

## تأثیر کودهای زیستی فسفاتی و روی بر جزءبندی اشکال معدنی فسفر در خاک ریزوسفری دو رقم لوبیا چیتی

محمود محمدی<sup>۱</sup>، محمدجعفر ملکوتی<sup>۲</sup>، کاظم خاوازی<sup>۳</sup>، فرهاد رجالی<sup>۳</sup>، محمدحسین داوودی<sup>۴</sup> و مجید فرزانه<sup>۵</sup>  
۱ - استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرکرد، ۲ - استاد دانشگاه تربیت مدرس، ۳ - دانشیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب، ۴ - استادیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب، ۵ - کارشناس مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرکرد

### چکیده

به منظور بررسی تأثیر کودهای زیستی فسفاتی (P)، و روی (Zn) بر اشکال معدنی فسفر در خاک ریزوسفری دو رقم لوبیا، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای این آزمایش شامل دو رقم لوبیا چیتی (تلاش و صدری)، چهار سطح فسفر (P: شاهد، P<sub>1</sub>: مصرف سوپرفسفات تریپل براساس آزمون خاک، P<sub>2</sub>: مصرف کود زیستی فسفاتی و سوپر فسفات تریپل به میزان ۵۰ درصد توصیه بر اساس آزمون خاک و P<sub>3</sub>: کود زیستی فسفاتی) و سه سطح روی (Zn: شاهد، Zn<sub>1</sub>: مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و Zn<sub>2</sub>: کود زیستی روی) بود. نتایج نشان داد بین دو رقم تفاوت معنی دار در Ca<sub>1</sub>-P و Ca<sub>2</sub>-P وجود دارد. کمترین مقدار این اشکال از رقم صدری بدست آمد. تیمار فسفری منجر به اختلاف معنی دار در اشکال فسفر اندازه گیری شده به جز O-P و Fe-P شد. در تیمار P<sub>1</sub>، اشکال معدنی فسفر افزایش یافتند. لیکن، در تیمارهای زیستی P<sub>2</sub> و P<sub>3</sub> روند کاهشی در اشکال معدنی فسفر مشاهده گردید. تیمار روی بر اشکال معدنی فسفر بجز O-P و Al-P تفاوت معنی دار ایجاد نمود. کمترین مقدار این اشکال از تیمار Zn<sub>2</sub> به دست آمد. در بین اثرات متقابل بین تیمارها، فقط برهمکنش فسفر در روی بر Ca<sub>1</sub>-P، اختلاف معنی دار ایجاد نمود. نتیجه این که در تیمارهای زیستی مورد استفاده مقدار کمتری از اشکال فسفر معدنی به دست آمد.

### مقدمه

شناخت شکل های شیمیایی فسفر در خاک و تعیین مقادیر و توزیع هر یک از آن ها می تواند ضمن کمک به شناخت فرآیند تکامل خاک در ارزیابی حاصلخیزی خاک و انتخاب روش مدیریتی مناسب جهت افزایش قابلیت فسفر توسط گیاه به کار رود. بررسی ها نشان می دهد ۷۵ درصد از کود فسفاتی مصرفی، از دسترس گیاه خارج می شود و به شکل ترکیبات نامحلول تر نظیر اکتا کلسیم فسفات و آپاتیت ها تبدیل می شود (Zhang et al., ۲۰۰۴). بررسی (Samadi (۲۰۰۳) در خاک های آهکی استرالیای غربی نشان داد، ۹۰ درصد تغییرات فسفر عصاره گیری شده در خاک های آهکی به شکل دی کلسیم فسفات مربوط می شود. تحقیقات سماواتی و حسین پور (۱۳۸۵) در خاک های استان همدان نشان داد، میانگین فسفر کل در این خاک های ۱۵۰۰ میلی گرم در کیلوگرم بود. تحقیقات مستشاری و همکاران (۱۳۸۸) در تعدادی از خاک های استان قزوین نشان داد بین فسفر قابل جذب و دی کلسیم فسفات رابطه معنی دار و خطی وجود دارد. به طوری که با افزایش مقدار دی کلسیم فسفات میزان فسفر قابل استفاده افزایش می یابد. ریزوسفر حجمی از خاک اطراف ریشه های زنده است که تحت تأثیر فعالیت ریشه قرار می گیرد (Hinsinger et al., ۲۰۰۵). تغییرات بیوشیمیایی شیمیایی و فیزیکی خاک اطراف ریشه در مقایسه با توده خاک حاصل فرایندهایی است که یا به طور مستقیم تحت تأثیر ریشه هاست و یا حاصل فعالیت ریز جاندارانی است که در مجاورت ریشه ها در نتیجه آزادسازی ترشحات ریشه ای تهییج می شوند (Jones et al., ۲۰۰۴). تحقیقات Safari Sinangani (۲۰۱۱) و Rashidi (۲۰۱۱) نشان داد، تمام اشکال معدنی فسفر در خاک ریزوسفری گیاه لوبیا نسبت به خاک توده کمتر می باشد.

در سال های اخیر مصرف بی رویه کودهای شیمیایی فسفاته علاوه بر ارزبری فراوان، مسمومیت فسفری، بهم خوردن تعادل عناصر غذایی، کاهش عملکرد، کاهش جذب ریز مغذی ها به ویژه روی، تنزل کیفیت محصولات و آلودگی آب ها به فسفر، سبب آلودگی خاک و گیاه به کادمیوم (Cd)، و تجمع آن در محصولات کشاورزی شده است. کارایی استفاده از کودهای فسفاتی پائین می باشد و با مصرف کود فسفاتی، تنها بخشی از آن در همان سال اول مورد استفاده گیاه قرار می گیرد زیرا ۱۰ الی ۲۵ درصد از فسفر اضافه شده به خاک برای گیاه قابل جذب بوده و مابقی به صورت رسوب در می آید و از حیز ارتفاع برای گیاه خارج می شود (ملکوتی، ۱۳۹۳). بالا بودن میزان فسفر کل در خاک می تواند به عنوان منبعی برای تأمین فسفر گیاه محسوب گردد.

یکی از راه های تأمین فسفر، بهره گیری از توان زیستی خاک و استفاده از میکروارگانیسم های حل کننده فسفات می باشد. این میکروارگانیسم ها از طریق معدنی کردن فسفر آلی و انحلال فسفات های رسوب یافته فراهم سازی فسفر برای گیاهان را افزایش می دهند. باکتری ها، قارچ ها و اکتینومیسست ها توانایی حل کنندگی فسفات را دارند. اثرات مثبت قارچ های میکوریزی در تحرك بخشی به فسفر و جذب آن با مکانیسم های توسعه سطح ریشه، بالا بردن سرعت جذب توسط هیف قارچ، افزایش هدایت هیدرولیکی آب و تسهیل انتقال توده ای فسفر، ترشح ترکیبات آلی تعدیل کننده pH و افزایش فعالیت آنزیم فسفاتاز امکان پذیر است

(رجالی و اسدی رحمانی، ۱۳۹۰). باکتری‌های حل‌کننده فسفات<sup>۱۱</sup> توانایی تبدیل فسفات‌های معدنی نامحلول را به ترکیبات معدنی محلول و قابل دسترس گیاهان را از طریق ترشح آنزیم فسفاتاز و فیتاز، اکسیداسیون ناقص قندها و ترشح مواد پلی‌ساکاریدی و تولید اسیدهای آلی مانند اسید اگزالیک، اسیدسیتریک، اسید گلوکونیک و اسید مالیک را دارا می‌باشند. اسیدهای آلی تولید شده از طریق کاهش اسیدیته منطقه ریزوسفر و کلاته نمودن یون کلسیم باعث افزایش فسفر قابل دسترس می‌شوند. (Khan et al., ۲۰۰۹). با توجه به این موضوع که کودهای زیستی محتوی میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات می‌توانند بر قابلیت دسترس فسفر و توزیع اشکال معدنی فسفر توسط گیاه موثر باشند. لذا این تحقیق با هدف بررسی تاثیر کودهای زیستی فسفاتی و روی اشکال معدنی فسفر در خاک ریزوسفری دو رقم لوبیا چیتی اجرا شد.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار در گلخانه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرکرد اجرا شد. تیمارهای این آزمایش عبارت بودند از فاکتور اول ارقام لوبیا چیتی شامل C<sub>1</sub>: تلاش و C<sub>2</sub>: صدری، فاکتور دوم مصرف فسفر در چهار سطح (P<sub>0</sub>: شاهد، P<sub>1</sub>: مصرف سوپر فسفات تریپل بر اساس آزمون خاک، P<sub>2</sub>: مصرف کود زیستی فسفاتی و سوپر فسفات تریپل به میزان ۵۰ درصد توصیه بر اساس آزمون خاک و P<sub>3</sub>: مصرف کود زیستی فسفاتی)، فاکتور سوم روی در سه سطح (Zn<sub>0</sub>: شاهد، Zn<sub>1</sub>: مصرف سولفات روی مطابق نتایج آزمون خاک و Zn<sub>2</sub>: مصرف کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده روی) بود. تیمار کود زیستی فسفاتی مورد استفاده شامل مایه تلقیح حاوی باکتری حل‌کننده فسفات از جنس *Azotobacter chroococcum* strain ۵ و فارچ‌های میکوریزی از جنس *Golusmus intraradices*، *Golusmus etunicatum* و *Golusmus mosseae* بود. کود زیستی روی حاوی مایه تلقیح حاوی باکتری‌هایی از جنس *Pseudomonas auroginosa* strain MPFM و *Pseudomonas fluorescens* strain ۱۸۷ بود. خاک مورد آزمایش از اراضی لوبیاکاری منطقه کیار استان چهارمحال و بختیاری انتخاب و به گلخانه انتقال داده شد و پس از عبور از الک، با تراکم مناسب در گلدان‌های پنج کیلوگرمی (گلدان = ۹۶ = تکرار ۴ × تیمار ۲۴ = ۳ × ۴ × ۲) ریخته شد. میزان کود فسفاتی و روی برای هر گلدان بر مبنای آزمون خاک محاسبه و قبل از کشت با خاک گلدان‌ها مخلوط شد. بذور مورد استفاده در این آزمایش از مرکز تحقیقات ملی لوبیا و مایه‌های تلقیح و کودهای زیستی از بانک میکروبی بخش تحقیقات بیولوژی خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شد. به ازاء هر بذور مقدار دو گرم از کود زیستی فسفاتی در زیر بذور قرار داده شد. در مورد کودهای زیستی روی، قبل از کشت تلقیح بذری بذور با مایه تلقیح حاوی باکتری‌های حل‌کننده اشکال نامحلول روی صورت پذیرفت. بعد از اندکی هوا خشک شدن سطوح بذور بلافاصله کشت انجام شد. در هر گلدان ابتدا پنج بذور لوبیا با فاصله مناسب کشت شد و پس از رسیدن بوته‌ها به مرحله دوبرگی تنک شده و در نهایت سه بوته در هر گلدان باقی ماند. در طول دوره رشد مراقبت‌های لازم از قبیل آبیاری، تنظیم نور و رطوبت، مبارزه با آفات و امراض برای تمامی تیمارها به‌طور یکسان اعمال شد. در شروع غلاف‌بندی یعنی در اوج گلدهی آبیاری قطع گردید و خاک ریزوسفری با استفاده از Chung و Zsoki (۱۹۹۴) استخراج گردید. برای تعیین شکل‌های معدنی فسفر در خاک ریزوسفری از روش Jiang و Gu (۱۹۸۹) استفاده شد. در این روش فسفر را به شکل‌های دی کلسیم فسفات (Ca<sub>2</sub>-P)، اکتا کلسیم فسفات (Ca<sub>8</sub>-P)، فسفات‌های آلومینیوم (Al-P)، فسفات‌های آهن (Fe-P)، فسفات‌های محبوس در اکسیدهای آهن (O-P) و آپاتیت (Ca<sub>10</sub>-P) جدا می‌کند. در پایان داده‌ها توسط نرم افزار SAS ۹.۲ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفته و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه خاک محل آزمایش نشان داد خاک مورد آزمایش دارای بافت سیلتی لوم و فاقد محدودیت شوری و با توجه به بالاتر بودن غلظت پتاسیم و منگنز قابل استفاده نسبت به حد بحرانی، نیازی به مصرف کود پتاسیمی و منگنزی نبود. این خاک از نظر فسفر و روی قابل جذب در زیر حد بحرانی قرار داشت. مطابق نتایج تجزیه واریانس بین رقم‌های استفاده شده اختلاف معنی‌داری (P > ۰/۱۰) در اشکال معدنی فسفر، شامل دی کلسیم فسفات (Ca<sub>2</sub>-P)، اکتا کلسیم فسفات (Ca<sub>8</sub>-P) و آپاتیت فسفات (Ca<sub>10</sub>-P) مشاهده شد و بر دیگر اشکال اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. رقم تلاش از میزان Ca<sub>2</sub>-P، Ca<sub>8</sub>-P و Ca<sub>10</sub>-P بیشتری در مقایسه با رقم صدری برخوردار بود (جدول ۱). مقادیر کمتر اشکال معدنی فسفر در ریزوسفر رقم صدری می‌تواند ناشی از سرعت رشد بیشتر، فتوسنتز بالاتر، شاخ و برگ بیشتر و جذب بیشتر این اشکال در این رقم باشد. تیمار فسفری باعث تفاوت معنی‌دار (P > ۰/۱۰) در میزان Ca<sub>2</sub>-P، Al-P و Ca<sub>8</sub>-P شد و بر دیگر اشکال تفاوت معنی‌دار ایجاد نکرد (جدول ۱۰). بیشترین میزان Ca<sub>2</sub>-P از تیمار P<sub>1</sub> به میزان ۷/۲۳ میلی‌گرم در کیلوگرم و کمترین مقدار آن از تیمارهای زیستی P<sub>2</sub> و P<sub>3</sub> به میزان ۶/۱۹ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد. حداکثر و حداقل میزان Ca<sub>8</sub>-P از تیمارهای P<sub>1</sub> و P<sub>2</sub> به ترتیب به میزان ۷۷ و ۶۵ میلی‌گرم در کیلوگرم حاصل شد. همچنین بیشترین و کمترین میزان Al-P از تیمارهای P<sub>1</sub> و P<sub>2</sub> به میزان ۷/۱۱۷ و ۲/۱۲۹ میلی‌گرم در کیلوگرم حاصل شد و در شکل معدنی Ca<sub>10</sub>-P حداکثر و حداقل این شکل معدنی فسفات به میزان ۲۲۶ و ۷/۱۹۷ میلی‌گرم در کیلوگرم از تیمارهای P<sub>1</sub> و P<sub>2</sub> به‌دست آمد. با وجود معنی‌دار نشدن اثر تیمار فسفری بر دیگر اشکال معدنی فسفر، کمترین مقدار این اشکال از تیمارهای زیستی P<sub>2</sub> و P<sub>3</sub> حاصل شد (جدول ۱). تیمار مصرف روی، اختلاف معنی‌دار (P > ۰/۱۰) بر Ca<sub>2</sub>-P، Ca<sub>8</sub>-P، Ca<sub>10</sub>-P و Fe-P ایجاد نمود و بر دیگر اشکال معدنی تفاوت معنی‌دار نداشت. بیشترین میزان Ca<sub>2</sub>-P، Ca<sub>8</sub>-P، Ca<sub>10</sub>-P از تیمار Zn به ترتیب به میزان ۱/۲۲، ۸/۷۰ و ۸/۲۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم و کمترین مقدار از تیمار Zn<sub>1</sub> به ترتیب به میزان ۱/۲۰، ۶/۶۸ و ۳/۲۰۶ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد. در مورد Fe-P بیشترین مقدار از تیمار Zn<sub>2</sub> به میزان ۱/۷۰ میلی‌گرم در کیلوگرم و کمترین میزان از تیمارهای Zn<sub>1</sub> و Zn<sub>2</sub> به میزان ۶۹ میلی‌گرم در کیلوگرم

<sup>۱۱</sup>- Phosphate Solubilizing Bacteria

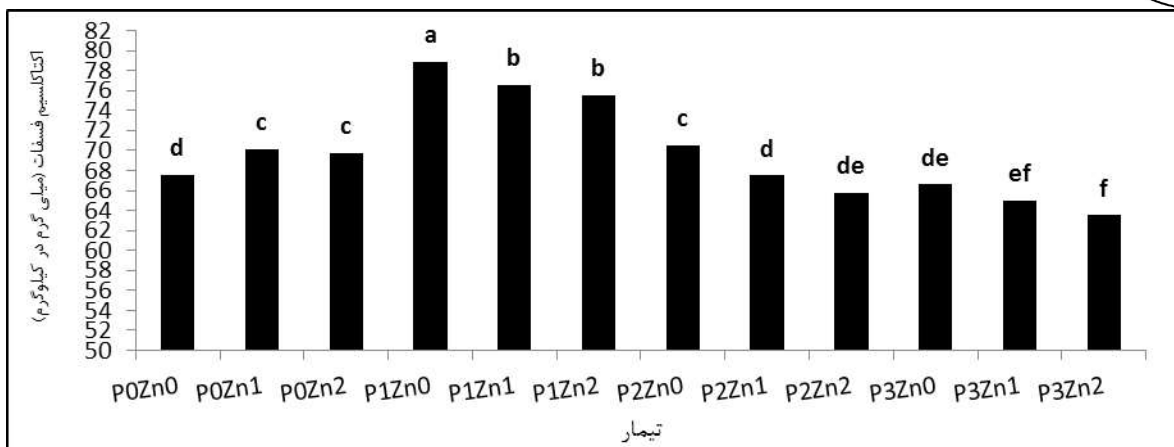


## چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک

حاصل شد (جدول ۱). در بین اثرات متقابل بین تیمارها، برهمکنش فسفر در روی بر  $Ca_8-P$ ، اختلاف معنی دار ایجاد نمود و دیگر برهمکنش‌ها معنی دار نشدند. در مورد برهمکنش فسفر در روی بر میزان  $Ca_8-P$ ، حداکثر و حداقل مقدار این فرم از تیمارهای  $P_1Zn_1$  و  $P_2Zn_2$  به ترتیب به میزان  $8/24$  و  $4/18$  میلی گرم در کیلوگرم به دست آمد (شکل ۱). در این تحقیق فراوانی شکل‌های معدنی فسفر در ریزوسفر، به صورت زیر به دست آمد.

دی کلسیم فسفات < فسفر محبوس شده < فسفات آهن < اکتا کلسیم فسفات < فسفات آلومینیوم < آپاتیت مستشاری و همکاران (۱۳۸۸) نتایج مشابهی در خاک‌های استان قزوین به دست آوردند. نتایج به دست آمده با نتایج Samadi

جدول ۱- مقایسه میانگین صفات تأثیر تیمارهای فسفوری و روی بر جزءبندی اشکال معدنی فسفر در خاک ریزوسفیری						
آپاتیت فسفات	فسفات باقیمانده	آهن فسفات	آلومینیوم فسفات	اکتا کلسیم فسفات	دی کلسیم فسفات	
میلی گرم در کیلوگرم						
						رقم
a6/211	a5/39	a7/69	a0/122	a2/70	a0/22	C <sub>1</sub> - تلاش
b6/208	a2/39	a0/69	a4/120	b4/69	b5/20	C <sub>2</sub> - صدی
						فسفر
b5/212	a9/38	a3/69	b2/119	b69	b1/22	P.
a0/226	a6/39	a1/70	a2/129	a77	a7/23	P <sub>1</sub>
c2/204	a1/39	a4/69	b6/118	c68	c6/19	P <sub>2</sub>
d7/197	a0/39	a6/68	b7/117	d65	c6/19	P <sub>3</sub>
						روی
a8/215	a1/39	b9/68	a0/122	a8/70	a1/22	Zn.
b2/208	a5/39	b0/69	a7/120	b8/69	a5/21	Zn <sub>1</sub>
b3/206	a5/39	a1/70	a121	c6/68	b1/20	Zn <sub>2</sub>
حروف مشابه در هر ستون و هر قسمت نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن است						



شکل ۱- مقایسه بین میانگین‌های تیمارهای آزمایشی فسفر در روی بر میزان اکتاکلسیم فسفات در خاک ریزوسفری (۲۰۰۳) به غیر از میزان آپاتیت‌ها مطابقت دارد. این محققین گزارش نمودند، مقدار آپاتیت و دی کلسیم فسفات تقریباً برابرند. با مصرف کود شیمیایی فسفاتی (تیمار P<sub>1</sub>)، تمام اشکال معدنی فسفر در ریزوسفر افزایش پیدا کردند. این افزایش در مورد Al-P، Ca<sub>10</sub>-P، Ca<sub>8</sub>-P و Ca<sub>2</sub>-P معنی دار بود و در دیگر اشکال O-P و Fe-P اختلاف معنی دار ایجاد نمود. در تیمارهای زیستی فسفر (P<sub>2</sub> و P<sub>3</sub>) مقادیر این اشکال معدنی نسبت به تیمار شاهد روند کاهشی را نشان دادند. این نتایج با نتایج تحقیقات نجفی و توفیقی (۱۳۸۵)، دهقان و همکاران (۱۳۸۶)، Safari و Rashidi (۲۰۱۱) مطابقت دارد. تخلیه اشکال معدنی فسفر در ریزوسفر بسته به نوع گیاه و نوع خاک متفاوت است. کارایی کم و زیاد گونه‌های مختلف گیاهی در بدست آوردن فسفر از ترکیبات فسفری پیوند یافته با کلسیم به توانایی این گونه‌ها در اسیدی کردن محیط ریزوسفر بستگی دارد. مکانیسم‌های تخلیه فسفر توسط گیاهان مختلف به شکل ظاهری ریشه (تراکم ریشه، سطح ریشه، طول و چگالی نار کشنده)، تغییرات شیمیایی، بیوشیمیایی و بیولوژیکی و روابط متقابل بین ریشه و خاک در ریزوسفر بستگی دارد (Hinsinger, ۲۰۰۱). ترکیب (Ca<sub>2</sub>-P) از ترکیباتی است که می‌تواند از فسفر محلول تولید شود و با اینکه در اثر انحلال ترکیبات نامحلول تر فسفر در خاک ایجاد گردد. میزان Ca<sub>2</sub>-P در مقایسه با دیگر اجزای فسفر معدنی پایین تر است. علت این امر، ناپایدار بودن این ترکیب و تبدیل آن به سایر ترکیبات فسفر معدنی می‌باشد. بنابراین میزان تغییرات Ca<sub>2</sub>-P می‌تواند برای گیاه اهمیت داشته باشد. هر عاملی که باعث انحلال این ترکیب گردد برای گیاه مفید است. از بین تیمارهای فسفری، حداکثر مقدار Ca<sub>2</sub>-P از تیمار مصرف کود شیمیایی فسفاتی و حداقل از تیمارهای زیستی فسفاتی به دست آمد. همچنین تیمار زیستی روی (Zn<sub>2</sub>) دارای مقدار کمتری از این فرم معدنی فسفر بود. این کاهش، بیانگر تأثیر کودهای زیستی بر انحلال ترکیب Ca<sub>2</sub>-P باشد که می‌تواند فسفر را به صورت قابل جذب در اختیار گیاه قرار دهند. این نتایج با نتایج تحقیقات Shen و همکاران (۲۰۰۴)، Jun و همکاران (۲۰۱۰) و Safari و Rashidi (۲۰۱۱) مطابقت داد. نتایج تحقیقات Safari و Rashidi (۲۰۱۱) نشان داد، تغییرات آپاتیت فسفات‌ها متأثر از فعالیت میکروبی بالاخص همزیستی میکوریزی بالاتر در ریزوسفر در مقایسه با دیگر مناطق خاک می‌باشد. بنابراین، Ca<sub>2</sub>-P موجود در خاک‌های آهکی یکی از منابع قابل جذب فسفر برای گیاه لوبیا می‌باشد. معنی دار نشدن اشکال O-P و Fe-P در تیمارهای مصرفی می‌تواند به دلیل مقدار بسیار کم این اشکال در خاک‌های آهکی باشد. به نظر می‌رسد این اشکال از فسفر نقش زیادی در جذب فسفر برای لوبیا نداشته باشند. با این وجود در تیمارهای زیستی مقدار کمتری از این دو شکل فسفر به دست آمد (جدول ۲).

نتایج نشان داد، کاربرد تیمارهای زیستی فسفاتی و روی اثرات متفاوتی بر اشکال معدنی فسفر دارد. در تیمارهای زیستی مورد استفاده (تیمارهای P<sub>2</sub>، P<sub>3</sub> و Zn<sub>2</sub>)، مقدار کمتری از این اشکال فسفر معدنی به دست آمد (جدول ۲). مقدار کمتر این اشکال در تیمارهای زیستی به دلیل افزایش حلالیت و قابلیت دسترسی آن‌ها و جذب بیشتر توسط اندام‌های هوایی گیاه و ریشه‌ها می‌باشد. کودهای زیستی می‌توانند با ترشح ترکیبات شیمیایی خاص مانع از تبدیل ترکیبات کم محلول به ترکیبات نامحلول تر گردند و باعث افزایش حلالیت این ترکیبات شوند. استفاده از کودهای زیستی می‌تواند یکی از راهکارهای استفاده مجدد از این ترکیب نامحلول فسفاتی باشد. تیمارهای زیستی فسفاتی و روی شامل قارچ‌های میکوریزی، باکتری‌های ازتوباکتر و سودوموناس مورد استفاده در این تحقیق، به واسطه تغییرات شیمیایی ناشی از فعالیت ریشه در ریزوسفر مانند کاهش pH از طریق ترشح اسیدهای آلی و افزایش فعالیت میکروبی، تولید مواد کلات‌کننده و سیدروفورها، تراوش آنزیم‌های فسفاتاز اسیدی، افزایش تعداد ریشه‌های جانبی، سطح ویژه ریشه و تارهای کشنده توانستند بر حل کردن ترکیبات نامحلول همچون Ca<sub>2</sub>-P تأثیر گذاشته و این ترکیب را به صورت ترکیبات محلول فسفر درآورده و مورد استفاده لوبیا قرار دهند. این موضوع می‌تواند دلیلی بر کاهش این ترکیب در تیمارهای زیستی باشد (Shen et al., ۲۰۰۴; Hinsinger, ۲۰۰۵). بنابراین استفاده از کودهای زیستی یکی از راه کارهای استفاده از منابع فسفر موجود در خاک است و با اعمال روش‌هایی مناسب از جمله مصرف کودهای فسفاتی بر پایه نتایج آزمون خاک و افزایش مواد آلی خاک‌ها می‌توان در مصرف کودهای فسفاتی در زراعت لوبیا و محصولات زراعی و باغی دیگر صرفه جویی نمود.



## چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک

### منابع

- حیدری، ن.، ریحانی تبار، ع.، نجفی، ن. و اوستان، ش. ۱۳۹۲. توزیع شکل‌های مختلف فسفر در برخی از خاک‌های استان آذربایجان شرقی و رابطه آن با برخی ویژگی‌های خاک. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، جلد ۴۴: صفحه‌های ۲۷۱ تا ۲۷۹.
- دهقان، ر. ع.، شریعتمداری، ح. و خادمی، ح. ۱۳۸۶. شکل‌های فسفر خاک در چهار ردیف اراضی در منطقه اصفهان و شهرکرد. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۴۲: صفحه‌های ۴۶۳ تا ۴۷۳.
- رجالی، ف. و اسدی رحمانی، ه. ۱۳۹۰. مروری اجمالی بر همزیستی میکروبی. قسمت دوم: نقش رابطه همزیستی میکروبی در افزایش جذب عناصر معدنی گیاه میزبان. نشریه فنی شماره ۵۰۲، ۵۰۲ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، ۳۴ صفحه
- سماواتی، م. و حسین‌پور، ع. ر. ۱۳۸۵. تعیین شکلهای مختلف فسفر معدنی در تعدادی از خاکهای انتخابی استان همدان و ارتباط آن‌ها با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی اجزای خاک. علوم خاک و آب، جلد ۲۰: صفحه‌های ۲۴۶ تا ۲۵۹.
- محمود سلطانی، ش.، دوانگر، ن.، کاوسی، م. و میرحسینی، ح. ۱۳۹۰. شکل‌های مختلف فسفر در خاک‌های شالیزاری و روابط آن‌ها با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (مورد مطالعه: خاک‌های شالیزاری شهرستان صومعه سرا استان گیلان). مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. جلد ۱۸: صفحه‌های ۱۵۹ تا ۱۷۶.
- مستشاری، م.، اردلان، م. م.، کریمیان، ن.، رضایی، ح. و میرحسینی، ح. ۱۳۸۸. توزیع شکل‌های معدنی فسفر و ارتباط آن با ویژگی‌های خاک در برخی خاک‌های آهکی استان قزوین. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، جلد ۲۳: صفحه‌های ۱۱ تا ۲۲.
- ملکوتی، م. ج. ۱۳۹۳. توصیه بهینه مصرف کود برای محصولات کشاورزی در ایران: تعیین مقدار، نوع و زمان مصرف کودها با هدف خودکفایی نسبی، تأمین امنیت غذایی جامعه و افزایش درآمد کشاورزان. خانه کشاورز، شماره ۱۰۱، ۳۳۰ صفحه. انتشارات مبلغان. تهران، ایران.
- نجفی، ن. و توفیقی، ح. ۱۳۸۵. بررسی اثر ریزوسفر گیاه برنج بر شکلهای فسفر معدنی در خاکهای شالیزاری شمال ایران ۱- شکلهای فسفر بومی خاک. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۷، صفحه‌های ۹۱۹ تا ۹۳۳.
- Chung, J.B. and Zasoski, R.J. ۱۹۹۴. Ammonium potassium and ammonium calcium exchange equilibria in bulk and rhizosphere soil. Journal of Soil Science, ۵۸: ۱۳۶۸- ۱۳۷۵.
- Hinsinger, P. Gobran, G.R. Gregory, P.J. and Wenzel, W.W. ۲۰۰۵. Rhizosphere geometry and heterogeneity arising from root-mediated physical and chemical processes. Journal of New Phytologist, ۱۶۸: ۲۹۳-۳۰۳.
- Jiang, B. and Gu, Y. ۱۹۸۹. A suggested fractionation scheme of inorganic phosphorus in calcareous soils. Journal of Fertilizer Research, ۲۰: ۱۵۹-۱۶۵.
- Jones, D. L. Hodge, A. and Kuzyakov, Y. ۲۰۰۴. Plant and mycorrhizal regulation of rhizodeposition. Journal of New Phytology, ۱۶۳: ۴۵۹-۴۸۰.
- Jun, W. Wen-Zhao, L. Han-Feng, M. and Ting-Hui, D. ۲۰۱۰. Inorganic Phosphorus Fractions and Phosphorus Availability in a Calcareous Soil Receiving ۲۱-Year Superphosphate Application. ۲۰۱۰. Journal of Pedosphere, ۲۰: ۳۰۴-۳۱۰.
- Khan, A.A, Jilani, G. Akhtar, M.S, Naqvi, S.M.S and Rasheed M. ۲۰۰۹. Phosphorus solubilizing bacteria: occurrence, mechanisms and their role in crop production. Journal of Agriculture and Biology Science, ۱: ۴۸-۵۸.
- Safari Sinigani, A. and Rashidi, T. ۲۰۱۱. Changes in phosphorus fractions in the rhizosphere of some crop species under glasshouse conditions. Journal of Plant Nutrition
- Samadi, A. ۲۰۰۳. A study on distribution of forms of phosphorus in calcareous soils of Western Australia. Journal of Agricultural Science and Technology, ۵: ۳۹-۴۹.
- Shen, J. Li, R. Zhang, F. Fan, J. Tang, C. and Rengel, Z. ۲۰۰۴. Crop yield, soil fertility and phosphorus fractions in response to long-term fertilization under the rice monoculture system on a calcareous soil. Journal of Field Crops Research, ۸۶: ۲۲۵-۲۳۸.
- Zhang, T.Q. Machenzie, A. F. Laing, B.C. and Drury, C.F. ۲۰۰۴. Soil test phosphorus and phosphorus fractions with long-term phosphorus addition and depletion. Journal of Soil Science, ۶۸: ۵۱۹-۵۲۹.

### Abstract

In order to evaluate the effect of P and Zn bio-fertilizers on inorganic P fractions in rhizosphere soil in two cultivars of bean (*Phaseolus vulgaris* L.), an experiment was carried out as a factorial in a randomized complete design with three replications. The research treatments consisted of two cultivars of Pinto bean (Talash and Sadri), four levels of P (P<sub>0</sub>: Control, P<sub>1</sub>: Use of triple super phosphate (TSP) fertilizer on the basis of soil test, P<sub>2</sub>: ۵۰





## چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک

percentage of TSP recommendation bio-fertilizer, and  $P_{\gamma}$ : Use of P bio-fertilizer), and three levels of Zn ( $Zn_1$ : Control,  $Zn_2$ :  $50 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ZnSO}_4$ , and  $Zn_3$ : Use of biological Zn). The results revealed that there were significant differences between two cultivars on  $Ca_{\gamma}$ -P,  $Ca_{\alpha}$ -P and  $Ca_{\beta}$ -P. The minimum of these parameters were obtained from Sadri cultivar. P treatment caused to significant difference in inorganic P fractions except Fe-P and O-P. In  $P_1$  treatment, all of inorganic P fractions increased but decreasing trend in inorganic P fractions are shown in  $P_{\gamma}$  and  $P_{\beta}$  biological treatments. Zn treatment caused significant difference among inorganic P fractions except Al-P and O-P. The minimum of these fractions was obtained from  $Zn_3$ . Only the interaction effect of P and Zn was significant among the interaction effects. As a results the lower rate of inorganic P fractions was obtained from bio-treatments