2): 174-185.
2. رضوی‌نسب، ا.، شیرانی، ح.، تاج‌آبادی‌پور، ا. و دشتی، ح. 1390. تاثیر شوری و ماده آلی بر ترکیب شیمیایی و مرفولوژی نهال‌های پسته. نشریه به‌زراعی کشاورزی 1: 31-42.
3. علی‌پور، ح. و حسینی‌فرد، س. ج. 1382. تشخیص و رفع کمبود عناصر غذایی در پسته. وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات کشاورزی.
4. محمدی، ز.، روستا، ح.، تاج‌آبادی‌پور، ا. و حکم‌آبادی، ح. 1392. 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 زرنند. نشریه علوم باغبانی 27(2): 117-129.
5. Avis, T.J. Gravel, V., Antoun, H. and Tweddell, R.J. 2008. Multifaceted beneficial effects of rhizosphere microorganisms on plant health and productivity. *Soil Biology and Biochemistry* 40: 1733–1740.
6. Belde, M., Mattheis, A., Sprenger, B. and Albrecht, H. 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.
7. Bonfante, P. 2003. Plants, mycorrhizal fungi and endobacteria: a dialog among cells and genomes. *The Biological Bulletin* 204: 215-220.
8. Bremner, J.M. and Keeney, D.R. 1965. Steam distillation methods for determination of ammonium nitrate and nitrate. *Analytica Chimica Acta* 32: 465-495.
9. Chaignon, V., Sanchez-Neira, I., Herrmann, P., Jaillard, B. and Hinsinger, P. 2003. Copper bioavailability and extractability as related to chemical properties of contaminated soils from a vine-grown area. *Environmental Pollution* 123: 229-238.
10. Chapman, H.D. and Pratt, F.P. 1961. Ammonium vandate-molybdate method for determination of phosphorus. *Methods of analysis for soils, plants and water*. 1st Edition, Agriculture Division, California University, USA, PP. 184–203.
11. Chen, Z., Ma, S., and Liu, L. 2008. Studies on phosphorous solubilizing activity of a strain of phosphobacteria isolated from chestnut type soil in China. *Bioresource Technology* 99(14): 6702-6707.
12. Cottenie, A. 1980. Methods of Plant Analysis. *In: Soil and Plant Testing*. FAO Soils Bulletin 38:64-100.
13. Defreitas, J.R. 2000. Yield and N assimilation of winter wheat (*Triticum aestivum* L., var Norstar) inoculated with rhizobacteria. *Pedobiologia* 44: 97-104.

14. Erhart, E. and Hartl, W. 2003. Mulching with compost improves growth of blue spruce in Christmas tree plantations. *European Journal Soil Biology* 39(3): 149-156.
15. Fernandez-Luqueno, F., Reyes-Varela, V., Martinez- Suarez, C., Solomon-Hernandez, G., Yanez- Meneses, J., Ceballos-Ramirez, J.M. and Dendooven, L. 2010. Effect of different nitrogen sources on plant characteristics and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Bioresour from sugarcane roots. *Australian Journal of Basical Applied Science* 3(4): 3564-3567.
16. Glick, B.R. 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. *Canadian Journal of Microbiology* 41(2): 109-117.
17. Islam, T. and Hossain, M. 2012. Plant probiotics in phosphorus nutrition in crop plants, with special reference to rice In: *Bacteria in Agrobiolgy: Plant Probiotics* (Eds): Maheshwari D.K. 325-363 Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
18. Jutur, P.P. and Reddy, A.R. 2007. Isolation, purification and properties of new restriction endonucleases from *Bacillus badius* and *Bacillus lentus*. *Microbiology Research* 162: 378-383.
19. Karakurt, H. and Aslantas, R. 2010. Effect of some plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) strains on plant growth and leaf nutrient content of apple. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* 18(1): 101-110.
20. Magkos, F., Arvaniti, F. and Zampelas, A. 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.
21. Malusa, E., Sas-Paszt, L. and. Ciesielska, J. 2012. Technologies for Beneficial Microorganisms Inocula Used as Biofertilizers, *The Scientific World Journal* doi:10.1100/2012/491206.
22. Mkhabela, T.S. 2006. A review of the use of manure in small-scale crop production system in South Africa. *Journal of Plant Nutrition* 29: 1159-1185.
23. Muleta, D., Assefa, F., Borjesson, E. and Granhall, U. 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.
24. Nottidge, D.O., Ojeniyi, S.O. and Asawalam, D.O. 2005. Comparative effects of plant residues and NPK fertilizer on soil properties in a humid Ultisol. *Nigerian Journal of Soil Science* 15: 9-13.
25. Pich, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R. 1992. *Method of soil Analysis. Part II: Chemical and Mineralogical Properties* (Second Edition ed.). Madison, Wisconsin: SSSA.
26. Rai, S.N. and Gaur, A.C. 1988. Characterization of *Azotobacter* spp. and effect of *Azotobacter* and *Azospirillum* as inoculant on the yield and N-uptake of wheat crop. *Plant and Soil* 109(1): 131-134.
27. Rayan, J.R., Estefan, G. and Rashid, A. 2001. *Soil and plant analysis laboratory manual*. (2 edition). ICADRA. Syria.
28. Sahni, S., Sarma, B., Singh, D., Singh, H. and Singh, K. 2008. Vermicompost enhances performance of plant growth-promoting rhizobacteria in *Cicer arietinum* rhizosphere against *Sclerotium rolfsii*. *Crop Protection* 27: 369-376.
29. Saini, V.K., Bhandari, S.C. and Tarafdar, J.C. 2004. Comparison of crop yield, soil microbial C.N. and P, N-fixation, nodulation and mycorrhizal infection in inoculated and non-inoculated sorghum and chickpea crops. *Field Crops Research* 89: 39-47.
30. Saravanan, V.S., Subramoniam, S.R. and Raj, S.A. 2003. Assessing in vitro solubilization potential of different zinc solubilizing bacterial (ZSB) isolates. *Brazilian Journal of Microbiology* 34: 121-125.

31. Shahin, F., Chakmakji, R. and Kantar, F. 2004. Sugar beet and barley yields in relation to inoculation with N₂-fixing and phosphate solubilizing bacteria. *Plant and Soil* 265: 123-129.
32. Sharma, A., Johri, B.N., Sharma, A.K. and Glick, B.R. 2003. Plant Growth Promoting Bacterium *pseudomonas* sp strain GRP(3) influences Iron acquisition in mung bean (*Vigna radiata* L. Wilzeck). *Soil Biology and Biochemistry* 35(7): 887-894.
33. Soumare, M., Tak, G. and Verloo, M.G. 2003. Effects of municipal solid waste compost and mineral fertilization on plant growth in two tropical agricultural soils of Mali. *Bioresource Technology* 86: 15-20.
34. Tejada, M., and Gonzalez, J.L. 2003. Effects of the application of a compost originating from crushed cotton gin residues on wheat yield under dry land conditions. *European Journal of Agronomy* 19: 357-368.
35. Tejada, M., Gonzalez, J.L., García-Martínez, A.M. and Parrado, J. 2008. Effects of different green manures on soil biological properties and maize yield. *Bioresource Technology* 99(6): 1758-1767.
36. Vyas, P. and Gulati, A. 2009. Organic acid production in vitro and plant growth promotion in maize under controlled environment by phosphate-solubilizing fluorescent *pseudomonas*. *Biomedicin Microbiology* doi:10.1186/1471-2180-9-174.
37. Zafar, M., Rahim, N., Shaheen, A., Khaliq, A., Arjmand, T., Jamil, M., Rehman, Z.U. and Sultan, T. 2011. Effect of combining poultry manure, inorganic phosphorous fertilizers and phosphate solubilizing bacteria on growth, yield, protection content and P uptake in maize. *Advances in Agriculture and Botanic International Journal of the Bioflux Society* 3(1): 46-58.
38. Zhou, D.M., Hao, X.Z., Wang, Y.J., Dong, Y.H., and Cang, L. 2005. Copper and Zn uptake by radish and pakchoi as affected by application of livestock and poultry manures. *Chemosphere* 59(2): 167-175.