

تأثیر مایه‌زنی به بذر و خاک زادمایه باکتری افزایش‌دهنده رشد گیاه (سودوموناس فلورسنس) بر عملکرد و جذب برخی عناصر در ذرت

شایان شریعتی¹، حسینعلی علیخانی^{2*}، احمد علی پوربابائی³، فاطمه شریعتی⁴

1- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی علوم خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

2- نویسنده مسوول: دانشیار گروه مهندسی علوم خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (halikhan@ut.ac.ir)

3- استادیار گروه مهندسی علوم خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

4- گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان

تاریخ پذیرش: 1393/02/03

تاریخ دریافت: 1392/07/28

چکیده

توانایی باکتری افزایش‌دهنده رشد گیاه سودوموناس فلورسنس در افزایش عملکرد و جذب عناصر غذایی گیاه ذرت انجام گردید. بدین منظور از موادی مانند نانوذره مزوپور سیلیسی، ورمی کمپوست، بنتونیت و ترکیبی از این سه ماده به عنوان حامل بهره‌گیری کرده و پس از نگهداری زادمایه‌ها به مدت شش ماه، برای کشت گیاه زادمایه‌ها به دو روش مایه‌زنی به خاک و بذر مورد بهره‌برداری قرار گرفتند. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار، 3 تیمار زادمایه و 2 تیمار کودی دی آمونیوم فسفات، سوپرفسفات ساده و شاهد (فاقد کود فسفره) به دو روش مایه‌زنی به خاک و بذر انجام شد. پس از گذشت 60 روز از رشد گیاه ذرت برخی شاخص‌های رشد گیاه و غلظت برخی عناصر اندام هوایی گیاه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد زادمایه باکتری سودوموناس فلورسنس به ترتیب 74، 46 و 22/1 درصد میزان فسفر اندام هوایی، عملکرد کل و کلروفیل را به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاه شاهد افزایش داد ($P < 0/05$) اما تفاوت معنی‌داری با تیمارهای کود فسفری نشان نداد ($P > 0/05$). زادمایه بر پایه ورمی کمپوست توانست به‌طور معنی‌داری آهن و روی اندام هوایی را به ترتیب 114 و 53/6 درصد نسبت به گیاه شاهد افزایش دهد ($P < 0/05$). مقایسات ارتوگونال بین دو روش مایه‌زنی به بذر و خاک نشان داد که در فاکتور فسفر اندام هوایی در رویه 5 درصد روش مایه‌زنی به بذر شایسته‌تر بوده و در دیگر فاکتورها تفاوت معنی‌داری بین این دو روش دیده نشد ($P < 0/05$).

کلیدواژه‌ها: ذرت، سودوموناس فلورسنس، عناصر غذایی، نانوذره مزوپورسیلیسی، ورمی کمپوست

مقدمه

عدم وجود امنیت غذایی در قرن بیست و یکم به دلیل گرما و تنش خشکی ناشی از تغییر اقلیم به عنوان یکی از بزرگترین دشواری‌های جهان به شمار می‌رود (باتیستی و نیلر¹، 2009). این موضوع نشان‌گر یک نیاز ضروری برای یافتن فناوری‌های جدید کشاورزی به

منظور رسیدن به محصولات با کیفیت و راندمان شایسته می‌باشد، که در ضمن به منابع طبیعی و حفظ خاک‌های حاصل‌خیز نیز توجه داشته باشد. امروزه بهره‌گیری از کودهای زیستی دارای ریزسازواره‌های سودمند به جای کودهای شیمیایی به عنوان عامل‌های بهبود دهنده رشد گیاهان، جذب عناصر غذایی و کمک کننده به حفظ سلامت محیط زیست و باروری خاک به عنوان راه حل

1- Battisti and Naylor

بهره‌گیری کردند و به جهت راندمان مصرف بالای نانوکودها (لیو و همکاران¹²، 2006)، مطالعات کم موجود درباره اثر متقابل بین باکتری‌ها و نانوذرات مزوپور سیلیسی، اثر سمیت سیلیس بر رشد باکتری‌ها (لی یانگ و همکاران¹³، 2004) و نیز عدم سمیت سیلیس حتی در غلظت‌های زیاد برای گیاه (ریچموند و سوسمان¹⁴، 2003)، در این پژوهش از نانوذره نانوپروسیل-1 (lus-1) به گونه جدا از هم و در ترکیب ورمی کمپوست (سکار و کامرگام¹⁵، 2010) و بنتونیت (بشارتی و همکاران، 1383) به عنوان حامل باکتری سودوموناس فلورسنس و محرک شاخص‌های رشدی و جذب عناصر غذایی گیاه ذرت بهره‌گیری شد. نانوذره نانوپروسیل-1 (lus-1) نوعی سیلیکات از خانواده مزوپورهای سیلیسی است که ساختاری مشابه MCM-41 داشته و دارای آرایش هگزاگونال یک بعدی می‌باشد، با این تفاوت که در آن استحکام بالاتری مشاهده می‌شود. متوسط اندازه حفرات آن 3 نانومتر و 84 درصد تخلخل این ماده در اندازه مزوحفره (2 تا 50 نانومتر) می‌باشد (بنویت¹⁶، 2001).

مواد و روش‌ها

انتخاب باکتری‌ها

با توجه به اطلاعات موجود در بانک ژن باکتری‌های سودمند خاکری گروه مهندسی علوم خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران سویه شماره 59 از باکتری سودوموناس فلورسنس که دارای توان بالای انحلال فسفر بود، انتخاب و برای تأیید آزمون کیفی انحلال فسفات‌های نامحلول آلی و معدنی (جئون و همکاران¹⁷، 2003)، آزمون‌های توان تولید

شایسته‌ای برای مقابله با هزینه بالا و آلودگی‌های زیست محیطی کودهای شیمیایی شناخته شده‌اند (آدسمیو و کلویپر¹، 2009). با توجه به این که فسفر جزء عناصر ضروری پرمصرف بوده، به دلیل تثبیت توسط کلسیم در خاک‌های قلیایی و آهن و آلومینیوم در خاک‌های اسیدی از دسترس گیاه خارج می‌شود. ریزسازواره‌های حل‌کننده فسفات‌های نامحلول به عنوان یکی از رایج‌ترین کودهای زیستی به خاک افزوده شده تا فراهمی فسفر برای گیاهان را افزایش دهند و سبب بهبود رشد گیاه شوند (سینگ و همکاران²، 2011). در میان باکتری‌ها، سودوموناس‌های فلورسنس³ ریزوسفری از جمله باکتری‌های افزاینده رشد گیاه⁴ هستند که در اغلب خاک‌های کشاورزی وجود دارند و دارای ویژگی‌های محرک رشد مختلفی می‌باشند (ویاس و همکاران⁵، 2009). این باکتری‌ها به‌ویژه از طریق انحلال فسفات‌های نامحلول آلی و معدنی میزان فسفر محلول و قابل جذب را افزایش داده و در نتیجه قابلیت جذب فسفر توسط گیاه را زیاد می‌کنند (وآسلیو و همکاران⁶، 2006). پژوهشگران بیان کردند که افزودن باکتری سودوموناس فلورسنس باعث افزایش عملکرد در گیاهان مختلف شده است (کمال و همکاران⁷، 2008؛ علی پور و سبحانی پور⁸، 2012). برای مایه‌زنی زادمایه باکتری‌های افزاینده رشد گیاه از مواد مختلفی به عنوان حامل بهره‌گیری می‌شود. با توجه به این که پژوهشگران از مواد سنتتیک متفاوتی مانند پلی اکریل آمید⁹ (دومرگوئس و همکاران¹⁰، 1979) و ژئولیت (جاشی و همکاران¹¹، 2007) به عنوان حامل باکتری

1- Adesemoye *et al.*

2- Singh *et al.*

3- Pseudomonas fluorescens

4- Plant Growth Promoting Rhizobacteria

5- Vyas *et al.*

6- Vassilev *et al.*

7- Kamal *et al.*

8- Alipour and Sobhanipour

9- Polyacrylamide

10- Dommergues *et al.*

11- Joshi *et al.*

12- Liu *et al.*

13- Liang *et al.*

14- Richmond and Sussman

15- Sekar and Karmegam

16- Bonneviot

17- Jeon *et al.*

مایه تلقیح تنظیم گردیده (شارتی و همکاران، 1383) و با توجه به رطوبت ظرفیت زراعی (FC)⁸ مواد به حامل‌ها ها افزوده شد. برای تعیین جمعیت باکتری‌ها در ابتدای آزمایش، نیم ساعت بعد از مایه‌زنی باکتری به حامل‌ها، جمعیت زادمایه در زمان صفر نیز با روش شمارش مستقیم کلنی از روی پلیت⁹ اندازه‌گیری شد. آن‌گاه بسته‌های مواد حامل ابتدا به مدت 15 روز در گرمخانه و دمای 28 درجه و سپس تا پایان شش ماه در یخچال و دمای 4 درجه سلسیوس نگهداری شدند (مشهدی و اصغرزاده، 1383). در پایان 6 ماه دوره نگهداری جمعیت زادمایه‌ها با روش شمارش مستقیم کلونی از روی پلیت اندازه‌گیری گردید (آلبردا و همکاران¹⁰، 2008).

آزمون گلخانه‌ای

برای انجام آزمون گلخانه‌ای نمونه برداری از خاک سطحی (عمق 0-30 سانتیمتری) منطقه کردان شهرستان کرج در استان البرز انجام گردید و خاک بعد از انتقال به آزمایشگاه، هوا خشک و کوبیده شده و از الک چهار میلیمتری گذرانده شد و به مقدار 4/5 کیلوگرم به هرگلدان افزوده گردید (خاک غیر استریل). همچنین مقداری از خاک‌های نمونه برداری شده نیز از الک دو میلیمتر گذرانده شد و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله بافت خاک، پتاسیم قابل دسترس گیاه با استات آمونیوم، pH خاک (عصاره اشباع)، قابلیت هدایت الکتریکی (عصاره اشباع)، کربن آلی، فسفر قابل جذب (روش اولسن)، نیتروژن کل خاک (کجلدال) (کارتر و گریگوریچ 2008) و عناصر روی، آهن و مس با (عصاره گیر DTPA) اندازه‌گیری شد (اسپارکس، 1996). جمعیت میکروبی خاک نیز با روش شمارش مستقیم کلونی از روی پلیت اندازه‌گیری گردید (آلبردا و همکاران، 2008). بذر ذرت رقم 260 سینگل کراس از

سیدروفور (الکساندر و زوبر¹، 1991) و اندول-3-استیک اسید (پاتن و گلیک²، 2002) نیز بر روی باکتری مورد نظر انجام شد.

آماده‌سازی زادمایه‌ها و بررسی جمعیت باکتری در تیمارهای حامل

در این آزمایش از مواد حامل نانوپروسیل-1 (L)، ورمی کمپوست (V)، بنتونیت (B) و ترکیبی از آن‌ها شامل نانوپروسیل-1 (L) + بنتونیت (B) + ورمی کمپوست (V) بهره‌گیری گردید. نانوپروسیل-1 از گروه شیمی معدنی دانشگاه تهران، ورمی کمپوست از مزرعه پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران و بنتونیت سدیمی نیز از شرکت آذرخش تهیه گردید. مواد حامل مذکور (نانوپروسیل-1، ورمی کمپوست و بنتونیت) ابتدا پودر شده و از الک 60 مش گذرانده شدند؛ سپس در آن خشک شده و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن‌ها اندازه‌گیری شد (اسپارکس³، 1996؛ کارتر و گریگوریچ⁴، 2008). برای استریل کردن حامل‌ها مقدار 50 گرم از نانوپروسیل-1 و بنتونیت خشک شده و به مدت یک ساعت در اتوکلاو در دمای 120 درجه و فشار 1 اتمسفر نگهداری شدند (پزنتی و همکاران⁵، 1991). همچنین برای استریل کردن ورمی کمپوست از روش استریل کردن با بخار⁶ به مدت یک ساعت (طی دو نوبت) بهره‌گیری گردید (استریدوم و رزنبرگ⁷، 1981). سپس در شرایط استریل تیمار ترکیبی این سه ماده با نسبت مساوی از هر ماده تهیه گردید. در ادامه سوسپانسیون باکتری سودوموناس فلورسنس تهیه و با بهره‌گیری از جدول استاندارد مک فارلند جمعیت در حد 10^9 باکتری به ازای هر میلی‌لیتر

1- Alexander and Zuberer

2- Patten and Glick

3- Sparks

4- Carter and Gregorich

5- Pesenti *et al.*

6- steam sterilization

7- Strijdom and Rensburg

8- Field Capacity

9-Plate Count (Viable Counts)

10- Albareda *et al.*

بانک ژن موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج دریافت گردید. برای مایه‌زنی بذر، بذرها با بهره‌گیری از الکل 96 درصد به مدت 30 ثانیه و هیپوکلریت سدیم 1 درصد به مدت 2 دقیقه ضد عفونی سطحی شدند. سپس برای حذف هیپوکلریت اضافی در سطح بذرها، بذرها با بهره‌گیری از آب مقطر استریل 10 بار شستشو شده، سپس 10 گرم بذر ذرت داخل کیسه پلاستیکی ریخته شد و یک قطره از محلول صمغ عربی 40 درصد به آن افزوده و به‌طور کامل مخلوط شد. آن‌گاه مقدار 2 گرم از تیمارهای زادمایه به بذرها، چسبناک افزوده و محتویات کیسه به خوبی تکان داده شد، به طوری که پوشش یکنواختی از زادمایه بر روی بذرها قرار گیرد. سپس بذرها روی فویل آلومینیومی ریخته شدند تا قدری رطوبت خود را از دست بدهند. به منظور مایه‌زنی زادمایه به خاک، ابتدا بذرها به روش ذکر شده ضد عفونی سطحی گردیده و آن‌گاه با توجه به نوع تیمار حامل مقدار 0/1 گرم از زادمایه‌های مختلف طبق طرح آزمایشی به خاک زیرین بذرها درون گلدان‌ها افزوده شد (باشان¹، 1998). آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار، 3 تیمار زادمایه و 2 تیمار کودی دی آمونیوم فسفات، سوپرفسفات ساده و شاهد (فاقد کود فسفره) به دو روش مایه‌زنی به خاک و بذر انجام شد. قبل از کشت کوددهی بر اساس آزمون خاک (جدول 3) با کود اوره به اندازه 300 کیلوگرم در هکتار به گونه تقسیط و در دو نوبت (زمان کاشت و یک ماه پس از کاشت)، یکی از کودهای دی آمونیوم فسفات و سوپرفسفات ساده به مقدار 16 میلی گرم در هر کیلوگرم (به ترتیب معادل 420 و 220 کیلوگرم در هکتار) به عنوان تیمار کود شیمیایی فسفره و سولفات پتاسیم 270 میلی گرم در کیلوگرم به گلدان‌ها افزوده شد. برای تامین عناصر کم مصرف نیز محلول هوگلند (40 میلی لیتر طی دو نوبت در هر گلدان) به گیاه

افزوده شد. قبل از کشت گیاه، گلدان‌ها در حد ظرفیت مزرعه آبیاری گردید و هنگامی که رطوبت شایسته جهت کشت فراهم شد، در هر گلدان شش بذر در عمق حدوداً 4 سانتیمتری کاشته شد و سپس گلدان‌ها به گلخانه منتقل و بعد از سبز شدن بذرها و استقرار گیاهان، تعداد بوته‌ها به دو عدد در هر گلدان کاهش یافت. طول دوره رشد 60 روز، شدت روشنایی 15000 لوکس و طول دوره روشنایی در ابتدا و انتهای دوره رشد به ترتیب 12 و 14 ساعت بود. متوسط دمای گلخانه 26 درجه سلسیوس و دامنه دمایی در گرمترین ساعات شبانه روز به 35 و در خنک‌ترین آن به 17 درجه سلسیوس می‌رسید. آبیاری بصورت روزانه و تا حدود 80% گنجایش زراعی (FC) به گونه وزنی انجام پذیرفت. بعد از 60 روز دوره نگهداری، سبزی‌نگی گیاه به روش SCMR و به وسیله دستگاه کلروفیل متر Konica Minolta مدل SPAD-502 اندازه‌گیری شد (حمیدی و همکاران، 1389). برای برداشت گیاه بوته‌ها از روی سطح خاک بریده شده و برگ‌ها و ساقه از یکدیگر جدا گردیدند. وزن خشک ریشه‌ها و بخش هوایی گیاه پس از خشک شدن در آون در دمای 75 درجه سلسیوس به مدت 72 ساعت، با ترازو (دقت 0/01 گرم) تعیین شد (حمیدی و همکاران، 1389). آن‌گاه نمونه‌های اندام هوایی آسیاب و به روش هضم خشک با اسید کلریدریک عصاره‌گیری شده (کوئینه²، 1980) و میزان فسفر، پتاسیم، آهن، مس و روی در عصاره گیاهی اندازه‌گیری گردید (رایان و همکاران³، 2001). داده‌های آزمون با بهره‌گیری از نرم افزار SAS نسخه شماره 9/2 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. مقایسه میانگین داده‌های آزمایشی نیز با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و مقایسه دو روش مایه‌زنی به خاک و بذر به وسیله آنالیز مقایسه‌های ارتوگونال در رویه پنج درصد انجام شد. برای رسم نمودار از نرم افزار Excel استفاده شد.

2- Cottenie
3- Ryan et al.

1- Bashan

به عنوان زادمایه در کشت گیاه ذرت بهره‌گیری نشد. بنتونیت علاوه بر ماده آلی کم بعد از جذب آب حالت چسبنده و خمیری پیدا می‌کند و شرایط تهویه‌ای شایسته‌ای برای باکتری‌های هوازی سودوموناس فلورسنس ایجاد نمی‌شود (بشارتی و همکاران، 1383). در واقع دلیل اصلی بهره‌گیری از بنتونیت در این پژوهش بهره‌گیری از چسبندگی بالای این ماده برای اتصال بهتر تیمار ترکیبی و چسبیدن زادمایه به سطح بذر بود. درباره برتری تیمار ترکیبی نانوپروسیل-1 (L) + بنتونیت (B) + ورمی کمپوست (V) محققان مختلفی برتری تیمارهای ترکیبی را گزارش کردند (سکار و کامرگام، 2010؛ گندی و سیواکومار، 2010). با توجه به نتایج حاصل از اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی (جدول 3)، خاک مورد مطالعه با بافت لومی، pH بالا، فسفر قابل جذب و درصد ماده آلی اندک ویژگی‌های مطلوبی را برای بررسی اثر افزودن زادمایه باکتری دارا بود.

وزن تر و عملکرد گیاه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد (جدول 4) که اثر تیمارها بر وزن تر و خشک گیاه معنی‌دار بود ($P < 0/01$). لیکن مقایسه ارتوگونال بین دو روش مایه‌زنی به خاک و بذر نیز نشان داد که این دو روش تفاوت معنی‌داری درباره این دو صفت با هم نداشتند ($P > 0/05$). همان‌طور که در شکل 1 ملاحظه می‌شود، مقایسه میانگین تیمارها برای دو صفت وزن تر و خشک گیاه در رویه 5 درصد نشان داد، تفاوت معنی‌داری بین مایه‌زنی به بذر (Se) و خاک (So) در تیمارهای ورمی کمپوست و نانوپروسیل-1 + بنتونیت + ورمی کمپوست با کودهای فسفره دی آمونیوم فسفات و سوپر فسفات ساده وجود نداشت ($P < 0/05$)؛ ولی تفاوت معنی‌داری با شاهد که فاقد کود فسفر بود، داشتند ($P > 0/05$). پاتن و گلیک (2002) بیان کردند باکتری‌های افزاینده رشد گیاه با مکانیسم‌های مختلفی مانند انحلال فسفات‌های نامحلول،

نتایج و بحث

نتایج آزمون کیفی انحلال فسفات‌های نامحلول معدنی و آلی نشان داد که نسبت قطر هاله به کلونی باکتری سودوموناس فلورسنس در محیط کشت با منبع فسفر آلی و معدنی به ترتیب 4/95 و 2/53 بود. شدووا و همکاران¹ (2008) توان انحلال فسفات‌های معدنی و آلی توسط جنس‌های متعلق به خانواده سودوموناس را گزارش کرده‌اند. نتایج آزمون توانایی تولید فیتوهورمون اندول-3 استیک اسید (IAA)² نیز نشان داد جدایه شماره 59 توانایی تولید 2/93 میلی گرم در لیتر اندول-3 استیک اسید را داشت. احمد و همکاران³ (2005) بیان کردند تولید غلظت‌های بالای اندول-3 استیک اسید توسط سودوموناس‌های فلورسنس یک ویژگی بارز برای اکثر این باکتری‌ها است. آزمون تولید سیدروفور نیز مثبت بوده و قطر هاله به کلونی 2/02 به دست آمد که نشان دهنده توانایی باکتری در تولید سیدروفور می‌باشد. یانگ و همکاران⁴ (2011) نقش موثر گونه سودوموناس فلورسنس در تولید سیدروفور را گزارش کردند.

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مواد حامل باکتری

همان‌طور که در جدول 1 دیده می‌شود، موادی که به عنوان حامل مورد بهره‌گیری قرار گرفتند، ویژگی‌های متفاوتی داشته، به‌طوری که در بین آنها ورمی کمپوست بیشترین میزان ماده آلی و عناصر غذایی را دارا بود و به دلیل تفاوت‌های موجود در مواد مانند قابلیت هدایت الکتریکی، pH، کربن آلی و مخلوطی از این سه ماده با نسبت مساوی تهیه گردید.

با توجه به این که در پایان 6 ماه دوره نگهداری زادمایه نانوذره نانوپروسیل-1 به تنهایی نتوانست جمعیت قابل قبولی از باکتری را نگه دارد (جدول 2)؛ لذا از آن

1- Shedova et al.

2- Indole-3-acetic acid

3- Ahmad et al.

4- Yang et al.

5- Gandhi and Sivakumar

شریعتی و همکاران: تاثیر مایه زنی به بذر و خاک زادمایه باکتری..

جدول 1- برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی مواد حامل باکتری

حامل	pH (عصاره 1:10)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	رطوبت گنجایش زراعی (FC)	نیترژن آلی	کربن آلی	فسفر قابل جذب	پتاسیم	آهن	مس	روی
				(%)				(میلی گرم بر کیلوگرم)		
نانوپروسیل-1	9/30	3/95	92	0	0	0	48/70	4/07	0/78	0/72
بنتونیت	8/02	0/96	70	0	0	0	3/98	15/10	1/52	0/51
ورمی کمپوست	7/34	1/72	86	7/4	17/7	1375	378/83	112/86	12/85	53/10

جدول 2- زادمایه های آزمایشی کشت گیاه ذرت

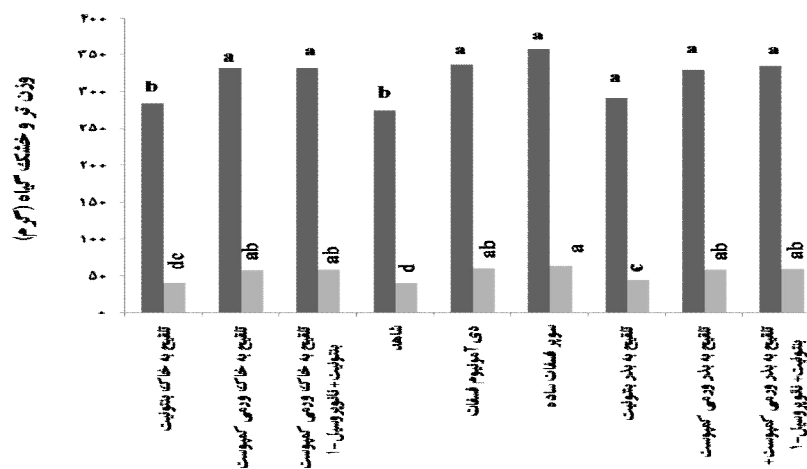
حامل	بنتونیت (B)	ورمی کمپوست (V)	نانوپروسیل-1+ بنتونیت+ ورمی کمپوست (L+B+V)
جمعیت زادمایه هنگام مایه زنی (CFUg ⁻¹)	8/31×10 ⁵	2/41×10 ⁷	6/44×10 ⁷

جدول 3- ویژگی های خاک

ویژگی	بافت	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	pH	کربن آلی (%)	نیترژن	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	آهن قابل جذب	مس قابل جذب	روی قابل جذب	جمعیت میکروبی (CFU/g)
مقدار	لومی	0/70	8/20	0/09	0/053	4/10	190	4/58	3/68	1/8	9/2×10 ⁶

جدول 4- تجزیه واریانس اثر تیمارها بر روی صفات مورد بررسی

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر	عملکرد ماده خشک	درصد فسفر	کلروفیل	پتاسیم	روی	آهن	مس
بلوک	2	130/12 ^{ns}	6/88 ^{ns}	0/0003 ^{ns}	18/10 [*]	0/010 ^{ns}	16/16 ^{ns}	110/48 ^{ns}	0/480 ^{ns}
تیمار	8	2468/17 ^{**}	226/05 ^{**}	0/0016 ^{**}	14/91 [*]	0/018 ^{ns}	42/39 ^{**}	615/06 ^{**}	0/540 ^{ns}
خطا	16	374/04	9/39	0/0001	4/15	0/061	6/69	90/91	0/430
ضریب تغییرات	-	6/04	5/70	12/64	6/80	10/110	9/33	15/12	15/410
مقایسه ارتوگونال	1	202/20 ^{ns}	0/46 ^{ns}	0/0009 [*]	2/91 ^{ns}	0/002 ^{ns}	10/52 ^{ns}	210/80 ^{ns}	0/024 ^{ns}



شکل 1- تاثیر کاربرد تیمارها بر وزن تر و خشک کل ذرت

1 درصد ($P < 0/01$) و برای کلروفیل گیاه در رویه 5 درصد معنی دار بود ($P < 0/05$).

درباره کلروفیل گیاه اثر بلوک بندی تیمارها نیز در رویه 5 درصد معنی دار گردید ($P < 0/01$). درباره دو عنصر مس و پتاسیم تفاوت معنی داری بین تیمارها از لحاظ جذب این دو عنصر وجود نداشت ($P > 0/01$). نتایج بررسی ارهان و همکاران⁴ (2006) نشان داد که بهره گیری از باکتری باسیلوس (حل کننده فسفر و تثبیت کننده نیتروژن) به طور معنی داری باعث افزایش عملکرد، جذب فسفر، نیتروژن و آهن گردیده؛ ولی تاثیر معنی داری روی جذب پتاسیم و مس نداشت. مقایسات ارتوگونال بین دو روش مایه زنی به خاک و مایه زنی به بذر تنها در میزان فسفر اندام هوایی معنی دار بوده ($P < 0/05$) و درباره سایر فاکتورها این تفاوت معنی دار نبود ($P > 0/05$). نتایج مقایسه میانگین مطابق جدول (5) نشان داد که اگر چه مقدار کلروفیل در تیمار کودی دی آمونیوم فسفات بیشتر بوده؛ ولی تفاوت معنی داری بین این تیمار کودی با زادمایه های مایه زنی به خاک و بذر ورمی کمپوست (V) و نانوپروسیل 1-(L) + بنتونیت (B) + ورمی کمپوست (V) دیده نشد. مقدار کلروفیل در

تولید هورمون هایی مانند اکسین، جیبرلیک اسید و سیتوکنین موجب افزایش عملکرد گیاه ذرت می شوند. مهناز و همکاران¹ (2009) بیان کردند باکتری های سودوموناس فلورسنس با تولید اندول استیک اسید و اسیدهای حل کننده فسفات موجب افزایش عملکرد و وزن خشک گیاهان مختلف می گردند. درباره تاثیر سیلیسیم بر روی افزایش وزن خشک گیاه ذرت در زادمایه دارای نانو ذره سیلیس، یانگ و همکاران (2008) نشان دادند که افزودن بهینه سیلیسیم در شرایط کمبود فسفر، باعث افزایش معنی داری در وزن خشک ساقه گیاه می شود. با توجه به حضور ورمی کمپوست در دو زادمایه ورمی کمپوست و نانوپروسیل 1- + بنتونیت + ورمی کمپوست، نتایج بررسی زالر² (2007) نشان داد که ورمی کمپوست نقش مهمی در افزایش عملکرد گیاهان کشاورزی دارد. همچنین سینگ و گولریا³ (2013) بیان کردند بهره گیری از ورمی کمپوست موجب افزایش عملکرد گیاه رزماری گردید.

کلروفیل و عناصر غذایی

تجزیه واریانس تیمارها نشان داد (جدول 4) که اثر تیمارها بر روی فسفر، آهن و روی اندام هوایی در رویه

4- Orhan et al.

1- Mehnaz et al

2- Zaller

3- Singh and Guleria

زادمایه‌های ورمی کمپوست و ترکیب ورمی کمپوست با نانوپروسیل-1 نسبت به زادمایه بنتونیت و تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داشت ($P < 0/05$). باست میا و همکاران¹، (2010) افزایش میزان کلروفیل گیاه را به وسیله باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه گزارش کرده‌اند. با توجه به مشاهده همبستگی بالا بین مقدار کلروفیل و آهن در تحقیق حاضر ($R^2=0/81$) و مطالعات سایر پژوهشگران مانند رسولی صدقیانی و همکاران² (2008) که بیان نمودند کلروفیل با آهن همبستگی مثبت دارد، می‌تواند گویای این نکته باشد که در اثر مایه‌زنی باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه، جذب آهن افزایش یافته و این امر منجر به افزایش ساخت کلروفیل شده است (کاوینو و همکاران³، 2010). علی پور و سبحانی پور (2012) بیان کردند مایه‌زنی باکتری سودوموناس فلورسنس باعث افزایش وزن خشک گیاه، جذب آهن و افزایش کلروفیل گیاه ذرت می‌شود. درباره اثر سیلیسیم بر روی کلروفیل در زادمایه نانوپروسیل-1 (L) + بنتونیت (B) + ورمی کمپوست (V)، سوریاپرابها و همکاران⁴ (2012) افزایش میزان کلروفیل در گیاه ذرت را در اثر بهره‌گیری از نانو ذره مزوپور سیلیسی گزارش کردند. سیلیسیم در استحکام برگ و بهره‌گیری موثر از نور نقش داشته و در نتیجه منجر به افزایش میزان کلروفیل می‌شود (بوختیار و همکاران⁵، 2012). درباره اثر ورمی کمپوست بر روی کلروفیل تیونین و همکاران⁶ (2010) بیان کردند کردند که بهره‌گیری از ورمی کمپوست رنگدانه‌های فتوسنتزی، تبادل گازی در برگ و جذب عناصر غذایی را افزایش داده و موجب افزایش کلروفیل می‌گردد. نتایج مقایسه میانگین اثر تیمارها درباره میزان فسفر اندام هوایی نشان داد (جدول 5) که زادمایه مایه‌زنی به بذر ورمی کمپوست بیشترین مقدار فسفر اندام هوایی را داشته و

تفاوت

معنی‌داری را با تیمار شاهد نشان داد ($P < 0/05$). هم‌چنین نتایج نشان داد که سایر تیمارها مانند مایه‌زنی به بذر و خاک نانوپروسیل-1 (L) + بنتونیت (B) + ورمی کمپوست (V) و مایه‌زنی به خاک ورمی کمپوست توانستند فسفر اندام هوایی را افزایش داده؛ اما تفاوت معنی‌داری با دو تیمار کودی سوپر فسفات ساده و دی آمونیوم فسفات نشان ندادند ($P > 0/05$). فرناندز و همکاران⁷ (2007) افزایش جذب فسفر و عملکرد گیاه را در اثر بهره‌گیری از باکتری‌های حل‌کننده فسفات‌های نامحلول گزارش کرده‌اند. باکتری‌های حل‌کننده فسفر با تولید اسیدهای معدنی و آلی موجب انحلال فسفات‌های نامحلول می‌گردند (رودریگز و همکاران⁸، 2006). این دسته از ریزسازواره‌ها گرچه فسفر را در ساختار سلولی خود به خدمت می‌گیرند؛ ولی بخشی از آن را که در محیط آزاد شده در اختیار گیاه قرار می‌دهند. هم‌چنین فسفر موجود در زیست‌توده میکروبی که به شکل غیرمتحرک می‌باشد، نیز به گونه بالقوه برای گیاهان قابل بهره‌گیری است (فاگریا⁹، 2009). میثرا و همکاران¹⁰ (2011) بیان کردند که مایه‌زنی سویه‌های سودوموناس به گیاه عدس موجب افزایش کلروفیل و جذب فسفر و آهن گردید. درباره تاثیر سیلیس بررسی یانگ و همکاران (2008) افزایش میزان جذب فسفر را در اثر افزودن بهینه سیلیسیم در شرایط کمبود فسفر گزارش کردند. محققان بیان کردند که سیلیسیم با کاهش آبشویی فسفر (پیوندهای بین یون‌های فسفات و هیدروکسیدهای سطحی سیلیکاهای آمورف)، توسعه ریشه، شرکت فعال در فرایندهای بیوشیمیایی و همچنین شعاع اتمی و خصوصیات شیمیایی شبیه به فسفر باعث افزایش جذب این عنصر می‌گردد (کراکس و پرنیتس¹¹، 2011).

1- Baset Mia *et al*

2- Rasouli Sadaghiani *et al*.

3- Kavino *et al*.

4- Suriyaprabha *et al*.

5- Bokhtiar *et al*.

6- Theunissen *et al*.

7- Fernandez *et al*.

8- Rodrigues *et al*.

9- Fageria

10- Mishra *et al*.

11 - Crooks and Prentice

جدول 5- مقایسه میانگین داده‌ها

فاکتور تیمار	درصد فسفر	کلروفیل	روی	آهن
مایه زنی به خاک بنتونیت	0/056c	27/73bd	22/21d	36/33cd
مایه زنی به خاک ورمی کمپوست	0/098ab	29/73ac	33/46a	65/30ab
مایه زنی به خاک نانوپروسیل-1+بنتونیت+ ورمی کمپوست	0/096ab	32/03ab	28/63b	50/96bc
شاهد	0/069bc	26/50d	21/78d	33/43d
مایه زنی به بذر بنتونیت	0/089b	27/25cd	23/48cd	39/13cd
مایه زنی به بذر ورمی کمپوست	0/12a	31/53ab	31/83ab	71/66a
مایه زنی به بذر نانوپروسیل-1+بنتونیت+ ورمی کمپوست	0/115a	32/36a	29/60 b	59/66b
دی آمونیوم فسفات	0/119a	32/84a	28/30bc	66/76ab
سوپر فسفات ساده	0/105ab	31/53ab	27/13bd	52/73bc

دادند که باکتری‌های سودوموناس فلورسنس با تولید اسیدهای آلی و کاهش pH منجر به افزایش انحلال روی شده، در نتیجه جذب آن را افزایش می‌دهند. آدیسیمویه و کلوفر (2009) بیان کردند که مایه‌زنی گیاهان با باکتری‌های افزایشنده رشد گیاه از جمله سودوموناس و اسیتوباکتر⁴ جذب روی در گیاهان را افزایش داد. درباره تاثیر ورمی کمپوست بر مقدار روی اندام هوایی می‌توان بیان کرد ورمی کمپوست به دلیل مقادیر نسبتاً بالاتر عناصر غذایی، فراهمی عناصر ماکرو و میکرو و داشتن مواد هیومیکی باعث افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه می‌گردد (سینگ و همکاران 2010). مطابق جدول 5 بیشترین میزان آهن را تیمار مایه‌زنی به بذر ورمی کمپوست دارا بود و تفاوت معنی داری نسبت به گیاه شاهد نشان داد ($P < 0/05$). توانایی بسیار بالای تولید سیدروفور توسط سویه‌های مختلفی از سودوموناس‌ها گزارش شده است (یانگ و همکاران، 2011). گیاهان از سیدروفور تولیدی توسط باکتری‌ها به عنوان عاملی برای تامین آهن مورد نیاز خود بهره‌گیری می‌کنند (احمد و همکاران، 2006). با توجه به این که در تیمار مایه‌زنی به بذر ورمی کمپوست بالاترین مقدار آهن در گیاه مشاهده شد، وجود مقادیر بالای آهن محلول

درباره برتری زادمایه ورمی کمپوست و زادمایه‌های دارای این ماده نسبت به دو تیمار کودی دی آمونیوم فسفات و سوپرفسفات ساده موهانتی و همکاران¹ (2006) گزارش کردند که بهره‌گیری از مواد آلی تاثیر معنی‌داری در مقایسه با سوپرفسفات ساده در جذب فسفر در دو گیاه ذرت و بادام زمینی داشت. تحقیقات حاکی از آن است که با ازدیاد مواد آلی ضمن بهبود قابلیت جذب فسفر، کارایی مصرف آن نیز افزایش می‌یابد (چر و همکاران²، 2006). دلیل برتری روش مایه‌زنی به بذر در مقایسه با روش مایه‌زنی به خاک در فاکتور فسفر را نیز می‌توان به نزدیکی و تماس بیشتر زادمایه (حامل + باکتری) به ریشه گیاه در روش مایه‌زنی بذر دانست (باشان، 1998). نتایج نشان داد که بیشترین مقدار روی در زادمایه‌های مایه‌زنی به خاک و بذر ورمی کمپوست دیده شد که این افزایش در تیمار مایه‌زنی به خاک ورمی کمپوست نسبت به کودهای دی آمونیوم فسفات و سوپر فسفات ساده معنی‌دار بود ($P < 0/05$). همچنین زادمایه‌های مایه‌زنی به خاک و بذر نانوپروسیل-1+بنتونیت+ ورمی کمپوست باعث افزایش معنی‌دار مقدار روی نسبت به گیاه شاهد شدند ($P < 0/05$). دیسیمین و همکاران³ (1988) نشان

1- Mohanty et al.

2- Cher et al.

3- Disimin et al.

4- Acinetobacter

بنتونیت+ ورمی کمپوست) زادمایه شایسته‌ای بود، توصیه می‌شود که در مطالعات بعدی فرمولاسیون‌های دیگری از این نانوذره با غلظت کمتر ساخته شود تا بهترین ترکیب زادمایه نانوزیستی حاصل گردد.

(112/86) در ورمی کمپوست نیز می‌تواند دلیلی مبنی بر افزایش جذب آهن توسط گیاه باشد. آزمون و همکاران¹ (2008) بیان کردند ورمی کمپوست جذب عناصر غذایی را افزایش می‌دهد و نقش مهمی در بهبود شاخص‌های رشد و عملکرد گیاه ایفا می‌کند. در مورد برتری تیمارهای کودی در جذب روی و آهن نسبت به شاهد می‌توان اینگونه بیان کرد که اضافه کردن کود فسفره به خاک موجب واکنش مثبت گیاه و رشد بهتر ریشه و گیاه گردید، در نتیجه گیاه توانسته آهن و روی بیشتری نسبت به گیاه شاهد جذب نماید.

نتیجه گیری

نتایج نشان داد که بهره‌گیری از باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه با توانایی حل‌کنندگی فسفات‌های نامحلول به ترتیب موجب افزایش 46، 22/3، 114، 53/6، 22/1 و 74 درصدی عملکرد کل گیاه، وزن تر گیاه، آهن اندام هوایی، روی اندام هوایی، کلروفیل و فسفر اندام هوایی گردید. با توجه به نتایج می‌توان بیان کرد که بهره‌گیری از باکتری سودوموناس فلورسنس باعث کاهش میزان مصرف کودهای شیمیایی فسفوری و آلودگی محیط زیست می‌شود. بهره‌گیری از باکتری‌ها به عنوان یک راه حل برای برطرف کردن کمبود عناصر کم نیاز غذایی در گیاهان و به دنبال آن برطرف کردن سوء تغذیه عناصر کم نیاز غذایی در انسان‌ها می‌باشد. از آن‌جا که فناوری نانو و تولید نانوذرات در دستور کار محققان قرار دارد، برداشت عمومی بر این است که بهره‌گیری از نانوذرات به عنوان حامل یک فرصت در تولید زادمایه‌های میکروبی می‌باشد؛ ولی پژوهش حاضر نشان داد که در بهره‌گیری از این مواد می‌بایست ملاحظات بیشتری را در نظر گرفت و بهره‌گیری از آن به تنهایی به عنوان حامل باکتری توصیه نمی‌شود. با توجه به خصوصیات رهاسازی کند عناصر غذایی و افزایش راندمان مصرف کودها در حضور نانو ذرات و این که تیمار ترکیبی (نانوپروسیل-1+

منابع

- 1- بشارتی، ح.، صالح راستین، ن.، ملکوتی، م. و علیزاده، ع. 1383. بررسی توان ماندگاری باکتری‌های تیوباسیلوس بر روی چند حامل مختلف. مجله علوم خاک و آب، جلد 18 (2): 170-181.
- 2- حمیدی، آ.، اصغرزاده، ا.، چوکان، ر.، دهقان شعار، م.، قلاوند، ا. و ملکوتی، م. ج. 1389. تاثیر کاربرد باکتری‌های افزاینده رشد گیاه (PGPR) بر تسهیم ماده خشک و برخی ویژگی‌های رشد ذرت در شرایط گلخانه. مجله پژوهش‌های خاک، جلد 24 (1): 55-67.
- 3- مشهدی، ش. و اصغرزاده، ع. ن. 1383. مقایسه کارایی چند ماده حامل باکتری *Sinorhizobium meliloti* برای تولید مایه تلقیح یونجه. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد 8: 63-74.
- 5- Adesemoye, A.O., and Kloepper, J.W. 2009. Plant-microbes interactions in enhanced fertilizer-use efficiency. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85:1-12.
- 6- Ahmad, F., Ahmad, I., and Khan, M.S. 2005. Indole acetic acid production by the indigenous isolates of *Azotobacter* and *fluorescent Pseudomonas* in the presence and absence of Tryptophan. *Turkish Journal of Biology*, 29: 29-34.
- 7- Ahmad, F., Ahmad, I., and Khan, M.S. 2006. Screening of free living rhizosphere bacteria for their multiple plant growth promoting activities. *Microbiological Research*, 163: 173-181.
- 8- Albareda, M., Rodriguez-Navarro, D.N., Camacho, M., and Temprano, F.J. 2008. Alternatives to peat as a carrier for rhizobia inoculants: solid and liquid formulations. *Soil Biology and Biochemistry*, 40: 2771-2779.
- 9- Alexander, D.B., and Zuberer, D.A. 1991. Use of chrome azurol S reagents to evaluate siderophore production by rhizosphere bacteria. *Biology and Fertility of Soils*, 12: 39-45.
- 10- Alipour, Z.T., and Sobhanipour, A. 2012. The Effect of *Thiobacillus* and *Pseudomonas fluorescent* Inoculation on maize growth and Fe uptake. *Annals of Biological Research*, 3 (3):1661-1666.
- 11- Azarmi, R., Sharifi, Z., and Satari, M.R. 2008. Effect of vermicompost on growth, yield and nutrition status of tomato (*Lycopersicum esculentum*). *Pakistan Journal of Biological Science*, 11 (14): 1797-1802.
- 12- Baset Mia, M.A., Shamsuddin, Z.H., Wahab, Z., and Marziah, M. 2010. Effect plant growth promoting rhizobacterial (PGPR) inoculation on growth and nitrogen incorporation of tissue-cultured Musa plantlets under nitrogen-free hydroponics condition. *Australian Journal of Crop Science*, 4(2):85-90.
- 13- Bashan, Y. 1998. Inoculants of plant growth-promoting bacteria for use in agriculture. *Biotechnology Advances*, 16 (4): 729-770.

- 14- Battisti, D.S., and Naylor, R.L. 2009. Historical warnings of future food insecurity with unprecedented seasonal heat. *Science*, 323: 240-244.
- 15- Bokhtiar, S.M., Hai-Rong, H., Yang-Rui, L., and Dalvi, V. A. 2012. Effects of silicon on yield contributing parameters and its accumulation in abaxial epidermis of sugarcane leaf blades using energy dispersive x-ray analysis. *Journal of Plant Nutrition*, 35(8): 1255-1275.
- 16- Bonneviot, L., Morin, M., and Badie, A. 2003. US 0133868. (US Patent).
- 17- Carter, M.R., and Gregorich, E.G. 2008. *Soil Sampling and Methods of Analysis*. 2nd ed. Canadian Society of Soil Science, Canada.
- 18- Cher, C.M., Scholberg, J.M.S., and McSorley, R. 2006. Green manure approaches to crop production. *Agronomy Journal*, 98: 302-319.
- 19- Cottenie, A. 1980. Soil and plant testing as a basis of fertilizer recommendation. *FAO Soils Bull.* 38: 70-73.
- 20- Crooks, R., and Prentice, P. 2011. The benefits of silicon fertilizer for sustainably increasing crop productivity. *The 5th International Conference on Silicon in Agriculture*, Beijing, China. pp: 1-18.
- 21- Disimin, C.D., Sayer, J.A., and Gadd, G.M. 1998. Solubilization of zinc phosphate by a strain of *pseudomonase fluorescens* isolated from a forest soil. *Biology and Fertility of Soils*, 28: 87-94.
- 22- Dommergues, Y.R., Hoang, G., and Diem Divies, C. 1979. Polyacrylamide entrapped *rhizobium* as an inoculant for legumes. *Applied and Environmental Microbiology*, 37: 779-781.
- 23- Fageria, N.K. 2009. *The use of nutrients in crop plants*. CRC Press, Taylor & Francis Group, LLC. New York, NY, USA.
- 24- Fernandez, L.A., Zalba, P., Gomez, M.A., and Sagadoy, M.A. 2007. Phosphate-solubilization activity of bacterial strains in soil and their effect on soybean growth under greenhouse condition. *Biology and Fertility of Soils*, 43: 805-809.
- 25- Gandi, A., and Sivakumar, K. 2010. Impact of vermicompost carrier based bioinoculants on growth, yield and quality of rice (*Oryza satival*). *An International Quarterly Journal of Environmental Science*, 83-88.
- 26- Jeon, J.S., Lee, S.S., Kim, H.Y., Ahn, T.S., and Song, H.G. 2003. Plant growth promoting in soil by some inoculated microorganism. *Journal of Microbiology*, 41: 271-276.
- 27- Joshi, P., Rayalu, S., Bansiwat, A., and Juwarkar, A.A. 2007. Surface modified zeolite, a novel carrier material for *Azotobacter chroococcum*. *Plant and Soil*, 296: 151-158.

- 28- Kamal, A.M., Elyousr, A., and Hel-Hendawy, H. 2008. Integration of *Pseudomonas fluorescens* and acibenzolar-S-methyl to control bacterial spot disease of tomato. *Crop Protection*, 27: 1118-1124.
- 29- Kavino, M., Harish, S., Kumar, N., Saravanakumar, D., and Samiyappan, R. 2010. Effect of chitinolytic PGPR on growth, yield and physiological attributes of banana (*Musa spp.*) under field conditions. *Applied Soil Ecology*, 45: 71–77.
- 30- Kloepper, J.W., Gutierrez-Estrada, A., and McInroy, J.A. 2007. Photoperiod regulates elicitation of growth promotion but not induced resistance by plant growth-promoting rhizobacteria. *Canadian Journal of Microbiology*, 53(2): 159–167.
- 31- Liang, J., Wu, R., Huang, T.S., and Worley, S.D. 2004. Polymerization of a hydantionylsiloxane on particles of silicon dioxide to produce a biocidal sand. *Journal of Applied Polymer Science*, 97:1161-1166.
- 32- Liu, X., Feng, Z., Zhang, S., Zhang, J., Xiao, Q., and Wang, Y. 2006. Preparation and testing of cementing nano-subnano composites of slower controlled release of fertilizers. *Scientia Agricultura Sinica*, 39:1598-1604.
- 33- Mehnaz, S., Weselowski B, Mufti F.A., Zahid S., Lazarovits G., and Iqbal, J. 2009. Isolation, characterization and effect of fluorescent pseudomonads on micropropagated sugarcane. *Canadian Journal of Microbiology*, 55: 1007-1011.
- 34- Mishra, P.K., Bisht, S.C., Ruwari, P., Joshi, G.K., Singh, G., Bisht, J.K., and Bhatt, J.C. 2011. Bioassociative effect of cold tolerant *Pseudomonas* spp. and *Rhizobium leguminosarum*-PR1 on iron acquisition, nutrient uptake and growth of lentil (*Lens culinaris* L.). *European Journal of Soil Biology*, 47: 35-43.
- 35- Mohanty, S., Paikaray, N.K., Rajan, A.R. 2006. Availability and uptake of phosphorus from organic manures in groundnut (*Arachis hypogea* L.)–corn (*Zea mays* L.) sequence using radio tracer technique. *Geoderma*, 133: 225–230.
- 36- Orhan, E., Esitken, A., Ercisli, S., Turan, M., and Sahin, F. 2006. Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient contents in organically growing raspberry. *Scientia Horticulturae*, 111: 38–43.
- 37- Patten, C.L., and Glick, B.R. 2002. Role of *Pseudomonas putida* indole acetic acid in development of host plant root system. *Applied Environmental Microbiology*, 68 (8): 3795- 3801.
- 38- Pesenti, B.B., Ferdani, E., Mosti, M., and Innocent, D.F. 1991. Survival of *Agrobacterium radiobacter* K84 on Various Carriers for Crown Gall Control. *Applied and Environmental Microbiology*, 57(7): 2047-2051.
39. Rasouli Sadaghiani, M.H., Barin, M., and Jalili, F. 2008. The Effect of PGPR Inoculation on the Growth of Wheat. *International Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology, Turkey*, pp. 891–898.

- 40- Richmond, K.E., and Sussman, M. 2003. Got silicon? The non-essential beneficial plant nutrient. *Current Opinion in Plant Biology*, 6: 268–272.
- 41- Rodrigues, H., Fraga, R., Gonzalez, T., and Bashan, Y. 2006. Genetic of phosphate solubilization and its potential application for improving plant growth-promoting bacteria. *Plant and Soil*, 287: 15-21.
- 42- Ryan, J., Estefan, G., and Rashid, R. 2001. *Soil and Plant Analysis Laboratory Manual*. Second Edition. Available from ICARDA, Aleppo, Syria. 172 p.
- 43- Sekar, K., and Karmegam, N. 2010. Earthworm casts as an alternate carrier material for biofertilizers: Assessment of endurance and viability of *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megaterium* and *Rhizobium leguminosarum*. *Scientia Horticulturae*, 124: 286–289.
- 44- Shedova, E., Lipasova, V., Velikodvorskaya, G., Ovadis, M., Chernin, L., and Khmel, I. 2008. Phytase activity and its regulation in a rhizospheric strain of *Serratia plymuthica*. *Folia Microbiologica*, 53:110-114.
- 45- Singh, M., and Guleria, N. 2013. Influence of harvesting stage and inorganic and organic fertilizers on yield and oil composition of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) in a semi-arid tropical climate. *Industrial Crops and Products*, 42: 37– 40.
- 46- Singh, R., Gupta, R.K., Patil, R.T., Sharma, R.R., Asrey, R., Kumar, A., and Jangra, K.K. 2010. Foliar application of vermicompost leachates improves marketable fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.). *Scientia Horticulturae*, 124: 34–39.
- 47- Singh, J.S., Pandey, V.C., and Singh, D.P. 2011. Efficient soil microorganisms: a new dimension for sustainable agriculture and environmental development. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 140: 339–353.
- 48- Sparks, D.L. 1996. *Method of Soil Analysis. Part3. Chemical Methods*. American Society of Agronomy, Wisconsin, USA. p: 1390.
- 49- Strijdom, B.W., and Rensburg, H.J. 1981. Effect of Steam Sterilization and Gamma Irradiation of Peat on Quality of *Rhizobium* Inoculants. *Applied and environmental microbiology*, 41(6): 1344-1347.
- 50- Suriyaprabha, R., Karunakaran, G., Yuvakkumar, R., Prabu, P., Rajendran, V., and Kannan, N. 2012. Growth and physiological responses of maize (*Zea mays* L.) to porous silica nanoparticles in soil. *Journal of Nanoparticle Research*, 14:1294.
- 51- Theunissen, J., Ndakidemi, P.A., and Laubscher, C.P. 2010. Potential of vermicompost produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production. *International Journal of Physical Science*, 5(13):1964-1973.
- Vassilev, N., Vassileva, M., and Nikolaeva, I. 2006. Simultaneous P-solubilizing and biocontrol activity of microorganisms: potentials and future trends. *Applied Microbiology and Biotechnology* 71:137-144.

- 53- Vyas, P., Rahi, P., and Gulati, A. 2009. Stress tolerance and genetic variability of phosphate-solubilizing fluorescent *Pseudomonas* from the cold deserts of the trans-Himalayas. *Microbial Ecology*, 58: 425-434.
- 54- Yang, M.M., Mavrodi, D.V., Mavrodi, O.V., Bonsall, R.F., Parejko, J.A., Paulitz, T.C., Thomashow, L.S., Yang, H.T., Weller, D.M., and Guo, J.H. 2011. Biological control of take-all by *Fluorescent Pseudomonas* spp. from Chinese wheat fields. *Phytopathology*, 101(14): 81-91.
- 55- Yang, Y., Li, J., Shi, H., Ke, Y., Yuan, J., and Tang, Z. 2008. Alleviation of silicon of low P- stressed Maize (*Zea may L.*) seedlings under Hydroponics culture conditions. *World Journal of Agricultural Sciences*, 4(2): 168-172.
- 56- Zaller J.G. 2007. Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. *Scientia Horticulturae*, 112: 191-199.