



به زراعی کشاورزی

دوره ۱۷ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۴
صفحه‌های ۸۱۴-۸۰۱

اثر برخی سویه‌های باکتری حل‌کننده فسفات بر عملکرد و خصوصیات زراعی مهم لوبیای محلی (*Phaseolus vulgaris* L.) گیلان در مقادیر مختلف کود فسفره

طاهره رضاپور کوبشاهی^۱، محمدحسین انصاری^۲، معرفت مصطفوی‌راد^{۳*}

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت، رشت، ایران.
۲. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت، رشت، ایران.
۳. استادیار، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، رشت، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۱/۱۵

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۰۲/۲۲

چکیده

به منظور ارزیابی اثر برخی سویه‌های باکتری حل‌کننده فسفات بر عملکرد و خصوصیات زراعی مهم لوبیای محلی گیلان تحت تأثیر مقادیر مختلف کود فسفره، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار، در مزرعه آزمایشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گیلان (رشت) در سال زراعی ۱۳۹۳ اجرا شد. مقادیر کود فسفره شامل سه سطح صفر، ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم (P_2O_5) در هکتار و باکتری حل‌کننده فسفات (سودوموناس پوتیدا) در سه سطح شامل سویه‌های ۱۱۳، ۱۶۸ و ۱۷۳ و عدم تلقیح باکتری به عنوان تیمار شاهد، به طور تصادفی و به ترتیب در کرت‌های اصلی و فرعی قرار گرفتند. اثر متقابل کود و باکتری بر وزن صدادانه و محتوای پروتئین دانه لوبیا معنادار بود. کاربرد ۸۰ کیلوگرم فسفر در هکتار کمترین تعداد غلاف در بوته (۹/۸ عدد)، تعداد دانه در غلاف (۳/۵۳ عدد)، عملکرد زیست‌توده (۳۳۱۷ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد دانه (۱۱۳۶ کیلوگرم در هکتار) در واحد سطح را نشان داد. همچنین، بیشترین تعداد دانه در غلاف (۴/۱۲ عدد)، شاخص برداشت (۴۴ درصد) و عملکرد دانه (۱۸۵۸ کیلوگرم در هکتار) تحت تأثیر سویه ۱۶۸ باکتری حل‌کننده فسفات به دست آمد. سویه ۱۶۸ کارایی بیشتری از نظر افزایش عملکرد دانه در مقایسه با دیگر سویه‌های باکتری حل‌کننده فسفر داشت. براساس نتایج پژوهش حاضر، در سطوح پایین فسفر قابل دسترس خاک سویه‌های باکتری حل‌کننده فسفات را می‌توان در راستای افزایش عملکرد دانه لوبیای محلی در گیلان و شرایط اقلیمی و خاکی مشابه توصیه کرد.

کلیدواژه‌ها: سودوموناس، سویه‌های باکتری، عملکرد، فراهمی فسفر، لوبیا.

۱. مقدمه

فسفات بر کاهش جذب بسیاری از عناصر ریزمغذی به‌ویژه روی وجود دارد که بیانگر وجود رابطه آنتاگونیست بین روی و فسفر است [۵۱، ۴۰، ۳۷]. همچنین، با افزایش فسفر قابل جذب خاک، غلظت عناصر فسفر و نیتروژن برگ سیب‌زمینی افزایش یافت، ولی غلظت پتاسیم و عناصر کم‌مصرف برگ کاهش نشان داد [۷].

برای اندازه‌گیری فسفر قابل دسترس خاک، اغلب از روش اولسن استفاده می‌شود. این روش در دامنه گسترده‌ای از خاک‌ها برای پیش‌بینی قابلیت استفاده فسفر برای گیاه مناسب بوده است [۱۶]. بعد از گذشت ۴۵ تا ۹۰ روز، حدود ۸۰ درصد از فسفر مصرفی در خاک‌های زراعی به‌صورت غیرقابل جذب در می‌آید و قابل عصاره‌گیری به‌روش اولسن نیست [۲۸]. به دلیل مشکلات زیست‌محیطی ناشی از کاربرد بی‌رویه کودهای شیمیایی، کاربرد کودهای زیستی با توجه جدی محققان مواجه شده است [۴۶]. استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات^۴ از جمله روش‌های زراعی بهینه است که می‌تواند مشکل تثبیت فسفر در خاک‌های زراعی را برطرف کند [۵۳، ۳۱]. قابلیت سودوموناس‌ها در رهاسازی فسفات به‌صورت اسیدهای آلی فسفره و فسفر سبک و افزایش تحرک فسفر در خاک اثبات شده است [۳۱]. نتایج مثبت باکتری‌های حل‌کننده فسفات بر عملکرد گیاهان زراعی و باغی نظیر موز، لوبیا، شبدر قرمز، نخود، گندم و فلفل قرمز را محققان متعددی گزارش کرده‌اند [۴۸، ۴۷، ۴۲، ۲۷، ۲۳، ۲۲]. تولید پیش‌ماده هورمون‌های گیاهی، توان تولید ACC دامیناز، کنترل عوامل بیماری‌زا، تولید سیدروفور و اسیدهای آلی در ریزوسفر و در نتیجه کاهش اسیدیته و افزایش فعالیت پمپ ATPase پروتون، توسعه سیستم ریشه‌ای، افزایش جذب آب و تعدیل تنش‌های محیطی از جمله سازوکارهای افزایش رشد و عملکرد در گیاهان زراعی توسط ریزجانداران است [۵۴، ۴۹، ۲۶، ۲۴، ۲۰].

حبوبات از مهم‌ترین منابع گیاهی غنی از پروتئین است. لوبیا از حبوبات مهم دنیاست که به‌صورت مستقیم انسان از آن استفاده می‌کند [۳۹]. پاچ باقلا یک اصطلاح محلی در استان گیلان است که برای انواعی از لوبیا که در نوع مصرف مشترک‌اند به‌کار می‌رود. همه انواع پاچ باقلا از جنس و گونه *Phaseolus vulgaris* و شامل کلاس‌های تجارتهای لوبیای رگه‌مشکی^۱، لوبیای رگه قرمز^۲ و لوبیای رگه‌قهوه‌ای^۳ است [۱۱]. در این لوبیا، ارتفاع بوته به ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متر می‌رسد [۸]. عملکرد دانه لوبیا تابع فعالیت‌های مختلف فیزیولوژیک است و بیشترین عملکرد دانه وقتی به‌دست می‌آید که تعداد غلاف در گیاه، تعداد دانه در غلاف و وزن صد‌دانه در حداکثر مقدار خود باشد [۳۶]. عوامل محیطی زیادی بر عملکرد لوبیا مؤثر است و فسفر از جمله عناصر غذایی اصلی مورد نیاز گیاه است که در بسیاری از فرایندهای بیوشیمیایی، ترکیبات انرژی‌زا، ساخت و انتقال انرژی، عمل گرده‌افشانی و تلقیح گل‌ها دخالت دارد [۴]. کمبود فسفر در ارقام لوبیا، به‌طور معمول در همه خاک‌های اسیدی دیده می‌شود. کمبود فسفر رشد و رسیدگی گیاهان را به تعویق می‌اندازد و عملکرد آن را کاهش می‌دهد [۴۴].

امروزه، کشاورزی متداول سبب ایجاد آلودگی‌های زیست‌محیطی، ناپایداری اکوسیستم‌های زراعی و افزایش هزینه تولید در جهان شده است [۵۰]. مقادیر زیادی از فسفر موجود در کودهای شیمیایی پس از مصرف در خاک‌های آهکی به ترکیبات نامحلول کلسیم و منیزیم و در خاک‌های اسیدی به فسفات آهن و آلومینیوم تبدیل شده [۳۱] و سبب کاهش جذب برخی عناصر غذایی نظیر روی و آهن در گیاهان زراعی می‌شود [۱۸، ۵]. گزارش‌های متعددی در خصوص تأثیر منفی کاربرد زیاد کودهای

- 1 . Ojo decabra
- 2 . Speckled sugar
- 3 . Pinto

4 . Phosphate solubilizing bacteria

اثر برخی سویه‌های باکتری حل‌کننده فسفات بر عملکرد و خصوصیات زراعی مهم لوبیای محلی (*Phaseolus vulgaris* L.) گیلان ...

سه سطح شامل سویه‌های ۱۱۳ (R_1)، ۱۶۸ (R_2) و ۱۷۳ (R_3) و عدم تلقیح باکتری (R_0)، به صورت تصادفی و به ترتیب در کرت‌های اصلی و فرعی قرار داده شدند. برخی از ویژگی‌های سویه‌های باکتری حل‌کننده فسفات و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک به ترتیب در جدول-های ۱ و ۲ درج شده است.

در این تحقیق، بذر توده لوبیای بومی گیلان تحت عنوان پاج‌باقلا از کشاورزان منطقه پیربازار رشت و سویه‌های باکتری حل‌کننده فسفات از بانک میکروبی بخش بیولوژی مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شد. کود شیمیایی فسفات از منبع سوپرفسفات تریپل ۴۶ درصد و کود نیتروژن به مقدار ۴۰ کیلوگرم به عنوان کود استارتر در زمان کاشت از منبع کود اوره استفاده شد. در این آزمایش، هر کرت حاوی شش خط کاشت به طول ۵ متر بود. فاصله ردیف‌های کاشت لوبیا ۵۰ سانتی‌متر و فاصله دو بوته روی ردیف‌های کاشت ۱۰ سانتی‌متر بود. عمل تلقیح بذر با باکتری با نسبت ۷ گرم از هر باکتری به ازای ۱ کیلوگرم بذر هنگام کاشت در ساعات اولیه روز انجام گرفت. پس از کاشت بلافاصله آبیاری به صورت بارانی انجام گرفت. برای مبارزه با آفت شته سیاه لوبیا از حشره‌کش کنفیدور به مقدار ۰/۵ لیتر در هکتار استفاده شد و کنترل علف‌های هرز به صورت وجین دستی صورت گرفت. برای اندازه‌گیری صفات مطالعه شده، ۱۰ بوته به طور تصادفی از هر کرت انتخاب شد. در مرحله رسیدگی ۹۰ درصد غلاف‌های لوبیا به منظور تعیین عملکرد دانه، عملیات برداشت با حذف نیم متر حاشیه از ابتدا و انتهای خطوط کاشت، در سطحی معادل ۴/۸ متر مربع و با دست انجام گرفت. مقدار نیتروژن دانه به روش کج‌دال اندازه‌گیری شد [۲۹]. پروتئین دانه از ضرب عدد ۶/۲۵ در مقدار نیتروژن دانه تعیین شد [۴۳]. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها داده‌ها به روش LSD و در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

در بین باکتری‌های حل‌کننده فسفات، باکتری‌های جنس سودوموناس به دلیل توزیع گسترده در خاک توانایی کلونیزه کردن ریزوسفر بسیاری از گیاهان و تولید گستره متنوعی از متابولیت‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند [۵۲]. در این راستا، محققان در مقایسه گروهی تأثیر باکتری‌های حل‌کننده فسفات بر روی گلرنگ نشان دادند که سویه‌های ۱۱، ۴۱، ۱۵۹، ۱۶۸ و ۱۷۷ باکتری سودوموناس پوتیدا^۱ از نظر تمامی صفات مطالعه شده نظیر عملکرد و اجزای عملکرد و شاخص برداشت بر باکتری سودوموناس فلورسنس^۲ برتری داشتند [۱۳]. در آزمایش دیگری روی گیاه زراعی ذرت تحت تنش خشکی کاربرد سویه ۱۶۸ باکتری سودوموناس از نظر عملکرد دانه، برتر گزارش شده است [۳]. همچنین، در مطالعه اثر شوری بر گیاه کلزا تحت تأثیر سویه‌های مختلف سودوموناس گزارش کردند که سویه ۱۱۳ در شرایط شوری شدید و سویه ۱۶۸ در شوری متوسط نسبت به سایر سویه‌ها عملکرد بیشتری تولید کردند [۱۰]. به علاوه، اثر سویه ۱۷۳ بر مقدار تولید اسانس و روغن دانه گیاه دارویی شوید مثبت گزارش شده است [۱۴].

هدف پژوهش حاضر، ارزیابی اثر برخی سویه‌های باکتری‌های حل‌کننده فسفات بر عملکرد و خصوصیات زراعی مهم لوبیای بومی (پاج باقلا) گیلان تحت تأثیر مقادیر مختلف کود فسفره است.

۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش، به صورت اسپلینت پلات با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار، در مزرعه آزمایشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان (رشت) در سال زراعی ۱۳۹۳ انجام گرفت. کود فسفره شامل سه سطح صفر (P_1)، ۴۰ (P_2) و ۸۰ (P_3) کیلوگرم در هکتار (P_2O_5) و باکتری حل‌کننده فسفات در

1 . *Pseudomonas putida*

2 . *Pseudomonas fluorescens*

جدول ۱. ویژگی‌های سویه‌های باکتری حل‌کننده فسفات در آزمایش [۳]

تولید ACC	قابلیت حل‌کنندگی فسفر	تولید هورمون اکسین (mg/L)	تولید سیدروفور	جنس، گونه و سویه باکتری
+	+	۸/۹	۰/۵۱	۱۱۳P. putida strain R
+	+	۹/۸	۰/۷۰	۱۶۸P. putida strain R
+	+	۷/۶	۰/۶۶	۱۷۳P. putida strain R

جدول ۲. نتایج آزمون خاک محل اجرای آزمایش

عمق خاک نمونه برداری (cm)	اسیدیته گل اشباع	هدایت الکتریکی (dS/m)	کربن آلی (%)	نیتروژن کل (%)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)			بافت خاک	
						رس (%)	لوم (%)	شن (%)		
۰ - ۳۰	۵/۹۳	۰/۶۱	۲/۰۰	۰/۱۷۵	۱۱/۱۰	۲۳۴	۲۶/۳	۲۷/۳	۴۶/۴	شنی لومی

۳. نتایج و بحث

۱.۳. ارتفاع بوته

ارتفاع بوته لوبیا تحت تأثیر سطوح مختلف کود فسفره و سویه‌های مختلف باکتری حل‌کننده فسفات قرار گرفت، به طوری که ارتفاع بوته با افزایش مصرف فسفر کاهش یافت (جدول ۳). این امر ممکن است ناشی از به هم خوردن تعادل عناصر غذایی خاک به ویژه روی و آهن نسبت به فسفر در سطوح بالای فسفر و تأثیر سوء آن بر فتوسنتز گیاه و سرانجام، کمبود مواد پرورده لازم برای رشد گیاه باشد [۱۹، ۱۵]. سویه‌های مختلف باکتری‌های حل‌کننده فسفات سبب افزایش ارتفاع بوته لوبیا به میزان ۹/۶ تا ۱۲/۲ درصد در مقایسه با تیمار شاهد (عدم تلقیح باکتری) شد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که باکتری‌های حل‌کننده فسفات از طریق بهبود توسعه ریشه گیاه و افزایش جذب آب و عناصر غذایی و سازوکارهای دیگری از قبیل تولید هورمون‌های رشد نظیر اکسین، جیبرلین و

سیتوکینین سبب افزایش رشد رویشی و ارتفاع بوته می‌شوند [۵۴، ۲۶]. در آزمایش مشابهی، تولید سیدروفورها و تشکیل کمپلکس سیدروفور آهن و افزایش جذب آن از ریشه گیاه، علت افزایش ارتفاع بوته ذرت در شرایط کاربرد سویه‌های باکتری سودوموناس پوتیدا گزارش شده است [۳۸]. همچنین، نتایج تحقیقات پیشین نشان داده است که کاربرد تلفیقی باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش ارتفاع گیاه ارزن مرواریدی در مقایسه با تیمار شاهد شد [۳۱]. ارتفاع بوته ذرت نیز تحت تأثیر باکتری‌های محرک رشد شامل سودوموناس فلورسنس، آزوسپیریلیوم لیپوفرورم، آزوسپیریلیوم برازیلنس^۲ و سودوموناس پوتیدا/ افزایش یافت [۳۰] (جدول ۵).

1. *Azospirillum lipoferum*
2. *Azospirillum brasilense*

اثر برخی سویه‌های باکتری حل‌کننده فسفات بر عملکرد و خصوصیات زراعی مهم لوبیای محلی (*Phaseolus vulgaris* L.) گیلان ...

جدول ۳. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده لوبیای بومی گیلان (پاچ‌باقلا) تحت تأثیر کود شیمیایی فسفره و باکتری حل‌کننده فسفات

تیمارها	ارتفاع گیاه (cm)	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	عملکرد دانه (kg/ha)	عملکرد زیست‌توده (kg/ha)	شاخص برداشت (%)
سطوح کود فسفره						
P ₁	۳۶/۱۲ ^a	۱۴/۷۸ ^a	۴/۹۰ ^a	۱۸۷۰/۴۲ ^a	۵۰۰۷/۵ ^a	۳۷/۲۶ ^b
P ₂	۳۵/۶۳ ^a	۱۲/۳۹ ^b	۴/۰۲ ^a	۱۶۳۰/۲۳ ^b	۳۸۶۴/۸ ^b	۴۲/۲۲ ^a
P ₃	۳۲/۰۸ ^b	۹/۸۰ ^c	۳/۵۳ ^b	۱۱۳۶/۶۵ ^c	۳۳۱۷/۶ ^c	۳۴/۸۸ ^b
سویه‌های باکتری						
R ₀	۳۱/۹۲ ^b	۱۰/۲۸ ^b	۳/۶۹ ^b	۱۴۳۲/۳۰ ^{bc}	۳۶۵۱/۰۰ ^b	۳۸/۷۷ ^b
R ₁	۳۵/۸۲ ^a	۱۱/۷۹ ^{ab}	۳/۸۷ ^b	۱۲۳۳/۵۰ ^c	۳۸۰۹/۹۰ ^{ab}	۳۲/۴۹ ^c
R ₂	۳۵/۷۱ ^a	۱۳/۲۸ ^a	۴/۱۲ ^a	۱۸۵۸/۴۰ ^a	۴۳۳۳/۰۰ ^{ab}	۴۴/۰۰ ^a
R ₃	۳۴/۹۹ ^a	۱۳/۹۳ ^a	۳/۸۵ ^b	۱۶۵۸/۸۰ ^{ab}	۴۴۵۹/۲۰ ^a	۳۷/۲۱ ^b

وجود حروف مشابه در هر ستون و در هر تیمار نشان‌دهنده نبود تفاوت معنادار در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD است.

جدول ۴. مقایسه میانگین وزن صدانه و پروتئین دانه لوبیا تحت اثر متقابل کود شیمیایی فسفره و باکتری حل‌کننده فسفات

تیمارها	وزن صدانه (g)	عملکرد پروتئین دانه (kg/ha)
سطوح کود فسفره		
(عدم مصرف کود فسفره) P ₁	سویه‌های سودوموناس پوتیدا	
	(عدم تلقیح باکتری) R ₀	۲۵۴/۶۵ ^{bc}
	(سویه ۱۱۳) R ₁	۲۸۵/۷۶ ^{bc}
(۴۰ کیلوگرم فسفر در هکتار) P ₂	(سویه ۱۶۸) R ₂	۵۳۲۲۴/۹۳ ^a
	(سویه ۱۷۳) R ₃	۱۹۲/۷۰ ^c
	(عدم تلقیح باکتری) R ₀	۲۷۶/۴۶ ^{bc}
(۸۰ کیلوگرم فسفر در هکتار) P ₃	(سویه ۱۱۳) R ₁	۲۲۳/۹۸ ^c
	(سویه ۱۶۸) R ₂	۳۱۵/۹۴ ^{bc}
	(سویه ۱۷۳) R ₃	۳۴۵/۸۹ ^b
(عدم تلقیح باکتری) R ₀	(سویه ۱۶۸) R ₂	۱۴۵/۷۵ ^c
	(سویه ۱۱۳) R ₁	۱۵۴/۳۶ ^c
	(سویه ۱۶۸) R ₂	۱۲۹/۵۲ ^c
(سویه ۱۷۳) R ₃	(سویه ۱۶۸) R ₂	۱۴۰/۲۶ ^c
	(سویه ۱۱۳) R ₁	۳۷/۹۷ ^b
	(سویه ۱۶۸) R ₂	۸ / ۶۹ ^b
(سویه ۱۷۳) R ₃	(سویه ۱۶۸) R ₂	۳۸/۸۶ ^b
	(سویه ۱۱۳) R ₁	۴۰/۶۵ ^b
	(سویه ۱۶۸) R ₂	۳۸/۸۶ ^b

جدول ۵. ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه و صفات مطالعه شده در لوبیا

ردیف	عملکرد دانه (kg/ha)	ارتفاع بوته (cm)	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن صدانه (g)	عملکرد زیست توده (kg/ha)	شاخص برداشت (%)	عملکرد پروتئین (kg/ha)
۱	۱							
۲	۰/۰۴ ^{ns}	۱						
۳	۰/۸۲ ^{**}	۰/۲۷ ^{ns}	۱					
۴	۰/۷۸ ^{**}	-۰/۱۰ ^{ns}	۰/۷۷ ^{**}	۱				
۵	۰/۴۶ ^{ns}	-۰/۳ ^{ns}	۰/۲۴ ^{ns}	۰/۲۴ ^{ns}	۱			
۶	۰/۸۵ ^{**}	۰/۱۸ ^{ns}	۰/۶۷ [*]	۰/۴۶ ^{ns}	۰/۵۷ [*]	۱		
۷	۰/۵۹ [*]	-۰/۵۰ ^{ns}	۰/۲۱ ^{ns}	۰/۵۵ ^{ns}	۰/۳۶ ^{ns}	۰/۳۳ ^{ns}	۱	
۸	۰/۷۷ ^{**}	۰/۲۰ ^{ns}	۰/۶۸ [*]	۰/۶۶ [*]	۰/۵۰ ^{ns}	۰/۶۲ [*]	۰/۳۴ ^{ns}	۱

***، * و ns: به ترتیب معنادار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و نبود اختلاف معنادار.

۲.۳. تعداد غلاف در بوته

در این آزمایش، اثر سطوح مختلف کود فسفره و سویه‌های مختلف باکتری حل‌کننده فسفات بر تعداد غلاف در بوته معنادار بود. بیشترین تعداد غلاف در بوته، در شرایط عدم مصرف کود فسفره (تیمار شاهد) مشاهده شد (جدول ۳). براساس نتایج تحقیق حاضر و مستندات موجود استنباط می‌شود که افزایش فراهمی فسفر در شرایط خاک زراعی منطقه از طریق اختلال در جذب برخی عناصر غذایی دیگر سبب کاهش رشد اندام‌های رویشی و زایشی می‌شود که این امر ممکن است یکی از دلایل کاهش ارتفاع بوته و تعداد غلاف در بوته در این تحقیق به‌شمار آید [۵۱، ۳۷]. علی‌رغم تأثیر منفی سطوح بالای کود فسفره بر تعداد غلاف در گیاه، کاربرد سویه‌های مطالعه‌شده باکتری سودوموناس سبب افزایش حدود ۱۴/۷ تا ۳۵/۵ درصدی تعداد غلاف در بوته در مقایسه با شرایط بدون تلقیح (تیمار شاهد) شد (جدول ۳). چنین استنباط می‌شود که استفاده از سویه‌های باکتری سودوموناس در خاک زراعی

سبب برقراری تعادل در فراهمی و جذب عناصر غذایی دیگری به‌ویژه روی و آهن از ریشه گیاه و تولید هورمون‌ها و ویتامین‌ها در محیط ریشه گیاه سبب بهبود رشد و افزایش تعداد غلاف آن می‌شود [۲۴] و بدین طریق عملکرد دانه لوبیا را افزایش می‌دهد. همچنین، همبستگی مثبت و معناداری بین عملکرد دانه و تعداد غلاف در بوته مشاهده شد که ممکن است یکی از دلایل افزایش عملکرد دانه در شرایط عدم کاربرد کود فسفره تلقی شود (جدول ۵). به نظر می‌رسد که افزایش مصرف کود فسفره از طریق کاهش جذب برخی عناصر غذایی نظیر آهن، روی و حتی پتاسیم سبب کاهش تولید مواد فتوسنتزی در گیاه زراعی مطالعه‌شده (پاچ‌باقلا) می‌شود، زیرا عناصر غذایی یادشده، ضمن جلوگیری از تشکیل گل‌ها و تبدیل آنها به غلاف کامل، به افت چشمگیر تعداد غلاف در بوته و عملکرد لوبیا منجر می‌شود [۵۱، ۴۰، ۳۳، ۱۷]. در مطالعه درباره گیاه زراعی ذرت نیز نتایج مشابهی گزارش شده است [۳۷].

اثر برخی سویه‌های باکتری حل‌کننده فسفات بر عملکرد و خصوصیات زراعی مهم لوبیای محلی (*Phaseolus vulgaris* L.) گیلان ...

۳.۳. تعداد دانه در غلاف

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح مختلف کود فسفره و سویه‌های مختلف باکتری سودوموناس بر تعداد دانه در غلاف معنادار بود. در این تحقیق، تعداد دانه در غلاف به موازات افزایش مصرف کود فسفره تا ۴۰ کیلوگرم در هکتار ثابت ماند، ولی مصرف بیشتر کود فسفره سبب کاهش تعداد دانه در غلاف لوبیا شد (جدول ۳). در این آزمایش، کاربرد سویه ۱۶۸ در مقایسه با سویه‌های دیگر سبب افزایش معنادار تعداد دانه در غلاف شد. به نظر می‌رسد که یکی از قابلیت‌های مهم افزایش عملکرد دانه تحت تأثیر سویه ۱۶۸ باکتری حل‌کننده فسفات، بهبود تعداد دانه در غلاف است (جدول ۳). همچنین، در مطالعه درباره ذرت نشان داده شد که استفاده از باکتری‌های محرک رشد گیاه آزوسپیریلیوم و آزتوباکتر^۱ تعداد دانه در هر ردیف ذرت را افزایش داد [۶]. اثر باکتری‌های محرک رشد نظیر آزوسپیریلیوم برازیلینس، سودوموناس فلورسنس، سودوموناس پوتیدا و آزوسپیریلیوم لیپوفروم بر تعداد دانه در هر بلال ذرت مثبت گزارش شده است [۳۰]. همچنین، همبستگی مثبت و معناداری بین عملکرد دانه و تعداد دانه در غلاف لوبیا وجود داشت که می‌تواند مؤید نتایج تحقیق حاضر باشد (جدول ۵). با مطالعه منابع موجود استنباط می‌شود که مقادیر زیاد فسفر در خاک زراعی سبب اختلال در جذب عناصر غذایی دیگر و کاهش تعداد دانه در غلاف می‌شود [۵۱، ۳۷].

۴.۳. وزن صدانه

در این مطالعه، اثر متقابل کودهای فسفره و باکتری حل‌کننده فسفات بر وزن صدانه معنادار بود. براساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، سویه ۱۷۳ باکتری حل‌کننده فسفات در شرایط کاربرد ۴۰ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار، بیشترین

1. *Azotobacter*

وزن صدانه (۴۵/۸۴ گرم) را نشان داد و با افزایش کاربرد کود فسفره وزن صدانه لوبیا کاهش نشان داد، ولی تفاوت معناداری با وزن صدانه لوبیا در شرایط عدم مصرف کود فسفره نداشت. همچنین، تفاوت معناداری با وزن صدانه لوبیا در شرایط عدم مصرف فسفره و کاربرد ۴۰ کیلوگرم فسفر در هکتار به ترتیب تحت تأثیر سویه‌های ۱۱۳ و ۱۶۸ باکتری حل‌کننده فسفات نداشت. به علاوه، نتایج نشان داد که وزن صدانه لوبیا تحت تأثیر سویه‌های ۱۱۳ و ۱۶۸ به ترتیب در شرایط مصرف ۴۰ کیلوگرم کود فسفره و عدم مصرف آن افزایش و در تیمارهای دیگر کود فسفره کاهش یافت. بدین ترتیب، سویه‌های باکتری حل‌کننده فسفات بسته به میزان فراهمی فسفر در خاک زراعی سبب افزایش وزن صدانه لوبیا شد (جدول ۴). در اثر تلقیح بذر گندم با باکتری‌های محرک رشد نظیر سودوموناس، وزن هزاردانه گندم افزایش پیدا کرد [۱۲]. سویه‌های ۱۶۸ و ۱۷۷ باکتری سودوموناس پوتیدا بیشترین وزن هزاردانه گلرنگ را تولید کردند و در مقایسه گروهی، سویه‌های باکتری سودوموناس پوتیدا بر سویه‌های باکتری سودوموناس فلورسنس برتری داشتند [۱۳]؛ ولی همبستگی معناداری بین عملکرد دانه و وزن صدانه مشاهده نشد (جدول ۵).

۵.۳. عملکرد دانه

عملکرد دانه لوبیا تحت تأثیر سطوح مختلف کود فسفره و سویه‌های مختلف باکتری حل‌کننده فسفات قرار گرفت ولی اثر متقابل آنها بر عملکرد دانه لوبیا معنادار نبود. عملکرد دانه لوبیا در اثر افزایش مصرف کودهای فسفره، کاهش یافت. افزایش کودهای فسفره در طی سالیان اخیر نه تنها عملکرد گیاهان زراعی را چندان افزایش نداد، بلکه در مواردی نیز با برهم زدن تعادل عناصر غذایی سبب کاهش محصول شد [۹]. حد بحرانی فسفر برای محصولات مختلف در ایران بین ۷ تا ۱۰ [۱۸] و در برخی کشورهای دیگر برای محصولاتی

از همزیستی به حالت انگلی در سطوح بالای فسفر ممکن است از دلایل مهم کاهش عملکرد لوبیا به‌شمار آید. ولی، علی‌رغم نتایج به‌دست‌آمده، در موارد متعددی تأثیرات مثبت کودهای زیستی بر عملکرد گیاهان زراعی و باغی نظیر موز، شبدر قرمز و فلفل گزارش شده است [۲۲، ۲۷، ۴۸]. همچنین، همبستگی مثبت و معناداری بین عملکرد دانه و برخی صفات نظیر تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف لوبیا وجود داشت. بدین ترتیب، بهبود این صفات می‌تواند دلیل مهمی برای ارتقای عملکرد لوبیا در سطوح پایین کود فسفره محسوب شود (جدول ۵).

۶.۳. عملکرد زیست‌توده

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح مختلف کود فسفره و سوبه‌های مختلف باکتری حل‌کننده فسفات بر عملکرد زیست‌توده لوبیا معنادار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد زیست‌توده در اثر افزایش مصرف کود فسفره حدود ۵۰/۹ درصد در مقایسه با تیمار شاهد کاهش پیدا کرد. در این آزمایش، هر سه سوبه مطالعه‌شده باکتری سودوموناس سبب افزایش چشمگیر عملکرد زیست‌توده نسبت به تیمار عدم تلقیح باکتری شد، ولی تفاوت معناداری نداشتند (جدول ۳). در آزمایش مشابهی روی ذرت، تلقیح با آزوسپریلوم سبب افزایش محصول و وزن گیاه شد [۵۴]. عملکرد ماده خشک تولیدی در شرایط تلقیح بذور ذرت با باکتری ریزوبیوم افزایش یافت [۵۱]. به نظر می‌رسد در شرایط فعلی خاک منطقه که دارای بیش از ۱۱ درصد فسفر قابل دسترس برای گیاهان زراعی است، نه تنها سطوح بالای فسفر استفاده‌شده نتوانست تولید زیست‌توده در هکتار را افزایش دهد، بلکه کاربرد کود فسفره مازاد به کاهش زیست‌توده لوبیا نیز منجر شد (جدول ۲). براساس نتایج تحقیق حاضر، در شرایط کنونی خاک زراعی منطقه، کاربرد سطوح بالای

نظیر گندم، سورگوم و سویا بین ۱۰ تا ۱۲ گزارش شده است [۲۵]. در این راستا، محققان دیگری گزارش کرده‌اند که در خاک‌هایی با قابلیت بیش از ۹ میلی‌گرم فسفر قابل جذب بر کیلوگرم، گیاهان زراعی نخود و گندم واکنشی به کاربرد کودهای فسفره نشان ندادند [۳۴، ۱۵]. افزایش فسفر خاک تا حد معینی سبب افزایش عملکرد ذرت شد و کاربرد مازاد آن عملکرد را کاهش داد [۳۲]. چون مصرف زیاد کودهای فسفره سبب کاهش جذب عناصر غذایی دیگر نظیر روی و آهن می‌شود [۱۷، ۵]. گزارش‌های متعددی در خصوص تأثیر منفی کاربرد زیاد کودهای فسفره بر کاهش جذب عناصر ریزمغذی به‌ویژه عنصر روی وجود دارد [۵۶، ۵۱، ۵۰]. به نظر می‌رسد کاهش جذب عناصر غذایی آهن و روی در سطوح بالای فسفر خاک از طریق اختلال در فرایندهایی که این دو عنصر در آنها تأثیر بارزتری دارند نظیر فعالیت‌های آنزیمی و فتوسنتزی به کاهش رشد و اجزای عملکرد گیاه لوبیا منجر می‌شود [۱۷]. زیرا یکی از پیامدهای منفی مصرف کودهای فسفره افزایش رقابت آن با جذب عناصر غذایی ریزمغذی به‌ویژه عنصر روی از ریشه گیاهان زراعی در خاک است [۹، ۱].

براساس نتایج این آزمایش، سوبه ۱۶۸ باکتری حل‌کننده فسفات از نظر عملکرد دانه بر تیمارهای دیگر برتری داشت، ولی تفاوت معناداری با سوبه ۱۷۳ نداشت. در این مطالعه، سوبه ۱۱۳ کمترین عملکرد دانه را نشان داد (جدول ۳). باکتری‌های محرک رشد می‌توانند در افزایش رشد ریشه و عملکرد گیاه بسیار مؤثر باشند [۳۷]. اما چنانچه فسفر خاک بیش از حد نیاز گیاه باشد، باکتری‌های ریزوسفری نظیر انگل عمل می‌کنند و با تخلیه کربن از گیاه زراعی سبب کاهش عملکرد گندم می‌شوند [۴۷]. در این راستا، محدود شدن فعالیت مایکوریزا و تبدیل آن به انگل و مصرف‌کننده کربن آلی گیاه زراعی، سبب کاهش عملکرد ذرت در مقادیر زیاد کاربرد فسفر شد [۲]. با این توصیف، تغییر وضعیت باکتری

اثر برخی سویه‌های باکتری حل‌کننده فسفات بر عملکرد و خصوصیات زراعی مهم لوبیای محلی (*Phaseolus vulgaris* L.) گیلان ...

حل‌کننده فسفات و اثر متقابل آنها بر عملکرد پروتئین دانه لوبیا معنادار بود. عملکرد پروتئین دانه لوبیا در اثر کاربرد سویه ۱۶۸ باکتری حل‌کننده فسفات در شرایط عدم مصرف کود فسفره به حداکثر خود رسید (جدول ۴). درصد پروتئین دانه گلرنگ تحت تأثیر سویه ۱۶۸ باکتری سودوموناس پوتیدا افزایش یافت [۱۳]. در این تحقیق، کاربرد ۸۰ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار تحت تأثیر هر سه سویه باکتری حل‌کننده فسفات سبب کاهش عملکرد پروتئین دانه در هکتار شد. اثر متقابل سطوح مختلف کود فسفره و سویه ۱۱۳ باکتری حل‌کننده فسفات سبب کاهش عملکرد پروتئین دانه لوبیا در واحد سطح شد و اثر متقابل سویه ۱۷۳ و مقدار ۴۰ کیلوگرم فسفر از نظر عملکرد پروتئین دانه لوبیا در رتبه دوم قرار گرفت. بدین ترتیب، تأثیر سویه‌های مختلف باکتری حل‌کننده فسفات بر عملکرد پروتئین دانه لوبیا بسته به مقدار مصرف کود فسفره، متفاوت بود.

به نظر می‌رسد که در اثر افزایش کاربرد کودهای شیمیایی فسفره، همیاری باکتری حل‌کننده فسفات با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در راستای افزایش تثبیت بیولوژیک نیتروژن به وسیله ریشه لوبیا کاهش می‌یابد، زیرا کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات به افزایش فعالیت باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و جذب آن توسط گیاه منجر می‌شود [۴۷]. افزایش عملکرد پروتئین دانه تحت تأثیر سویه ۱۶۸ در شرایط عدم مصرف کود فسفره ممکن است ناشی از افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه در شرایط فعلی خاک زراعی منطقه باشد. این امر از افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه لوبیا در تیمار عدم مصرف کود فسفره، تحت تأثیر سویه ۱۶۸ باکتری حل‌کننده فسفات به وضوح استنباط می‌شود. در چنین شرایطی، گیاه، مواد فتوسنتزی بیشتری را به باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن روی ریشه لوبیا اختصاص می‌دهد که ضمن افزایش توان تثبیت بیولوژیک نیتروژن، فراهمی مستمر

فسفر تأثیر منفی بیشتری بر اندام‌های رویشی و زایشی گیاه لوبیا نشان داد که کاهش زیست‌توده در سطوح بالای فسفر می‌تواند مؤید این باشد.

۷.۳. شاخص برداشت

سطوح مختلف کود فسفره و سویه‌های مختلف باکتری حل‌کننده فسفات بر شاخص برداشت دانه اثر معنادار داشت، ولی اثر متقابل آنها بر شاخص برداشت معنادار نبود. بیشترین شاخص برداشت به تیمار ۴۰ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار اختصاص داشت و با کاهش یا افزایش مصرف کود فسفره، شاخص برداشت نقصان پیدا کرد (جدول ۳). به علاوه، همبستگی بین عملکرد دانه و شاخص برداشت معنادار بود (جدول ۵). بدین ترتیب، به نظر می‌رسد که در صورت کافی نبودن فسفر، کاهش رشد رویشی و زایشی و در صورت زیاده‌روی در مصرف فسفر، اختصاص بیشتر مواد فتوسنتزی به اندام‌های رویشی و در نتیجه کاهش شاخص برداشت منجر به افت عملکرد دانه لوبیا می‌شود. همچنین، سویه ۱۶۸ باکتری حل‌کننده فسفات بیشترین شاخص برداشت را داشت که تفاوت معناداری با سویه‌های دیگر نداشت (جدول ۳). بیشترین شاخص برداشت دانه گلرنگ تحت تأثیر سویه ۱۶۸ باکتری سودوموناس پوتیدا گزارش شده است [۱۳]. بدین ترتیب، می‌توان افزایش شاخص برداشت، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف را از شاخص‌های بارز سویه ۱۶۸ باکتری حل‌کننده فسفات در راستای افزایش عملکرد دانه لوبیا برشمرد. برخی محققان نشان دادند که تلقیح باکتری آزوسپیریلوم روی گیاه گندم، تأثیر معناداری بر شاخص برداشت نداشت [۲۱].

۸.۳. عملکرد پروتئین دانه

اثر سطوح مختلف کود فسفره و سویه‌های مختلف باکتری

کود فسفره بر اجزای عملکرد لوبیا بود که ممکن است ناشی از اثر بازدارندگی سطوح بالای فسفر بر فراهمی و جذب عناصر روی و آهن و اثر سوء آن بر فعالیت‌های آنزیمی و فتوسنتزی گیاه باشد [۱۷]. نتایج نشان داد که در شرایط فعلی خاک منطقه، برای دستیابی به حداکثر عملکرد لوبیای محلی گیلان (پاچ‌باقلا) و بهبود پروتئین دانه به استفاده از کودهای شیمیایی فسفره نیاز نیست و کاربرد سویه ۱۶۸ باکتری حل‌کننده فسفات می‌تواند از طریق ایجاد تعادل لازم در فراهمی و جذب عناصر غذایی خاک، عملکرد لوبیا و محتوای پروتئین دانه آن را ارتقا بخشد. بدین ترتیب، در سطوح بالای مصرف کود فسفره، کارایی باکتری در راستای کاهش مصرف کود شیمیایی فسفره و آلودگی‌های زیست‌محیطی و افزایش عملکرد گیاه زراعی کاهش پیدا می‌کند. باین‌حال، به‌منظور اطمینان بیشتر از کارایی باکتری‌های حل‌کننده فسفات و تعمیم نتایج حاضر به بخش کشاورزی، توصیه می‌شود آزمایش در شرایط مشابه تکرار و اثر کود فسفره بر جذب عناصر دیگر خاک نظیر روی و آهن بررسی شود.

منابع

۱. اصغری ح ر (۱۳۸۶) بررسی تأثیر کودهای شیمیایی فسفره بر نقش قارچ‌های میکوریزا در پایداری ساختمان خاک. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج.
۲. امیرآبادی م، اردکانی م، رجایی ف، برجی م و خاقانی ش (۱۳۸۸) تعیین کارایی میکوریزا و ازتوباکتر تحت تأثیر سطوح مختلف فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت علوفه‌ای در اراک. علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۰(۲): ۴۵-۵۱.
۳. انصاری م ح (۱۳۹۰) اثر سویه‌های مختلف باکتری

نیترژن برای گیاه لوبیا در طول دوره رشد آن میسر می‌شود که خود می‌تواند سبب افزایش محتوای پروتئین دانه و عملکرد پروتئین شود.

به‌طور کلی، مطالعه ضرایب همبستگی نشان داد که همبستگی مثبت و معناداری بین عملکرد دانه و صفاتی نظیر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت وجود داشت (جدول ۵). بدین ترتیب، صفات یادشده می‌تواند شاخص مهمی برای بهبود عملکرد لوبیا محسوب شود، ولی همبستگی بین عملکرد دانه با ارتفاع بوته و وزن صددانه معنادار نبود. از نتایج به‌دست‌آمده استنباط می‌شود که افزایش ارتفاع بوته از طریق کاهش تعداد دانه در غلاف، وزن صددانه و شاخص برداشت ممکن است به کاهش عملکرد لوبیا منجر شود. به‌علاوه، چنانچه شرایط محیطی سبب افزایش ارتفاع بوته و تحریک عادت رشد نامحدود در لوبیا شود، ممکن است تشکیل گل‌ها و تبدیل آنها به غلاف کامل با شرایط محیطی نامناسب نظیر افزایش درجه حرارت محیط مواجه شود که این امر خود سبب اتلاف مواد پرورده، کاهش شاخص برداشت و عملکرد لوبیا می‌شود. بنابراین، تحریک رشد لوبیا و افزایش ارتفاع بوته روش مناسبی برای دستیابی به عملکردهای زیاد به‌نظر نمی‌رسد. همچنین، همبستگی مثبت و معناداری بین عملکرد پروتئین دانه با عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و عملکرد زیست‌توده مشاهده شد (جدول ۵). افزایش عملکرد دانه سبب ارتقای عملکرد پروتئین دانه می‌شود و اجزای عملکرد از طریق بهبود عملکرد دانه سبب افزایش عملکرد پروتئین می‌شود. بدین ترتیب، بهبود عملکرد دانه را می‌توان روش مطمئن‌تری برای دستیابی به عملکرد زیاد پروتئین لوبیا برشمرد.

۴. نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج آزمایش بیانگر اثر منفی افزایش مصرف

اثر برخی سویه‌های باکتری حل‌کننده فسفات بر عملکرد و خصوصیات زراعی مهم لوبیای محلی (*Phaseolus vulgaris* L.) گیلان ...

۱۱. دری ح، ر، شهبازی و ا و سعیدی م ر ع (۱۳۹۲) شناسایی و پراکنش انواع لوبیای پاج باقلا در استان گیلان. پنجمین همایش ملی حبوبات ایران. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۱۲. داودی فرم (۱۳۹۰) اثر باکتری محرک رشد (آزوسپیریلیوم، آزتوباکتر و سودوموناس) و محلول پاشی سالیسیلیک اسید و آمینواسیدها بر مقاومت خشکی گندم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی رودهن.
۱۳. رحیمی ع ر، حاجی الاحمدی م، خاوازی ک، سیاری م ح و یزدانی بیوکی ر (۱۳۹۲) اثر سویه‌های مختلف باکتری سودوموناس فلوسنس بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه روغنی گلرنگ. اکوفیزیولوژی گیاهی. (۱۴): ۱-۱۶.
۱۴. رضازاده ب (۱۳۸۹) اثر سطوح مختلف کود فسفاته بر خصوصیات بیوشیمیایی و زراعی گیاه شوید (*Aniethum graveolens* L.) تحت تلقیح با باکتری‌های حل‌کننده فسفات. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی میانه.
۱۵. فیضی اصل و، کسرای م، مقدم م و ولی زاده غ ر (۱۳۸۲) بررسی تشخیص کمبود و محدودیت‌های جذب عناصر غذایی با استفاده از روش‌های مختلف با مصرف کودهای فسفر و روی برای گندم دیم سرداری. علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. (۳): ۱-۹.
۱۶. کریمی امیر کیاسر م، معز اردلان م، کاووسی م و شکری واحد ح (۱۳۹۰) ارزیابی مزرعه‌ای و آزمایشگاهی چند روش عصاره‌گیری جهت تعیین سفر قابل جذب در برخی اراضی شالیزاری استان گیلان. آب و خاک. (۴): ۸۲۲-۸۱۴.
۴. باقری ع، محمودی ع و قزلی ف (۱۳۸۰) زراعت و اصلاح لوبیا. (ترجمه) انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد. ۵۵۶ ص.
۵. بایوردی ا، ملکوتی م ج، امیر مگری ه و نفیسی م (۱۳۷۹) تولید و مصرف بهینه کودهای شیمیایی در راستای اهداف کشاورزی پایدار. نشر آموزش کشاورزی، تهران. ۲۸۲ ص.
۶. بیاری ا، غلامی ا و رحمانی ح (۱۳۹۰) اثر باکتری‌های مختلف محرک رشد (آزتوباکتر و آزوسپیریلیوم) بر خصوصیات رشد و عملکرد ذرت. خاک و آب. (۱): ۱۰-۱.
۷. بهبود م، گلچین ا و بشارتی ح (۱۳۹۱) تأثیر فسفر و باکتری‌های محرک رشد (PGPR) سودوموناس بر عملکرد و کیفیت گیاه سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L) رقم آگریا. آب و خاک. (۲): ۲۶۰-۲۷۱.
۸. پیوست غ (۱۳۸۱) سبزیکاری. چاپ دوم، انتشارات نشر علوم کشاورزی، تهران، ایران.
۹. توحیدی نیام ع (۱۳۸۸) مطالعه سودمندی نسبی استفاده از منابع و مقادیر مختلف فسفر در زراعت ذرت. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.
۱۰. جلیلی ف، خاوازی ک و اسدی رحمانی ه (۱۳۸۹) تأثیر سویه‌های سودوموناسی با فعالیت آنزیم ACC دی‌آمیناز بر شاخص‌های رشد کلزا تحت تنش شوری. دانش آب و خاک. (۲): ۲۸-۱۹.

- Rai MK (ed.) Handbook of Microbial Biofertilizers. Food Production Press. USA.
25. Delgada A and Torrent J (1997) Phosphate rich soils in the European Union: estimating total plant available phosphorus. *European Journal of Agronomy*. 6: 205-214.
26. Erturk Y, Cakmakci R, Duyar O and Turan M (2011) The effects of plant growth promoting rhizobacteria on vegetative growth and leaf nutrient contents of hazelnut (*Thurkish hazelnut*) seedling. *International Journal of Soil Science*. 6(3): 188-198.
27. Franco-Correa M, Quintana A, Duque C, Suarez C, Rodriguez MX and Barea JM (2010) Evaluation of actinomycete strains for key traits related with plant growth promotion and mycorrhizal helping activities. *Applied Soil Ecology*. 45: 209-217.
28. Javid S and Rowell DL (2002) A laboratory study of effect of time and temperature on the decline in Olsen P following phosphate addition to calcareous soils. *Soil Use Management*. 18: 127-134.
29. Jensen ES (1991) Evaluation of automated analysis of 15N and total N in plant material and soil. *Plant and Soil*. 133: 83-92.
30. Gholami A, Shahsavani S and Nezarat S (2009) The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. *World Academy of Scientific Engineering Technology*. 49: 19-24.
31. Hameeda B, Rupela O, Reddy P and Satyavani K (2006) Application of plant growth-promoting bacteria associated with composts and macro fauna for growth promotion of pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.). *Biology and Fertility of Soils*. 44: 260-266.
۱۷. ملکوتی م ج و طهرانی م م (۱۳۷۹) نقش ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۲۹۹ ص.
۱۸. ملکوتی م ج، ملکوتی ا، بایبوردی ع و خامسی ع (۱۳۸۴) روی عنصری فراموش شده در چرخه حیات گیاه، دام و انسان. چاپ نهم. تهران. نشریه فنی مؤسسه تحقیقات خاک و آب وزارت جهاد کشاورزی. ۴۷۵: ۱-۱۱.
۱۹. موسوی جنگلی س ع، ثانی ب، شریفی م و حسینی‌نژاد ز (۱۳۸۲) اثر باکتری حل‌کننده فسفات و قارچ میکوریزا بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت. *علوم زراعی ایران*. ۲(۱): ۶۵-۶۰.
20. Auge RM (2001) Water relations, drought and vesicular arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza*. 11(1): 3-42.
21. Ardakani MR, Mazaheri D, Shirani Rad AH and Mafakheri S (2011) Uptake of micronutrients by wheat (*Triticum aestivum* L.) in a sustainable agroecosystem. *Middle East Journal of Scientific Research*. 7(4): 444-451.
22. Baset-Mia MA, Shamsuddin ZH and Maziah M (2010) Use of plant growth promoting bacteria in banana: A new insight for sustainable banana production. *International Journal of Agriculture and Biology*. 12(3): 459-467.
23. Boutraa T (2009) Growth and carbon partitioning of two genotypes of bean (*Phaseolus vulgaris*) grown with low phosphorus availability. *European-Asian Journal of Biological Science*. 3: 17-24.
24. Banerjee M, Yesmin RL and Vessey JK (2006) Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer and biopesticides. Pp.137-181. In:

اثر برخی سویه‌های باکتری حل‌کننده فسفات بر عملکرد و خصوصیات زراعی مهم لوبیای محلی (*Phaseolus vulgaris* L.) گیلان ...

32. Harmsen K, Shapherd KD and Allan AY (1983) Crop response to nitrogen and phosphorus in rainfed agriculture. Proc. 17th Colloquium. International Potash Institute. Bern. Switzerland.
33. Havlin JL, Beaton JD, Tisdale SL and Nelson WL (1999) Soil Fertility and Fertilizers, An Introduction to Nutrient Management. Prentice-Hall, Inc.
34. Jat BL and Shaktawat MS (2003) Effect of residual phosphorus, sulphur and biofertilizers on productivity, economics and nutrient content of pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) in fenugreek (*Trigonella foenumgraecum* L.) pearl millet cropping sequence. Indian Journal of Agricultural Science. 73(3): 134-137.
35. Kader MA (2002) Effect of azotobacter inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. Journal of Biological Science. 2: 259-261.
36. Kang MS (1994) Applied Quantitative Genetics. Baton Rouge, LA 6966-7081, USA.
37. Karimian N and Yasrebi J (1995) Prediction of residual effects of sulfate on growth and zinc uptake of corn plant, using three zinc soil tests. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 26: 277-287.
38. Leoni L, Ambrosi C, Petrucca A and Visca P (2002) Transcriptional regulation of pseudobactin synthesis in the plant growth promoting pseudomonas B10. Federation of European Microbiological Societies, Microbiology Letters. 208: 219-225.
39. Mc Clean P, Yers JR and Hammond JJ (2004) Genomic and genetic diversity in common bean. In: Wilson RF, Stalker HT and Brummer EC (eds.). Legume crop genomics. Aocs Press, Champaign, IL. Pp. 60-82.
40. Marschner H (2002) Introductory Soil Science. Kalyani Publishers, India.
41. Matar A, Torrent J and Yan J (1992) Soil and fertilizer, phosphorus and crop responses in the dryland mediterranean zone. Soil Science. 18: 82-146.
42. Mittal V, Sigh O, Nayyar H, Kaur G and Tewari R (2008) Stimulatory effect of phosphate solubilizing fungal strains (*Aspergillus awarvori* and *Pencillum citrinum*) on the yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Soil Biology and Biochemistry. 40: 718-727.
43. Nelson DW and Sommers LE (1973) Determination of total nitrogen in plant material. Agronomy. 65: 109-112.
44. Plenet D, Mollier A and Pellerin S (2000) Growth analysis of maize field crops under phosphorus deficiency. II. Radiation-use efficiency, biomass accumulation and yield components. Plant and Soil. 224: 259-272.
45. Ryan MH and Graham JH (2002) Is there a role for arbuscular myccorrhiza fungi production in agriculture? Plant and Soil. 244(1): 263-271.
46. Saxena LAK and Tilak VBR (2002) Biofertilizers to agument soil fertility and crop production. In: Soil fertility and crop production, Krishna KR (Ed.). Pp: 279-312. Science Publishers. U.S.A.
47. Shaharoon B, Jamro GM, Zahir ZA, Arshad M and Memon KS (2007) Effectiveness of various pseudomonas spp. and burkhaldaria caryophylli containing ACC-deaminase for improving growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Microbiological Biotechnology. 17: 1300-1307.
48. Siddikee A, Glick BR, Chauhan S, Yim W and

- Sa T (2011) Enhancement of growth and salt tolerance of red pepper seedlings (*Capsicum annuum* L.) by regulating stress ethylene synthesis with halotolerant bacteria containing 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase activity. *Plant Physiology and Biochemistry*. 49: 427-434.
49. Shirmardi M, Savaghebi GR, Khavazi K, Akbarzadeh A, Farahbakhsh M, Rejali F and Sadat A (2010) Effect of microbial inoculants on uptake of nutrient elements in two cultivars of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in saline soils. *Nutrition Science and Biology*. 2(3): 57-66.
50. Sharma RZ, Seema S, Sayyed B, Trivedi H and Thivakaran A (2013) Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. 2: 587-295.
51. Tandon H (1995) *Micronutrients in Soil, Crop and Fertilizer*. Fertilizer Development and Consultation Organization, New Delhi.
52. Vessey JK (2003) Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*. 255: 571-586.
53. Wu SC, Cao ZH, Li ZG, Cheung KC and Wong MH (2005) Effect of biofertilizer containing Nfixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma*. 125: 155-166.
54. Yao L, Wu Z, Zheng Y, Kaleem I and Li C (2010) Growth promotion and protection against salt stress by *Pseudomonas putida* on cotton. *European Journal of Soil Biology*. 46: 49-54.
55. Zaady E and Pervolotsky A (1993) Promotion of plant growth by inoculation with aggregated and single cell suspensions of *Azospirillum brasilense*. *Soil Biology and Biochemistry*. 25: 819-823.
56. Zahir AZ, Arshad M and Khalid A (1998) Improving maize yield by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria. *Pakistan Journal of Soil Science*. 15: 7-11.