نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد هفتم، شماره ۲(۲۶)، ۱۳۹۲، صفحه ۲۱۴-۱۹۹

تجزیه رشد ذرت سینگل‌کراس ۶۰۴ با کاربرد کودهای مختلف

محمد یزدانی[۱]، همت‌اله پیردشتی[۲] و محمدعلی بهمنیار[۳]

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات کودهای زیستی حل‌کننده فسفات و باکتری‌های افزاینده رشد گیاه بر شاخص‌های رشد ذرت سینگل‌کراس ۶۰۴، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۸۷ در قالب کرت‌های خرد شده با طرح پایه بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری به اجرا درآمد. عامل اصلی شامل کود دامی گاوی (به میزان بیست تن در هکتار)، کود سبز جو (به میزان پانزده تن در هکتار)، و شاهد (بدون استفاده از کود آلی) و عامل فرعی در هشت سطح NPK؛ (PGPR) + (PSM) +NPK؛ -PGPR+PSM+NP$_{50\%}$K؛ PGPR+PSM+N$_{50\%}$PK؛ PGPR+PSM + N$_{50\%}$P$_{50\%}$K؛ PGPR+PK؛ PSM+ NK؛ و PGPR+PSM در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد بیشترین وزن خشک اندام‌های هوایی (۱۳/۲ گرم درمتر مربع)، شاخص سطح برگ (۳/۸) و سرعت رشد محصول (۳۴/۵ گرم درمتر مربع در روز) در کرت‌های کود دامی و در تیمار نهاده کافی (NPK) به همراه کود زیستی به دست آمد. مصرف کود سبز و نهاده کافی به همراه کود زیستی نسبت به تیمار عدم کاربرد کود زیستی، وزن خشک اندام های هوایی ذرت را ۱۱ درصد افزایش داد. همچنین، میزان شاخص سطح برگ با مصرف کود دامی و کود سبز به ترتیب ۱۷ و ۱۰ درصد افزایش یافت. اما این صفت در تیمارهای مشابه در کرت‌های شاهد تحت تأثیر کود زیستی قرار نگرفت. کاربرد کود زیستی، نتوانست کاهش پنجاه درصدی کود نیتروژنه را جبران نماید. اما کاهش پنجاه درصدی کود فسفره و مصرف کود زیستی در کرت‌های کود سبز و شاهد (بدون کود آلی) در میزان تجمع ماده خشک، شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول تغییری نسبت به تیمار نهاده کافی ایجاد نکرد. بر اساس نتایج این تحقیق به نظر می‌رسد بتوان با کاربرد کودهای زیستی ضمن کاهش مصرف کودهای شیمیایی فسفره، شاخص‌های رشد در ذرت را بهبود بخشید که در نهایت افزایش عملکرد دانه را به دنبال خواهد داشت.

واژگان کلیدی: ذرت، سرعت رشد محصول، شاخص‌های رشد، شاخص سطح برگ، کودهای زیستی.

۱- دانشجوی دکتری زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز (نگارنده‌ی مسئول) yazdani.agronomist@gmail.com
۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
تاریخ دریافت: ۹۱/۸/۳
۳- دانشیار گروه علوم خاک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
تاریخ پذیرش: ۹۲/۸/۸

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

کودهای شیمیایی در کشاورزی فشرده امروزی نقش مهمی در افزایش عملکرد محصولات کشاورزی داشته‌اند ولی به تدریج اثرات منفی آن مانند وارد شدن نیترات به آب‌های زیرزمینی و محیط زیست، بروز بیماری‌ها، انباشت فسفر و کادمیوم در خاک‌ها نمایان شده است (Koocheki *et al*., 2005؛ Saharan and Nehra, 2011). بنابراین با توجه به انباشت فسفر و هدرروی نیتروژن در خاک‌ها، می‌بایستی این امکان را فراهم آورد تا گیاهان بتوانند از منابع فسفر و نیتروژن به بهترین نحو استفاده نمایند.

بر اساس بررسی‌های به عمل آمده توسط محققان، ریزجانداران حل‌کننده فسفات (PSM)[۱] با تولید اسیدهای آلی توسط اکسیداسیون ناقص قندها (Turan *et al*., 2006)، سبب کاهش pH و افزایش حلالیت فسفر (Nikolay *et al*., 2006) و با واکنش‌های آنزیمی به ویژه آنزیم‌های گروه فسفاتاز بر معدنی‌شدن فسفر موثر هستند (Dai *et al*., 2004). از سوی دیگر باکتری‌های محرک رشد (PGPR)[۲] نیز به طور مستقیم با تثبیت نیتروژن و تولید هورمون‌های رشد (Cavaglieri *et al*., 2004)، تولید بعضی از آنزیم‌های موثر در جذب عناصر غذایی (Zahir *et al*., 2004) و حل فسفر و به طور غیرمستقیم با کاهش یا پیشگیری از اثرات زیان‌آور بیماری‌زایی ریزاندامگان‌های دیگر از طریق تولید انواع مواد آنتی‌بیوتیک (Lucy *et al*., 2004) و سیدروفورها (Zaied *et al*., 2003) سبب افزایش رشد گیاهان می‌گردند.

این باکتری‌ها در ریزوسفر، سطح ریشه‌ها و فضای بین سلول‌های پوست ریشه و حتی در درون سیستم‌های آوندی گیاه نیز مشاهده می‌شوند، ضمن استفاده از مواد کربنی فتوسنتزی (Cakmaci *et al*., 2005؛ Christos *et al*., 2008)، با تأمین بخشی از نیتروژن و یا تولید مواد محرک رشد به گیاه میزبان سود می‌بخشند (Kennedy *et al*., 2004; Zhuang *et al*., 2007; Singh *et al*., 2011). در بررسی باکتری حل‌کننده فسفات گونه باسیلوس بر رشد ذرت مشاهده کردند وزن خشک اندام‌های هوایی و ارتفاع گیاه به واسطه حضور این باکتری‌ها به طور قابل‌توجهی افزایش یافت (Wu *et al*., 2005). در بررسی اثرات آزوسپیریلوم بر سویا گزارش شد که تلقیح آزوسپیریلوم طول ریشه، وزن خشک، گرهک‌زایی و وزن خشک ساقه را به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد (Molla *et al*., 2001). از طرفی مواد آلی تأثیر قابل‌توجهی در جمعیت میکروبی خاک دارند (Dordas *et al*., Cherr *et al*., 2006; Sharma *et al*., 2011; 2008). بررسی‌های دیگر نیز نشان داد فعالیت و اثربخشی باکتری‌های حل‌کننده فسفات و محرک رشد، به وسیله منابع کربن آلی خاک (SOC)[۳] تحریک می‌شوند (Kumutha *et al*., 2004; Wilhelm *et al*., 2007). علاوه بر تأثیر باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد گیاهان، نقش این ریزاندامگان ها بر میزان تجمع مواد فتوسنتزی در طول دوره رشد و تغییرات فیزیولوژیکی گیاه نیز مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است (Adesemoye *et al*., 2009; Saharan and Nehra., 2011).

تغییرات رشد محصول در شرایط مزرعه با شاخص‌های رشدی متفاوتی اندازه‌گیری می‌شود و به این ترتیب با استفاده از این شاخص‌ها می‌توان تجزیه و تحلیل مناسب‌تری از رشد گیاه داشت. از جمله این شاخص ها شاخص سطح برگ است که از یک طرف بیانگر میزان دارایی برگ گیاه و از سوی دیگر میزان

۱- Phosphates Solubilizing Microorganisms
۲- Plant Growth Promoting Rhizobacteria
۳- Soil Organic Carbon

Archive of SID

www.SID.ir

انرژی ورودی به واحد سطح برگ و تعیین‌کننده ظرفیت فتوسنتزی گیاه است. سرعت تولید ماده خشک در واحد سطح زمین نیز یکی از مهم‌ترین شاخص‌های رشد است که نشان‌دهنده قابلیت و سرعت رشد می‌باشد. همچنین، براساس مطالعات انجام شده سرعت جذب خالص، شاخص مهمی از کارایی تولید می‌باشد و بیانگر میزان تولید ماده خشک در واحد کل سطح برگ می‌باشد که با دی‌اکسید کربن و شدت نور رابطه مستقیم داشته و به عبارتی دیگر شاخصی از راندمان برگ می‌باشد (Liu *et al.*, 2005). از سوی دیگر، سرعت رشد نسبی نیز بیانگر سرعت افزایش کل وزن خشک در هر گیاه به ازای واحد تولید ماده خشک اولیه می‌باشد که شاخصی از کارایی تولید است. با توجه به موارد مطرح شده این بررسی بر اساس تحقق اهداف کشاورزی پایدار به منظور درک اثر متقابل کودهای زیستی حل‌کننده فسفات و باکتری‌های افزاینده رشد گیاه به همراه کودهای آلی (کود دامی و سبز) بر شاخص‌های رشد ذرت سینگل کراس ۶۰۴ انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۸۶ در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری به طول ۵۳ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی و عرض ۳۶ درجه و ۴۲ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۶متر از سطح دریا در قالب طرح کرت‌های خردشده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. عامل اصلی در سه سطح شامل: کود دامی گاوی (به میزان بیست تن در هکتار)، کود سبز گیاه جو (به میزان پانزده تن در هکتار)، شاهد (بدون استفاده از کود آلی) و عامل فرعی در هشت سطح شامل: NPK (نیترات آمونیوم، سوپرفسفات تریپل و سولفات‌پتاسیم به ترتیب به مقدار ۳۰۰،۱۲۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)؛ NPK+ (PSM) + (PGPR)؛ PGPR+PSM +$NP_{50\%}K$ - ؛ $N_{50\%}$ + PGPR+PSM +PK؛ PGPR +PSM +$N_{50\%}P_{50\%}K$ - ؛ PGPR+PK - ؛ PSM+NK - ؛ و PGPR+PSM در نظر گرفته شد. از خاک مزرعه آزمایشی و کود دامی نمونه‌برداری و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن تعیین گردید (جدول ۱ و ۲). پس از اضافه نمودن کود دامی و به زیر خاک بردن کود سبز جو (در ابتدای مرحله گل‌دهی) در کرت‌های مورد نظر، باکتری‌های حل‌کننده فسفات سودوموناس پوتیدا و باسیلوس لنتوس[1] (به مقدار ۱۰۰ گرم در هکتار) و با جمعیت تقریبی 10^8 باکتری در هر میلی‌لیتر، تلقیح شده و بلافاصله به صورت هیرم‌کاری اقدام به کشت گردید. هر کرت آزمایشی از ۵ ردیف ۴ متری به فواصل ۷۰ سانتی‌متر تشکیل شده و فاصله بذور روی ردیف‌ها ۱۸ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. مبارزه با علف‌های هرز با وجین و سایر عملیات داشت در طول فصل مطابق با دستورالعمل‌های فنی و به‌زراعی انجام شد. برای محاسبه شاخص‌های رشد، نمونه‌برداری یک ماه پس از سبزشدن بوته‌ها، آغاز و نمونه‌برداری‌های بعدی هر یک به فاصله ۱۵ روز از زمان سبز شدن تا رسیدگی طی ۶ مرحله صورت گرفت. با توجه به این که استفاده از تقویم زمانی جهت تجزیه و تحلیل اجزای رشد به علت اختلاف در شرایط محیطی از دقت کافی برخوردار نمی‌باشد (Koocheki *et al.*, 2005)، جهت تطبیق نتایج، از درجه حرارت هوا، که شاخص ثابتی است بر مبنای درجه روز- رشد[2] به منظور بررسی روند رشد گیاهی، طبق فرمول زیر استفاده گردید:

$$GDD=\sum_{1}^{n}\left(\frac{T_{Max}+T_{Min}}{2}-T_b\right) \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

۱- *Pseudomonas putida, Bacillus lentus.*

۲- GDD

Archive of SID

www.SID.ir

در این فرمول T_b درجه حرارت پایه بوده که برای ذرت ۱۰ درجه سلسیوس و حداکثر درجه حرارت قابل تحمل جهت رشد مناسب ۳۵ درجه سلسیوس در نظر گرفته شد (Mirhadi, 2001). محاسبه سطح برگ‌ها در طول فصل رشد در هنگام نمونه‌برداری توسط دستگاه سنجش سطح برگ[۱] انجام شد. نمونه‌ها در هر مرحله به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس در آون خشک و سپس با ترازوی دقیق با دقت ۰/۰۱± گرم وزن گردید. جهت محاسبه شاخص های رشد محصول از معادلات:

$$(CGR = \frac{dw}{dt} \times \frac{1}{P})$$

$$(RGR = \frac{dw}{dt} \times \frac{1}{W})$$

$$(NAR = \frac{dw}{dt} \times \frac{1}{LA})$$

استفاده شد. در این معادلات، dw تغییرات وزن خشک، dt تغییرات زمان، LA سطح برگ، P واحد سطح زمین و W وزن خشک اولیه گیاه است. در نهایت، داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱۲ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفته و برای مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ ٪ استفاده شد.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش (عمق۰ تا ۳۰ سانتی‌متر)

Table 1- Some physical and chemical properties of soil field experimental (0-30 cm)

Type	PH	OM (%)	N (mg 100 gr^{-1})	P (mg 100 gr^{-1})	K (mg 100 gr^{-1})	Soil particle size (mm)		
						2.0–0.2	0.2–0.02	<0.02
Silty loam	7.5	3.48	193	12.3	367.3	47.3	42.1	10.6

جدول ۲- برخی خصوصیات شیمیایی کود دامی مورد استفاده

Table 2- Some chemical properties of farmyard manure used

Fe	Mn	Zn	Cu	K	P	OM	Nt	EC	pH
(ppm)						(%)		(dcs/m^2)	
45.39	93.45	36.93	3.78	6.8	7.6	7.35	2.03	3.39	8.18

۱.- Leaf Area Meter

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج و بحث

براساس نتایج این بررسی، کاربرد کودهای آلی سبب تغییرات معنی‌دار در مقادیر حداکثر وزن خشک کل، شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول در گیاه ذرت شده است. تلقیح باکتری و کاربرد مقادیر مختلف کود شیمیایی کلیه شاخص‌های رشد مورد بررسی را به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار دادند. همچنین بررسی اثرات متقابل نیز حاکی از اثرات معنی‌دار تیمارهای فوق بر وزن خشک کل، شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول بود (جدول ۳).

تجمع ماده خشک (TDW)

روند تجمع ماده خشک اندام‌های هوایی گیاه ذرت در طول فصل رشد در کرت های کود دامی، سبز و شاهد در پاسخ به تلقیح با سویه‌های باکتری حل‌کننده فسفات و افزاینده رشد در شکل ۱ نشان داده شده است. بر اساس این منحنی‌ها روند افزایش وزن خشک تیمارها به صورت سیگموئیدی است. به طوری که تجمع ماده خشک پس از خروج گیاه از خاک در ابتدا آهسته ولی در حدود ۶ هفته پس از کاشت (۷۸۲ درجه روز-رشد) تجمع آن سریع شده است. برای دوره بعد از آن تجمع ماده خشک نسبتاً به صورت یکنواخت افزایش یافته و تا هنگام کاکل‌دهی (۸۹۶ درجه روز-رشد) حدود نصف مقدار ماده خشک تولید شده است. حداکثر میزان تولید ماده خشک در طول زمان کاکل‌دهی و تشکیل بلال‌ها حاصل گردید (شکل ۱). در این بررسی با توجه به تاریخ کاشت و نوع ذرت با دریافت ۱۶۲۸/۲ درجه-روز (۱۰۳ روز) چرخه رشد گیاه کامل شد. بر اساس نتایج، واحدهای حرارتی مورد نیاز برای ذرت‌های زودرس (سینگل کراس ۶۰۴) ۱۵۰۰ -۱۸۰۰ درجه-روز و برای ذرت‌های دیررس مانند سینگل‌کراس ۷۰۴، ۲۲۴۰-۲۳۰۰ درجه گزارش شده است (Mirhadi, 2001).

نتایج این بررسی گویای آن است که تلقیح باکتری‌های حل‌کننده فسفر و محرک رشد و مصرف کامل کود شیمیایی در کرت‌های کود دامی وزن خشک اندام‌های هوایی را نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داده است (جدول ۴). این نتیجه می‌تواند بیانگر رابطه تقویت‌کنندگی (هم‌افزایی)[1] ترکیب باکتری‌های مذکور با یکدیگر در جهت افزایش رشد ذرت باشد که و پان همکاران (Pan *et al*., 1999)، لوئز و همکاران (Luz *et al*., 2003) و هان و همکاران (Han *et al*., 2004) نیز در گزارش‌های خود به آن اشاره نمودند. به عبارت دیگر، کارآمدی و رابطه هم‌افزایی باکتری‌های آزوسپیریلیوم و سودوموناس در طول فصل رشد ذرت موجب شده است تأثیر تیمارهای مورد نظر به طور معنی‌داری سبب بروز اختلاف در بین تیمارها و شاهد گردد (Mehnaz, and Lazarovits, 2006). در همین راستا کلیه ترکیب‌ها توانستند وزن خشک بوته ذرت در مراحل مختلف رشد را بیشتر از تیمار شاهد افزایش داده و در نهایت سبب افزایش عملکرد دانه نیز گردد (Yazdani *et al*., 2010). بررسی محققان حاکی از آن است که باکتری‌های محرک رشد، علاوه بر تثبیت نیتروژن مولکولی سبب تولید اکسین شده (Shaharoona *et al*., 2006) که با افزایش تولید تارهای کشنده ریشه (Luz, 2003) جذب عناصر غذایی از خاک و رشد گیاه بهبود می‌بخشند (Noaim and Hamad, 2004؛ Yomg *et al*., 2005؛ Sharma *et al*., 2011). بر اساس نتایج این بررسی، اثر تلقیح باکتری‌های حل‌کننده فسفر و محرک رشد تا انجام نمونه‌برداری دوم یعنی ۶۰ روز پس از کاشت میانگین‌های وزن خشک بوته از نظر آماری تفاوت معنی داری نداشتند (شکل ۱). این نتایج با یافته‌های وو و همکاران (Wu

۱- Synergistic

Archive of SID

www.SID.ir

et al., 2005) در گیاه ذرت مطابقت دارد. در ارتباط با عدم تأثیر باکتری‌های حل‌کننده فسفر و محرک رشد بر گیاه در مراحل اولیه رشد، لوسی و همکاران (Lucy *et al*., 2004) به این نکته اشاره داشتند که به طور معمول جمعیت باکتری‌ها پس از ورود به خاک به سرعت کاهش می‌یابد و پس از مدتی در صورت فراهم بودن شرایط محیطی تکثیر یافته و فعال خواهند شد. همچنین درباره این موضوع ملکوتی و همکاران (Malecoti *et al*., 1999) اظهار داشتند، در اوایل رشد با توجه به وجود مقدار کافی عناصر غذایی در کرت‌ها نقش باکتری‌های حل‌کننده فسفر و محرک رشد به وضوح دیده نمی‌شود.

مصرف کود سبز و نهاده کافی به همراه کود زیستی نیز نسبت به تیمار عدم کاربرد کود زیستی وزن خشک را ۱۱ ٪ افزایش داد. چر و همکاران (Cherr *et al*., 2006)، نیکولای و همکاران (Nikolay *et al*., 2006) و استفان (Stephen, 2003) نیز در بررسی‌های خود اعلام نمودند که کود آلی علاوه بر بهبود ساختمان خاک و تمرکز عناصر غذایی در سطح خاک به عنوان مهمترین منبع جهت فعالیت باکتری‌ها عمل کرده و باکتری‌ها در این شرایط از کارایی بالاتری برخوردارند. به نظر می‌رسد، عدم تفاوت معنی‌دار صفت یاد شده در کرت‌های شاهد (بدون کود آلی) به همین دلیل باشد (جدول ۴). همچنین، گزارش شده است که افزایش در وزن کل گیاه به وسیله ریزوباکترها به واسطه افزایش در جذب عناصر غذایی و در نتیجه رشد بهتر گیاه می‌باشد (Zaied *et al*., 2003).

مسئله قابل تأمل عدم تفاوت معنی‌دار وزن خشک اندام‌های هوایی بین تیمارهای اول و سوم (تیمار نهاده کافی و تیمار کاهش پنجاه درصدی کود فسفر به همراه کود زیستی) در کرت کود دامی است که نشان دهنده نقش موثر کود زیستی در تأمین پنجاه درصد از کود فسفره مصرفی است. این روند در تیمار مصرف کود سبز و شاهد نیز وجود دارد. دوی و همکاران (Devi *et al*., 2007) نیز وجود مواد آلی را جهت فعالیت ریزاندامگان ها بسیار مؤثر دانست. وو و همکاران (Wu *et al*., 2005) اظهار داشتند با کاهش پنجاه درصدی کود شیمیایی و تلقیح باکتری حل‌کننده فسفات گونه باسیلوس علاوه بر افزایش بیوماس، عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری نسبت به تیمار نهاده کافی نداشته است. همچنین، در این بررسی با کاهش پنجاه درصدی کود نیتروژنه در تیمارهای مختلف، وزن خشک اندام‌های هوایی نسبت به مصرف کامل کود نیتروژنه و کود زیستی به طور متوسط حدود ده درصد کاهش یافته است. بررسی نتایج تیمار ششم (حذف کود نیتروژن و کاربرد کود زیستی) نیز گویای همین مطلب است.

شاخص سطح برگ (LAI)

بر اساس شکل ۲ روند منحنی شاخص سطح برگ در ابتدای فصل، رشد کندی داشته و با دریافت ۶۷۲/۷ درجه-روز رشد به سرعت افزایش یافته و در اواسط فصل رشد و در مرحله تاسل‌دهی با دریافت ۶۸۹ درجه-روز رشد به حداکثر مقدار خود رسید. بعد از این مرحله به تدریج با زرد شدن و ریزش برگ‌ها در دوره‌ی پرشدن دانه میزان آن کاهش یافته است. در این بررسی مقایسه میزان شاخص سطح برگ در سطوح مختلف کود آلی نشان داد که با مصرف کود دامی و کود سبز شاخص سطح برگ ذرت نسبت به شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافت. از طرف دیگر میزان افزایش شاخص سطح برگ نسبت به شاهد با مصرف کود دامی (۱۷٪) در مقایسه با کود سبز (۱۰٪) بالاتر بوده است (جدول ۴). با تلقیح باکتری‌های حل‌کننده فسفر و محرک رشد و مصرف کامل کود شیمیایی شاخص سطح برگ نسبت به شاهد نیز بهبود یافته است. با این وجود، شاخص

Archive of SID

www.SID.ir

سطح برگ با کاهش پنجاه درصدی کود نیتروژنه نسبت به مصرف کامل کود نیتروژنه و کود زیستی به طور معنی داری کاهش یافت.

حداکثر شاخص سطح برگ در مرحله گرده‌افشانی ظهور اندام‌های نر[1] حادث شده است. بنابراین، افزایش قابل‌توجه شاخص سطح برگ در زمان گرده‌افشانی در تیمار مذکور سبب بهبود فتوسنتز و سرعت تجمع ماده خشک بالاتر و در نهایت منجر به تولید ماده خشک بالاتری گردید (جدول ۴). به نظر می‌رسد شاخص سطح برگ یک عامل مهم تعیین‌کننده عملکرد گیاهان زراعی در مزرعه باشد. زیرا این شاخص، اصلی ترین عامل تعیین‌کننده دریافت نور و تعرق است. از این رو، شاخص سطح برگ پارامتر مهمی در تخمین عملکرد برای بسیاری از مدل‌های رشد گیاهان زراعی بوده که از فتوسنتز خالص، تسهیم آسیمیلات، جرم کانوپی و مبادله انرژی استفاده می‌کنند (Fortin, 1944). بررسی ضرایب همبستگی شاخص‌های رشد و تجمع ماده خشک در جدول ۶ نیز این مطلب را تأیید می‌نماید. این شاخص رشد در تیمارهای یاد شده در کود سبز و شاهد (بدون کود آلی) نسبت به عدم تلقیح کود بیولوژیک، تفاوت معنی‌داری نداشت.

تفاوت شاخص سطح برگ در تیمارهای بدون کود شیمیایی و مصرف کود بیولوژیک در کرت‌های کود سبز و دامی نسبت به شاهد حاکی از افزودن عناصر غذایی و بهبود رشد ذرت با کاربرد کودهای آلی و فعالیت مناسب باکتری‌های حل‌کننده فسفر و محرک رشد در این تیمارها بوده است که با گزارش شارما و همکاران (Sharma *et al*., 2011) نیز مطابقت دارد. در تمامی کرت‌های کود آلی با کاهش پنجاه درصدی کود فسفره و مصرف کود زیستی تفاوت معنی‌داری نسبت به شاهد ایجاد نشد (جدول ۴). این نتیجه نیز بیانگر آن است که کود بیولوژیک در صورت وجود ماده‌ی آلی می‌تواند به اندازه۵۰ درصد کودهای شیمیایی فسفره موثر باشد.

سرعت رشد محصول (CGR)

روند تغییرات سرعت رشد محصول در این بررسی (شکل ۳) نشان داد که مقدار این شاخص در اوایل فصل رشد (حدود ۵۷۹ درجه روز رشد) کم بوده و سپس به‌طور تصاعدی افزایش یافت تا این که در مرحله گرده افشانی (۶۸۹ درجه- روز) به حداکثر میزان خود رسید. پس از این مرحله، به تدریج با زرد شدن برگ‌های پیر قسمت‌های پایین کانوپی ضمن کاهش سطح برگ، سرعت رشد محصول تا زمان رسیدن نهایی دانه، سیر نزولی داشت (شکل ۳). سرعت رشد محصول در کرت‌های کود دامی و سبز در تیمار عدم مصرف کود زیستی تفاوت معنی‌داری نسبت به هم نداشتند. اما این صفت در کرت‌های کود دامی در تیمار مصرف نهاده کافی و کود زیستی ، نسبت به شاهد (بدون کود آلی) بالاتر بود. در تیمار مصرف کامل کود شیمیایی و مصرف کود دامی به همراه کود زیستی سرعت رشد محصول نسبت به کرت‌های کود سبز و شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۴).

همچنین تلقیح کود زیستی و کاهش پنجاه درصدی کود فسفره در کرت‌های کود دامی و کود سبز و شاهد تفاوت معنی‌داری را در سرعت رشد محصول ایجاد نکرد. به نظر می‌رسد باکتری‌های حل‌کننده فسفات با ترشح آنزیم فسفاتاز و اسیدهای آلی موجب محلول‌سازی فسفات و افزایش فسفات قابل جذب و در نتیجه سبب افزایش قدرت رشد گیاه شده است که (Zaidi and Mohammad, 2006) در بررسی خود به آن اشاره کردند. با تلقیح کود زیستی و مصرف کامل کود شیمیایی سرعت رشد محصول

۱- Tassel

Archive of SID

www.SID.ir

نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داشت (شکل ۳). وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمار دوم (نهاده کافی به همراه کود زیستی) و هفتم (حذف کود فسفره و کاربرد کود زیستی) در صفات وزن خشک اندام‌های هوایی، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول بیانگر آن است اولاً همان طور که بررسی میزان فسفر خاک نشان داد (جدول ۱) میزان فسفر خاک پایین‌تر از حد بحرانی مورد نیاز بوده است و دوماً وجود عنصر فسفر جهت فعالیت باکتری‌های حل‌کننده فسفر ضروری است (Mirhadi, 2001). تفاوت نتایج تیمار اول (نهاده کافی و عدم تلقیح) و هشتم (حذف کامل کودهای شیمیایی و کاربرد کود زیستی) نیز این مطلب را تأئید می‌کند. با کاهش پنجاه درصدی کود نیتروژنه سرعت رشد محصول نسبت به مصرف کامل کود نیتروژنه و کود زیستی کاهش معنی‌داری یافت به طوری که مصرف کود زیستی نتوانست کاهش پنجاه درصدی کود نیتروژنه را جبران کند. بدین ترتیب با کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات علاوه بر بهره‌مندی از سایر اثرات مفید این باکتری‌ها که نتیجه آن افزایش رشد گیاه در مقایسه با کود شیمیایی است، کاهش مصرف کود فسفره تا ۵۰ ٪ امکان پذیر می‌باشد.

سرعت رشد نسبی (RGR)

روند تغییرات منحنی سرعت رشد نسبی (شکل ۴) نشان داد در اوایل فصل رشد با توجه به این که تمامی مواد فتوسنتزی صرف توسعه بافت‌های فتوسنتزی می‌شود از میزان بالاتری برخوردار است اما با افزایش سن گیاه میزان رشد نسبی کاهش یافته و این کاهش به این دلیل است که بخش اعظمی از ماده‌ی خشک افزایش یافته بافت‌های ساختمانی بوده و چنین بافت‌هایی سهمی در رشد ندارند. همچنین با افزایش رشد سایه‌اندازی اندام‌های هوایی و افزایش سن برگ‌های پایین‌تر و افزایش رقابت بین گیاهان برای مصرف آب، مواد غذایی و نور افرایش یافته و با کاهش کارایی تولید، رشد کاهش می‌یابد (Liu *et al.*, 2005).

بر اساس نتایج، سرعت رشد نسبی تحت تأثیر مصرف کود دامی و کود سبز افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان نداد (جدول ۵). با این وجود، تلقیح باکتری و کاربرد مقادیر مختلف کود شیمیایی بر سرعت رشد نسبی اثرات متفاوتی داشت. به طوری که تلقیح باکتری‌های حل‌کننده فسفر و محرک رشد و مصرف کامل کود شیمیایی به طور معنی‌داری موجب بهبود سرعت رشد نسبی شد. همچنین با کاهش پنجاه درصدی کود فسفره و مصرف کود زیستی نسبت به شاهد در این شاخص تفاوت معنی‌داری ایجاد نشد (شکل۴).

سرعت جذب خالص (NAR)

سرعت جذب خالص یکی دیگر از شاخص های فیزیولوژیکی رشد در تفسیر و تشریح عکس العمل گیاهان به شرایط مختلف محیطی است. در این بررسی، روند تغییرات منحنی سرعت جذب خالص بیانگر آن است که در اوایل فصل رشد با توجه به سایه‌اندازی کمتر و دریافت حداکثر تشعشع نور خورشید سرعت جذب خالص نسبت به مراحل بعدی رشد از میزان بالاتری برخوردار است و به تدریج با افزایش ارتفاع گیاهان کارایی فتوسنتزی برگ‌ها کاهش یافت. نتایج این آزمایش نشان داد که میزان سرعت جذب خالص در کرت‌های کودهای آلی و شاهد در یک گروه آماری قرار گرفتند. اما، کاربرد کود زیستی و کودهای شیمیایی اثرات معنی‌داری از نظر مقدار این صفت نشان دادند (جدول ۵).

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج این بررسی، مصرف کود دامی و نهاده کافی به همراه تلقیح باکتری‌های محرک رشد افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام‌های هوایی، شاخص

Archive of SID

www.SID.ir

سطح برگ و سرعت رشد محصول ذرت را نسبت به شاهد به همراه داشت . مصرف کود سبز و نهاده کافی به همراه کود زیستی نیز نسبت به تیمار عدم کاربرد کود زیستی وزن خشک و میـــزان شاخص سطح را به‌طور قابل‌توجهی افزایش داد. همچنین با کاهش پنجاه درصدی کود فسفره و تلقیح کود زیستی در کرت‌های کود دامی و کود سبز و شاهد تفاوت معنی‌داری در میزان تجمع ماده خشک، شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول ایجاد نشد اما کاربرد کود زیستی، نتوانست کاهش پنجاه درصدی کود نیتروژنه را جبران نماید که نیاز به آزمایشات بیشتر و بررسی تیمارهای دیگر می‌باشد. بنابراین، در این آزمایش با کاربرد کودهای زیستی میزان مصرف کود فسفره به مقدار پنجاه درصد، کاهش یافته که هم از نظر اقتصادی و هم از نظر زیست محیطی مقدار قابل توجهی خواهد بود.

سپاس‌گزاری

بـدین وسـیله از زحمـات مـدیر محتـرم مزرعـه تحقیقاتی دانـشگاه علـوم کـشاورزی و منـابع طبیعـی سـاری جنـاب آقـای مهنـدس عباسـیان، کارشناسـان شرکت زیست‌فن‌آور سبز و شرکت فن‌آور زیـستی‌مهـر جناب آقای مهندس امینی و جناب آقای دکتر دانیالی در تهیه و ارسال کودهای زیـستی ، تـشکر و قـدردانی می‌گردد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۳- میانگین مربعات صفات مرتبط با مقادیر حداکثر شاخص‌های رشد ذرت سینگل کراس ۶۰۴

Table 3 - The mean squares for the maximum values of growth indices in maize (cv. SC 604)

منبع تغییرات Source of Variation		درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares				
			وزن خشک کل Total Dry Matter	شاخص سطح برگ LAI	سرعت رشد محصول CGR	سرعت جذب خالص NAR	سرعت رشد نسبی RGR
Blok	بلوک	2	0.006	0.46	1.35	4.73	0.07
Fertilizer (A)	نوع کود (A)	2	0.36**	1.76**	95.76*	1.16^{ns}	0.35^{ns}
Error a	خطای a	4	0.005	0.08	15.14	1.285	0.06
Bacteria inoculation (B)	تلقیح باکتری (B)	7	0.108**	1.08**	127.1**	2.83**	0.07*
B × A		14	0.004*	0.07*	10.81**	0.67^{ns}	0.05^{ns}
Total Error	خطای کل	42	0.04	0.18	2.01	0.79	0.19
CV(٪)	ضریب تغییرات	---	8.51	6.36	12.19	10.94	7.51

*، **، به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪ و ns عدم تفاوت معنی‌دار

*, **: significant at 5% and 1%, respectively, ns: non significant

جدول ۴- اثرات متقابل کاربرد کودهای آلی و زیستی بر شاخص‌های رشد ذرت سینگل کراس ۶۰۴

Table 4- Interactions of biological and organic fertilizers on the growth indices of maize (cv. SC 604)

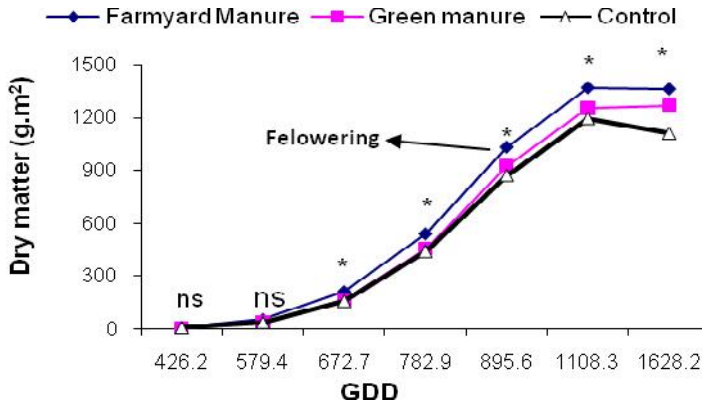
تیمار Treatment		وزن خشک کل گیاه Dry matter ($g.m^2$)	شاخص سطح برگ LAI	سرعت رشد محصول CGR ($g.m^2.day$)
کود آلی Organic Manure	مقادیر و نوع کود Amounts and fertilizer type			
کود دامی Farmyard Manure	NPK	1021.5 ^{b}	3.4 ^{bc}	30.5 ^{b}
	NPK+PGPR+PSM	1326.5 ^{a}	3.8 ^{a}	34.5 ^{a}
	$NP_{50}K$+PGPR+PSM	1132.7 ^{b}	3.4 ^{b}	28.7 $^{b-d}$
	$N_{50}PK$+PGPR+PSM	951.4 $^{e-g}$	2.8 ^{ef}	24.4 $^{e-k}$
	$N_{50}P_{50}K$+PGPR+PSM	970.7 $^{d-f}$	3.0 $^{c-e}$	25.6 $^{c-g}$
	PK+PGPR	811.6 $^{k-m}$	2.8 $^{e-g}$	21.6 $^{h-k}$
	NK+PSM	980.0 ^{de}	3.2 ^{bc}	22.8 $^{f-k}$
	PGPR+PSM	780.0 ^{lm}	2.5 ^{g}	21.0 $^{i-k}$
کود سبز Green manure	NPK	990.4 ^{de}	2.9 $^{d-f}$	27.7 $^{b-e}$
	NPK+PGPR+PSM	10102.7 ^{c}	3.2 $^{b-d}$	29.1 ^{bc}
	$NP_{50}K$+PGPR+PSM	1027.1 ^{d}	3.1 $^{b-e}$	26.7 $^{c-f}$
	$N_{50}PK$+PGPR+PSM	926.3 $^{f-h}$	2.8 $^{e-g}$	26.2 $^{c-f}$
	$N_{50}P_{50}K$+PGPR+PSM	864.7 $^{i-k}$	2.7 ^{fg}	22.1 $^{g-k}$
	PK+PGPR	823.6 $^{j-k}$	2.6 ^{fg}	24.2 $^{e-i}$
	NK+PSM	901.7 $^{g-i}$	2.9 $^{d-f}$	24.9 $^{d-h}$
	PGPR+PSM	764.4 ^{m}	2.6 ^{fg}	20.6 ^{k}
شاهد (بدون کود آلی) Control (without Organic Manure)	NPK	950.3 $^{e-g}$	2.9 ^{ef}	25.1 $^{d-h}$
	NPK+PGPR+PSM	1012.7 ^{de}	3.1 $^{b-e}$	27.3 $^{b-e}$
	$NP_{50}K$+PGPR+PSM	982.5 ^{de}	2.8 $^{e-g}$	25.9 $^{c-g}$
	$N_{50}PK$+PGPR+PSM	940.7 $^{e-g}$	2.6 ^{fg}	24.6 $^{f-j}$
	$N_{50}P_{50}K$+PGPR+PSM	867.6 $^{i-k}$	2.7 ^{fg}	22.8 $^{g-k}$
	PK+PGPR	699.0 ^{n}	2.1 ^{h}	18.7 ^{l}
	NK+PSM	874.7 $^{h-j}$	2.6 ^{fg}	20.8 ^{jk}
	PGPR+PSM	634.6 ^{n}	1.8 ^{h}	14.0 ^{l}

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

In each column, means with the common letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test (DMRT) at 5% probability level.

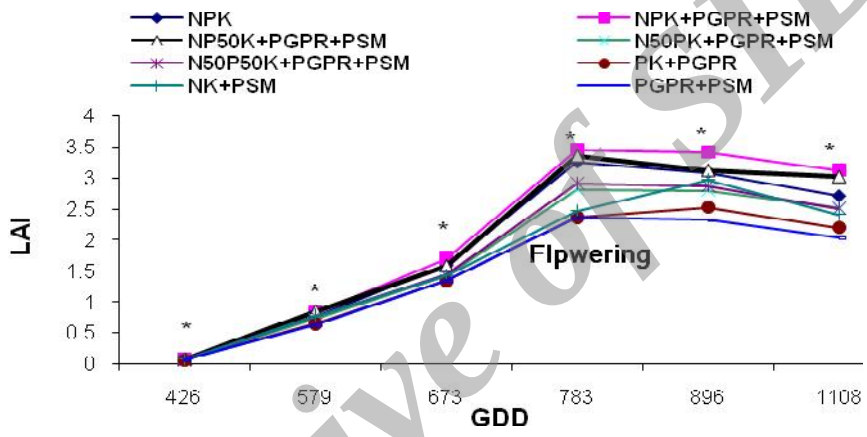
Archive of SID

www.SID.ir



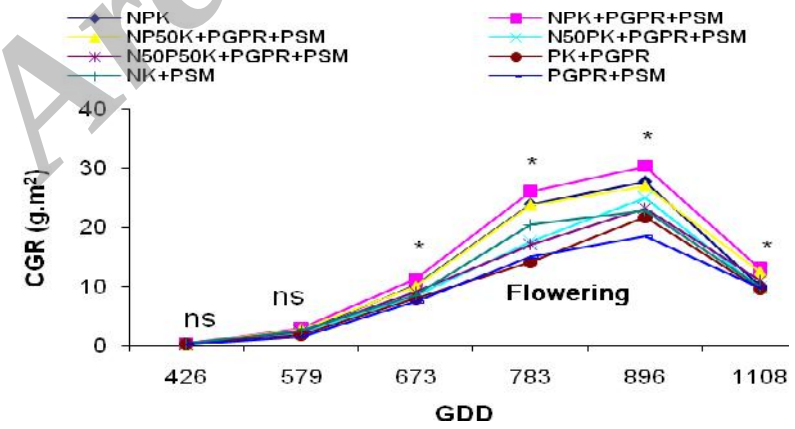
شکل ۱- روند تجمع ماده خشک در واکنش به کاربرد کود دامی و سبز

Figure 1 - The dry matter accumulation in response to the application of manure and green fertilizers



شکل ۲- روند شاخص سطح برگ ذرت در واکنش به کاربرد کودهای زیستی و مقادیر مختلف کود شیمیایی

Figure2 - The Maize LAI curves in response to application of biological fertilizers and different amount of chemical fertilizers



شکل ۳- روند سرعت رشد محصول ذرت در واکنش به کاربرد کودهای زیستی و مقادیر مختلف کود شیمیایی

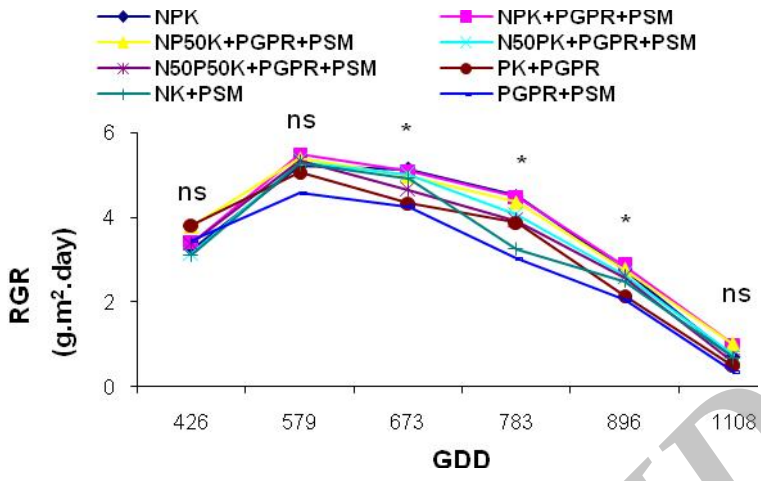
Figure 3 - The crop growth rate of maize in response to biological fertilizers and different amount of chemical fertilizers

(* معنی‌دار در سطح ۵٪ و ns عدم تفاوت معنی‌دار)

(*significant at 5% and ns: not significant)

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۴- روند سرعت رشد نسبی ذرت در واکنش به کاربرد کودهای زیستی و مقادیر مختلف کود شیمیایی

Figure 4 - The relative growth rate of maize in response to biological fertilizers and different amount of chemical fertilizers

* معنی‌دار در سطح ۵٪ و ns عدم تفاوت معنی‌دار

(* significant at 5% and ns: not significant)

جدول ۵- اثرات ساده کاربرد کودهای آلی و زیستی بر شاخص‌های رشد ذرت (سینگل کراس ۶۰۴)

Table 5 - The simple effect of organic and biological fertilizers applications on growth indices of maize (cv. SC 604)

تیمارها Treatments	سرعت جذب خالص NAR ($g.m^{-2}.day^{-1}$)	سرعت رشد نسبی RGR ($g.g^{-1}.day^{-1}$)
نوع کود آلی Organic manure type		
کود دامی Farmyard manure	8.75 a	2.56 a
کود سبز Green manure	8.54 a	2.73 a
شاهد Control	8.13 a	2.55 a
مقادیرکود + تلقیح باکتری Amounts and fertilizer type+ inoculation		
NPK	9.05 a	2.66 ab
NPK + PGPR + PSM	8.89 a	2.65 ab
$NP_{50}K$ + PGPR + PSM	8.72 ab	2.70 a
$N_{50}PK$ + PGPR + PSM	8.04 b	2.67 b
$N_{50}P_{50}K$ + PGPR + PSM	7.24 bc	2.58 b
PK + PGPR	7.26 bc	2.69 b
NK + PSM	7.00 c	2.49 c
PGPR + PSM	7.01 c	2.41 c

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

In each column, means with the common letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test (DMRT) at 5% probability level.

Archive of SID

www.SID.ir

References منابع مورد استفاده

- Adesemoye, A.O., H.A. Torbert, and J.W. Kloepper. 2009. Plant growth-promoting rhizobacteria allow reduced application rates of chemical fertilizers. *Microbial Ecology*. 58: 921-929.
- Cakmaci, R., I.A. Akmakc, B. Figen, A. Adil, S. Fikrettin, and B.C. Ahin. 2005. Growth promotion of plants by plant growth-promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions. *Biochemistry*. 38: 1482-1487.
- Cavaglieri, L.R., A. Passone, and M.G. Etcheverry. 2004. Correlation between screening procedures to select root endophytes for biological control of *Fusarium verticillioides* in *Zea mays*. *Biological Control*. 31: 259-262.
- Christos, A.D., A.S. Lithourgidis, T. Matsi, and N. Barbayiannis. 2008. Application of liquid cattle manure and inorganic fertilizers affect dry matter, nitrogen accumulation, and partitioning in maize. *Nutral Cycling Agroecosystem*. 80: 283-296.
- Cherr, C.M., J.M.S. Scholberg, and R. Mc Sorley. 2006. Green manure approaches to crop production. *Agronomy Journal*. 98: 302-319.
- Dai, J., T. Becquer, J. Rouiller, H. Reversat, G. Bernhard, and F. Lavelle. 2004. Influence of heavy metals on C and N mineralization and microbial biomass in Zn, Pb, Cu, and Cd contaminated soils. *Applied Soil Ecology*. 25: 99-109.
- Devi, R., A. Kumar, and B. Deboch. 2007. Organic farming and sustainable development in Ethiopia. *Scientific Research*. 2: 199-203.
- Dordas, C.A., A.S. Lithourgidis, T. Matsi, and N. Barbayiannis. 2008. Application of liquid cattle manure and inorganic fertilizers affect dry matter, nitrogen accumulation, and partitioning in maize. *Neutral Cycling Agroecosystem*. 80: 283-296.
- Fortin, M.C., F.J. Pierce, and M. Edwards. 1994. Corn leaf response to ear1y-season soil temperature under crop residues. *Agronomy Journal*. 86: 355-359.
- Han, H.S., K. Supanjani, and D. Lee. 2004. Effect of co-inoculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. *Agronomy Journal*. 24:169-176.
- Kennedy, I.R., A.T.M. Choudhury, and M.L. Kecskes. 2004. Non-symbiotic bacterial diazotrophs in crop-farming systems: can their potential for plant growth promotion be better exploited? *Soil Biology and Biochemistry*. 36: 1229-1244.
- Koocheki, A., M. Jami-al-ahmadi, B. Kamkar, and D. Mahdavi. 2005. Ecological principles of agriculture. L. E. Powers- R. McSorley (translated). *Shabak Press*, 472p. (In Persian).
- Kumutha, K., J. Sempaualan, and P.S. Krishnan. 2004. Effect of insoluble phosphate and dual inocolattion on soybean. In: Kannaryan, S., Kumar, K., Gouidarajan, K. (eds), *Biofertilizer*. pp: 354-358.
- Liu, X., J. Jin, S.J. Herbert, Q. Zhang, and G. Wang. 2005. Yield components, dry matter, LAI and LAD of soybeans in Northeast China. *Field Crops Research*. 93: 85-93.

Archive of SID

www.SID.ir

- Lucy, M., E. Reed, and B.R. Glick. 2004. Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. *Antonie van Leeuwenhoek*. 86: 1-25.
- Luz, W.C. 2003. Biological and chemical treatment combinations for corn seeds. *Fitopatologia Brasileira*. 28: 37-40.
- Markus, W., H. Junge, and W.H. Schnitzler. 2004. *Bacillus subtilis* as growth promotor in hydroponically grown tomatoes under saline conditions. *Vegetable Science*. 363-370.
- Malecoti, M.J. 1999. Sustainable agriculture and yield increase though balanced fertilization. *Agriculture Education Press*. 460p.
- Molla, A.H., Z.H. Shamsuddin, M.S. Halimi, M. Morziah, and A.B. Putehd. (2001). Potential for enhancement of root growth and nodulation of soybean co- inoculated with *Azospirillum* and Bradyrhizobium in laboratory systems. *Soil Biology and Biochemistry, 33*: 457-463.
- Mirhadi, M.J. 2001. Maize. *Agricultural Research, Education and Extension Organization Press*. 214p. (In Persian).
- Mehnaz, S. and G. Lazarovits. 2006. Inoculation effects of *pseudomonas putida*, *Glucon-acetobacter azotocaptans*, and *Azospirillum lipoferum* on corn plant growth under greenhouse conditions. *Microbial Ecology*. 51:326-335.
- Nikolay, S., A. Strigul, and V. Kravchenko. 2006. Mathematical modeling of PGPR inoculation into the rhizosphere. *Environmental Modeling and Software*. 21: 1158 - 1171.
- Noaim, A.A., and S.H. Hamad. 2004. Effect of bio-fertilization along with different levels of nitrogen fertilizer application on the growth and grain yield of hassawi rice (*Oryza sativa* L.). Scientific Journal of King Faisal University (*Basic and Applied Sciences*). 2: 215-225.
- Pan, B., Y.M. Bai, S. Leibovitch, and D.L. Smith. 1999. Plant growth promoting rhizobacteria and kinetin as ways to promote corn growth and yield in a short growing season area. *Agronomy Journal*. 11: 179-186.
- SAS Institute, Inc. 2000. SAS/STAT Users Quide, version 6.12.SAS Institute. Inc. Cary, NC.
- Shaharoona, B., M. Arshad, A. Zahir, and K. Azeem. 2006. Performance of *Pseudomonas spp*. containing ACC-deaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. *Soil Biology and Biochemistry*. 38: 2971-2975.
- Singh, J.S., V.C. Pandey, and D.P. Singh. 2011. Efficient soil microorganisms: A new dimension for sustainable agriculture and environmental development. *Agriculture, Ecosystems & Environment.* 140: 339-353.
- Sharma, S., V. Kumar, and R.B. Tripathi. 2011. Isolation of phosphate solubilizing microorganism (PSMs) from soil. *Journal of Microbiology and Biotechnology Research*. 1 (2): 90-95.

Archive of SID

www.SID.ir

- Saharan, B. S. and V. Nehra. 2011. Plant growth promoting rhizobacteria: A critical review. *Life Sciences and Medicine Research*. 21: 1-30.
- Stephen, F. 2003. Organic manures and biofertilizer on nutrients availability and yield in black pepper. *Journal of Tropical Agriculture*. 41: 52-55.
- Turan, M., N. Ataoglu, and F. Sahin. 2006. Evaluation of the capacity of phosphate solubilizing bacteria and fungi on different forms of phosphorus in liquid culture. *Sustainable Agricultural*. 28: 99-108.
- Wilhelm, J.M., F. Johnson, L. Karlen, and T. David. 2007. Corn stover to sustain soil organic carbon further constrains biomass supply. *Agronomy Journal*. 99: 1665-1667.
- Wu, B., S.C. Caob, Z.H. Lib, Z.G. Cheunga, and K.C. Wonga. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth. *Geoderma*. 125: 155-162**.**
- Yazdani, M., H. Pirdashti, M.A. Esmaili, and M.A. Bahmanyar. 2010. Effect of phosphate solubilization microorganisms (PSM) and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.). Pajouhesh and Sazandegi: 1: 58-64. (In Persian).
- Yomg, K., B. Bae, and Y. Choung. 2005. Optimization of biological phosphorus removal from contaminated sediments with phosphate solubilizing microorganisms. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 99: 23-29.
- Zaied, K.A., H. Abd, A.H. Afify, H. Aida, and M.A. Nassef. 2003. Yield and nitrogen assimilation of winter wheat inoculated with new recombinant inoculants of rhizobacteria. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 6: 344-358.
- Zaidi, A. and S. Mohammad. 2006. Co-inoculation effects of phosphate solubilizing microorganisms and *glomus fasciculatum* on green gram-bradyrhizobium symbiosis. *Agricultural Seience*. 30: 223-230.
- Zahir, A.Z., M. Arshad, and W.F. Frankenberger. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria. *Advances in Agronomy*. 81: 97-168.
- Zhuang, X., A. Chen, J.H. Shim, and Z. Bai. 2007. New advances in plant growth promoting rhizobacteria for bioremediation. *Environment International*. 33: 406-413.

Archive of SID

www.SID.ir