Archive of SID

مجله دانش آب و خاک/ جلد 21 شماره 1/ سال 1390

تأثیر باکتری *Bacillus coagulans* و منابع مختلف سنگ فسفات بر گیاه کلزا (*Brassica napus* L.)

میثم حیاتی[1]، عبداللطیف قلی‌زاده[2*]، علیرضا فلاح[3]، محمد رضوانی[4]

تاریخ دریافت: 89/5/23 تاریخ پذیرش: 90/1/21

1- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قائم شهر

2- استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشگاه گنبد کاووس

3- استادیار، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران

4- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قائم شهر

* مسئول مکاتبه Email: lgholizadeh@gmail.com

چکیده

وجود منابع عظیم سنگ فسفات در جهان و معایب کودهای فسفاته فسفری، توجه محققان را به مصرف مستقیم سنگ فسفات به جای کودهای فسفری در اراضی کشاورزی به خود جلب کرده است. باکتری‌های حل کننده فسفات قادرند با سازوکارهای خاص خود انحلال فسفات در این سنگ‌ها را افزایش داده و فسفر بیشتری را در اختیار گیاه قرار دهند. برای بررسی این موضوع، آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور الف) باکتری (گونه *Bacillus coagulans*) در دو سطح (با و بدون باکتری) و ب) انواع منابع فسفر در پنج سطح شامل بدون سنگ فسفات، سنگ فسفات یاسوج، سنگ فسفات یزد، سنگ فسفات گافسای تونس و سوپرفسفات تریپل در شرایط گلخانه‌ای بر روی کلزای رقم هایولا 401 انجام گرفت. در زمان برداشت (پس از 12 هفته) ارتفاع ساقه، قطر ساقه، سطح برگ، وزن خشک بخش هوایی و میزان جذب کل فسفر اندازه‌گیری شد. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که تیمار حاوی باکتری در تمام صفات نسبت به تیمار بدون باکتری برتری داشت. اثر متقابل باکتری و منابع مختلف فسفات بر ارتفاع، درصد فسفر، جذب فسفر کل و اثر بخشی زراعی نسبی بر اساس جذب فسفر کل کلزا معنی‌دار ($P<0/05$) بود. بیشترین ارتفاع و جذب فسفر کل در تیمار کود سوپرفسفات تریپل با باکتری، به ترتیب 54/5 سانتی‌متر و 1/38 گرم در گلدان و سپس مربوط به تیمار سنگ فسفات گافسای تونس همراه باکتری با 39/8 سانتیمتر ارتفاع و با 0/588 گرم فسفر در گلدان بیشترین جذب فسفر کل را از خود نشان داد. درصد اثربخشی نسبی تیمارهای آزمایش بر اساس جذب فسفر کل از خاک در حضور باکتری در تیمار گافسای تونس 42/2، در تیمار سنگ فسفات یزد 39/7 و در تیمار سنگ فسفات یاسوج 24/9 درصد بود.

واژه کلیدی: باکتری حل کننده فسفات، سنگ فسفات، فسفر، کلزا، *Bacillus coagulans*

www.SID.ir

Archive of SID

Effects of *Bacillus coagulans* and Different Sources of Phosphate Rocks on Canola *(Brassica napus L.)*

M Hayati[1], A Gholizadeh[2]*, A Fallah[3], M Rezvani[4]

Received: 14 August 2010 Accepted: 10 April 2011
[1] MS Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Islamic Azad University, Qaemshahr Branch Iran
[2] Assistant professor, Department of Plant Production, Gonbad Kavoos University, Gonbad Kavoos, Iran
[3] Assistant professor, Soil and Water Research Institute, Karaj, Iran
[4] Assistant professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Islamic Azad University, Qaemshahr Branch Iran
* Corresponding author: Email: lgholizadeh@gmail.com

Abstract

Existence of large sources of phosphate rocks (PR) in the world along with some disadvantatges of using industrial phosphate ferlilizers have attracted the reasearcher's attention to direct use of PR as P-fertilizer. Phosphate solubilizing bacteria through special mechanism are able to dissolve PR, release phosphorous and make it arailable to plant roots. A factorial experiment based on completely randomized design with two factors a) in the absence and presence of *Bacillus coagulons* and b) without PR and with PR form various sources, including Yasouj, Yazd, Gasfa and triple superphosphate was conducted in greenhouse using canola cultivar (Hayvla 401). At harvest time after 12 weeks, stem height, stem diameter, leaf area, shoot dry weight and P uptake were measured. The results showed that treatments Included bacterium became superior in all characteristics to the treatments without bacterium. The interaction effects of bacterium and different sources of phosphate on the plant height, uptake of P and the relative effectiveness based on crop P uptake was significant ($P<0.05$). The maximum height and uptake of P occurred in triple superphosphate fertilizer with bacterium was 54.4 cm and 1.38 g/pot, respectively. Among phosphates rocks, canolas with PR from Gafsa source plus bacterium had the greatest height of 39.8 cm and P uptake 0.588 g/pot. The relative effectiveness of the experimental treatment with the bacterium were 42.2, 39.7 and 24.9 percent, respectively, in Gasfa, Yazd, Yasouj sources.

Keywords: *Bacillus coagulans*, canola, phosphate, phosphate solubilizing bacteria, phosphate rock.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

نقش عنصر فسفر به عنوان پرمصرف‌ترین عنصر غذایی بعد از نیتروژن در گیاهان غیرقابل انکار است و کمبود آن رشد گیاه را به شدت محدود می‌سازد. فسفر در تثبیت نیتروژن در لگوم‌ها و فرآیند تولید و انتقال انرژی دخالت مستقیم دارد. روش متداول در کشور برای تأمین نیاز فسفری گیاهان زراعی مصرف کودهای شیمیایی فسفری می‌باشد (حسن زاده و همکاران 1386). معایب کودهای شیمیایی و هزینه بالای تولید آنها همچنین صدمات زیست محیطی ناشی از مصرف آنها باعث شده که تولید کودهای زیستی و استفاده از منابع جایگزین در مقایسه با مصرف کودهای شیمیایی از منافع اقتصادی و زیست محیطی فراوانی برخوردار باشد. کودهای بیولوژیک علاوه بر صرفه اقتصادی باعث پایداری منابع خاک، حفظ توان تولید در دراز مدت و جلوگیری از آلودگی آبهای سطحی و زیرزمینی می‌گردند (قربانی 1386). وجود و فراوانی منابع سنگ فسفات در حدود 1298000 تن در جهان و گرانی تولید کودهای شیمیایی و آلودگی‌های جبران ناپذیر آنها بر محیط زیست دانشمندان را بر آن داشت تا استفاده مستقیم از سنگ فسفات[1] به عنوان منبع جایگزین کودهای فسفره شیمیایی در اراضی کشاورزی را مورد توجه قرار دهند. وارد کردن باکتری‌های حل‌کننده فسفات که توانایی تولید برخی از اسیدها دارند، با افزایش فسفر قابل جذب سبب افزایش کارایی سنگ فسفات شده و امکان استفاده از آنها را به عنوان یک کود قوت می‌بخشد. کاربرد مایه تلقیح‌های تهیه شده از این کودها ضمن وارد کردن جمعیت انبوهی از ریزجانداران فعال و مؤثر در حوزه فعالیت ریشه توان گیاه برای جذب بیشتر عناصر غذایی را نیز افزایش می‌دهد (سلیم پور و همکاران 1384).

آزکون و همکاران (1976) گزارش نمودند که باکتری‌های حل کننده فسفات می‌توانند با سنتز هورمون‌های گیاهی باعث افزایش رشد گیاهی شوند به این ترتیب که مراحل اولیه رشد گیاهی را تحت تأثیر قرار داده و ریشه حجم بیشتری از خاک را اشغال می‌کند و سطح جذب افزایش می‌یابد. قارچ‌ها 46/7، باکتری‌ها 40/3 و اکتینومایست‌ها 12/9 درصد کل ریزجانداران حل‌کننده فسفات را در خاک‌های ریزوسفری تشکیل می‌دهند. از مهمترین انواع باکتری‌های حل‌کننده فسفات می‌توان به *Pseudomonas strata* و *Bacillus circle* اشاره نمود (صالح راستین 1373). در هندوستان آزمایشات زراعی در این زمینه با استفاده از کشت مخلوط گونه‌های *B. polymyxa*، *B. circulant*، *B. straita* و *Aspergillus gillusawamori* همراه با کود سوپرفسفات و سنگ فسفات بر عملکرد گندم و برنج انجام شده است. نتایج آزمایشات نشان داد که عملکرد دانه هنگامی قابل توجه است که گندم با مایه تلقیح حاوی گونه *P. strata* تلقیح شده و 100 کیلوگرم P_2O_5 در هکتار از سنگ فسفات استفاده شود. به همین نحو زمانی که برنج با گونه *P. straita* در حضور سنگ فسفات تلقیح شد عملکرد دانه برنج به طور محسوسی افزایش داشت (آستارایی و کوچکی 1375). همچنین در تحقیقی دیگر ساها و جانا (1997) افزایش فسفر قابل دسترس را در سنگ فسفات با تلقیح باکتری‌های حل‌کننده فسفات *B. subtilis* و *B. polymyxa* اعلام نمودند. کلزا (*Brassica napus L.*) یکی از گیاهان روغنی می‌باشد که مقام سوم را از نظر تولید روغن بعد از نخل روغنی و سویا در جهان به خود اختصاص داده است. کلزا یکی از محصولات روغنی مهم در اروپا، کانادا و آسیا می‌باشد که در سال‌های اخیر توجه کشاورزان را در شمال کشور به خود جلب کرده است (شهیدی و فروزان 1376). لذا با توجه به اهمیت کلزا از نظر تولید روغن و فراورده‌های دیگر غذایی، به کارگیری شیوه‌های مناسب کوددهی و تغذیه‌ای برای گسترش کشت و افزایش عملکرد آن در کشور با تاکید بر جلوگیری از آلودگیهای زیست محیطی و استفاده از منابع جایگزین کودهای شیمیایی نظیر سنگ فسفات و کودهای بیولوژیک بایستی انجام گیرد. لذا، برای بررسی میزان اثربخشی و کارایی سنگ

[1] Phosphate rock

www.SID.ir

Archive of SID

فسفات‌های داخلی و باکتری *باسیلوس کواگولانس*[1] بر جذب فسفر توسط کلزا این تحقیق انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق گلخانه‌ای در سال زراعی 1388 در دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائم شهر انجام گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با 4 تکرار در نظر گرفته شد. فاکتورهای آزمایش شامل فاکتور A با دو سطح (عدم استفاده از باکتری و استفاده از باکتری) و فاکتور B منابع فسفر با 5 سطح (تیمار شاهد که درآن هیچ نوع کودی استفاده نشد، سنگ فسفات یاسوج، سنگ فسفات یزد، سنگ فسفات گافسای تونس و کود استاندارد سوپرفسفات تریپل) بود. میزان فسفر اضافه شده از تیمارهای حاوی فسفر 100میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک خشک بود که با توجه به میزان P_2O_5 در سنگ فسفات‌ها (یاسوج 7/5 درصد ، یزد 30 درصد، گافسا 27 درصد و سوپر فسفات تریپل 45 درصد) محاسبه و به هر گلدان اضافه شد. ویژگی‌های مختلف سنگ فسفات‌ها توسط قلی زاده و همکاران (2009) گزارش شده است. میزان باکتری اضافه شده از گونه باسیلوس کواگلانس به تعداد 10^6 عدد در گرم خاک بود. خاک هر گلدان به میزان 3 کیلوگرم دارای فسفر کم ($mg\ kg^{-1}$ 5/7) از عمق 0 تا 25 سانتی‌متری تهیه، هواخشک شده و پس از کوبیدن از الک 5 میلی‌متری عبور داده شد. ویژگی‌های شیمیایی مانند pH، هدایت الکتریکی و کلسیم عصاره 1:1 (نلسون و سامرز 1982)، فسفر قابل‌جذب به روش اولسن و همکاران (1953)، کربن آلی به روش والکلی بلاک (نلسون و سامرز 1982)، ظرفیت نگهداری فسفر به روش ساندرز (1965)، اکسید آهن آزاد به روش هولمگرن (1967)، کربنات کلسیم معادل (لئوپارت و همکاران 1996)، کربنات کلسیم معادل فعال (دل کامپیلو و همکاران 1992) و بافت خاک به روش هیدرومتری در نمونه‌های خاک اندازه‌گیری شد (جدول 1). سپس تعداد 40 گلدان پلاستیکی با گنجایش 4 کیلوگرم تهیه و پس از ضد عفونی با الکل از 3 کیلوگرم خاک هوا خشک با اعمال تیمارهای مورد نظر پر شد. در محل کاشت بذر به میزان ذکر شده از باکتری از مایه تلقیح اضافه شد باکتری مذکور از بخش بیولوژی مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهران دریافت گردید. بذرهای کلزا رقم هایولا 401 بعد از ضدعفونی با ویتاواکس به میزان دو در هزار به مدت 15 دقیقه سه بار با آب مقطر استریل شسته شده و در عمق 3 سانتیمتری خاک به تعداد 7 عدد در هر گلدان کاشته شدند که بعد از استقرار گیاهچه به 2 عدد در هر گلدان کاهش داده شد. به همه گلدان‌ها نیتروژن از منبع سولفات آمونیوم و پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم به میزان 20 میلی‌گرم (بر اساس آزمون خاک) داده شد. عناصر کم مصرف شامل روی، منگنز، مس از منابع سولفاتی آنها و آهن از منبع سکوسترین آهن در دومین هفته به میزان 5 میلی‌گرم در کیلوگرم به تمامی گلدان‌ها اضافه گردید. رطوبت در تمامی فصل کشت در حد 80 درصد رطوبت ظرفیت مزرعه (FC) نگه داشته شد. شرایط نگهداری به صورت طبیعی فصل کشت (شرایط دمایی و نوری) با این تفاوت که میزان آب و بارندگی با پوشش تحت کنترل قرار گرفته بود. بعد از گذشت 12 هفته بوته‌ها به دقت از فاصله یک سانتیمتری سطح خاک بریده شده و قطر، ارتفاع و سطح برگ به وسیله کاغذ میلی‌متری اندازه‌گیری شد. بعد از شستشو با آب مقطر نمونه‌ها به مدت 48 ساعت در دمای 70 درجه سانتی‌گراد در آون خشک شده و وزن خشک یادداشت گردید. نمونه‌ها سپس در آزمایشگاه آسیاب و غلظت فسفر آنها به روش خشک سوزانی اندازه‌گیری و جذب فسفر کل به صورت حاصلضرب درصد فسفر در وزن خشک نمونه محاسبه گردید. سپس میزان اثربخشی زراعی نسبی[2] تیمارهای مختلف از لحاظ عملکرد وزن خشک و میزان جذب فسفر کل در گلدان‌ها طبق رابطه زیر محاسبه گردید (بی‌نام ، 2006).

$$RAE = \left[(P_{ext} - P_{ex0}) / (P_{extsp} - P_{ex0})\right] \times 100$$

[1] Bacillus coagulans

[2] Relative agricultural effectiveness

www.SID.ir

Archive of SID

RAE : درصد اثر بخشی زراعی نسبی

P_{ext} : مقدار وزن خشک یا فسفر جذب شده از تیمارها بر حسب گرم.

P_{ex0}: وزن خشک گیاه یا فسفر جذب شده از تیمار شاهد بر حسب گرم.

P_{extsp}: مقدار وزن خشک گیاه یا فسفر از تیمار سوپرفسفات ترپیل (کود استاندارد) بر حسب گرم.

برای تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها از نرم افزار *MSTATC* و برای رسم نمودارها از نرم افزار *Excel* استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس آزمایش نشان داد که باکتری *باسیلوس کواگلانس* (فاکتورa) بر تمامی شاخص‌های اندازه‌گیری شده اثر مثبت و معنی‌دار داشت. و باعث افزایش میزان صفات گردید. اثر متقابل همان طور که در جدول 2 آمده است تنها بر ارتفاع گیاه، درصد فسفر و جذب فسفر کل در گیاه معنی‌دار شده است.

قطر ساقه، سطح برگ، وزن خشک و ارتفاع گیاه

طبق شکل 3 بیشترین میزان قطر ساقه از تیمار کود سوپرفسفات ترپیل و بعد از آن به ترتیب سنگ فسفات گافسا، سنگ فسفات یزد و سنگ فسفات یاسوج مشاهده گردید. میزان سطح برگ نیز همانند میزان قطر (شکل 4) نتایج مشابهی را از خود نشان داد. بیشترین وزن خشک بخش هوایی مربوط به تیمار کود سوپرفسفات ترپیل و در بین سنگ فسفات‌ها به ترتیب گافسا و سپس سنگ فسفات یزد و یاسوج بود (شکل 5). مطابق شکل 6 اثرمتقابل باکتری و سنگ فسفات بر صفت ارتفاع گیاه کلزا در سطح یک درصد معنی‌دار شد به طوری که بیشترین ارتفاع در تیمار کود سوپرفسفات ترپیل به همراه باکتری دیده شد. پس از آن تیمار کود سوپر فسفات ترپیل بدون باکتری بیشترین ارتفاع گیاه را از خود نشان داد. در بین سنگ فسفات‌ها، تیمار گافسا همراه باکتری با 39/8 سانتی‌متر بیشترین ارتفاع و بعد از آن به ترتیب سنگ فسفات یزد و یاسوج همراه باکتری با 28/9 و 28/7 سانتی‌متر قرار گرفتند. همچنین اختلاف معنی‌داری از شاخص‌ها بین تیمارهای حاوی باکتری نسبت به تیمارهای بدون باکتری دیده شد. که نشان دهنده تاثیر بیشتر سنگ فسفات در حضور باکتری بوده و میزان این تاثیر به نوع سنگ فسفات بستگی دارد. وو و همکاران (2005) در بررسی کود بیولوژیک حل کننده فسفات جنس *باسیلوس* بر رشد ذرت مشاهده کردند که علاوه بر افزایش معنی‌دار در بیوماس و ارتفاع گیاهچه، درصد ماده آلی خاک و نیتروژن کل خاک نیز بهبود یافت. در آزمایشی دیگر حسن‌زاده و همکاران (1386) افزایش ماده خشک و عملکرد جو را با استفاده از باکتریهای حل کننده فسفات گزارش نمودند و بیان داشتند که حداکثر عملکرد در تیمار باکتری و30 کیلو گرم کود سوپر فسفات ترپیل در هکتار حاصل شد.

جدول 1 - ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

نوع خاک	اکسید آهن آزاد (%)	pH (1:1)	هدایت الکتریکی عصاره(1:1) dS/m	کلسیم عصاره(1:1) mg/ L	فسفر اولسن mg /kg	کربن آلی (%)	نگهداری فسفر ساندرز (%)	CCE (%)	ACCE (%)	رس (%)	شن(%)	CEC (Cmol/kg)	SP (%)
آهکی	0/44	7/9	0/5	4/3	5/7	2/0	58/6	15/5	10/3	34	12	22/8	59/4

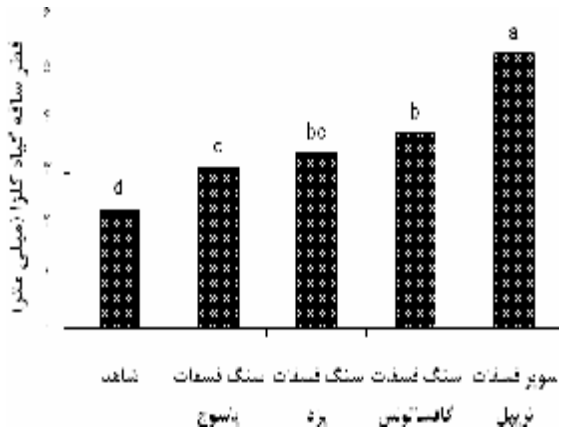
www.SID.ir

Archive of SID

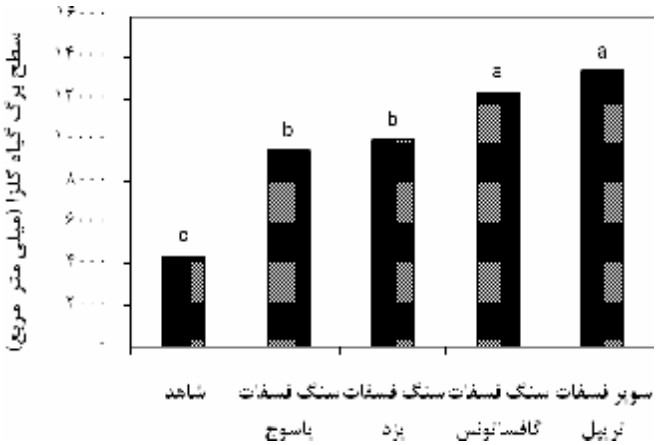
جدول 2 - تجزیه واریانس میانگین صفات مورد بررسی

منبع تغییرات	df	ارتفاع گیاه	قطر ساقه	سطح برگ	وزن خشک اندام هوایی	درصد فسفر اندام هوایی	جذب فسفر کل اندام هوایی
باکتری	1	418/54**	2/64**	14434821/02**	1/79**	0/012**	0/298**
منبع فسفر	4	1044/99**	9/88**	96117246/8**	9/02**	0/010**	1/090**
باکتری×منبع فسفر	4	40/34**	0/24^{ns}	650577/65^{ns}	0/11^{ns}	0/005**	0/015*
خطای آزمایشی	30	10/09	0/15	704425/40	0/05	0/0001	0/005

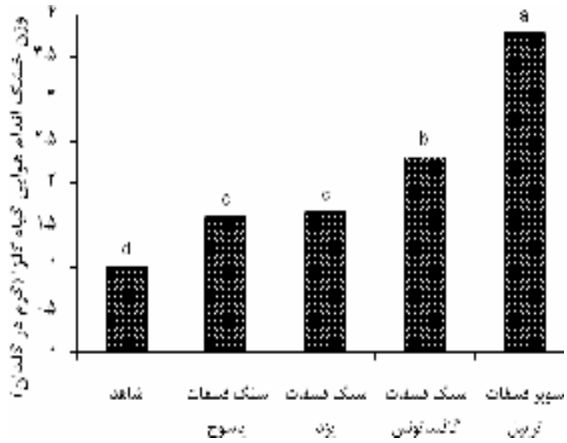
ns: عدم اختلاف معنی‌دار ، *و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد، a = فاکتور باکتری و b = فاکتور منبع فسفر



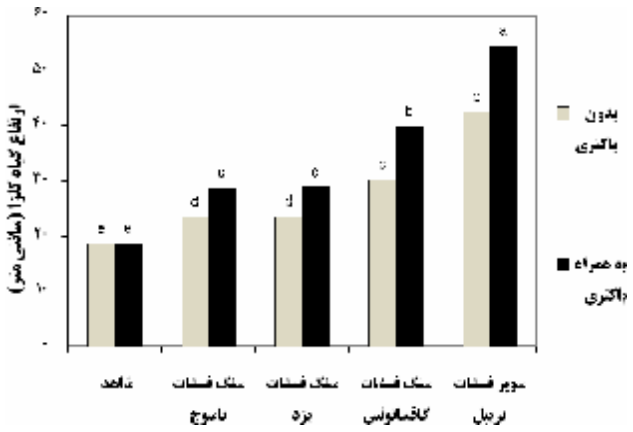
شکل 3 – مقایسه میانگین‌های اثر انواع سنگ فسفات‌ها بر قطر ساقه کلزا.



شکل 4 – مقایسه میانگین‌های اثر انواع سنگ فسفات‌ها بر سطح برگ کلزا



شکل 5 – مقایسه میانگین‌های اثر انواع سنگ فسفات‌ها بر وزن خشک اندام هوایی کلزا



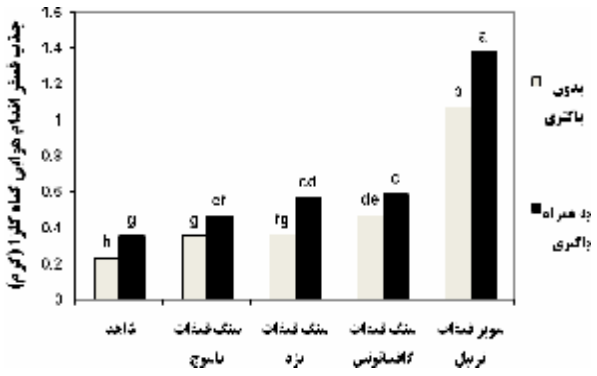
شکل 6 – مقایسه میانگین‌های اثر متقابل انواع سنگ فسفات‌ها بر ارتفاع کلزا

www.SID.ir

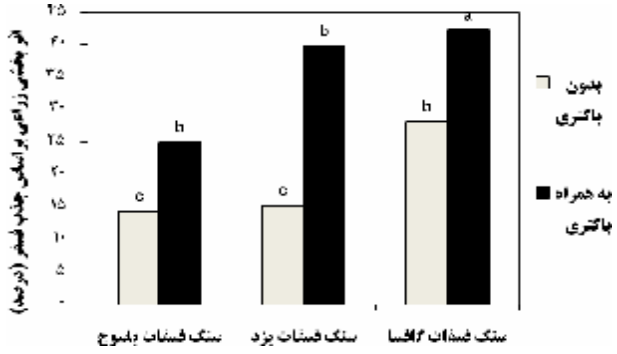
Archive of SID

جذب کل فسفر و اثر بخشی زراعی نسبی

اثر متقابل منابع مختلف فسفر و باکتری بر میزان جذب فسفر کل در گیاه در سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار شد (شکل 7). بیشترین جذب فسفر از تیمار کود سوپر فسفات تریپل به همراه باکتری به دست آمد و در بین سنگ فسفات‌ها، سنگ فسفات گافسا در حضور باکتری فسفر بیشتری را نسبت به سایر سنگ فسفات‌ها در اختیار گیاه قرار داد. همچنین سنگ فسفات یزد با باکتری عملکرد بهتری نسبت به سنگ فسفات یاسوج داشت. اثر مثبت تیمارهای حاوی باکتری نسبت به تیمارهای بدون باکتری در میزان جذب فسفر کل نیز دیده شد که نشان از تأثیر مثبت باکتری بر جذب فسفر از سنگ فسفات‌ها داشت (شکل 7). طلب و بدر (2007) افزایش میزان جذب فسفر در گیاه سورگوم را در حضور باکتری‌های حل کننده فسفات از سنگ فسفات در شرایط خاک اسیدی گزارش نمودند. همچنین فرناندز و همکاران (2007) اثر مثبت باکتری‌های حل-کننده فسفر را در حضور سنگ فسفات یا کود سوپرفسفات تریپل بر سویا (آزمایشات گلخانه‌ای) نشان دادند. به‌نظر می‌رسد که باکتری *باسیلوس کواگلانس* با تولید مواد اسیدی و پایین آوردن pH محیط ریزوسفری گیاه، قابلیت جذب و انحلال فسفر را از سنگ فسفات افزایش می‌دهد. رودریگوئز و همکاران (1999)، کوموتا و همکاران (2004) گزارش کردند که باکتری‌های حل‌کننده فسفات قادرند شرایط را برای افزایش راندمان استفاده از کود فراهم کنند. سازوکار اصلی اینگونه ریزجانداران، تولید اسیدهای آلی توسط اکسایش ناقص قندهاست، که باعث کاهش pH و افزایش حلالیت فسفر محیط می‌شوند. همچنین این باکتری‌ها سبب کاهش تثبیت فسفر در خاک می‌شوند که این امر موجب افزایش فسفر قابل دسترس گیاه می‌شود (لوز 2003، مهناز و لازورویت 2006). آنتون (2002) نیز در تحقیقی روی ریزجانداران حل‌کننده فسفات گزارش نمود که این ریزجانداران با تولید اسید، قابلیت حل فسفر را از منابع فسفات غیر قابل انحلال نظیر سنگ فسفات افزایش می‌دهند.



شکل 7 - مقایسه میانگین اثر متقابل انواع سنگ فسفاتها بر جذب فسفر کل در کلزا



شکل 8- مقایسه میانگین اثر متقابل انواع سنگ فسفاتها بر درصد اثربخشی زراعی نسبی بر اساس جذب فسفر کل درکلزا

میزان اثر بخشی نسبی سنگ فسفات‌ها نشان داد که باکتری اثر مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد بر سنگ فسفات‌ها داشت و سبب افزایش میزان اثربخشی آنها گردید (شکل 8). تیمارهای گافسا با

www.SID.ir

Archive of SID

باکتری، یزد با باکتری و یاسوج با باکتری به ترتیب 42/24، 39/78 و 24/94 درصد کارایی را نسبت به تیمار کود سوپرفسفات تریپل از خود نشان دادند. به‌نظر می‌رسد که قابلیت انحلال در میان سنگ فسفات‌ها متفاوت و گافسا حلالیت بیشتری را نسبت به سنگ فسفات‌های داخلی داشته است. سنگ فسفات گافسا از نوع رسوبی و دارای حلالیت بالا می‌باشد که از آن به عنوان مرجع برای کاربرد و مصرف مستقیم سنگ فسفات‌های دیگر استفاده می‌شود (چین و هاموند 1978، لوپز 1998). میزان حلالیت سنگ فسفات‌های داخلی در مقایسه با سنگ فسفات گافسا پایین و ناچیز است، سنگ فسفات یاسوج از نوع رسوبی اما سنگ فسفات یزد از نوع آذرین می‌باشد که دارای حلالیت کمتری نسبت به سنگ فسفات‌های رسوبی بوده همچنین دارای مواد معدنی منیزیم وآهن است که برای تولید کود مطلوب نمی‌باشد (قلی زاده و همکاران 2009). البته میزان اثربخشی زراعی نسبی نه تنها به ویژگی‌های ذاتی سنگ فسفات‌ها بستگی دارد بلکه به خصوصیات خاک، گونه و رقم گیاه نیز بستگی دارد (خاسونه و دال 1978).

نتیجه گیری

به‌طور کلی می‌توان این‌گونه بیان نمود که استفاده از باکتری *باسیلوس کواگلانس* تأثیر مثبت و معنی‌داری بر اغلب صفات کلزا داشته است و همچنین میزان انحلال و فراهمی فسفر از منابع سنگ فسفات را افزایش داده و میزان افزایش آن به نوع سنگ فسفات وابسته است. سنگ فسفات گافسا و سنگ فسفات یزد همراه با باکتری راندمان جذب فسفر را در مقایسه با کود سوپرفسفات تریپل بدون باکتری در حدود 40 درصد افزایش دادند. برای توصیه استفاده از سنگ فسفات به همراه این باکتری در مزارع بایستی ملاحظات سیاسی (تحریم بین‌اللملی) و اقتصادی از جمله هزینه کودها در برابر سود حاصل از افزایش محصول را درنظر گرفت. هر چند که استفاده از سنگ فسفات با باکتری نسبت به شاهد باعث افزایش محصول می‌شود اما به‌نظر می‌رسد که در حال حاضر و برای خاک آهکی اقتصادی نبوده و نمی‌تواند جایگزین مناسبی برای کود سوپرفسفات تریپل باشد. البته برای اینکه بتوان نتایج این آزمایش گلخانه‌ای را به شرایط مزرعه‌ای تعمیم داد بایستی آزمایشات مشابه در شرایط مزرعه‌ایی نیز صورت بگیرد.

منابع مورد استفاده

آستارایی ع ر و کوچکی ع، 1375 . کاربرد کودهای بیولوژیک در کشاورزی پایدار . (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد . صفحات 168 تا 175.

حسن‌زاده ا، مظاهری د، چایی‌چی م ر و خاوازی ک، 1386. کارایی مصرف باکتریهای تسهیل کننده جذب فسفر و کود شیمیایی فسفر بر عملکرد و اجزاء عملکرد جو . مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. شماره 77. صفحات 111 تا 118.

سلیم پور س، خاوازی ک و پاک نژاد ع، 1384. بررسی اثرات باقیمانده خاک فسفات با کرت‌های دائم در الگوی کشت کلزا – گندم . صفحات 193 تا 197. نهمین کنگره علوم خاک ایران . تهران

شهیدی ا و فروزان ک، 1376. کلزا . انتشارات شرکت سهامی خاص توسعه و کشت دانه‌های روغنی.

www.SID.ir

Archive of SID

صالح راستین ن ،1373. کودهای زیستی . صفحات 97 تا 101. چهارمین کنگره علوم خاک ایران. کرج

قربانی ه ، 1386 . مروری بر کودهای بیولوژیک در ایران و نقش آنها در حفظ محیط زیست و سلامت جامعه. صفحات 202 تا 217. دومین همایش ملی کشاورزی بوم شناختی ایران. گرگان

Antoun H, 2002. Field and green house trials performed with phosphate solubilizing bacteria and fungi.pp: 235-237. Proceedings of the 15th International meeting on Microbial Phosphate Solubilization. Salamanca University, 16-19 july 2002. Salamanca, Spain.

Anonymous, 2006. Use of phosphate rock for sustainable agriculture. FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin NO. 13 Rome.

Azcon RJ, Barea M and Hayman DS, 1976.Utilization of rock phosphate in alkaline soil by plants inoculated with mycorrhizal fungi and phosphate solubilizing bacteria. Soil Biochem 8:135-138.

Chien SH and Hamond LL, 1978. A comparison of various laboratory methods for predicting the agronomic potential of phosphate rock for direct application. Soil Sci Soc Am J 42:1758-1760.

Del Campillo M C, Torrent J and Loeppert RH, 1992. The reactivity of carbonates in selected soils of Southern Spain. Geoderma 52:149-160.

Fernandez LA, Zalba P, Gomez MA and Sagardoy MA, 2007. Phosphate solubilization activity of bacterial strains in soil and their effect on soybean growth under green house condition . Biol Fertil Soils 43 : 805- 809.

Gholizade AL, Ardalan M, Tehrani MM, Mirseyed Hosseini H and Karimian N, 2009. Solubility test in phosphate rocks and their potential for direct application in soil. Word Applied Sciences Journal 6(2):182-190.

Holmgren GGS, 1967. A rapid citrate- dithionate extractable iron procedure. Soil Sci Soc Am Proc 31:210-211.

Khasawneh FE and Doll EC, 1978. The use of phosphate rock for direct application to soils. Advanced Agrnomy 30:159-206.

Kumutha K, Sempaualan J and Krishnan PS, 2004. Effect of insoluble phosphate and dual inocolattion on soybean. pp. 354-358. In: Kannaryan S, Kumar K and Gouidarajan K (eds), Biofertilizer.

Luz WC, 2003, Biological and chemical treatment combination for corn seeds. Fitopatologia Brasileira 28:37-40.

Loeppert RH and Donald LS, 1996. Carbonate and Gypsum. Pp. 437-575. In:Page AL (ed.) Methods of Soil Analysis. 3rd. American Society of Agronomy, Madison,WI.

Lopez A, 1998. The use of phophate rocks to built op soil P and increase food production in acid soils: The Brazilian experience. pp:121-132.In: Johnston AE and Syers JK, (eds.) Nutrient management for sustainable food production in Asia. Porc. IMPHOS-AARD/CSAR. Wallingford, UK, CAB international,

www.SID.ir

Archive of SID

Mahnaz S and Lazarovits G, 2006. Inoculation effects of *Pseudomonase putida* , *Glucon-acetobacter azetocaptans*, and *Azospirillum lipofrum* on corn plant growth under greenhouse conditions. Ecology Microbial 51: 326-335.

Nelson DW, and Sommers LE, 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. P. 539-579. In: Page AL (ed.) Methods of Soil Analysis. Part 2. 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison,WI.

Olsen SR, Cole CV, Watanabe FS and Dean LA, 1953. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circ.No 939.

Rodriguez h, and Fraga R, 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. Biotechnology Advances 17:319 – 339

Sahu SN and Jana BB, 1997. Enhancement of the fertilizer value of rock phosphate engineered through phosphate – solubilizing bacteria. Ecological Engineering 15:27-39.

Saunders WMH, 1965.Phosphate retention by New Zeland soils and its relationship to free sesquioxides, organic matter, and other soil properties . New Zeland Journal of Agriculture Research 8:30-57.

Taalab AS and Badr MA, 2007. Phosphorus availability from compacted rock phosphate with nitrogen to sorghum inoculated with phosphor – bacterium. Journal of Applied Sciences Research 3: 195- 201.

Wu B, Caob SC, Lib ZH, Cheunga Z, Gand Wonga KC, 2005. Effects of biofertilizer containing N fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth. Geoderma 125:155-162.

www.SID.ir