Archive of SID

نشریه زیست‌شناسی خاک / جلد 3 / شماره 1 / 1394

بررسی تأثیر تلقیح باکتری‌های محرک رشد بر شاخص‌های رشد گوجه‌فرنگی

لاله فریدیان[1]، هوشنگ خسروی، علیرضا فلاح و محمدآقا لطف‌الهی

دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج؛ **Laleh.faridian@gmail.com**

استادیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران؛ **hkhosravi@swri.ir**

دانشیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران؛ **rezafayah@yahoo.com**

دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج؛ **Lotfollahi_mohammad@hotmail.com**

دریافت: **93/8/21** و پذیرش: **93/11/29**

چکیده

باکتری‌های افزاینده رشد گیاه با مکانیسم‌های مختلفی از جمله تولید هورمون‌های محرک رشد، توانایی حل‌کنندگی فسفات‌های نامحلول، تولید سیدروفور و تثبیت نیتروژن بر رشد گیاه مؤثر واقع می‌شوند. در این پژوهش اثر تلقیح باکتری‌های *Flavobacterium*، *Herbaspirillum*، *Pseudomonas* (بومی)، *Foreign Pseudomonas* (غیر بومی) و *Azotobacter* به تنهایی و تلقیح همزمان آنها در دو خاک معمولی و همان خاک با رفع کمبودها بر اساس آزمون خاک بررسی شد. طرح آزمایشی به صورت کاملاً تصادفی در چهار تکرار به صورت گلخانه‌ای بر روی گوجه‌فرنگی انجام شد. نتایج نشان داد که تمام تیمارهای خاک تغذیه شده بر اساس آزمون خاک دارای اختلاف معنی‌داری با خاک معمولی بودند. بیشترین میانگین وزن خشک اندام هوایی مربوط به تلقیح با *Flavobacterium* بود. در مورد خاک معمولی مخلوط سویه‌ها دارای بیشترین میانگین وزن خشک اندام هوایی بود. بیشترین میانگین ارتفاع بوته، تعداد گل در گلدان و محتوی کلروفیل برگ مربوط به تلقیح با مخلوط سویه‌ها در خاک معمولی بود. در خاک با تغذیه کامل، بیشترین میانگین تعداد گل در گلدان و محتوی کلروفیل برگ مربوط به تلقیح با *سودوموناس* غیر بومی بود. بر اساس نتایج به دست آمده، بیشترین تأثیر در رشد گوجه فرنگی در خاک معمولی تلقیح شده با باکتری های محرک رشد گیاه به اثبات رسید اما در خاکی که بر اساس آزمون خاک رفع کمبود شده بود، تلقیح تأثیر چندانی بر شاخص‌های رشد گوجه‌فرنگی نداشت.

واژه‌های کلیدی: هورمون، کود زیستی، عناصر غذایی

[1] نویسنده مسئول؛ آدرس: تهران، بلوار آفریقا (نلسون ماندلا)، کوچه گلگشت، پلاک 21، سازمان سرمایه گذاری و مشارکت های مردمی شهرداری تهران.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

نیاز تغذیه‌ای جمعیت حدود هفت میلیاردی کره زمین امروزه بیش از گذشته است. کشاورزی عمده‌ترین راه برآورد نیاز غذایی بشر است. با توجه به محدود بودن زمین‌های قابل کشت، مهمترین راهکار برای تولید غذای بیشتر افزایش تولید محصول در واحد سطح است. برای این منظور اقدامات و عملیات مختلفی صورت گرفته است، یکی از اقدامات استفاده بیشتر از کودهای شیمیایی می‌باشد. اگر چه کاربرد مواد شیمیایی برای تأمین غذای مورد نیاز می‌تواند مثمر ثمر واقع شود اما تبعاتی نیز به دنبال دارد. از مهمترین چالش‌های کاربرد زیاد و نامتعادل کودهای شیمیایی مسائل و مشکلات زیست محیطی است. تجمع زیاد عناصر از جمله نیترات در محصولات کشاورزی، تخریب ساختمان خاک، اثرات منفی بر روی جامعه میکروبی مفید خاک، نفوذ کودهای شیمیایی به آب‌های زیرزمینی و در نهایت مسمومیت انسان، دام و آبزیان از جمله مهمترین مشکلات کاربرد کودهای شیمیایی است. برای حل این معضل می‌بایست جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی به منظور تغذیه گیاه در نظر گرفته شود. یکی از راه کارها استفاده از پتانسیل بالقوه ریز جانداران مفید خاکزی به عنوان مایه تلقیح یا کود زیستی می‌باشد. باکتری‌های افزاینده رشد گیاه یا اصطلاحاً PGPR[1] باکتری‌هایی هستند که از طریق ساز و کارهای مختلفی از جمله تولید هورمون‌های محرک رشد، توانایی حل‌کنندگی فسفات‌های نامحلول، تولید سیدروفور، تثبیت نیتروژن مولکولی و غیره بر رشد گیاه مؤثر واقع می‌شوند.

باکتری‌های PGPR از طریق ارتباطات ریزوسفری به سطح ریشه گیاه متصل می‌شوند، البته این ارتباط معمولاً ضعیف‌تر از ارتباط همیاری می‌باشد. به عبارت دیگر PGPR واقعی همان باکتری‌های مفید آزادزی موجود در خاک می‌باشند. از مهمترین باکتری‌های PGPR می‌توان به *Azotobacter*، *Pseudomonas* و *Bacillus* اشاره نمود. ماهاتو و همکاران (2009) در آزمایشی نشان دادند که درصد جوانه‌زنی، طول ساقه، تعداد برگ‌ها و طول و عرض برگ در تیمار تلقیح شده گوجه‌فرنگی با *ازتوباکتر* نسبت به شاهد افزایش داشت. بانچیو و همکاران (2008) معلوم نمودند که باکتری *Pseudomonas fluorescens* و *Bradyrhizobium sp* باعث افزایش معنی‌داری در طول شاخساره، وزن شاخساره، تعداد برگ، تعداد گره و وزن خشک ریشه گیاه *Origanum majorana* در مقایسه با شاهد شد. در آزمایشی که توسط سانهیتا – جوپتا و همکاران در سال 1995 انجام شد تلقیح بذرهای گوجه‌فرنگی با سه نوع باکتری *Azospirillium*، *Azotobacter* و *Pseudomonas* سبب افزایش رشد رویشی گیاه و در نهایت عملکرد گیاه شد. روهیتاشا - سینگ و همکاران در سال 1993 افزایش تعداد برگ‌های بوته ذرت تلقیح شده با باکتری *P. fluorescens* را مشاهده نمودند. همچنین رودلاس و همکاران در سال 1999 اعلام نمودند علاوه بر اثرات انفرادی باکتری‌های محرک رشد، تحریک رشد گیاه می‌تواند به وسیله تلقیح دوگانه با سایر میکروارگانیسم‌ها به واسطه اثرات سینرژیستی یا تشدیدکنندگی بهبود یابد. هر چند که تأمین مقدار کافی عناصر غذایی می‌تواند باعث افزایش کارایی باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه شود، در شرایط نامطلوب تغذیه‌ای نیز این باکتری‌ها قادرند به افزایش رشد و عملکرد گیاه کمک نمایند.

در این مطالعه از باکتری‌های بومی PGPR برای بررسی اثر آن‌ها بر رشد گوجه‌فرنگی در شرایط گلخانه‌ای در دو وضعیت خاک معمولی و خاک تغذیه شده بر اساس آزمون خاک استفاده شد. هدف از این پژوهش بررسی امکان بهره‌مندی از توان باکتری‌های PGPR برای رشد گوجه‌فرنگی به منظور کاهش مصرف کود شیمیایی در این محصول بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر باکتری‌های محرک رشد گیاه بر رشد گوجه‌فرنگی، پژوهشی در گلخانه و آزمایشگاه‌های بیولوژی خاک، شیمی و فیزیک خاک ستاد مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور در سال 1392 به مرحله اجرا در آمد. در این بررسی از باکتری‌های محرک رشد گیاه که شامل *ازتوباکتر*، *فلاوباکتریوم*، *سودوموناس بومی*، *هرباسپیریلوم*، *مخلوط سویه‌های سودوموناس* (تحت عنوان *سودوموناس* غیر بومی یا خارجی) و تلفیقی از همه باکتری‌ها در دو وضعیت خاک تغذیه شده بر اساس آزمون خاک (کود داده شده) و خاک معمولی (کود داده نشده) مورد استفاده قرار گرفت. در جدول یک باکتری‌های مورد استفاده در این پژوهش نشان داده شده است.

[1] Plant Growth Promoting Rhizobacteria

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 1- باکتری‌های مورد آزمایش و محیط کشت آن‌ها

ردیف	باکتری‌های منتخب	محیط کشت
1	*ازتو باکتر*	LG
2	*هرباسپیریلیوم*	NA
3	*فلاوباکتریوم*	NA
4	*سودوموناس بومی*	King B
5	مخلوط *سودوموناس* (*سودوموناس* خارجی (غیر بومی))	King B

برای انجام این آزمایش از بذر گوجه‌فرنگی رقم تجاری ماریانا (مربوط به شرکت SAKATA ژاپن) استفاده شد. تکثیر باکتری‌های مورد نظر از کشت اسلنت باکتری‌ها با بکارگیری محیط‌های اختصاصی مناسب انجام شد. پس از گذشت 48 ساعت و کامل شدن رشد کلنی در انکوباتور، از کلنی خالص هر باکتری با لوپ استریل و در زیر هود استریل (لامینار) برداشته و به ارلن محتوی محیط کشت مایع منتقل و به مدت 48 ساعت در شیکر انکوباتور رشد داده شدند. عملیات تلقیح به هنگام انتقال نشاء به گلدان‌ها انجام شد. برای این منظور 5 میلی‌لیتر از هر مایه تلقیح به نشاء و خاک اطراف آن تلقیح شد. قبل از تلقیح اندازه‌گیری جمعیت باکتری‌ها با روش شمارش کلنی انجام شد.در جدول دو جمعیت باکتری‌ها به هنگام تلقیح نشان داده شده است.

جدول 2– جمعیت باکتری‌ها در مایه تلقیح‌ها

ردیف	باکتری	جمعیت باکتری (تعداد سلول در میلی‌لیتر)
1	*ازتو باکتر*	$2/2\times10^8$
2	*هرباسپیریلوم*	$1/5\times10^8$
3	*فلاوباکتریوم*	$2/4\times10^8$
4	*سودوموناس بومی*	$8/5\times10^8$
5	مخلوط *سودوموناس* (*سودوموناس* خارجی (غیر بومی))	$4/8\times10^8$

آزمون تجزیه خاک شامل اندازه‌گیری بافت خاک به روش هیدرومتری، تهیه عصاره گل اشباع خاک، اندازه‌گیری هدایت الکتریکی عصاره اشباع و اسیدیته عصاره گل اشباع، کربن آلی، پتاسیم قابل جذب در خاک، فسفر قابل جذب به روش اولسن، عناصر کم مصرف Fe و Zn و کربنات کلسیم معادل TCA بر اساس روش‌های مرسوم انجام شد.

به منظور استریل نمودن بذرها، ابتدا بذور را با آب شستشو داده و به مدت 30 ثانیه درون الکل 96% قرار داده شدند. سپس با آب مقطر استریل شستشو و به مدت 10 دقیقه درون محلول هیپوکلرید سدیم 2% قرار داده و پس از اتمام زمان، بذرها 12-10 مرتبه با آب مقطر استریل شستشو شدند. عملیات مذکور در محیط استریل و در زیر لامینار انجام شد. در نهایت بذرها جهت خشک شدن بر روی صافی قرار گرفتند.

سه سینی نشاء از جنس پلاستیک تیره رنگ که هر کدام شامل 45 حفره کاشت بود مورد استفاده قرار گرفتند. همه حفرات سینی‌ها با مخلوط 50% کوکوپیت و 50% پرلیت پر شدند. در درون حفرات پر شده از کوکوپیت و پرلیت چاهک‌های به عمق 0/5 سانتیمتر ایجاد شد. توسط پنس استریل یک عدد بذر درون هر چاهک قرار گرفته و روی آن توسط کوکوپیت پوشانده شد. در زیر هر سینی نشاء یک سینی معمولی قرار داده شد. درون سینی به عمق یک سانتیمتر آب معمولی جهت استفاده بذر از طریق مکش از حفره انتهایی سینی نشاء اضافه شد.

یک هفته بعد از کشت، نشاءها یک روز در میان توسط محلول غذایی هوگلند تغذیه شدند. دو هفته بعد در مرحله 5 برگی، نشاءها به گلدان‌های اصلی موجود در گلخانه انتقال یافتند. این مطالعه در قالب طرح کاملاً تصادفی شامل 14 تیمار در چهار تکرار اجرا شد (جدول سه).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 3- تیمارهای مورد استفاده، علائم و اختصارات

گروه هر تیمار	تیمار	اختصارهای استفاده شده برای جداول و گراف‌ها
1	*ازتوباکتر* + تغذیه کامل	*Azt* + Nutrient
2	*هرباسپیریلوم* + تغذیه کامل	*Her* + Nutrient
3	*فلاوباکتریوم* + تغذیه کامل	*Flv* + Nutrient
4	*سودوموناس* (بومی) + تغذیه کامل	*Pse* + Nutrient
5	*مخلوط سودوموناس* خارجی (غیربومی) + تغذیه کامل	*Foreign Pse* + Nutrient
6	مخلوط کل سویه ها + تغذیه کامل	Mix Strain + Nutrient
7	تغذیه کامل	Control +
8	*ازتوباکتر* + خاک معمولی	*Azt*
9	*هرباسپیریلوم* + خاک معمولی	*Her*
10	*فلاوباکتریوم* + خاک معمولی	*Flv*
11	*سودوموناس* (بومی) + خاک معمولی	*Pse*
12	مخلوط *سودوموناس* خارجی (غیربومی) + خاک معمولی	*Foreign Pse*
13	مخلوط کل سویه ها + خاک معمولی	Mix Strain
14	خاک معمولی (بدون تلقیح و بدون کود)	شاهد

- Foreign Pse :سودوموناس خارجی، Pse: *سودوموناس* بومی

گلدان‌های مورد استفاده دارای قطر دهانه 23 و ارتفاع 22/50 سانتیمتر بودند. گلدان‌ها با آب شستشو و سپس با الکل 70% ضد عفونی شدند. یک عدد کاغذ سفید در ته گلدان‌ها تعبیه شد. سپس همه گلدان‌ها به میزان 6/5 کیلوگرم از خاک پر شدند. مقدار F.C نیز به روش ثقلی در گلدان محاسبه شد و مقدار آن 22% به دست آمد. کمبود عناصر غذایی تیمارهای تغذیه‌ای بر اساس نتایج آزمون خاک محاسبه و رفع کمبود شد (جدول چهار).

جدول 4- محاسبه کمبود عناصر غذایی در تیمارهای خاک با تغذیه کامل

ردیف	ترکیب	مقدار در گلدان (میلی‌گرم)	مقدار کل تیمارها (میلی‌گرم)	گرم
1	KH_2PO_4	428	11984	12
2	$ZnSO_4.7H_2O$	14	392	0/392
3	Urea	650	18200	18/20
4	$FeSO_4.7H_2O$	9	252	0/252
5	$CuSO_4.5H_2O$	12	336	0/336
6	$MnSO_4.H_2O$	10	280	0/28

پس از انجام مراحل تهیه نشاء، آماده‌سازی خاک در گلدان‌های ضدعفونی شده و رفع کمبود عناصر غذایی در گلدان‌های مربوطه، تهیه مایه‌های تلقیح و نهایتاً آبیاری، عملیات کاشت بذور با ایجاد دو حفره در گلدان‌ها دو نشاء گوجه‌فرنگی در هر گلدان انجام شد. هر نشاء در یک حفره قرار داده شده و مقدار 5 میلی لیتر از هر مایه تلقیح باکتری با پیپت بر روی ریشه نشاءها و خاک اطراف آن ریخته و روی ریشه در انتها با خاک پوشانده شد. در همان روز بعد از کاشت، آبیاری به روش وزنی انجام شد. پس از کاشت بذور، گلدان‌ها به صورت تصادفی روی میزهای گلخانه قرار گرفتند. به منظور حفظ رطوبت گلدان‌ها در حد ظرفیت مزرعه (F.C.) آبیاری به صورت وزنی انجام شد. در طول زمان رشد، علف‌های هرز به صورت فیزیکی حذف شدند. در زمان رسیدگی فیزیولوژیک صفاتی از قبیل ارتفاع بوته و محتوای کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل سنج اندازه‌گیری شدند.

در نهایت بوته‌های موجود در گلدان‌ها از محل طوقه جداسازی شدند. سپس هر تیمار به صورت جداگانه با آب معمولی و سپس با آب مقطر شستشو و پس از خشک شدن، اندام هوایی همه تیمارها به مدت 72 ساعت در دمای 72 درجه سانتیگراد در آون قرار داده شدند. پس از گذشت این مدت وزن خشک نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. پس از جداسازی اندام هوایی، هر گلدان به صورت مجزا

www.SID.ir

Archive of SID

در تشتی از آب قرار داده شد تا خاک و ریشه‌ها از هم جدا شوند. سپس ریشه‌ها با آب معمولی و آب مقطر شستشو داده شدند. ریشه‌ها در پاکت کاغذی قرار داده شد و مدت 72 ساعت در دمای 72 درجه سانتیگراد در آون قرار داده شدند در نهایت با استفاده از ترازو وزن خشک نمونه‌های ریشه اندازه‌گیری شدند. همچنین درصد عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در اندام هوایی اندازه‌گیری شدند.

پس از خشک کردن اندام هوایی گیاه، آسیاب و محلول‌سازی، میزان عناصر ماکرو (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) به طورجداگانه و بر حسب درصد انجام شد. اندازه‌گیری نیتروژن به روش کجلدال، فسفر به روش اولسن و پتاسیم با دستگاه نشر شعله‌ای اندازه‌گیری شد.

در پایان اطلاعات بدست آمده توسط نرم افزار SPSS مورد تجزیه آماری و میانگین داده‌ها با آزمون دانکن و با سطح احتمال 1% و 5% مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمون گلخانه‌ای در جدول پنج ارائه شده است.

نتایج آزمون گلخانه‌ای نشان داد اثر تیمارهای مختلف بر وزن خشک اندام هوایی در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول 6).

جدول 5- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

عمق نمونه Cm	بافت خاک	فسفر قابل استفاده $mg.kg^{-1}$	پتاسیم قابل استفاده $mg.kg^{-1}$	رس %	سیلت %	شن %	رطوبت اشباع %W/W	هدایت الکتریکی عصاره اشباع $ds.m^{-1}$	اسیدیته گل اشباع (pH)	درصد کربن آلی (%OC)	آهن قابل جذب $mg.kg^{-1}$	روی قابل جذب $mg.kg^{-1}$	درصد کربنات کلسیم معادل TCA %
0-30	لوم	5/46	212	22	34	44	29	1/51	7/7	0/49	2/04	0/22	13

جدول 6– تجزیه واریانس وزن خشک اندام هوایی

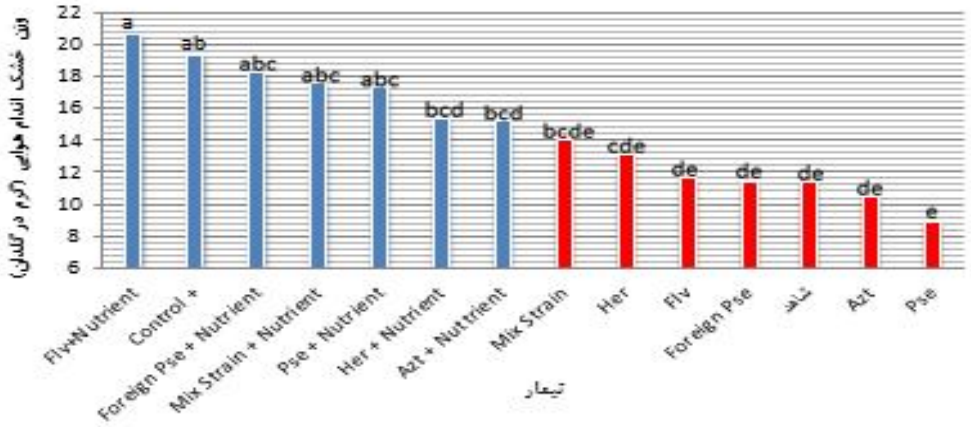
منبع تغییرات (SOV)	درجه آزادی (df)	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F value	احتمال
تیمار	13	667	51/28**	6/6	(<0) 0/000
خطا	42	468	11/15	-	
کل	55	1135	-	-	

n.s، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح 5% و 1%

مقایسه میانگین‌های ورن خشک اندام هوایی نشان داد که بیشترین میانگین مربوط به تلقیح با باکتری *فلاوباکتریوم* در حالت تغذیه کامل بر اساس آزمون خاک بود. در حالی که در تیمارهای با خاک معمولی تلقیح با مخلوط سویه‌ها دارای بیشترین میانگین و تلقیح با باکتری *سودوموناس* بومی کمترین میانگین را داشت در صورتی که در تغذیه کامل بر اساس آزمون خاک تلقیح با باکتری *فلاوباکتریوم* بیشترین میانگین و تلقیح با باکتری *ازتوباکتر* کمترین را به خود اختصاص دادند (نمودار 1). با این حال ترکیب تلقیح با باکتری *فلاوباکتریوم* در حالت تغذیه کامل با حالت تیمار تغذیه کامل بدون تلقیح همچنین با باکتری *سودوموناس* خارجی در حالت تغذیه کامل، مخلوط سویه‌ها در حالت تغذیه کامل و باکتری *سودوموناس* بومی در حالت تغذیه کامل تأثیر معنی‌داری نداشت ولی با سایر موارد اختلاف معنی‌داری را نشان داد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 1- مقایسه میانگین وزن خشک اندام هوایی (گرم در گلدان)

کاپالنیک و همکاران (1982) در تحقیق خود شاهد افزایش وزن تر و خشک برگ‌های ذرتی بودند که بذرهای آنها با باکتری *آزوسپیریلوم* تلقیح شده بودند. بلیموف و همکاران (2002) در آزمایشی دریافتند که در اثر تلقیح بذر شلغم روغنی با *سودوموناس*، وزن خشک اندام هوایی شلغم روغنی 21/2 درصد افزایش یافته است. اثر تیمارهای مختلف بر جذب نیتروژن اندام هوایی در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول 7).

جدول 7- تجزیه واریانس جذب نیتروژن اندام هوایی

منبع تغییرات (SOV)	درجه آزادی (df)	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F value	احتمال
تیمار	13	415820	54631**	6/55	0/000 (<0)
خطا	42	204994	8079	-	
کل	55	6208114	-	-	

n.s، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح 5% و 1%

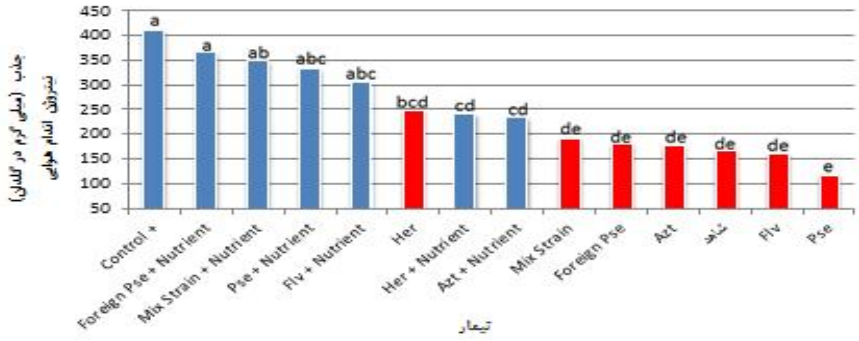
مقایسه میانگین‌های جذب نیتروژن اندام هوایی نشان داد که بیشترین میانگین مربوط به تیمار تغذیه کامل بر اساس آزمون خاک بود. در حالی که در تیمارهای با خاک معمولی تلقیح با باکتری *هرباسپیریلوم* دارای بیشترین میانگین و تلقیح با باکتری *سودوموناس* بومی کمترین میانگین را داشت. در تغذیه کامل بر اساس آزمون خاک تیمار تغذیه کامل بیشترین میانگین و تلقیح با باکتری *ازتوباکتر* کمترین را به خود اختصاص دادند (نمودار 2). حال آن که تیمار تغذیه کامل با تیمارهای *سودوموناس* خارجی در حالت تغذیه کامل، مخلوط کل سویه‌ها در حالت تغذیه کامل، *سودوموناس* بومی در حالت تغذیه کامل و *فلاوباکتریوم* در حالت تغذیه کامل اختلاف معنی‌داری نداشت ولی با سایر موارد اختلاف معنی‌دار بود. نکته مهم این که میانگین تیمار تلقیح شده با باکتری *هرباسپیریلوم* در حالت خاک معمولی بیشتر از تیمارهای تلقیح شده با باکتری *هرباسپیریلوم* در حالت تغذیه کامل و تیمار تلقیح شده با باکتری *ازتوباکتر* در حالت تغذیه کامل بود.

گوداریکا و همکاران (1993) گزارش نمودند که جذب نیتروژن و رشد طولی گیاه گوجه‌فرنگی در تیمارهای تلقیح شده با *ازتوباکتر کروکوکوم* بیشترین بود. قرار گرفتن ایران در اقلیم گرم و خشک و شور بودن درصد بالایی از زمین‌های زراعی کشور ضرورت استفاده از راهکارهای بیولوژیک را بیش از پیش نمایان می‌سازد (ICID, 2002). آدیسیموی و همکاران (2010) در تحقیقاتی نشان دادند که تیمار نمودن بذر با باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه می‌تواند میزان جذب نیتروژن گیاه را افزایش دهد.

اثر تیمارهای مختلف بر جذب فسفر اندام هوایی در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول 8).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 2- مقایسه میانگین جذب نیتروژن اندام هوایی (میلی‌گرم در گلدان)

جدول 8- تجزیه واریانس جذب فسفر اندام هوایی

منبع تغییرات (SOV)	درجه آزادی (df)	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F value	احتمال
تیمار	13	2775	214*	2/24	0/024
خطا	42	3998	95	-	
کل	55	6773	-	-	

n.s، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح 5% و 1%

مقایسه میانگین‌های جذب فسفر اندام هوایی نشان داد که بیشترین میانگین مربوط به تیمار تلقیح با *سودوموناس* بومی در حالت تغذیه کامل بر اساس آزمون خاک بود. در حالی که در تیمارهای با خاک معمولی تلقیح با باکتری *سودوموناس* خارجی دارای بیشترین میانگین و تلقیح با باکتری *ازتوباکتر* کمترین میانگین را داشت در صورتی که در تغذیه کامل بر اساس آزمون خاک تیمار تلقیح شده با *سودوموناس* بومی بیشترین میانگین و تیمار تلقیح شده با مخلوط کل سویه‌ها کمترین را به خود اختصاص دادند (نمودار 3).

حال آن که تیمار تلقیح شده با باکتری *سودوموناس* بومی در حالت تغذیه کامل با تیمارهای تغذیه کامل، *فلاوباکتریوم* در حالت تغذیه کامل، *ازتوباکتر* در حالت تغذیه کامل، *هرباسپیریلوم* در حالت تغذیه کامل، *سودوموناس* خارجی در حالت تغذیه کامل و *سودوموناس* خارجی در حالت خاک معمولی اختلاف معنی‌داری نداشت ولی با سایر موارد اختلاف معنی‌دار بود. ضمن آن که میانگین تیمار تلقیح شده با *سودوموناس* خارجی در حالت خاک معمولی بیشتر از میانگین تیمار مخلوط کل سویه‌ها در حالت تغذیه کامل بود.

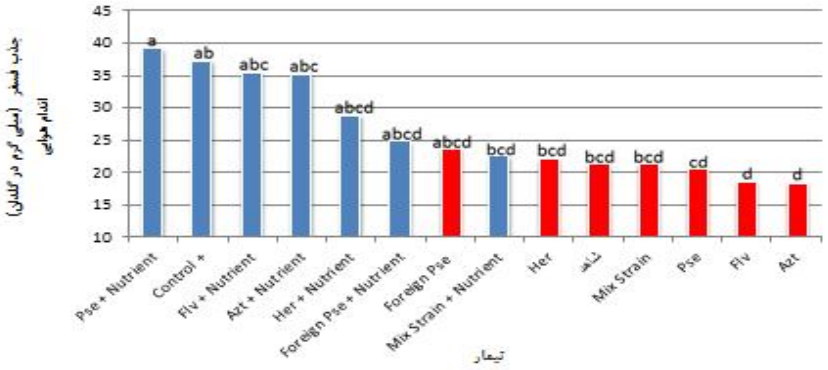
رحیمی و همکاران در سال 1390 گزارش کردند که تلقیح با باکتری *ازتوباکتر* اثر معنی‌داری بر افزایش غلظت و مقدار فسفر بخش هوایی گیاه داشت. در آزمایشی دیگر رخزادی و همکاران در سال 1387 اعلام نمودند که کاربرد باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* به صورت ترکیبی با باکتری *سودوموناس* ضمن داشتن قابلیت تحریک رشد گیاه به علت اثرات سینرژیستی باکتری‌ها بر روی یکدیگر باعث بهبود مضاعف رشد گیاه می‌شوند.

اثر تیمارهای مختلف بر جذب پتاسیم اندام هوایی در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول 9).

مقایسه میانگین‌های جذب پتاسیم اندام هوایی نشان داد که بیشترین میانگین مربوط به تیمار تغذیه کامل بر اساس آزمون خاک بود. در حالی که در تیمارهای با خاک معمولی تلقیح با باکتری *هرباسپیریلوم* دارای بیشترین میانگین و تلقیح با باکتری *سودوموناس* بومی کمترین میانگین را داشت در صورتی که در تغذیه کامل بر اساس آزمون خاک تیمار تغذیه کامل بیشترین میانگین و تیمار تلقیح شده با باکتری *ازتوباکتر* کمترین را به خود اختصاص دادند (نمودار 4). حال آن که تیمار تغذیه کامل بر اساس آزمون خاک با تیمار تلقیح شده با باکتری *فلاوباکتریوم* در حالت تغذیه کامل و تیمار مخلوط کامل سویه‌ها در حالت تغذیه کل اختلاف معنی‌داری نداشت ولی با سایر موارد اختلاف معنی‌دار بود. همچنین مقایسه میانگین تیمار تغذیه کامل با خاک معمولی (شاهد) دارای اختلاف معنی‌داری بود. ساکیا و همکاران در سال 2007 بیان داشتند که تلقیح بذور ذرت، با باکتری *آزوسپیریلوم* باعث افزایش معنی‌دار مقدار پتاسیم گیاه شد.

www.SID.ir

Archive of SID

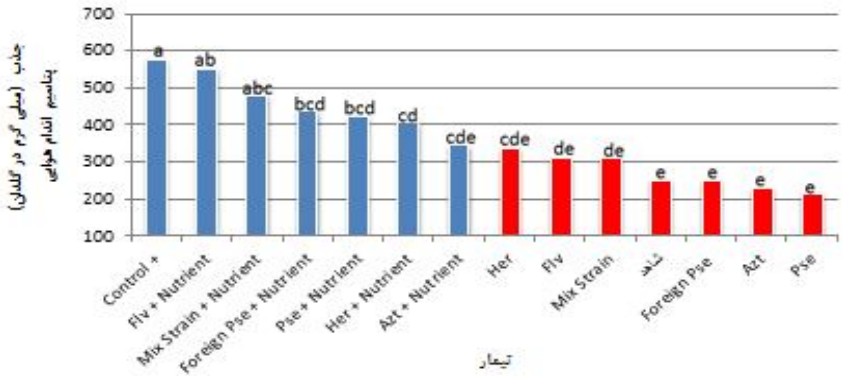


شکل 3- مقایسه میانگین جذب فسفر اندام هوایی (میلی گرم در گلدان)

جدول 9- تجزیه واریانس جذب پتاسیم اندام هوایی

منبع تغییرات (SOV)	درجه آزادی (df)	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F value	احتمال
تیمار	13	695856	53527**	6/63	0/000 (<0)
خطا	42	339317	8079	-	
کل	55	1035173	-	-	

n.s، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی دار در سطح 5% و 1%



شکل 4- مقایسه میانگین جذب پتاسیم اندام هوایی (میلی‌گرم در گلدان)

نعمتی و گلچین (1392) طی پژوهشی نشان دادند که به کارگیری کودهای زیستی تعداد شاخه‌های فرعی و برگ در بوته را افزایش داد و باعث افزایش عملکرد گیاه گوجه‌فرنگی گردید. کاربرد کودهای زیستی غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم و منیزیم بخش هوایی و ریشه گیاه گوجه‌فرنگی را افزایش داد. ولی آلودگی خاک به کادمیوم باعث کاهش غلظت همه عناصر پر مصرف در بخش هوایی و ریشه گیاه گوجه‌فرنگی گردید و با افزایش میزان آلودگی خاک، میزان این کاهش نیز بیشتر شد. نتایج این پژوهش نشان داد که تلقیح خاک با کودهای زیستی اثر سوء کادمیوم خاک بر رشد گیاه را کاهش می‌دهد.

اثر تیمارهای مختلف بر ارتفاع بوته در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول 10).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 10- تجزیه واریانس ارتفاع بوته

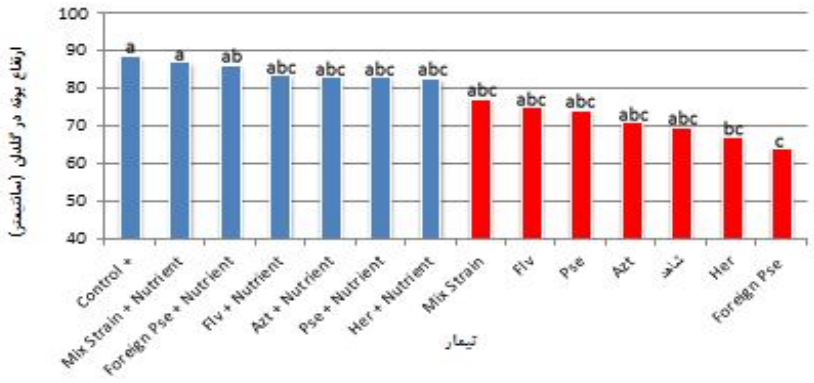
منبع تغییرات (SOV)	درجه آزادی (df)	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F value	احتمال
تیمار	13	3267	251*	1/87	0/063
خطا	42	5649	135	-	
کل	55	8917	-	-	

n.s، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح 5% و 1%

مقایسه میانگین‌های ارتفاع بوته نشان داد که بیشترین میانگین مربوط به تیمار تغذیه کامل بر اساس آزمون خاک بود. در حالی که در تیمارهای با خاک معمولی تلقیح شده با مخلوط کل سویه‌ها دارای بیشترین میانگین و تیمار تلقیح شده با باکتری *سودوموناس* خارجی کمترین میانگین را داشت در صورتی که در تغذیه کامل بر اساس آزمون خاک تیمار تغذیه کامل بیشترین میانگین و تیمار تلقیح شده با باکتری *هرباسپیریلوم* کمترین را به خود اختصاص دادند (نمودار 5). حال آن که تیمار تغذیه کامل با تیمارهای تلقیح شده با *هرباسپیریلوم* در حالت خاک معمولی و تیمار تلقیح شده با *سودوموناس* خارجی در خاک معمولی اختلاف معنی‌دار بود ولی با سایر موارد اختلاف معنی‌داری نداشت.

رای و گاور در سال 1988 در یک آزمایش گلدانی اثرات منفرد و توأم *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* را بر رشد و عملکرد گندم مورد مطالعه قرار دادند و نتایج آن‌ها نشان داد که تأثیر توأم این دو باکتری بیشتر از اثرات منفرد هر یک از آن‌ها است.

نتایج نشان داد اثر تیمارهای مختلف بر تعداد گل در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول 11).



شکل 5- مقایسه میانگین ارتفاع بوته (سانتیمتر)

جدول 11- تجزیه واریانس تعداد گل

منبع تغییرات (SOV)	درجه آزادی (df)	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F value	احتمال
تیمار	13	2829	218**	3/79	0/001
خطا	42	2185	58	-	
کل	55	5013	-	-	

n.s، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح 5% و 1%

مقایسه میانگین‌های تعداد گل نشان داد که بیشترین میانگین مربوط به تیمار *سودوموناس* خارجی در حالت تغذیه کامل بر اساس آزمون خاک بود. در حالی که در تیمارهای با خاک معمولی، تیمار مخلوط کل سویه‌ها دارای بیشترین میانگین و تیمار تلقیح شده با باکتری *سودوموناس* خارجی کمترین میانگین را داشت در

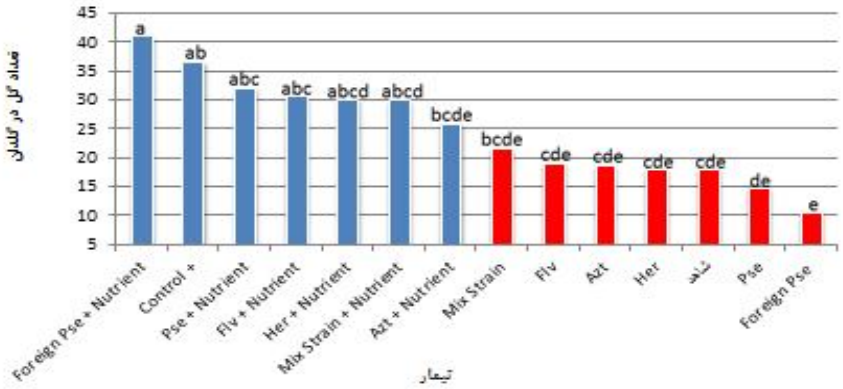
www.SID.ir

Archive of SID

صورتی که در تغذیه کامل بر اساس آزمون خاک تیمار تلقیح شده با *سودوموناس* خارجی بیشترین میانگین و تیمار تلقیح شده با باکتری *ازتوباکتر* کمترین را به خود اختصاص دادند (نمودار 6). حال آن که تیمار *سودوموناس* خارجی در حالت تغذیه کامل با تیمارهای تغذیه کامل، *سودوموناس* بومی در حالت تغذیه کامل، *فلاوباکتریوم* در حالت تغذیه کامل، *هرباسپیریلوم* در حالت تغذیه کامل، مخلوط کل سویه ها در حالت تغذیه کامل اختلاف معنی‌داری نداشت ولی با سایر موارد اختلاف معنی‌دار بود. همچنین مقایسه میانگین تیمار تغذیه کامل با خاک معمولی (شاهد) دارای اختلاف معنی‌داری بودند.

ناندا و همکاران (1995) گزارش نمودند که تلقیح بذور ذرت با باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* سبب افزایش عملکرد علوفه گردید. اردکانی (1379) طی تحقیقاتی نشان داد که تلقیح گندم با *آزوسپیریلوم برازیلنس* موجب افزایش عملکرد دانه و شاخص برداشت شد.

نتایج نشان داد اثر تیمارهای مختلف بر محتوی کلروفیل برگ در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول 12).



شکل 6- مقایسه میانگین تعداد گل

جدول 12- تجزیه واریانس محتوی کلروفیل برگ

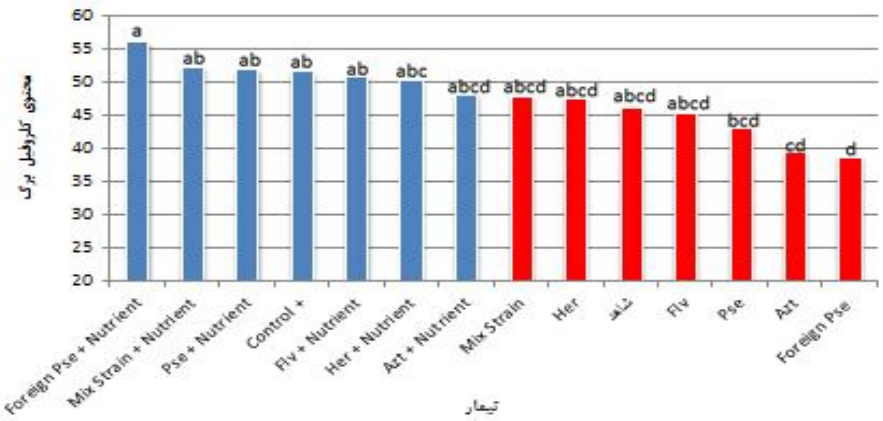
منبع تغییرات (SOV)	درجه آزادی (df)	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F value	احتمال
تیمار	13	1263	97**	2/64	0/038
خطا	42	1977	47	-	
کل	55	3241	-	-	

n.s، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح 5% و 1%

مقایسه میانگین‌های محتوی کلروفیل برگ نشان داد که بیشترین میانگین مربوط به تیمار *سودوموناس* خارجی در حالت تغذیه کامل بر اساس آزمون خاک بود. در حالی که در تیمارهای با خاک معمولی تلقیح شده با مخلوط کل سویه‌ها دارای بیشترین میانگین و تیمار تلقیح شده با *سودوموناس* خارجی کمترین میانگین را داشت در صورتی که در تغذیه کامل بر اساس آزمون خاک تیمار تلقیح شده با *سودوموناس* خارجی بیشترین میانگین و تیمار تلقیح شده با باکتری *ازتوباکتر* کمترین را به خود اختصاص دادند (نمودار 7). حال آن که تیمار *سودوموناس* خارجی در حالت تغذیه کامل با تیمارهای *سودوموناس* بومی در خاک معمولی، *ازتو باکتر* در خاک معمولی و *سودوموناس* خارجی در خاک معمولی اختلاف معنی‌داری داشته ولی با سایر موارد اختلاف معنی‌دار نبود.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 7- مقایسه میانگین محتوی کلروفیل برگ

عقیقی و همکاران (1389) گزارش کردند که اثر تلقیح بذور دو رقم گلرنگ با *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* بر روی صفات وزن گیاهچه، تعداد برگ در بوته، وزن تر ساقه و برگ در بوته، وزن خشک برگ و ساقه در بوته و ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود.

نتیجه گیری

جمع بندی نتایج نشان داد در مورد خاک با تغذیه کامل بیشترین میانگین وزن خشک اندام هوایی مربوط به تلقیح با *فلاوباکتریوم* بود. در مورد خاک معمولی، مخلوط کل سویه‌ها دارای بیشترین میانگین در مورد وزن خشک اندام هوایی بود. در خاک معمولی باکتری *هرباسپیریلوم* دارای بیشترین تأثیر بر جذب نیتروژن و پتاسیم اندام هوایی بود.

در رابطه با شاخص‌های جذب نیتروژن و پتاسیم اندام هوایی بیشترین میانگین مربوط به تغذیه کامل و بدون تلقیح بود. ضمن آن که در رابطه با شاخص جذب فسفر اندام هوایی بیشترین میانگین تغذیه کامل مربوط به باکتری *سودوموناس* بومی و در خاک معمولی مربوط به *سودوموناس* خارجی بود. اما در رابطه با شاخص های ارتفاع بوته، تعداد گل و محتوی کلروفیل برگ در حالت خاک با تغذیه کامل به ترتیب بیشترین میانگین مربوط به تغذیه کامل و بدون تلقیح (ارتفاع بوته) بود در حالی که دو مورد دیگر (تعداد گل و محتوی کلروفیل برگ) تلقیح با *سودوموناس* خارجی بالاترین جایگاه را به خود اختصاص داد. در خاک معمولی در هر سه شاخص (ارتفاع بوته، تعداد گل و محتوی کلروفیل برگ)، تلقیح با مخلوط کل سویه‌ها بیشترین میانگین را به خود اختصاص داد. در این پژوهش نتیجه‌گیری شد که خاک معمولی، تلقیح شده با PGPR نسبت به خاکی که بر اساس آزمون خاک رفع کمبود شده می‌تواند بر رشد گوجه‌فرنگی مؤثرتر باشد، با این حال هدف نهایی آزمایش جایگزینی مواد بیولوژیک و طبیعی با مواد شیمیایی مضر بود. جمع بندی نتایج اثرات تلقیح در جدول 13 به صورت خلاصه ارائه شده است

جدول 13- جمع بندی نتایج بیشترین تأثیر تلقیح

ردیف	شاخص	خاک با تغذیه کامل	خاک معمولی
		بهترین نتایج (با تلقیح و بدون تلقیح)	بهترین نتایج (با تلقیح)
	وزن خشک اندام هوایی	*فلاوباکتریوم*	مخلوط کل سویه ها
	جذب نیتروژن اندام هوایی	تغذیه کامل (بدون تلقیح)	*هرباسپیریلوم*
	جذب فسفر اندام هوایی	*سودوموناس* بومی	*سودوموناس* خارجی (غیر بومی)
	جذب پتاسیم اندام هوایی	تغذیه کامل (بدون تلقیح)	*هرباسپیریلوم*
	ارتفاع بوته در گلدان	تغذیه کامل (بدون تلقیح)	مخلوط کل سویه ها
	تعداد گل در گلدان	*سودوموناس* خارجی (غیر بومی)	مخلوط کل سویه ها
	محتوی کلروفیل برگ	*سودوموناس* خارجی (غیر بومی)	مخلوط کل سویه ها

www.SID.ir

Archive of SID

فهرست منابع:

1. اردکانی، م. 1379. بررسی کارایی کودهای بیولوژیک در زراعت پایدار گندم. رساله دکتری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات. 85-89.
2. رحیمی، ل. علی اصغر زاده، ن. و اوستان، ش. 1390. اثر سویه های بومی ازتوباکتر کروکوکوم بر رشد، جذب نیتروژن و فسفر گیاه گندم در شرایط گلخانه ای. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، 58: 159-171.
3. رخزادی، ا.، ا. اصغر زاد، ف. درویش، ق. نور محمدی، ا. مجیدی و و. توشیح. 1387. ارزیابی اثر کودهای بیولوژیک آزوسپیریلوم، ازوتوباکتر، پسودوموناس و مزوریزوبیوم بر تجمع ماده خشک و عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L). دهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. 30-28 مرداد 1387، کرج.
4. عقیقی شاهوردی کندی، م. توبه، ا. عباسی شاه مرسی، ف. و صنایعی، س. 1389. تأثیر محرک های رشد (PGPR) بر روی صفات مورفولوژیکی و اجزای عملکرد دو رقم گلرنگ. سومین سمینار بین المللی دانه های روغنی و روغن های خوراکی. تهران دی ماه 1389. 196 صفحه.
5. نعمتی، ا. گلچین، ا. 1392. تأثیر کودهای زیستی بر عملکرد، شاخص های رشد و غلظت عناصر پر مصرف گیاه گوجه فرنگی تحت تنش کادمیوم. مجله زیست شناسی خاک، 1(2): 157- 145.
6. Adesemoye, A.O., Torbert, H.A. and Kloepper, J.W. 2010. Increased plant uptake of N from 15N-depleted fertilizer using PGPR. Applied Soil Ecology, 46:54-58.
7. Banchio, E., Bogino, P.C., Zygadlo, J. and Giordano, W. 2008. Plant growth promoting rhizobacteria improve growth and essential oil yield in *Origanum majorana* L. Biochemical Systems and Ecolology, 36: 766-771.
8. Belimov, A.A., Safronova, V.I. and Mimura, T. 2002. Response of spring rape (*Brassica napus* var. *Olifera* L.) to inoculation with plant growth promoting rhizobacteria containing 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase depends on nutrient status of the plant. Canadian Journal of Microbiology, 48: 189-199.
9. Govedarica, M., V. Miliv and D.J. Gvozdenoviv. 1993. Efficiency of the association between *Azotobacter chroococcum* and tomato varieties. Soil plant, 42: 113-120.
10. ICID (International Commission on Irrigation and Drainage). 2002. Irrigation and Food Production Information about ICID Network Countries (online). Available at http://icid.org.
11. Kapulnik, Y., Sarig, S., Nur, A., Okon, Y. and Henis, Y. 1982. The effect of Azospirillum inoculation on growth and yield of corn. Israel Journal of Botany, 31:247-255.
12. Mahato, P., Badoni, A. and Chauhan, J.S. 2009. Effect of Azotobacter and nitrogen on seed germination and early seedling growth in tomato. Researcher, 1(4), http://www.sciencepub.net, sciencepub@gmail.com.
13. Nanda, S,S., Swain, K.C., Panda, S.C., Mohanty, A.K. and Alim, M.A. 1995. Effect of nitrogen and biofertilizers in fodder rainfed upland conditions of Orisa. Current Agricultural Research, 8: 45-47.
14. Rai, S.N. and Gaur, A.C. 1988. Characterization of *Azotobacter Spp*. and effect of Azotobacter and Azospirillum as inoculant on the yield and N-Uptake of wheat crop. Plant and Soil, 109: 131-134.
15. Rodelas, B. Lopez, J.G. Toledo, M.V. Pozo, C. and Salmeron, V. 1999. Influence of Rhizobium/Azotobacter and Rhizobium/Azospirillum combined inoculation on mineral composition of faba bean (Vicia faba L.). Biology and Fertility of Soils 29: 165-169.
16. Rohitashav-Singh Sood, B.K., Sharma, V.K. and Singh, R. 1993. Response of forage maize to Azotobacter inoculation and nitrogen. Indian Journal of Agronomy, 38: 555-558.

www.SID.ir

Archive of SID

17. Sakia, S. P., Jain, V., Khetarpal, S. and Aravid, S. 2007. Dinitrogen fixation activity of *Azospirillum brasilense* in maize (*Zea mays*). Current Science, 93(9): 188-195.
18. Sanhita-Gupta, D., Dilp, K., Arora, K.D. and Srivastava, K. 1995. Growth promotion of tomato plants by rhizobacteria and imposition of energy stress on rhizobacteria solani. Soil Biology and Biochemistry, 27: 1051-1058.

www.SID.ir