

بررسی اثر کودهای زیستی بر عملکرد و کیفیت خیار در شرایط مزرعه

فرنک مشبکی اصفهانی¹ و حسین بشارتی

دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات فارس؛ Faranakmoshabaki@yahoo.com

دانشیار، مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور؛ Besharati1350@yahoo.com

دریافت: 92/3/3 و پذیرش: 93/9/19

چکیده:

فسفر از عناصر ضروری و پرمصرف مورد نیاز گیاه می‌باشد. بخش عمده اراضی کشاورزی ایران را خاک‌های آهکی می‌پوشانند که در آنها بدلیل pH بالای خاک، قابلیت جذب فسفر اندک بوده و بعضاً از عوامل محدود کننده رشد گیاه محسوب می‌شود. استفاده از کودهای زیستی بجای کودهای شیمیایی به منظور تولید محصول سالم و جلوگیری از آلودگی منابع پایه تولید خاک و آب (کاهش مصرف کودهای شیمیایی) بویژه کودهای وارداتی و کاهش هزینه‌های تولید همواره مورد توجه بوده است. پژوهش حاضر به منظور بررسی اثرات کودهای زیستی فسفاته بر عملکرد و کیفیت خیار در سال زراعی 1389-90 در مزرعه‌ای در منطقه دشتی اصفهان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی بصورت فاکتوریل در سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل سطوح مختلف کود سوپر فسفات تریپل (100%، 75%، 50%، 25%، 0% فسفر مورد نیاز بر اساس آزمون خاک) و تلقیح با کودهای زیستی حاوی باکتری‌های حل کننده فسفات و باکتری افزایش دهنده رشد گیاه بودند. عملکرد خیار، وزن خشک ریشه و اندام هوایی، غلظت فسفر، آهن، روی، نیتروژن و نیز شاخص کلروفیل اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که اثر اصلی کود فسفوری، کود زیستی و نیز اثرات متقابل آنها بر وزن خشک اندام هوایی، خشک ریشه، میزان کلروفیل، عملکرد خیار و غلظت نیتروژن، فسفر، آهن، روی، در گیاه خیار در سطح 5 درصد معنی‌دار گردید. در تمامی سطوح کودهای زیستی، با افزایش مصرف کودهای شیمیایی فسفوری وزن خیار، غلظت فسفر و نیتروژن اندام هوایی خیار تقریباً روند افزایشی به خود گرفت. بیشترین درصد فسفر و نیتروژن در بخش هوایی بوته‌های خیار مربوط به تیمار کود زیستی B2 و مصرف 75 درصد توصیه کود فسفوری، و بیشترین عملکرد خیار در تیمار کود زیستی B1 و مصرف 75 درصد توصیه کود فسفوری بدست آمد. غلظت آهن و روی در بخش هوایی بوته‌های خیار برخلاف غلظت فسفر و نیتروژن با افزایش میزان مصرف کود فسفوری در تمام سطوح کود زیستی روند کاهشی نشان داد. بیشترین و کمترین غلظت آهن و روی به ترتیب مربوط به تیمارهای شاهد بدون کود زیستی و شیمیایی و تیمار کود زیستی B2 همراه با مصرف 100 درصد توصیه کود فسفوری بود.

واژه‌های کلیدی: باکتری افزایش دهنده رشد گیاه، ذرت، باکتری حل کننده فسفات

¹ نویسنده مسئول، آدرس: اصفهان خیابان نظر غربی کوچه شاخه نبات بن بست مازیار پلاک 40 طبقه 3

مقدمه

برای تأمین یک یا چند عنصر غذایی مورد نیاز گیاه تعریف می‌شوند. مشکلات زیست محیطی ناشی از استفاده بی‌رویه کودهای شیمیایی، هزینه‌های مصرف بیش از حد و تمام اثرات مضر آن بر چرخه‌های بیولوژیکی و تخریب سیستم‌های کشاورزی پایدار، کاربرد کودهای بیولوژیک را افزایش داده‌اند (کنایان، 2002). نقش و اهمیت کودهای بیولوژیک در تولید پایدار محصول توسط محققان مختلف بررسی شده است (بیسواس و همکاران، 1985 و کتیال و همکاران، 1994). این کودها نقش عمده‌ای در بهبود حاصلخیزی خاک و عملکرد نهایی بازی می‌کنند (سباشینی و همکاران، 2007، کچرو و رزدان، 2006 و سان و همکاران، 2006). بعلاوه کاربرد آنها زندگی جانداران خاک را بهبود می‌بخشد و استفاده از کودهای شیمیایی را به حداقل می‌رساند (سباشینی و همکاران، 2007). استفاده از کودهای بیولوژیک، بخصوص در کشت‌های فشرده و خاک‌های فقیر از لحاظ عناصر غذایی، ضرورتی اجتناب ناپذیر برای حفظ ارزش کیفی خاک است.

در حالیکه مصرف غیر اصولی و بلند مدت کودهای شیمیایی نتیجه‌ای جز تخریب تدریجی کیفیت خاک، کاهش ارزش کیفی محصول، بهم زدن تعادل طبیعی اکوسیستم و گسترش آلودگی‌های زیستی محیطی، در پی نخواهد داشت. کودهای زیستی می‌توانند به منظور افزایش محصول جایگزین بخشی از کودهای شیمیایی شوند، همچنین این کودها از نظر هزینه ارزان‌تر بوده و بسیار سازگار با محیط می‌باشند. تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر کودهای زیستی حاوی میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات بر عملکرد و کیفیت خیار در شرایط مزرعه اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش کشت مزرعه‌ای خیار در سال زراعی 90-89 در مزرعه‌ای واقع در استان اصفهان، 20 کیلومتری جنوب شرقی اصفهان با طول جغرافیای 47 درجه و 52 دقیقه جنوبی و عرض جغرافیای 30 درجه و 30 دقیقه شرقی با ارتفاع 1555 متر ارتفاع از سطح دریا اجرا گردید. اقلیم این منطقه گرم و خشک با تابستان‌های خشک و زمستان نیمه سرد می‌باشد. خاک محل آزمایش از سری خاک‌های اصفهان و مشخصات فیزیکی و شیمیایی آن تا عمق 30 سانتی متری در جدول (1) ارائه شده است. آزمون به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 3 تکرار انجام شد. تیمارها شامل کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل در 5 سطح (100%، 75%، 50%، 25 و 0 درصد توصیه کودی فسفر

کودهای زیستی به مواد حاصلخیز کننده‌ای اطلاق می‌شود که حاوی تعداد کافی از یک یا چند گونه از ریزجانداران مفید خاکزی هستند که روی مواد نگهدارنده مناسبی عرضه می‌شود. استفاده از کودهای زیستی بجای کودهای شیمیایی به منظور تولید محصول سالم و جلوگیری از آلودگی منابع پایه تولید خاک و آب (کاهش مصرف کودهای شیمیایی) بویژه کودهای وارداتی و کاهش هزینه‌های تولید در طی سال‌های اخیر مورد توجه بیشتری قرار گرفته است. کودهای زیستی حاوی ریزجانداران محرک رشد گیاه (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) یکی از انواع کودهای زیستی می‌باشند که ریزجانداران موجود در آن با مکانیسم‌های مختلفی بطور مستقیم و غیر مستقیم باعث بهبود رشد گیاه و در نهایت باعث افزایش کمیت و کیفیت محصول می‌شوند. برخی از این ریزجانداران با ترشح اسیدهای آلی و معدنی مختلف و کاهش pH محیط ریشه باعث افزایش غلظت فسفات قابل جذب توسط گیاه می‌شوند (هالدر، 1990)، که بر این اساس و در جهت رفع کمبود فسفر خاک امروزه استفاده از باکتری‌های محلول‌کننده فسفر خاک در دنیا مطرح گردیده است. کودهای زیستی فسفات‌ها حاوی یک یا چند نوع ریزجانداران مفید به همراه مواد نگهدارنده و یا فرآورده‌های متابولیک آنها می‌باشند که با هدف تأمین عناصر غذایی گیاهان (فسفر) استفاده می‌شود (وسی، 2003).

کودهای فسفره برای دستیابی به حداکثر عملکرد در گیاهان زراعی ضروری هستند (رشید و همکاران، 1994). این کودها نقش بسیار مهمی در بهبود حاصلخیزی خاک دارند (ونکاتاشوارلو، 2008). کاربرد این کودها گزینه‌ای برای بهبود کربن آلی خاک و بهبود کیفیت خاک در بهره‌وری کشاورزی آینده است (رامش، 2008). مقرون به صرفه بودن این کودها در دراز مدت، سازگاری با محیط زیست و قابلیت دسترسی بالا برای کشاورزان در مقایسه با کودهای شیمیایی بر کارایی آنها افزوده است (ونکاتارمن و شنوگاسوندارام، 1992). این ریز جانداران با تولید هورمون‌های گیاهی، تثبیت نیتروژن، تسهیل جذب عناصر از خاک و تولید عوامل کنترل بیولوژیک در برابر پاتوژن‌های گیاهی، رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند (فریب و همکاران، 2008). غلظت بالاتری از باکتری‌های حل‌کننده فسفات معمولاً در رایزوسفر وجود دارند (راقو و مکر، 2000). کودهای زیستی به صورت مایه تلقیح میکروبی و به عنوان یک ترکیب حامل سویه‌های میکروبی مؤثر و با راندمان بالا

به طور یکنواخت در مورد تمام تیمارها انجام گرفت. همچنین از سم آباماکتین با برای مبارزه با شته استفاده شد. در پایان فصل رشد نمونه برداری با صورت تصادفی بعد از حذف اثرات حاشیه‌ای کرت صورت گرفت. وزن تر، وزن خشک، غلظت و جذب غلظت نیتروژن، آهن، روی و فسفر اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری آهن و روی و فسفر به روش خشک سوزی و استخراج با اسید کلریدریک 2 نرمال و قرائت با دستگاه جذب اتمی مدل Perkinelmer 1100، اندازه‌گیری فسفر به روش رنگ سنجی با آمونیوم مولیبدات و آمونیوم وانادات و قرائت با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Farmacia میزان نیتروژن با دستگاه کج‌دال مدل Gerhardt اندازه‌گیری شد (امامی، 1375). همچنین شاخص کلروفیل در برگ با دستگاه کلروفیل سنج مدل Minolta 502 اندازه‌گیری شد. داده‌ها با نرم افزار Spss18 مورد تحلیل قرار گرفته‌اند و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون دانکن در سطح پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

جدول 1 برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه را که در کشت خیار مورد استفاده قرار گرفت را نشان می‌دهد. همانطوری که ملاحظه می‌گردد خاک مزرعه غیرشور، غیر گچی با میزان فسفر کم می‌باشد که با توجه به تیمارهای فسفر منظور شده در آزمایش برای هدف آزمایش مناسب می‌باشد.

نتایج تجزیه واریانس (جدول 2) نشان داد اثر اصلی باکتری، کود شیمیایی و نیز اثرات متقابل آنها بر وزن خیار، وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه‌ها معنی‌دار گردید. در خصوص شاخص کلروفیل اثر اصلی باکتری و کود شیمیایی به ترتیب در سطح 5 و 1 درصد معنی‌دار شده در حالیکه اثرات متقابل آنها معنی‌دار نبود.

اثر اصلی باکتری، کود شیمیایی و نیز اثرات متقابل آنها بر غلظت فسفر، نیتروژن، آهن و روی در بخش هوایی بوته‌های خیار در سطح 5 درصد معنی‌دار گردید (جدول 3).

براساس آزمون خاک) و کود زیستی در 3 سطح (باکتری- های حل کننده فسفات: منسوب به سودوموناس پوتیدا + پانتوا آگومرانس، باکتری محرک رشد گیاه: سودوموناس فلورسنس و شاهد بدون باکتری) بودند. توانایی حل کنندگی فسفات باکتری‌ها در پلیت‌های حاوی محیط اسپربر (اسپربر، 1985) ارزیابی گردید. نسبت قطر هاله به کلنی به عنوان معیار توانایی باکتری‌ها مدنظر قرار گرفت. به منظور تهیه کود زیستی حاوی باکتری‌های مذکور، ابتدا باکتری‌ها در محیط Nutrient Broth کشت و پس از تنظیم جمعیت آنها در حدود یکصد میلیون سلول در میلی لیتر به پلیت استریل شده اضافه و بصورت پودری برای تلقیح بذور خیار در مزرعه مورد استفاده قرار گرفتند.

قبل از کشت خیار نمونه‌های خاک از عمق 0 تا 30 سانتی متری تهیه و برخی خواص فیزیکی و شیمیایی آنها اندازه‌گیری گردید (جدول 1). فاصله خطوط کشت حدود 100 سانتی متر و فاصله بوته‌ها 50 سانتی متر بوده و کشت به صورت دستی انجام گرفت. بذر مورد استفاده چند روز قبل از کاشت در آب و سپس درون دستمال مرطوب قرار گرفتند تا جوانه‌دار شده و برای کاشت، بذرها آماده باشند. مایه تلقیح باکتری‌های سودوموناس پوتیدا + پانتوا آگومرانس و همچنین سودوموناس فلورسنس که به شکل پودر بودند به بذرها آغشته به صمغ اضافه شدند. پس از مخلوط کردن، بذور در سایه خشک و جهت کشت به زمین منتقل گردیدند. به منظور جلوگیری از کاهش جمعیت باکتری‌ها حداقل فاصله زمانی بین زمان تلقیح بذور تا کاشت در نظر گرفته شد.

با توجه به نتایج آنالیز خاک معادل 100 کیلوگرم سولفات پتاسیم و مقدار 300 کیلوگرم در هکتار کود اوره در تمامی کرتها مصرف گردید. 75 کیلوگرم سوپر فسفات تریپل مورد نیاز، با درصدهای 0%، 25%، 50%، 75%، 100% بر روی بلوک‌های مشخص (بصورت محلول در آب) توزیع گردید. در طول فصل رشد آبیاری بر اساس شرایط آب و هوایی و نیاز گیاهان انجام شد به طوری که گیاهان در هیچ مرحله‌ای از رشد و نمو تحت تنش آبی قرار نداشتند. عملیات داشت از جمله آبیاری (بصورت جوی و پشته)، وجین غلف‌های هرز (به صورت دستی)

جدول 1- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه محل آزمایش در عمق 0-30 سانتی متری

| رس | سیلت | شن | نیتروژن | کربن آلی | فسفر | روی | آهن | pH | EC |
|----|------|----|---------|----------|------|-------|------|----|------|
| | | % | | | | mg/kg | | | dS/m |
| 23 | 49 | 28 | 0/01 | 1/2 | 9/12 | 1/2 | 7/16 | 8 | 3/2 |

جدول 2- تجزیه واریانس اثر تیمارها بر شاخص‌های اندازه‌گیری شده در گیاه خیار

| میانگین مربعات (MS) | | | | تغییر منبع | |
|---------------------|---------|---------------------|----------|------------|--------------|
| شاخص | وزن خشک | وزن خشک اندام هوایی | وزن خیار | درجه آزادی | |
| کلروفیل | ریشه | | | | |
| 274/26 | 84/13* | 36098/37* | 570/668* | 1 | تکرار |
| 1/055* | 0/25* | 385/37* | 6/81* | 2 | باکتری |
| 2/83** | 0/17* | 136/92* | 2/88* | 4 | کود |
| ^{ns} 0/237 | 0/22* | 113/65* | 8/91* | 8 | باکتری × کود |
| 0/268 | 0.0 | 0/242 | 0/248 | 30 | خطا |

جدول 3- تجزیه واریانس اثر تیمارها بر غلظت برخی عناصر غذایی در اندام هوایی گیاه خیار

| میانگین مربعات (MS) | | | | | تغییر منبع |
|---------------------|------------|--------------|-----------|------------|--------------|
| غلظت روی | آهن غلظت | غلظت نیتروژن | غلظت فسفر | آزادی درجه | |
| 33620 | 32732169/8 | 1280/0 | 3/78 | 1 | تکرار |
| 15/2* | 237297/8* | 0/949* | 0/000052* | 2 | باکتری |
| 81/5* | 639132/8* | 5/19* | 0/006* | 4 | کود |
| 69/95* | 182079/05* | 0/628* | 0/004* | 8 | باکتری × کود |
| 1/0 | 1/0 | 0/010 | 0/000016 | 30 | خطا |

* معنی‌دار در سطح 5 درصد

وضعیت به همین منوال بود با این تفاوت که این بار تیمار B1 بهتر از تیمار B2 بود بطوریکه افزایش شاخص کلروفیل در تیمار B2 در مقایسه با شاهد معنی‌دار نشد (جدول 4).

مقایسه میانگین سطوح کود زیستی نشان داد که هر دو تیمار B1 و B2 در مقایسه با شاهد بدون باکتری وزن خشک ریشه و وزن خشک اندام هوایی را بطور معنی‌دار افزایش دادند و تیمار B2 بهتر از تیمار B1 ظاهر شد. در خصوص شاخص کلروفیل و وزن خیار نیز

جدول 4- مقایسه میانگین سطوح کود زیستی بر شاخص‌های اندازه‌گیری شده در گیاه خیار

| شاخص کلروفیل | وزن خیار (کیلوگرم در کرت) | وزن خشک اندام هوایی (کیلوگرم در کرت) | وزن خشک ریشه (کیلوگرم در کرت) | سطوح کود زیستی |
|--------------|---------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|----------------|
| 2/31b | 2/82c | 22/5c | 1/21b | B0 |
| 2/77a | 4/13a | 30/68b | 1/43a | B1 |
| 2/32b | 3/73b | 31/78a | 1/44a | B2 |

B1: باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد (سودوموناس)، B2: باکتری‌های حل‌کننده فسفات

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، از لحاظ آماری (روش دانکن) تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، از لحاظ آماری (روش دانکن) تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند

در نتیجه تلقیح در مقایسه با شاهد بدون تلقیح کاهش یافت و این کاهش در مورد هر دو تیمار معنی‌دار بود (جدول 5).

تیمارهای کود زیستی (B1 و B2) در مقایسه با شاهد بدون باکتری (B0) غلظت نیتروژن، فسفر و آهن را در اندام هوایی بطور معنی‌داری افزایش دادند در حالیکه برخلاف عناصر مذکور غلظت روی در اندام هوایی خیار

جدول 5- مقایسه میانگین سطوح کود زیستی بر غلظت برخی عناصر غذایی در اندام هوایی بوته های خیار

| سطوح کود زیستی | غلظت نیتروزن (درصد) | غلظت فسفر (درصد) | غلظت آهن (میلیگرم در کیلوگرم) | غلظت روی (میلیگرم در کیلوگرم) |
|----------------|---------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| B0 | 5/04b | 0/287b | 775/6c | 28/4a |
| B1 | 5/44a | 0/291a | 998a | 27/2b |
| B2 | 5/41a | 0/291a | 785b | 26/4c |

B1: باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد (سودوموناس)، B2: باکتری‌های حل‌کننده فسفات

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، از لحاظ آماری (روش دانکن) تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

بیشترین وزن خشک اندام هوایی و غلظت فسفر اندام هوایی و وزن خیار با مصرف 75 درصد فسفر توصیه شده بدست آمد، به طوری که این تیمار در مقایسه با شاهد بدون کود فسفوری وزن خشک اندام هوایی، غلظت فسفر در اندام هوایی و وزن خیار را به ترتیب 41/3 و 21/2 و 21/4 درصد افزایش داد. بطور کلی مقدار شاخص‌های اندازه‌گیری شده با افزایش سطوح کود فسفوری تا سطح 75 درصد افزایش و سپس اندکی کاهش نشان داد و در مورد اکثر شاخص‌ها سطح 75 درصد بهتر از 100 درصد ظاهر شد (جدول 6 و 7).

جدول 6- مقایسه میانگین سطوح کود شیمیایی فسفوری بر شاخص‌های اندازه‌گیری شده در بوته‌های خیار

| شاخص کلروفیل | وزن خیار (کیلوگرم در کرت) | وزن خشک اندام هوایی (کیلوگرم در کرت) | وزن خشک ریشه (کیلوگرم در کرت) | سطوح کود شیمیایی |
|--------------|---------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|------------------|
| 2/59ab | 3/46b | 22/37e | 1/37c | %0 |
| 3/10a | 3/44b | 26/41d | 1/30d | %25 |
| 2/26b | 3/96a | 31/11b | 1/55a | %50 |
| 1/63c | 4/20a | 31/61a | 1/42b | %75 |
| 2/76ab | 2/74c | 30/12c | 1/18e | %100 |

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، از لحاظ آماری (روش دانکن) تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

جدول 7- مقایسه میانگین سطوح کود شیمیایی فسفوری بر غلظت برخی عناصر غذایی در اندام هوایی بوته های خیار

| سطوح کود شیمیایی | غلظت نیتروزن (درصد) | غلظت فسفر (درصد) | غلظت آهن (میلیگرم در کیلوگرم) | غلظت روی (میلیگرم در کیلوگرم) |
|------------------|---------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| %0 | 4/43d | 0/269d | 1259/6a | 29/33a |
| %25 | 4/72c | 0/268d | 638/6d | 27/66b |
| %50 | 5/35b | 0/277c | 963/3b | 22/33c |
| %75 | 6/07a | 0/326a | 786/6c | 30/00a |
| %100 | 6/08a | 0/307b | 616e | 27/33b |

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، از لحاظ آماری (روش دانکن) تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

جدول 8 مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح کود زیستی و کود شیمیایی بر وزن خیار را نشان می‌دهد. همانطوریکه از جدول مذکور پیداست در تمام سطوح کود زیستی با افزایش مقدار کود شیمیایی فسفوری وزن خیار بطور معنی‌دار افزایش یافت. کمترین وزن خیار در تیمار شاهد بدون کود زیستی و شیمیایی (1/4 گرم) و بیشترین مقدار آن در تیمار کود زیستی فسفات و 50 درصد کود شیمیایی فسفوری با وزن 5/6 گرم بدست آمد.

داد، این در حالی بود که در تیمار کود زیستی B2 این افزایش تا سطح 75 درصد کود شیمیایی فسفوری توصیه شده براساس آزمون خاک ادامه داشت. بیشترین وزن خشک بخش هوایی بوته خیار 44/17 از تیمار کودزیستی B2 و مصرف 75 درصد توصیه کود فسفوری و کمترین مقدار آن نیز 19/41 از تیمار مصرف 50 درصد توصیه کود شیمیایی بدست آمد (جدول 8).

کاربرد کودهای زیستی در مقایسه با شاهد بدون تلقیح در حضور سطوح کودهای شیمیایی باعث افزایش وزن خیار شدند. نتایج بدست آمده با نتایج محققان دیگر همخوانی داشت (چابوت، 1996). وزن خشک بخش هوایی و ریشه بوته‌های خیار در تیمارهای بدون کود زیستی (شاهد بدون باکتری) و نیز در حضور کود زیستی B1 با افزایش سطوح کود فسفوری تا مقدار 50 درصد مقدار توصیه براساس آزمون خاک افزایش و از آن پس کاهش نشان

جدول 8- مقایسه میانگین اثرات متقابل کود شیمیایی فسفوری و کود زیستی بر شاخص‌های اندازه‌گیری شده در بوته‌های خیار

| شاخص کلروفیل | وزن خیار (کیلوگرم در کرت) | وزن خشک اندام هوایی (کیلوگرم در کرت) | وزن خشک ریشه (کیلوگرم در کرت) | سطوح کود شیمیایی | سطوح کود زیستی |
|--------------|---------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|------------------|----------------|
| 2/00cde | 1/40f | 23/23i | 1/18i | %0 | B0 |
| 2/91abc | 2/25ef | 24/64 h | 1/57d | %25 | |
| 2/18cde | 3/71c | 25/75g | 1/21i | %50 | |
| 1/57de | 5/23b | 19/48k | 1/18i | %75 | |
| 2/87abc | 1/49f | 19/41k | 0/926k | %100 | |
| 3/19ab | 6/36a | 22/70i | 1/47e | %0 | B1 |
| 3/51a | 3/26cd | 30/23f | 1/09j | %25 | |
| 2/3bcd | 2/ 54 de | 35/78c | 1/81a | %50 | |
| 2/06cde | 4/85b | 31/16e | 1/75b | %75 | |
| 2/78abc | 3/63c | 33/52d | 1/07j | %100 | |
| 2/56abc | 2/61de | 21/18j | 1/42f | %0 | B2 |
| 2/88abc | 4/81b | 24/35h | 1/25h | %25 | |
| 2/26bcd | 5/63ab | 31/77e | 1/63c | %50 | |
| 1/25e | 2/53de | 44/17a | 1/33g | %75 | |
| 2/63abc | 3/08cde | 37/43b | 1/56d | %100 | |

B1 : باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد (سودوموناس)، B2: باکتری‌های حل‌کننده فسفات

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، از لحاظ آماری (روش دانکن) تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند

باکتری‌ها فسفر را از خاک آلی و غیر آلی در طی فرایند معدنی شدن آزاد می‌کنند و جذب فسفات از سنگ فسفات را افزایش دادند. شارما (2002) نیز اظهار کرد باکتری‌های سودوموناس از مهمترین گونه‌های است که پتانسیل قابل توجهی در افزایش جذب فسفر دارند. در خصوص غلظت نیتروژن اندام هوایی بوته‌های خیار نیز وضعیت مشابه غلظت فسفر بود، به طوری که بیشترین غلظت نیتروژن اندام هوایی خیار از تیمار کود زیستی B2 و مصرف 75 درصد توصیه کود فسفوری، برابر با 6/7 درصد و کمترین مقدار آن نیز از تیمار مصرف کود زیستی B2 به میزان 4/18 درصد بدست آمد. غلظت آهن و روی در بخش هوایی بوته‌های خیار برخلاف غلظت فسفر و نیتروژن با افزایش میزان مصرف کود فسفوری در تمام سطوح کود زیستی روند کاهشی نشان داد. بیشترین و

بر اساس نتایج مندرج در جدول 9 در تمامی سطوح کودهای زیستی، با افزایش مصرف کودهای شیمیایی فسفوری، غلظت فسفر اندام هوایی خیار تقریباً روند افزایشی به خود گرفت. بیشترین درصد فسفر در بخش هوایی بوته‌های خیار مربوط به تیمار کود زیستی B2 و مصرف 75 درصد توصیه کود فسفوری، برابر با 0/374 درصد می‌باشد که نسبت به شاهد 24.66 درصد افزایش داشته است. همچنین کمترین میانگین غلظت فسفر برابر با 0/239 درصد بود که مربوط به تیمار 25 درصد کود شیمیایی و عدم مصرف کود زیستی می‌باشد. آنچه از نتایج جدول 9 بر می‌آید، افزایش میزان فسفر در اندام هوایی خیار با مصرف کودهای زیستی است. علیخان (2009) بیان کرد میکروارگانیزم‌های حل‌کننده فسفات مهمترین نقش را در حلالیت و جذب فسفر دارند. این

گیاه، بهبود عملکرد و افزایش جذب عناصر غذایی را با کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات گزارش کردند و به نتایج مشابهی دست یافتند (هاشم و همکاران، 2011).

کمترین غلظت آهن و روی به ترتیب مربوط به تیمارهای شاهد بدون کود زیستی و شیمیایی و تیمار کود زیستی B2 همراه با مصرف 100 درصد توصیه کود فسفوری بود (جدول 9). همچنین تعداد زیادی از محققان افزایش رشد

جدول 9- مقایسه میانگین اثرات متقابل کود شیمیایی فسفوری و کود زیستی بر غلظت برخی عناصر غذایی در اندام هوایی بوته‌های خیار

| غلظت فسفر (درصد) | غلظت نیتروژن (درصد) | غلظت آهن (میلیگرم در کیلوگرم) | غلظت روی (میلیگرم در کیلوگرم) | سطوح کود شیمیایی | سطوح کود زیستی |
|------------------|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------|----------------|
| 0/300 d | 4/87 e | 1523a | 32 ab | %0 | B0 |
| 0/238i | 4/35 g | 606 l | 26e | %25 | |
| 0/267 fg | 4/87 e | 629 i | 27e | %50 | |
| 0/290 e | 5/28 d | 612 k | 31bc | %75 | |
| 0/342 b | 5/86 c | 508 n | 26e | %100 | |
| 0/261 g | 4/25 g | 1246 b | 30cd | %0 | B1 |
| 0/316 c | 5/17 d | 688 h | 31bc | %25 | |
| 0/293 de | 5/28 d | 1028 e | 13f | %50 | |
| 0/313 c | 6/25 b | 1190d | 33a | %75 | |
| 0/271 f | 6/25 b | 839 g | 29 d | %100 | |
| 0/248 h | 4/18 g | 1010 f | 26e | %0 | B2 |
| 0/252 h | 4/64 f | 622 j | 26e | %25 | |
| 0/271 f | 5/9 c | 1232 c | 27e | %50 | |
| 0/374 a | 6/7 a | 558 m | 26e | %75 | |
| 0/309 c | 6/15 b | 502 o | 27e | %100 | |

B1: باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد (سودوموناس)، B2: باکتری‌های حل‌کننده فسفات

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، از لحاظ آماری (روش دانکن) تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

کودهای شیمیایی فسفره با باکتری‌های حل‌کننده فسفات تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه لوبیا، اجزای عملکرد و محتوای نیتروژن و فسفر و روی دانه داشت. (احمد و ال-آباجی، 2007). تحقیقی به منظور بررسی توانایی باکتری‌های حل‌کننده فسفات، در بهبود بخشیدن رشد سبب-زمینی انجام دادند که نتایج نشان دهنده افزایش قابلیت دسترسی فسفر و آهن در خاک‌ها و در نتیجه افزایش رشد گیاه و جذب فسفر و آهن توسط گیاه بود. (کومار و سینگ، 2011) افزایش قابل توجهی در ارتفاع بوته سورگوم با تلقیح با باکتری ازتوباکترکروکوموم گزارش کردند. (چاندرااسکار و همکاران، 2005) نیز بیشترین ارتفاع گیاه را در تیمارهای درمان شده با ازوسپریلوم مشاهده کرد.

بحث درباره نتایج

در پژوهش حاضر کاربرد کودهای زیستی حاوی باکتری‌های محرک رشد گیاه (B1) حل‌کننده فسفات (B2) در مقایسه با شاهد تلقیح نشده وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، وزن خیار (جول 4) و همچنین غلظت نیتروژن، فسفر و آهن را در بخش هوایی

نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که عملکرد خیار در حضور کودهای زیستی افزایش یافته است. همچنین اندام هوایی خیار در حضور باکتری‌ها قادر به تجمع مقادیر بالایی از فلزات روی، نیتروژن و فسفر و آهن در بافت‌های خود می‌باشد. میزان کلروفیل، طول بوته خیارها، وزن تر و خشک اندام هوایی و وزن تر و خشک ریشه نیز در حضور باکتری‌ها بیشتر است. به عبارت دیگر حضور این دو نوع باکتری در خاک باعث افزایش فاکتورهای رشد خیار می‌شوند.

نتایج دیگر محققان در این راستا نیز نتایج مشابهی را نشان داده است به طوریکه (افضل و همکاران، 2005) اظهار داشتند میکروارگانیزم‌های حل‌کننده فسفات به تنهایی یا همراه با دیگر ترکیبات اثرات عمیقی بر دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد پنجه در متر مربع و محتوای فسفر دانه داشتند. (حسن زاده و همکاران، 2006) نیز اظهار کردند که عملکرد ذرت با کاربرد کودهای زیستی فسفات‌ها افزایش پیدا کرد که این می‌تواند منجر به افزایش جذب دیگر عناصر غذایی نیز شود. همچنین (ال-گیزاوی و محاسن، 2009) بیان کردند کاربرد

را بیشتر از تلقیح آنها به تنهایی تحریک می‌کند. در گزارشات دیگری سویه‌های *P. fluorescent* و *P. putida* به افزایش عملکرد سیب‌زمینی، بادام زمینی، دانه‌های روغنی، برنج، چغندر قند، نیشکر، کاهو، سیب درختی، مرکبات، لوبیا، سبزیجات و گندم کمک کردند (باشان 2000، مهتا 1995، رودریگز 1999 و ساندارا 2002).

بر اساس نتایج مندرج در جداول 6 و 7 افزایش مصرف کود شیمیایی فسفوری باعث افزایش شاخص‌های اندازه‌گیری شده گردید و بیشترین مقادیر اکثر شاخص‌ها در سطح 75 درصد مقدار توصیه شده بدست آمد و مصرف 100 درصد باعث کاهش برخی شاخص‌ها در مقایسه با سطح 75 درصد گردید. یکی از دلایل احتمالی این امر تداخل عناصر با یکدیگر در گیاه می‌باشد، در برخی گزارشات آمده است که آنزیم‌های مؤثر در متابولیسم روی در غلظت‌های بالای فسفر اختلال ایجاد می‌شود و در نتیجه متابولیسم آن در گیاه دچار اشکال می‌گردد (مارشور، 1995). از طرفی این نتایج گویای این واقعیت است که سطوح بحرانی منظور شده برای گیاهان در خصوص عناصر غذایی در بسیاری از موارد نیاز به بازنگری و تدقیق دارند.

در اثرات متقابل سطوح کود شیمیایی فسفوره و کودهای زیستی بکار رفته مشخص گردید که بالاترین غلظت فسفر و نیتروژن در بوته‌های خیار در تیمار 75 درصد مصرف کود شیمیایی + مصرف کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات حاصل شد در حالیکه بالاترین غلظت آهن و روی در تیمار شاهد (بدون کود و بدون تلقیح) بدست آمد. علت غلظت بالاتر آهن و روی در تیمار شاهد اثر رقت (dilution effect) می‌باشد، زیرا در تیمارهای دیگر بدلیل بهبود شرایط رشد گیاه در مقایسه با شاهد گیاه رشد بهتری داشته و وزن اندام هوایی آن افزایش می‌یابد و در نهایت غلظت عناصر در اندام هوایی کم می‌شود، در حالیکه در تیمار شاهد بدلیل رشد کمتر اندام هوایی این رقت صورت نگرفته و غلظت بالاتر نشان می‌دهد. بالاتر بودن غلظت فسفر و نیتروژن به اثر کود شیمیایی مصرف شده و نیز باکتری حل‌کننده فسفات بر می‌گردد. با وجود رشد بهتر گیاه در این تیمار و وجود اثر رقت، همچنان غلظت فسفر و نیتروژن در این تیمار بیشترین است. شاید یکی از دلایل کارکرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات در افزایش کارایی کود شیمیایی فسفوره مصرفی باشد در گزارش برخی محققین به این موضوع اشاره شده است، در مطالعه سودهانسو و پال (سودهانسو 1993) مصرف باکتری‌های حل‌کننده فسفر راندامان مصرف فسفر را به شدت افزایش داد. در بررسی

بوته‌های خیار بطور معنی‌دار افزایش داد. میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات گروهی از ریز جانداران خاکزی هستند که به عنوان اجزا مکمل چرخه فسفر قادرند از طریق مکانیسم‌های مختلف، فسفر را از منابع نامحلول آزاد کند (صالح راستین 1384). افزایش عملکرد محصول با مکانیزم‌های مختلف به عنوان نقش حل‌کننده‌های فسفات گزارش شده است (وایتلو 2000، مصطفی 2006، پاردهان و سوکلا 2006 و جانیشوار 2002). میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات بصورت ساپروفیت در منطقه ریشه (ریزوسفر) فعالیت نموده و با مصرف ترشحات ریشه ترکیبات نامحلول فسفات (مانند تری کلسیم فسفات) را بصورت محلول قابل جذب گیاه در می‌آورند. این میکروارگانیسم‌ها با تولید و ترشح اسیدهای آلی اعم از مالیک، سوکسینیک، پروپیونیک، لاکتیک، سیتریک، کتوگلوئیک، در حالیت فسفات‌های معدنی و کم محلول مؤثر می‌باشند اسید سیتریک و اسید آگزالیک با کلاته کردن و تشکیل کمپلکس‌های پایدار با کاتیون‌های آهن و آلومینیوم و کلسیم سبب آزاد شدن فسفات به داخل خاک می‌شوند.

اسید گلوکونیک و 2- کتوآگزالیک با آزادسازی پروتون سبب کاهش pH محیط و انحلال فسفات‌های معدنی نامحلول می‌گردند (سلیسیور 1382)، بعلاوه بسیاری از آنها با تولید آنزیم فسفاتاز آزاد شدن فسفر از ترکیبات آلی فسفردار را موجب می‌شوند. با توجه به اینکه مقدار فسفر قابل جذب خاک کمتر از حد بحرانی برای خیار می‌باشد (جدول 1) لذا باکتری‌های حل‌کننده توانسته‌اند در تأمین فسفر گیاه و در نهایت افزایش غلظت فسفر در بوته‌ها و افزایش وزن خشک بوته‌ها مؤثر واقع شوند.

باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌توانند با سنتز هورمون‌های گیاهی موجب افزایش رشد گیاه شوند. این باکتری‌ها با توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه باعث افزایش سطح جذب گیاه می‌شوند. آزمایشات متعددی نشان داده است که استفاده از این میکروارگانیسم‌ها به عنوان کود زیستی باعث افزایش جذب نیتروژن و فسفر می‌شود (چن 2002، ریچاردسون 2001 و ساهو 2000). شارما 2003 طی آزمایشات خود با مصرف توأم باکتری‌های حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده ازت، دریافتند که میزان جذب برخی عناصر دیگر نیز تحت تأثیر کودهای زیستی قرار می‌گیرد به طوری که میزان کلسیم دانه گندم به طور معنی‌داری افزایش یافت. پروین و همکاران 2002 در نشان دادند که کاربرد همزمان ریزوبیوم و میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات در شرایط کمبود فسفر رشد گیاه

جذب خالص در مقایسه با کاربرد کودهای شیمیایی به تنهایی شد. علیجانی و همکاران (1387) تحقیقی به منظور مطالعه تأثیر کود سوپر فسفات تریپل در سه سطح (0، 40 و 80 کیلوگرم فسفر خالص در هکتار) در تلفیق با کود زیستی بارور-2 بر میزان عملکرد و تولید اسانس گیاه دارویی بابونه آلمانی (*Matricaria recutita* L) دریافتند که بین تیمارهای کود فسفره از نظر عملکرد (تعداد گل و وزن خشک گل) اختلاف معنی‌داری در سطح 1% وجود دارد و میزان 40 کیلوگرم فسفر در تلفیق با کود زیستی با تولید 452/93 گل و 7/74 گرم گل خشک در بوته بیشترین عملکرد را در مقایسه با سایر تیمارهای کودی داشته است. همچنین تیمار 40 کیلوگرم فسفر در تلفیق با کود زیستی دارای بالاترین عملکرد اسانس و درصد کامازولن می‌باشد.

در آزمایشات مزرعه‌ای مقادیر مختلف کود شیمیایی شامل صفر، 150، 75 و 250 کیلوگرم کود شیمیایی فسفات آمونیوم در هکتار و کودهای بیولوژیک فسفر مصرف شدند. نتایج آزمایش‌های سال اول نشان داد که تیمارهای کود فسفر باکتریایی (P5) و بعد از آن (P5+P13) با عملکردهای متوسط 7/17 و 6/17 تن در هکتار بوده است. در این آزمایش اختلاف معنی‌داری بین مقادیر مختلف کود فسفات آمونیوم در سطح آماری 5% دیده نشد. بررسی اثرات ترکیبی کود باکتریایی و کود شیمیایی نشان داد که کاربرد 250 کیلوگرم کود شیمیایی فسفات آمونیوم در هکتار به همراه باکتری‌های (P5+P13) بالاترین عملکرد به مقدار 20/2 تن در هکتار را داشت. نتایج آزمایش‌های سال دوم نشان داد بالاترین میزان عملکرد سیب‌زمینی در کرج با استفاده از تیمار باکتریایی (P5+P13) و مصرف 50 کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم به دست آمد.

رشد و تولید عملکرد مطلوب گیاهان زراعی نیازمند حاصلخیزی و در دسترس بودن عناصر غذایی در خاک است. کودها همواره به منظور تکمیل عناصر غذایی موجود در خاک به کار می‌روند. کاربرد کودهای شیمیایی و آلی برای تغذیه خاک و گیاه دارای مزایا و پیامدهای گوناگونی است. از یک طرف کودهای شیمیایی دارای عناصر غذایی قابل حلی هستند که فوراً در دسترس گیاه قرار می‌گیرند، قیمت نسبتاً پایینی دارند و اثر بخشی سریع آنها، توجه اغلب کشاورزان را به خود جلب کرده است. اما این تمام ماجرا نیست، استفاده پیوسته و بی‌رویه از کودهای شیمیایی می‌تواند سلامت بشر و محیط زیست را با چالش‌های جدی مواجه سازد. کودهای زیستی فسفات‌ها علاوه بر صرفه‌جویی و کاهش مصرف کود شیمیایی

که افتخاری و همکاران (1388) در تحقیقی جهت بررسی اثرات باکتری‌های حل‌کننده فسفات و کودهای فسفات‌ه بر چگونگی رشد برنج نشان دادند که بالاترین مقدار تجمع ماده خشک در ساقه و تجمع ماده خشک کل در تیمار ترکیبی باکتری حل‌کننده فسفات به همراه سنگ فسفات مشاهده گردید. همچنین در پایان رشد بیشترین مقدار ماده خشک ریشه و نسبت ریشه به ساقه مربوط به تیمار سنگ فسفات + باکتری حل‌کننده فسفات بود و بیشترین ماده خشک برگ از تیمار سوپر تریپل 50% به دست آمد. باکتری‌های حل‌کننده فسفات و رایزوباکترهای افزاینده رشد گیاه همراه با هم می‌توانند کاربرد کود فسفات را بدون هر گونه کاهش معنی‌داری در عملکرد محصول تا 50% کاهش دهند (جیلانی و همکاران 1983). کارلتی (2002) در بررسی باکتری‌های محرک رشد بر افزایش رشد گیاهان چنین نتیجه‌گیری کرد که باکتری‌های ازتوباکتر از طریق سنتز هورمون‌های محرک رشد مثل ایندول استیک اسید، جیبرلین‌ها، سیتوکینین‌ها باعث افزایش رشد گیاه، درصد جوانه زنی بذرها، ریشه زایی و گسترش ریشه می‌گردند. استفاده از سویه‌هایی از پی-پوتیدا و پی فلورسنت توانسته طولی شدگی ساقه‌ها، شاخه‌ها و ریشه‌ها را در محصول کلزا، کاهو و گوجه-فرنگی افزایش دهد (هال و همکاران 1996).

هاشم و ایباید (2011) به منظور بررسی توانایی باکتری‌های حل‌کننده فسفات، باسیلوس پلی میکسا واریته فسفاتیکوم برای بهبود رشد سیب‌زمینی انجام دادند، نتایج نشان دهنده افزایش جذب فسفر بود. نتایج تحقیقات محققان نشان داده کودهای زیستی فسفات‌ه به فرم‌های میکروارگانیزم‌ها به خصوص باکتری‌های حل‌کننده فسفات در رایزوسفر می‌توانند به افزایش قابلیت دسترسی فسفات برای رشد گیاهان کمک کنند (ناتیل و همکاران 2011). کاظمی و همکاران (1390) به منظور بررسی اثر باکتری‌های آزاد کننده فسفر بر ذرت انجام گرفت نتایج آزمایش نشان داد که با تلفیق فسفر بیولوژیک و فسفات آمونیوم صفات وزن صد دانه، تعداد دانه در بلال، عملکرد دانه در هکتار، عملکرد بیولوژیک به طور معنی‌داری افزایش یافت. با مصرف باکتری‌های آزاد کننده فسفر کود فسفر تا 50% کاهش یافت بدون آنکه در محصول عملکرد دانه افت معنی‌داری ایجاد شود. ابراهیم پور و همکاران (1390) اثرات کاربرد کودهای بیولوژیک در ترکیب با کود شیمیایی بر شاخص‌های رشد ذرت را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد کاربرد تلفیقی کودهای بیولوژیک با کود شیمیایی باعث افزایش شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک، سرعت رشد محصول و سرعت

است تحقیقات گسترده‌تری در شرایط متفاوت خاکی و اقلیمی بر روی محصولات مختلف انجام شود تا بتوان توصیه و پیشنهاد جامع‌تری را ارائه نمود.

فسفات، باعث جذب بیشتر فسفر توسط گیاهان و در نتیجه افزایش رشد آن شده و مقاومت گیاهی به بیماری را افزایش می‌دهد. در مجموع نتایج بدست آمده در این پژوهش برای شرایط موجود در پژوهش مصداق داشته و قابل تعمیم به سایر شرایط و محصولات نیست، لذا لازم

فهرست منابع:

1. ابراهیم پور، ف. عیدی زاده، خ. ابراهیم، م. ع. 1390. اثرات کاربرد کودهای بیولوژیک در ترکیب با کود شیمیایی بر شاخص‌های رشد ذرت در شوشتر. اولین همایش ملی راهبردهای دستیابی به کشاورزی پایدار. خوزستان.
2. افتخاری، س. ق. فلاح نصرت آباد، ع. اکبری، غ. ع. محدثی، ع. و دادی، ا. ا. 1388. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). اثر باکتری‌های حل‌کننده فسفات و کودهای فسفات بر چگونگی رشد برنج. جلد 23، شماره 2.
3. امامی، ع. 1375. روش‌های تجزیه گیاه. موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه شماره 982. جلد اول. نشر آموزش کشاورزی. تهران. ایران.
4. سلیسپور، م. 1382. مطالعه مزرعه‌ای اثر بخشی کودهای میکروبی فسفات حاوی میکرو ارگانیزم‌های حل‌کننده فسفات بر عملکرد کمی و کیفی ذرت. سومین همایش ملی توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی.
5. صالح راستین، ن. 1380. کودهای بیولوژیک و نقش آنها در راستای نیل به کشاورزی پایدار. مجله علوم خاک و آب. ویژه نامه کودهای بیولوژیک. صفحه 127.
6. علیجانی، م. امینی دهقی، م. ملبوبی، م. ع. زاهدی، م. و محمدی ثانوی، س. ع. م. 1387. تأثیر سطوح مختلف کود فسفره در تلفیق با کود زیستی فسفات بارور-2 بر عملکرد، مقدار اسانس و درصد کامازولن گیاه دارویی بابونه آلمانی (*Matricaria recutita* L). فصلنامه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، سال بیست و هفتم، شماره 3.
7. کاظمی، ش. آذر آبادی، س. رحیم زاده خوبی، ف. نظری، ن. و. 1390. اثر باکتری‌های آزاد کننده فسفر در ذرت. اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی. ساوه.
8. Afzal, A., M. Ashraf., S. Asad., and M. Farooq. 2005. Effect of Phosphate Solubilizing Microorganisms on Phosphorus uptake, Yield and Yield Traits of Wheat (*Triticum aestivum* L.) in Rainfed Area. *International Journal of Agriculture and Biology*. 2: 207-209.
9. Ahmed, M. A., and H. M. H. El-Abagy. 2007. Effect of bio-and mineral phosphorus fertilizer on the growth, productivity and nutritional value of some faba bean (*Vicia faba*, L) cultivars in newly cultivated land. *Journal of Applied Science*. 6: 408-420.
10. Alikhan, A., G. Jilani., A. M. Saleem., N. S. M. Saqlan., and M. Rasheed. (2009). Phosphorus solubilizing bacteria: Occurrence, mechanisms and their role in crop production. *Journal of Agriculture Biology Science*. 1: 48-58.
11. Bashan, Y., Moreno, M and E. Troyo. 2000. Growth promotion of the oilseed halophyte *salicomia* in seawater inoculated with mangrove rhizopher bacteria and azospirillum. *Bhofertilizer Soil*. 184:311-321.
12. Biswas, B. C., D. S. Yadov., and S. Maheshwari. 1985. Biofertilizers in Indian Agriculture. *Fertilizer News*. 10: 20-28.
13. Carletti, S. 2002. Use of plant Growth promoting Rhizobacteria in plant micropropagation. www.ag. Auburun. Edu/argentina/pdf manuscript/ carletti, pdf.
14. Chabot, R. 1996. Growth promotion of maize on lettuce by phosphate-solubilizing rhizobium *leguminosarum* biovar *phaseoli*. *Plant and Soil*. 184: 311-321.

15. Chandrasekar, B. R., G. Ambrose., and N. Jayabalan. 2005. Influence of biofertilizers and nitrogen source level on the growth and yield of *Echinochloa Frumentacea* (Roxb.) Link. *Journal of Agricultural Technology*. 1: 223-234.
16. Chen, J. Tong, Z. G and S. Hu . 2002. Phosphate solubilizing rhizosphere soils of 19 weeds in Southeastern china. *Journal of Zhejiang University Science*. 33:355-361.
17. El-Gizawy, N. K. B., and S. A. S., Mehasen. 2009. Response of faba bean to bio, mineral phosphorus fertilizers and foliar application with zinc. *World Applied Sciences Journal*. 10: 1359-1365.
18. Gharib, F. A., L. A. Moussa, and O. N. Massoud. 2008. Effect of compost and bio-fertilizers on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (*Marjorana hortensis*) plant. *International Journal of Agriculture and Biology*. 4: 385-387.
19. Halder, A. K., and P. K. Chakrabaty. 1990. Solubilization of roke phosphate by rhizobium andbrady rhizobium. *Journal of Genetic Applhed Microbial*. 39: 82-89
20. Hall, J. A., Pierson, D., Ghosh, S. and B. R. Glick. 1996. Root elongation in various agronomic crops by the plant growth promotion rhizibacteria *Pseudomonas putida* GR12-2. *Israealof Journal Plant Science*. 44:37-42.
21. Hashem, M., M. Ebaid., and M. A. Ibrahim. 2011. Effect of Inoculation with *Bacillus polymyxa* Mutants on Growth, Phosphorous and Iron Uptake by Tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) in Calcareous Soils. *International Journal of Soil Science*. 3: 176-187.
22. Hashem, M., M., Ebaid and M. A. Ibrahim. 2011. Effect of Inoculation with *Bacillus polymyxa* Mutants on Growth, Phosphorous and Iron Uptake by Tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) in Calcareous Soils. *International Journal of Soil Science*. 6(3): 176-187.
23. Kachroo, D., and R. Razdan. 2006. Growth, Nutrient uptake and yield of Wheat (*Triticum aestivum*) as influenced by biofertilizers and nitrogen. *Indian Journal of Agronomy*. 1: 37-39.
24. Kannaiyan, S. 2002. *Biotechnology of Biofertilizers*. Alpha Science International Ltd. Pang bourne. England.
25. Katyal, J. C., B. Nenkataashwarlu., and S. K. Das. 1994. Biofertilizer for Nutrient Supplementation in Dryland Agriculture. *Fertilizer News letter*. 4: 27-32.
26. Kumar, V., and K. P. Singh. 2001. Enriching vermicompost by nitrogen fixing and phosphate solubilizing bacteria. *Bioresource Technology*. 2: 173-175.
27. Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*, Second Edition , Academic Press, 84 Theobald's Road, London, WCIX 8RR.
28. Mehta, A. C., Malavia, D. D., Kaneria, B. B and V. D. Khanpara. 1995. Effect of phosphatic biofertilizers in conjunction with organic and inorganic fertilizers on growth and yield of groundnut (*Arachis hypogaea*). *Indian Journal Agronomy*. 40:709-710.
29. Mostafa, G. G and A. B. A. M. Abo-Baker, 2010. Effect of bio and chemical fertilization on growth of sunflower (*Helanthus annuus* L.) at south valley area. *Asian Journal of Crop Science* 2:137-146.
30. Nautiyal, C. S., Bhadauria, S., Kumar, P., Lal, H., Mondal, R and D. Verma. 2000. Stress induced phosphate solubilization in bacteria isolated from alkaline soils. *FEMS Microbiology Letter*, 182:291-296.
31. Perveen, S., Khan, M. S and , A. Zaidi. 2002. Effectof rhizospheric microorganisms on growth and yield of green gram (*Phaseolus radiates*). *Indian Journal of Agricultural Science*. 72:421-423.
32. Pradhan, N. and L. B. Sukla. 2006. Solubilization of inorganic phosphate by isolated from agriculture soil. *African Journal of Biotechnology*, 5: 850-854.
33. Raghu, K., and I. C. Macrae. 2000. Occurrence of phosphate-dissolving microorganisms in the rhizosphere of rice plants and in submerged soils. *Journal of Applied Bacteriology*. 29:560-582.

34. Ramesh, P. 2008. Organic farming in rainfed agriculture.. Central institute for dry land agriculture. Hyderabad. PP: 13-17.
35. Rashid, M.T., M. Yaseen., and M. S. Zia. 1994. Phosphorus availability to wheat in three calcareous soils of rice tract. Proceeding of 4th National Congress of Soil science., Islamabad. pp: 265.
36. Richardson, A. E. 2001. Prospects for using soil microorganisms to improve the acquisition of phosphorus by plant. Australian Journal Plant Physiology. 28:879-906.
37. Rodriguez, H and R. Fraga. 1999. Phosphat solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. Biotechnology Advance. 17(4-5):319-339.
38. Sabashini, H. D., S. Malavannan., and P. Kumar. 2007. Effect of biofertilizers on yield of rice cultivars in Pondicherry, India. Asian Journal of agriculture Research. 3:146-150.
39. Sahu, S. N and B. B. Jana. 2000. Enhancement of the fertilizer value of rock phosphate engineered through phosphate solubilizing bacteria. Ecological Engineering. 15(1-2):27-39.
40. Sharma, A. K. 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios Indian Publications. pp: 456.
41. Son, T. T. N., C. N. Diep., and T. T. M. Giang. 2006. Effect of *Bradyrhizobia* and phosphate solubilizing bacteria application on Soybean in rotational system in the Mekong delta. Omonrice. 14: 48-57.
42. . Sperber, J.I. 1985. The incidence of apatite solubilizing organisms in the rhizosphere and soil. Aust. J. Agric. Res. 9:778-781.
43. Sundara, B., Natrayan, V and, K. Hari. 2002. Influence of phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soil available phosphorous and sugarcane and sugar yields. Field Crop Research. 77(1):43-49.
44. Venkatarman, G. S., and S. Shanugasundaram. 1992. Algal biofertilizers technology for rice. DBT Centre for BGA. Bio-fertilizer. Madurai Kamraj University. Madurai. pp: 621-625.
45. Venkataswarlu, B. 2008. Role of Bio-fertilizers in organic farming in rainfed agriculture. Central institute for dry land agriculture. Hyderabad. pp:85-95.
46. Vessey, j. k. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. Plant and Soil. 255:571-586.
47. Whitelaw, M. A. 2000. Growth promotion of plants inoculated with phosphate-solubilizing fungi. Advances in Agronomy, 69: 99-152.