



اثر منابع مختلف فسفر و باکتری‌های حل‌کننده آن بر آنالیز رشد ذرت هیبرید (ksc۷۰۴)

سلیمان محمدی^۱، لیمو هوشمند^۲، حمدالله کاظمی‌اربط^۳، وره‌رام رشیدی^۴ و سونیا عارفی^{*۲}

چکیده

به منظور بررسی تأثیر منابع مختلف فسفر و باکتری‌های حل‌کننده آن بر آنالیز رشد ذرت هیبرید سینگل کراس KSC۷۰۴، آزمایشی در سال ۱۳۸۵ در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی میان‌دوآب به صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی در این آزمایش شامل، باکتری‌های حل‌کننده فسفات در چهار سطح شامل: شاهد، باکتری تیوباسیلوس، حل‌کننده فسفات و باکتری تیوباسیلوس + حل‌کننده فسفات، فسفر مصرفی در سه سطح شامل: شاهد (عدم مصرف)، مصرف فسفر بر مبنای آزمون خاک از منبع خاک فسفات و مصرف فسفر بر مبنای آزمون خاک از منبع خاک فسفات تریپل بود. در این مطالعه، هر ۱۵ روز یک‌بار نیم متر مربع از هر کرت برداشت و ماده خشک بوته، شاخص‌های سطح برگ، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج حاصل از آزمایش نشان داد کاربرد باکتری تیوباسیلوس + حل‌کننده فسفات + سوپرفسفات تریپل موجب افزایش تولید ماده خشک در واحد سطح و سرعت رشد محصول گردید، ولی باعث کاهش سرعت رشد نسبی، به دلیل کاهش ساخت مواد فتوسنتزی شد. همچنین، شاخص سطح برگ در مراحل اولیه رشد به کندی، ولی با شروع مرحله رشد سریع گیاه، به سرعت افزایش یافت. بالاترین مقدار شاخص سطح برگ (۴/۳)، ماده خشک (۳۴۵۱ گرم در مترمربع) و سرعت رشد محصول (۵/۱۴ گرم بر مترمربع) از کاربرد تیمار باکتری تیوباسیلوس + حل‌کننده فسفات + سوپرفسفات تریپل به دست آمد. از طرف دیگر مصرف باکتری تیوباسیلوس + حل‌کننده فسفات + خاک فسفات، نتایج مشابه و نزدیک به مصرف سوپرفسفات تریپل همراه با حل‌کننده‌ها را نشان داده است. می‌توان نتیجه گرفت مصرف حل‌کننده‌ها و باکتری تیوباسیلوس برای فراهمی فسفر قابل دسترس گیاه در هر دو منبع فسفر مفید است. همچنین، وجود منبع فسفر از خاک فسفات به دلیل ارزان بودن و کاهش هزینه، قابل دسترس بودن و کاهش اثرات زیست محیطی ناشی از آلودگی کودهای شیمیایی می‌تواند جایگزین مناسبی برای کودهای فسفاته رایج نظیر سوپرفسفات تریپل باشد.

واژگان کلیدی: آنالیز رشد، باکتری‌های حل‌کننده فسفات، ذرت، منابع فسفر.

۱- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی

۲- کارشناس ارشد زراعت

۳- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز

۴- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز

* (نگارنده‌ی مسئول)

مقدمه

بخشی از توسعه اقتصادی جامعه نوین بستگی به پیشرفت کشاورزی دارد، زیرا به طور مستقیم و غیرمستقیم محصولات کشاورزی از جمله تولید گیاهان زراعی برای مصرف انسان مورد نیاز می‌باشند. با وجود این که افزایش قابل ملاحظه‌ای در طی بیست سال گذشته در تولید گیاهان زراعی، به‌ویژه غلات به وجود آمده است، متوسط عملکرد اکثر گیاهان زراعی هنوز کمتر از حد بالقوه آنها است (Fathi, 2000). ذرت همراه با برنج و گندم سه محصول زراعی مهم در جهان هستند که در شرایط مختلف اقلیمی در مناطق معتدله، نیمه گرمسیری و گرمسیری کشت می‌شوند. سطح زیر کشت سالیانه ذرت در جهان بیش از ۱۴۲ میلیون هکتار با تولید ۶۳۸ میلیون تن دانه است که از این مقدار حدود ۴۴ درصد آن متعلق به آمریکا می‌باشد (Anonymous, 2004). آسیب‌های زیست محیطی و تغییر ساختار فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک‌ها و مشکلات ناشی از استفاده بی‌رویه از کودها معضل اساسی قرن حاضر است (Hoseinzadeh, 2005). فسفر یکی از عناصر اصلی مورد نیاز ذرت است که در بسیاری از فرآیندهای بیوشیمیایی ترکیبات انرژی‌زا از جمله ATP، ساخت و ساز و کارهای انتقال انرژی نقش دارد. کمبود این عنصر فعل و انفعالات سوخت و ساز، نظیر تبدیل قند به نشاسته، را در گیاه متوقف می‌سازد و در نتیجه در برگ آنتوسیانین (رنگ ارغوانی) تشکیل می‌شود (Malakouti, 2000). خاک فسفات یا (سنگ فسفات) یکی از مواد اولیه مهم برای تولید کودهای فسفاته است. میزان فسفر محلول در این ماده اندک است و مقدار کل آن بر حسب نوع معدن و یا عملیات تغلیظ تا ۳۹ درصد P_2O_5 متغیر می‌باشد. ایجاد صنایع تولید کود فسفاته مستلزم صرف هزینه‌های زیادی است که انجام آن برای همه کشورهای میسر نیست

(Malakouti, 2000). کاربرد مستقیم خاک فسفات یکی از ساده‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش‌های تأمین فسفر گیاه بوده که عمدتاً در خاک‌های اسیدی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Chien et al., 1996). استفاده از خاک فسفات به تنهایی، برای خاک‌های آهکی مناسب نیست، چون به‌طور طبیعی و به دلیل فراوانی یون کلسیم، واکنش فسفر با آن منجر به تشکیل آپاتیت می‌شود، در این راستا محققین زیادی تلاش کرده‌اند تا با استفاده از گوگرد، میکروارگانیزم‌های حل‌کننده فسفات، مواد آلی و باکتری‌های اکسید کننده گوگرد، بالاجنس انواع جنس باکتری تیوباسیلوس، کارآیی کاربرد مستقیم خاک فسفات در خاک‌های آهکی را افزایش دهند (Khavazi et al., 2001). باکتری‌های جنس تیوباسیلوس از مهم‌ترین رایج‌ترین انواع باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد در اکثر خاک‌های زراعی می‌باشند (Basharati and Gaid and, 2000). گایند و گاورد (Gaur, 1991) گزارش کردند که تلفیق خاک فسفات با باکتری حل‌کننده فسفات و تیوباسیلوس باعث تجمع ماده خشک در گیاه لوبیا می‌شود، زیرا اسیدهای آلی تولید شده به‌وسیله باکتری‌های حل‌کننده فسفات و همچنین تولید آنزیم فسفاتاز به وسیله این باکتری‌ها و اسید فسفریک تولید شده توسط فعالیت باکتری‌های تیوباسیلوس می‌توانند بر خاک فسفات اثر گذاشته و باعث حلالیت فسفر و در نتیجه افزایش تجمع ماده خشک شوند. ملکوتی (Malakouti, 2000) نیز گزارش کرد که بین تراکم و فعالیت ریشه و مقدار جذب فسفر، رابطه مثبتی وجود دارد و تارهای کشنده نقش عمده‌ای در جذب فسفر و در نتیجه افزایش سرعت رشد محصول ایفا می‌کنند. با عنایت به تثبیت فسفر در خاک‌های آهکی، مصرف بیش از حد نیاز آن در گذشته، پایین بودن راندمان جذب کودهای فسفاته به وسیله گیاه و عدم آب‌شویی

تمام قطعه آزمایش به طور یکسان انجام شد. فواصل خطوط کاشت ۷۵ سانتی‌متر و فواصل بوته‌ها روی خطوط کاشت ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شدند. هر واحد آزمایشی شامل ۵ ردیف به طول ۱۰ متر بود که دو ردیف کناری به عنوان حاشیه و سه ردیف وسط جهت نمونه‌برداری و برداشت عملکرد نهایی در نظر گرفته شدند. کاشت در نیمه دوم اردیبهشت به روش خشکه کاری در عمق ۵ سانتی‌متر صورت گرفت. به منظور سبز شدن یکنواخت و دستیابی به تراکم بوته مورد نظر، عملیات کاشت به صورت دستی و با تعداد ۳ بذر در هر کپه انجام شد. پس از سبز شدن و رفع خطر حمله آگروتیس در مرحله ۳-۲ برگی پس از استقرار کامل بوته‌ها، گیاهچه‌های اضافی تنک شدند. بر اساس نتایج آزمایش تجزیه خاک، ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در مرحله آماده سازی زمین (قبل از کاشت) و در مرحله ۶ برگی به عنوان کود سرک پای بوته‌ها داده شد و کودهای فسفاته بارور ۲ و تیوباسیلوس به طور جداگانه برای هر کرت آزمایشی در ۵ لیتر آب حل گردید و در عمق ۵ سانتی‌متری پایین‌تر از محل قرارگیری بذرها با فاصله ۱۰ سانتی‌متر از خطوط کاشت قرار داده شدند. خاک فسفات و سوپر فسفات تریپل نیز به طور یکنواخت در خطوطی مجاور خطوط کاشت با فاصله ۱۰ سانتی‌متر و در عمق ۵ سانتی‌متر پایین‌تر از ردیف کاشت، مصرف شدند. برای کنترل علف‌های هرز مزرعه از علف‌کش انتخابی ارادیکان برابر توصیه‌های قبل از کاشت استفاده شد و بعد از سبز شدن برای مبارزه با علف‌های هرز پهن برگ از علف‌کش D-۲،۴ استفاده شد. خاک‌دهی پای بوته، سه‌شکنی و مبارزه مکانیکی با علف‌های هرز زمانی که ارتفاع بوته‌ها حدود ۵۰ سانتی‌متر بود، انجام شد. در تمام طول فصل رویش، آبیاری به طور منظم و دقیق برابر نیاز آبی گیاه و میزان تبخیر از تشتک کلاس A (بر

این ترکیبات، باید سعی شود بهترین مدیریت از لحاظ مصرف و استفاده از آنها اعمال گردد (Malakouti, 2000).

این پژوهش به منظور بررسی تأثیر خاک فسفات، باکتری تیوباسیلوس و حل‌کننده‌های فسفات بر شاخص‌های رشد ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ KSC جهت دستیابی به عملکرد مناسب، کشاورزی پایدار و حفظ محیط زیست انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۵ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی میان‌دوآب با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۹ ثانیه شمالی، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۸ ثانیه شرقی و با ارتفاع ۱۳۷۱ متر از سطح دریا، بافت خاک سیلت لومی و pH= ۷/۵ اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات در چهار سطح a_1 : شاهد، a_2 : باکتری تیوباسیلوس (*Thiobacillus thiooxidans*) به میزان 10^7 CFU/g در بسته‌های ۱ کیلوگرمی پودر جامد مرطوب، a_3 : حل‌کننده فسفات (فسفاته بارور ۲ که حاوی دو باکتری (*Pantoea agglomerans*, Strain P5 and *Pseudomonas putida*, Strain P13) به میزان 10^8 CFU/g در بسته‌های ۱۰۰ گرمی پودر جامد مرطوب) و a_4 : باکتری تیوباسیلوس و حل‌کننده فسفات، فسفر مصرفی در سه سطح b_1 : شاهد (عدم مصرف)، b_2 : مصرف فسفر بر مبنای آزمون خاک از منبع خاک فسفات (به صورت خاک فسفات در مراکز توزیع کود وجود دارد و قابل عرضه است) و b_3 : مصرف فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل بر مبنای آزمون خاک انجام شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم زدن، انجام دو دیسک عمود بر هم برای خرد کردن کلوخه‌ها، تسطیح، دندانه‌زدن و ایجاد پشته در

گرم بر متر مربع و کمترین مقدار آن در همین GDD به تیمار شاهد (بدون تیمار حل‌کننده) برابر ۲۹۲۵ گرم بر مترمربع مربوط بود (شکل ۱). بیشترین مقدار ماده خشک در بین منابع کودی مربوط به تیمار سوپر فسفات تریپل در $GDD=1700$ برابر ۳۳۲۱ گرم بر متر مربع و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) در همین GDD برابر ۲۷۳۷ گرم بر متر مربع بود (شکل ۲). در بین اثرات متقابل نیز بیشترین مقدار ماده خشک مربوط به تیمار (تیوباسیلوس و حل‌کننده فسفات و سوپرفسفات تریپل) برابر ۳۴۵۱ گرم بر متر مربع مشاهده شد و کمترین مقدار ماده خشک مربوط به تیمار شاهد (عدم مصرف کود و حل‌کننده) برابر ۲۶۲۴ گرم بر متر مربع بود (شکل ۵). همانطوری که در شکل‌ها دیده می‌شود تجمع ماده خشک احتمالاً در مراحل اولیه رشد گیاه به دلیل کم بودن پوشش گیاهی به عنوان سطح دریافت‌کننده تشعشع خورشیدی، آهسته‌تر بوده ولی با گسترش سطح برگ سرعت تجمع آن افزایش و به حداکثر مقدار خود رسیده و در اواخر فصل رشد به دلیل پیری و ریزش برگ‌ها، از سرعت رشد کاسته شده است. افزایش ماده خشک در گیاه ذرت در تیمارهای حل‌کننده و تیمارهای کودی احتمالاً به دلیل کاهش pH، افزایش حلالیت فسفر و عناصر ریز مغذی می‌باشد. طی آزمایشی، سالاردینی (Salardini, 1993) اعلام کرد که روند تجمع ماده خشک در گیاه ذرت به صورت سیگموییدی است، وی گزارش کرد که روند تغییرات تجمع ماده خشک احتمالاً ناشی از روند تغییرات جذب فسفر باشد زیرا میزان جذب فسفر در ابتدای فصل رشد به علت پایین بودن دما به خوبی صورت نمی‌گیرد، ولی به تدریج جذب فسفر و تجمع ماده خشک با سرعت زیادی انجام می‌گیرد و بالاخره در مراحل آخر رشد جذب فسفر متوقف می‌شود. گایند و گاورور (Gaind

مبنای ۱۰۰ میلی‌لیتر تبخیر) به عمل آمد. نمونه‌برداری برای تجزیه و تحلیل رشد از سطح ۰/۵ متر مربع از هر کرت و هر ۱۵ روز یک‌بار با رعایت حاشیه انجام گرفت. برای هر تیمار سطح برگ به طور جداگانه اندازه‌گیری شد و جهت تعیین وزن خشک بوته، نمونه‌ها را به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سلسیوس قرار داده و سپس از روی وزن خشک اندام‌هوایی شاخس‌های سرعت رشد محصول (CGR)، شاخص سطح برگ (LAI)، سرعت رشد نسبی (RGR)، برای هر تیمار محاسبه شدند. مقدار درجه روزهای رشد (GDD)، برای مراحل مختلف رشد نیز بر اساس داده‌های هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی میاندوآب محاسبه گردید. بدین منظور صفر فیزیولوژیک ذرت، ۱۰ درجه سلسیوس در نظر گرفته شد و جهت محاسبه GDD از رابطه یک استفاده شد (Zabihi, 2004).

$$GDD = \sum_1^n \left(\frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} - T_b \right) \quad \text{(رابطه ۱)}$$

که در آن T_{\max} حداکثر دمای روزانه، T_{\min} حداقل دمای روزانه و T_b صفر گیاهی می‌باشند. داده‌های حاصل از آزمایش به وسیله نرم‌افزار MSTATC تجزیه و تحلیل آماری شدند و به وسیله آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه میانگین‌ها انجام گرفت و برای ترسیم شکل‌ها از نرم افزار EXCEL استفاده شد.

نتایج و بحث

ماده خشک بوته

تغییرات ماده خشک بوته در شکل‌های ۱ الی ۵ نشان می‌دهد ماده خشک کل در بین تیمارهای کودی و باکتری متفاوت بود. حداکثر ماده خشک در بین تیمارهای باکتری به تیمار باکتری تیوباسیلوس و حل‌کننده فسفات در $GDD=1700$ برابر ۳۱۴۹/۱

عناصر کمتر است. با گرم شدن هوا جذب فسفر و عناصر ضروری با سرعت زیادتری انجام می‌شود و تقسیم و تکثیر سلولی و در نهایت گسترش سطح برگ افزایش می‌یابد و سبب می‌شود که بیشترین سطح برگ در مرحله ظهور گل تاجی به دست آید و پس از آن در اثر سایه‌اندازی و پیر شدن برگ‌ها، شاخص سطح برگ کاهش یابد. شاخص سطح برگ بیان کننده نسبت سطح برگ به سطح زمین اشغال شده توسط گیاه مورد نظر می‌باشد (Gardner *et al.*, 1990). نقش مهم سطح برگ در جذب تشعشع خورشیدی و تأثیر آن بر رشد و عملکرد نهایی سویا و ذرت در تحقیقات واتسون و رامستاد (Watson and Ramstad, 1987) نیز به اثبات رسیده است.

سرعت رشد محصول

مفیدترین کمیت در تجزیه و تحلیل رشد جوامع گیاهی سرعت رشد محصول است و عبارت است از میزان افزایش وزن خشک یک اجتماع گیاهی بر واحد سطح در واحد زمان می‌باشد. نتایج تغییرات CGR در شکل‌های ۱۱ الی ۱۵ نشان می‌دهد که در بین منابع کودی بیشترین CGR مربوط به تیمار سوپر فسفات تریپل برابر ۴/۸ گرم بر متر مربع و کمترین CGR مربوط به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) برابر ۳/۹ گرم بر متر مربع و تیمار خاک فسفات برابر ۴ گرم بر متر مربع در $GDD = 1300$ حاصل شد (شکل ۱۱). در بین اثرات متقابل سطوح حل کننده‌ها با سطوح مختلف کودی بیشترین مقدار سرعت رشد محصول مربوط به اثر متقابل تیمار باکتری تیوباسیلوس و حل کننده فسفات با سوپرفسفات تریپل برابر ۵/۱۴ گرم بر متر مربع بود و CGR تیمار باکتری تیوباسیلوس و حل کننده فسفات و خاک فسفات برابر ۴/۷۸ گرم بر متر مربع در $GDD = 1300$ حاصل شد (شکل ۱۵). در بین تیمارهای حل کننده، کمترین تغییرات سرعت رشد محصول به تیمار شاهد برابر ۴/۵۱ گرم بر متر

and Gaur, 1991) گزارش کردند که تلفیق خاک فسفات با باکتری حل کننده فسفات و تیوباسیلوس باعث تجمع ماده خشک در گیاه لوبیا می‌شود، زیرا اسیدهای آلی تولید شده به وسیله باکتری‌های حل کننده فسفات و همچنین تولید آنزیم فسفاتاز به وسیله این باکتری‌ها و اسید فسفریک تولید شده توسط فعالیت باکتری‌های تیوباسیلوس می‌توانند بر خاک فسفات اثر گذاشته و باعث حلالیت فسفر و در نتیجه افزایش تجمع ماده خشک باشند.

شاخص سطح برگ

روند تغییرات LAI در شکل‌های ۶ الی ۱۰ نشان می‌دهد که منحنی تغییرات شاخص سطح برگ لگاریتمی است. یعنی که در اواسط فصل رشد به میزان حداکثر خود می‌رسد و سپس با مرگ برگ‌های پیرتر کاهش می‌یابد. حداکثر LAI در بین منابع کودی مربوط به تیمار سوپر فسفات تریپل برابر ۴/۱ و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار شاهد برابر ۳/۸ و تیمار خاک فسفات برابر ۴ بود که در $GDD = 1350$ حاصل شد (شکل ۷). تغییرات LAI در بین حل کننده‌های فسفات بسیار کم بود به طوری که تیمار شاهد برابر ۳/۹ و تیمار حل کننده فسفات، تیمار باکتری تیوباسیلوس و تیمار باکتری تیوباسیلوس و حل کننده فسفات برابر ۴ بود (شکل ۶). در بین اثرات متقابل سطوح حل کننده‌ها با سطوح مختلف کودی بیشترین LAI در $GDD = 1300$ مربوط به تیمار باکتری تیوباسیلوس و حل کننده فسفات و سوپرفسفات تریپل برابر ۴/۳ و کمترین مقدار LAI مربوط به اثر متقابل تیوباسیلوس و حل کننده فسفات با عدم مصرف کود برابر ۳/۸ به دست آمد و مقدار LAI برای تیمار تیوباسیلوس و حل کننده فسفات با خاک فسفات برابر ۴/۱ بود (شکل‌های ۸ الی ۱۰). چنین به نظر می‌رسد که در اوایل رشد به علت پایین بودن دما، گسترش ریشه گیاه، جذب فسفر و سایر

کننده‌ها، سرعت رشد نسبی تیمار شاهد نسبت به تیمار باکتری تیوباسیلوس و حل‌کننده فسفات بیشتر است (شکل ۱۶). در $GDD = 1138$ اختلاف بین سرعت رشد نسبی تیمار شاهد با باکتری تیوباسیلوس و حل‌کننده فسفات $0/005$ گرم بر گرم، با تیمار باکتری تیوباسیلوس $0/001$ گرم بر گرم و با تیمار حل‌کننده فسفات $0/005$ گرم بر گرم می‌باشد. چنین به نظر می‌رسد که روند تغییرات RGR با توجه به روند رشد گیاه قابل توجه باشد، زیرا با افزایش سن گیاه، سرعت رشد نسبی کاهش می‌یابد. این کاهش به این دلیل است که قسمت‌هایی که به گیاه افزوده می‌شوند بافت‌های ساختمانی هستند نه متابولیکی و چنین بافت‌هایی سهمی در میزان رشد ندارند. کاهش سرعت رشد نسبی همچنین تا اندازه‌ای با کمی جذب نور (در سایه قرار گرفتن) و افزایش سن برگ‌های پایین‌تر گیاه نیز مرتبط است. واتسون و رامستاد (Watson and Ramstad, 1987) نیز گزارش کرد که سایه‌اندازی برگ‌ها بر روی یکدیگر دلیل اصلی نزولی بودن سرعت رشد نسبی است.

نتیجه‌گیری کلی

بالاترین مقدار شاخص سطح برگ ($4/3$)، ماده خشک (3451 گرم بر متر مربع) و سرعت رشد محصول ($5/14$ گرم بر متر مربع) از کاربرد باکتری تیوباسیلوس + حل‌کننده فسفات + سوپرفسفات تریپل به دست آمد. از طرف دیگر، مصرف باکتری تیوباسیلوس + حل‌کننده فسفات + خاک فسفات، نتایج مشابه و نزدیک به مصرف سوپر فسفات تریپل همراه با حل‌کننده‌ها را نشان داده است. می‌توان نتیجه گرفت مصرف حل‌کننده‌ها و باکتری تیوباسیلوس برای فراهمی فسفر قابل دسترس گیاه برای هر دو منبع فسفر مفید بوده است. همچنین، وجود منبع فسفر از خاک فسفات به دلیل ارزان بودن و کاهش هزینه، قابل دسترس بودن و کاهش اثرات

مربع و بیشترین مقدار آن به تیوباسیلوس و حل‌کننده فسفات با $4/78$ گرم بر متر مربع و برای تیوباسیلوس با $4/60$ گرم بر متر مربع و حل‌کننده فسفات با $4/69$ گرم بر متر مربع حاصل شد. احتمالاً CGR رابطه مستقیمی با منبع تأمین‌کننده فسفر، شرایط محیطی و مرحله رشد گیاه دارد و حداکثر CGR زمانی حاصل می‌شود که پوشش برگ‌ها مطلوب و در نتیجه حداکثر میزان تبدیل انرژی خورشیدی در گیاه صورت گرفته باشد. ملکوتی (Malakouti, 2000) نیز گزارش کرد که بین تراکم و فعالیت ریشه و مقدار جذب، رابطه مثبتی وجود دارد و تارهای کشنده نقش عمده‌ای در جذب فسفر ایفا می‌کنند. کوچکی و سرمندیا (Koocheki and Sarmadnia, 1999) در رابطه با روند تغییرات CGR بیان کرده‌اند که سرعت رشد محصول در مراحل اولیه به دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و جذب کمتر نور خورشید توسط گیاهان کم است. با ادامه رشد افزایش سریعی در CGR صورت می‌گیرد زیرا سطح برگ توسعه یافته و با جذب نور بیشتر، بخش کمتری از آن از لابه‌لای جامعه گیاهی بدون استفاده به سطح خاک نفوذ می‌کند.

سرعت رشد نسبی

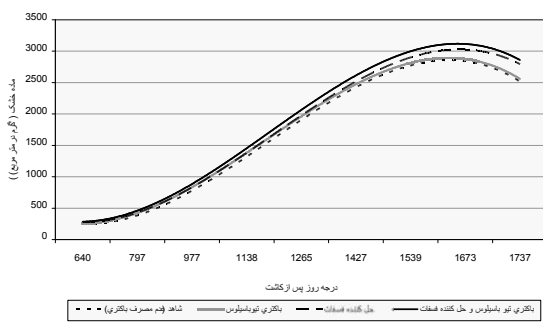
سرعت رشد نسبی (RGR) را شاخص کارایی نیز می‌نامند، این شاخص بیان‌کننده وزن خشک اضافه شده نسبت به وزن اولیه در یک فاصله مشخص زمانی است (Gardner et al., 1990). روند تغییرات سرعت رشد نسبی نزولی است. این روند در شکل‌های ۱۶ الی ۲۰ نشان داده شده‌اند. به طوری که ملاحظه می‌شود در بین تیمارهای کودی، سرعت رشد نسبی تیمار شاهد و خاک فسفات نسبت به سوپر فسفات تریپل بیشتر است. اختلاف بین تیمار شاهد با سوپر فسفات تریپل برابر $0/001$ گرم بر گرم در 1138 درجه روز رشد است (شکل ۱۷). در بین تیمار حل

زیست محیطی ناشی از آلودگی کودهای شیمیایی نظیر سوپرفسفات تریپل باشد. می‌تواند جایگزین مناسبی برای کودهای فسفاته رایج

جدول ۱- نتایج تجزیه های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اجرای آزمایش

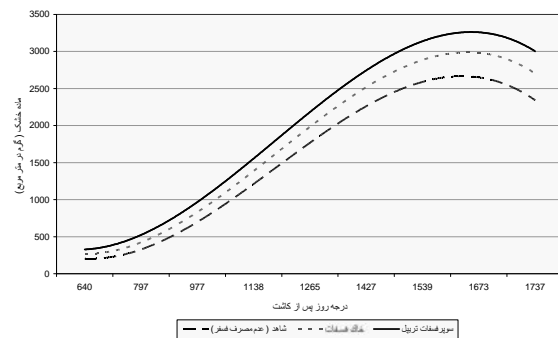
Table 1- results of soil decomposition test

بافت خاک Soil Tex	رس % Clay	لای % Silt	شن % Sand	پتاسیم قابل جذب p. p. m	فسفر قابل جذب p. p. m	ازت کل N %	کربن آلی %O. C	درصد مواد خنثی شونده %T. N. V	اسید کل اشباع Ph	هدایت الکتریکی EC × ۱۰ ^{-۲}	درصد S.P	عمق Depth
S:L	21	52	27	259	7.18	0.19	1.89	14.25	7.70	0.77	28	0-30



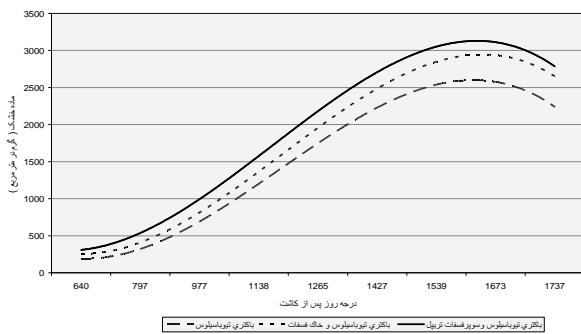
شکل ۱- روند تجمع ماده خشک کل در سطوح مختلف حل کننده فسفات تیوباسیلوس

Figure 1- TDM accumulation in the different levels of phosphate solubilizing bacteria.



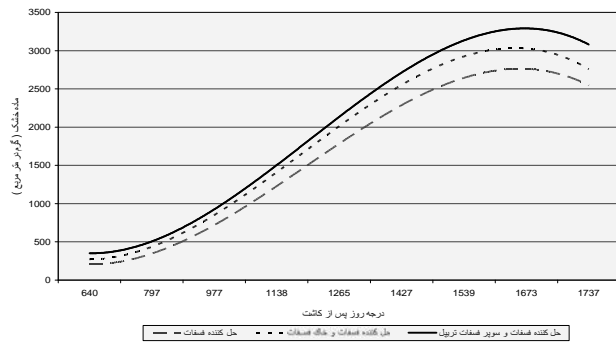
شکل ۲- روند تجمع ماده خشک کل در سطوح مختلف کودی فسفات تریپل

Figure 2- TDM accumulation in the different levels of fertilizer



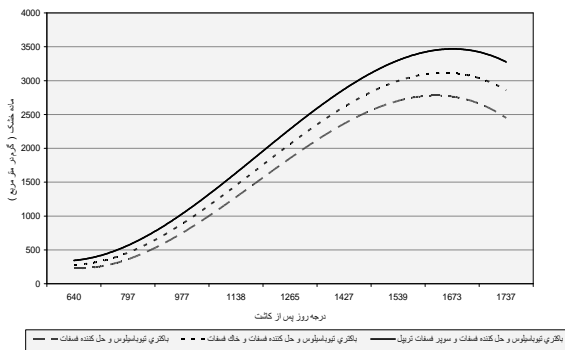
شکل ۳- روند تجمع ماده خشک تیمار باکتری تیوباسیلوس در سطوح کودی فسفات تریپل

Figure 3- TDM accumulation thiobacillus bacteria treatment in the different levels of fertilizer.



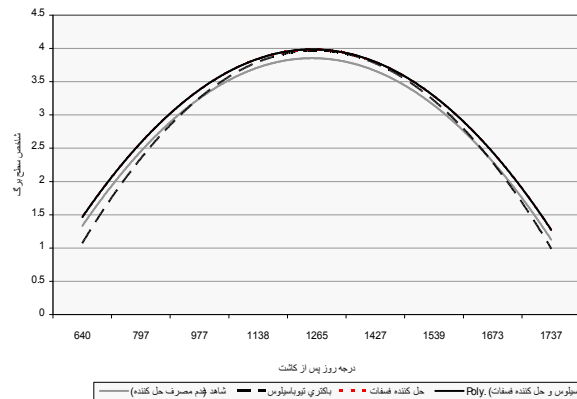
شکل ۴- روند تجمع ماده خشک تیمار حل کننده فسفات در سطوح مختلف کودی فسفات تریپل

Figure 4- TDM accumulation phosphate solubilizing bacteria treatment in the different levels of fertilizer



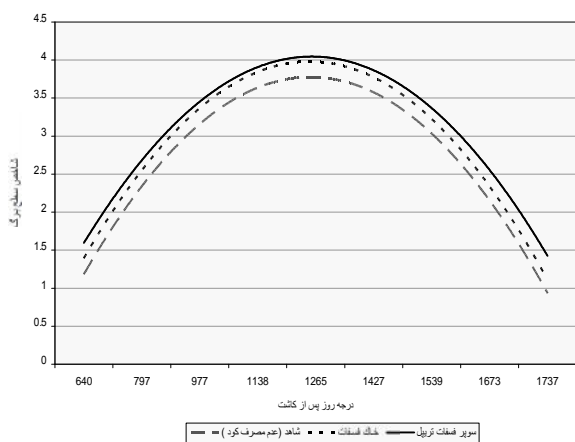
شکل ۵- روند تجمع ماده خشک کل تیمار باکتری تیوباسیلوس و حل کننده فسفات در سطوح مختلف کودی

Figure 5 - TDM accumulation thiobacillus bacteria and phosphate solubilizing bacteria treatment in the different levels of fertilizer.

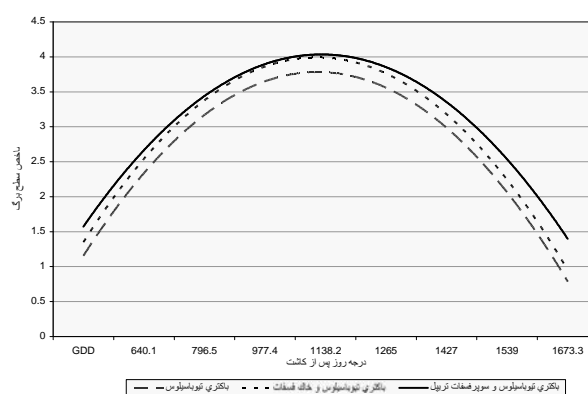


شکل ۶- روند تغییرات شاخص سطح برگ در سطوح مختلف حل کننده فسفات تریپل

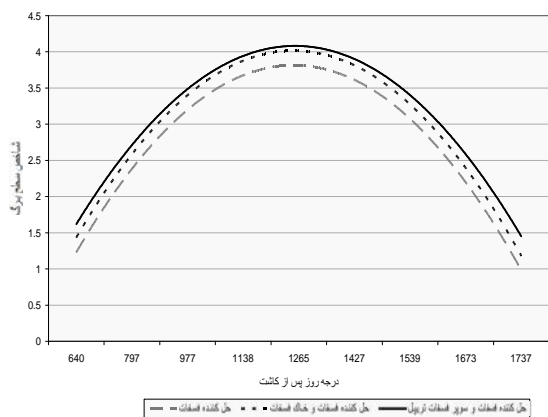
Figure 6 - LAI in the different levels of phosphate solubilizing bacteria



شکل ۷- روند تغییرات شاخص سطح برگ در سطوح مختلف کودی
Figure 7- LAI in the different levels of fertilizer

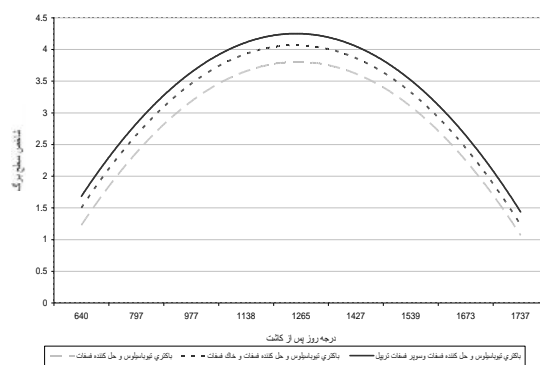


شکل ۸- روند تغییرات شاخص سطح برگ تیمار باکتری تیوباسیلوس در سطوح مختلف کودی
Figure 8 - LAI thiobacillus bacteria treatment in the different levels of fertilizer



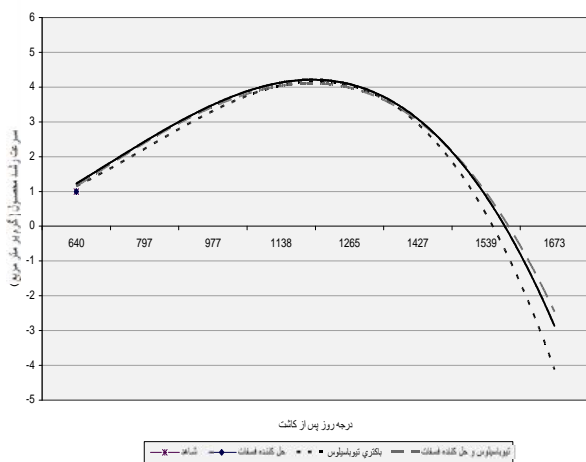
شکل ۹- روند تغییرات شاخص سطح برگ تیمار حل‌کننده فسفات در سطوح مختلف کودی

Figure 9- LAI phosphate solubilizing bacteria treatment in the different levels of fertilizer.

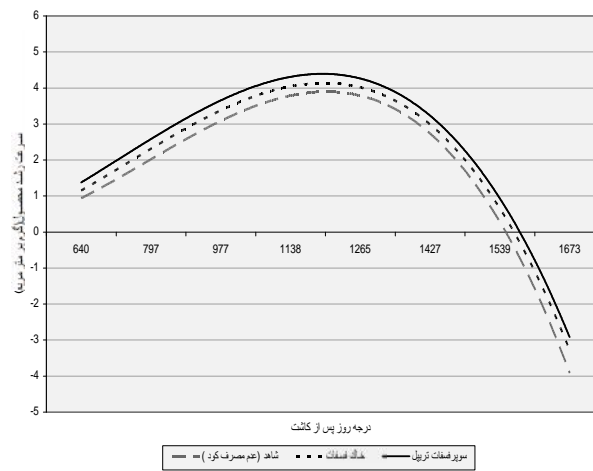


شکل ۱۰- روند تغییرات شاخص سطح برگ تیمار باکتری تیوباسیلوس و حل‌کننده فسفات در سطوح مختلف کودی

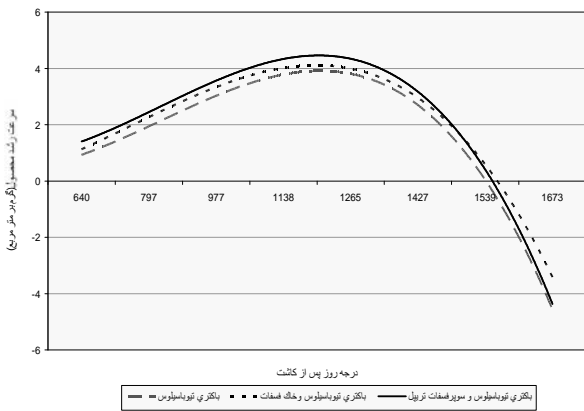
Figure 10- LAI thiobacillus bacteria and phosphate solubilizing bacteria treatment in the different levels of fertilizer.



شکل ۱۱- روند تغییرات سرعت رشد محصول در سطوح مختلف حل‌کننده فسفات
Figure 11- CGR in the different levels of phosphate solubilizing bacteria.

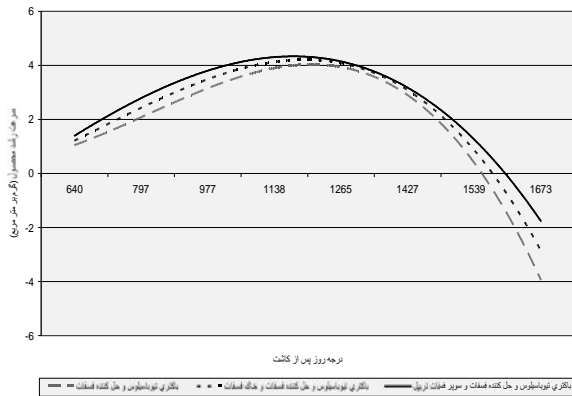


شکل ۱۲- روند تغییرات سرعت رشد محصول در سطوح مختلف کودی
Figure 12- CGR in the different level of fertilizer.



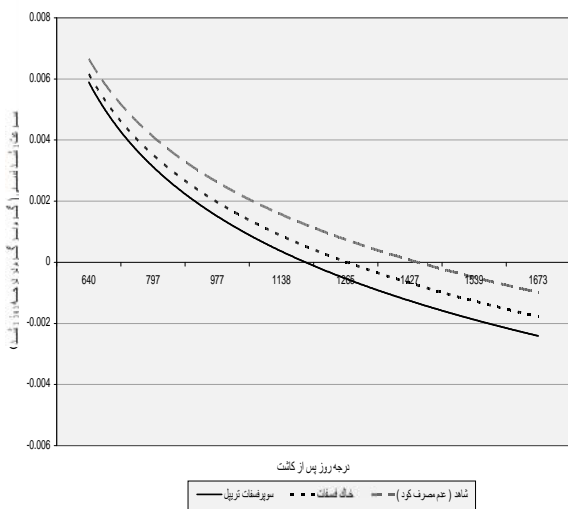
شکل ۱۳- روند تغییرات سرعت رشد محصول تیمار باکتری تیوباسیلوس در سطوح مختلف

Figure 13. CGR thiobacillus bacteria treatment in the different levels of fertilizer.



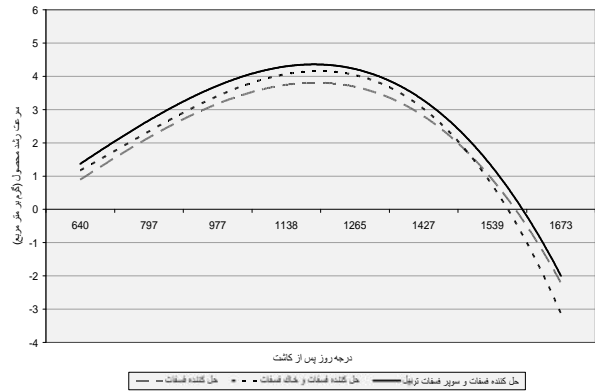
شکل ۱۵- روند تغییرات سرعت رشد محصول تیمار باکتری تیوباسیلوس و حل‌کننده فسفات در سطوح مختلف کودی

Figure 15- CGR thiobacillus bacteria and phosphate solubilizing bacteria treatment in the different levels of fertilizer



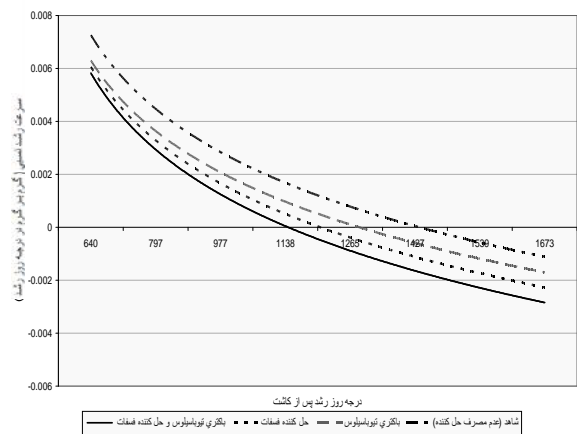
شکل ۱۷- روند تغییرات سرعت رشد نسبی در سطوح مختلف کودی

Figure 17. RGR in the different levels of fertilizer



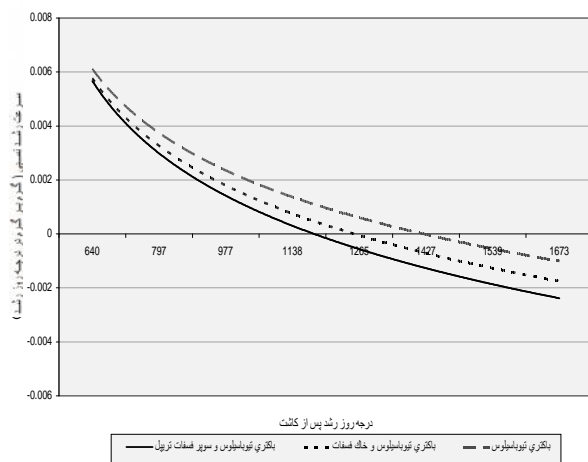
شکل ۱۴- روند تغییرات سرعت رشد محصول تیمار حل‌کننده فسفات در سطوح مختلف کودی

Figure 14. CGR phosphate solubilizing bacteria treatment in the different levels of fertilizer.



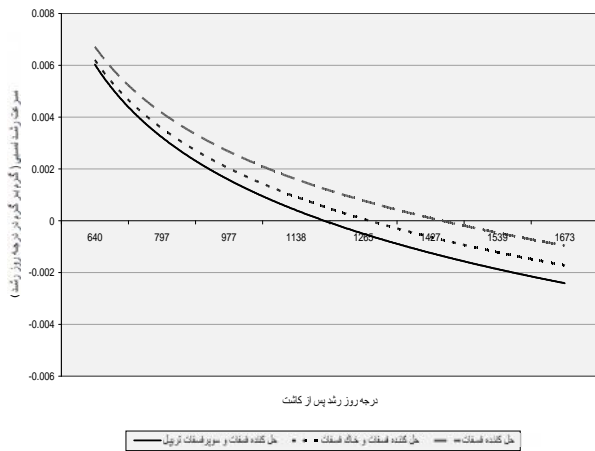
شکل ۱۶- روند تغییرات سرعت رشد نسبی در سطوح مختلف حل‌کننده.

Figure 16- RGR in the different levels of phosphate solubilizing bacteria.



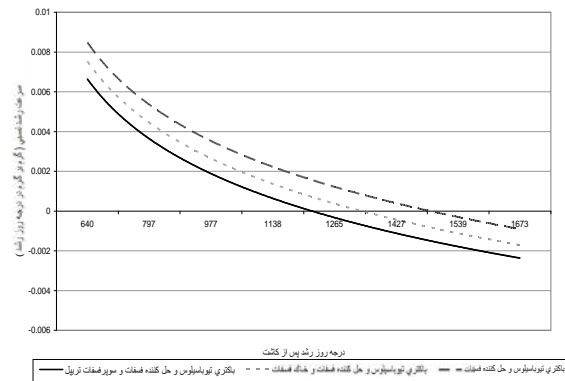
شکل ۱۸- روند تغییرات سرعت رشد نسبی تیمار باکتری تیوباسیلوس در سطوح مختلف کودی

Figure 18. RGR thiobacillus bacteria treatment in the different levels of fertilizer.



شکل ۱۹- روند تغییرات سرعت رشد نسبی تیمار حل‌کننده فسفات در سطوح مختلف کودی

Figure 19- RGR phosphate solubilizing bacteria treatment in the different levels of fertilizer



شکل ۲۰- روند تغییرات سرعت رشد نسبی تیمار باکتری تیوباسیلوس و حل‌کننده فسفات در سطوح مختلف کودی

Figure 20- RGR of thiobacillus bacteria and phosphate solubilizing bacteria treatment in the different levels of fertilizer

References

منابع مورد استفاده

- Anonymous. 2004. Share to communicate the level under cultivation of oil seeds in Iran. Agricultural Jihad Ministry. Agronomy Assistance.
- Besharati Kelayeh, H., and M. SalehRastean. 2000. Study of the effect of application inoculation thiobacillus bacteria with sulphur in increase ability absorption of phosphor. *J. Soil and Water Sci.* 13(1): 23- 39.
- Chien, S.H., R.G. Menone, and K.S. Billingham. 1996. Phosphorus availability from phosphate rock as enhanced by water- soluble phosphorus. *J. Soil. Sci.* 60:1173-1177.
- Fathi, G. 2000. Growth and nourishment crop plant. Mashhad University Jihad Publication. 372 pp. (In Persian)
- Gaiind, S., and A.C. Gaur. 1991. Thermotolerant phosphate solublising micro organisms and their interaction with mung bean. *J. Plant and Soil.* 133: 141-149.
- Gardner, F.P., R.B. Parce, and R.L. Mitchell. 1990. Physiology of crop plants. The Iowa State Univ, Press. Pp: 187-208.
- Hoseinzadeh, H. 2005. Report of effect of phosphate barvar2 biofertilizer on yield of maize. Tehran University Jihad Publication. (In Persian)
- Khavazi, K., F. Nourgholipour, and M.J. Malakouti. 2001. Effect of thiobacillus and phosphate - solublizing bacteria on increasing P availability from rock phosphate for corn. International Meeting on Direct Application of Rock Phosphate and Related Appropriate Technology - latest Development and Practical Experiences. Kualalumpur, Malaysia.

- Koocheki, A., and G. Sarmadnia. 1999. Physiology of crop plants. 7th ed. Agricultural Jahad of Mashhad. 400 pp. (In Persian)
- Malakouti, H. 2000. Permanent farming and increase yield with betterment use fertilizer in Iran. 2th ed. Agricultural Education Publication. (In Persian)
- Ortus, I., and P.J. Harris. 1996. Enhancement uptake of phosphorus by mycorrhizal in root sorghum plant as influenced by forms of nitrogen. *J. Plant and Soil*. 184(2): 225- 264.
- SalarDini, A. 1993. The soil fertility. 4th ed. Tehran University Publication. (In Persian)
- Watson, S.A. and P.E. Ramstad. 1987. Corn: Chemistry and technology. By the American Association of Cereal Chemists, Inc.
- Zabihi, K. 2004. Design increase production of Maize. Agricultural Jahad Publication.

The Effects of Different Sources of Phosphorous and its Solubilizing Bacteria on Growth of the Hybrid Corn (KSC 704)

Mohammadi, S¹, L. Houshmand², H. Kazemi-e- Arbat³, V. Rashidi⁴ and S. Arefi^{6*}

Abstract

To study the effects of phosphorous of different sources and its solubilizing bacteria on the corn growth an experiment was conducted at Miyandoab Agricultural and Natural Resources Research Station in 2005 in Iran. The arrangement of experiment was factorial based on RCB design with three replications. Treatments consisted of four levels of phosphate solubilizing bacteria: control, thiobacillus bacteria, phosphate solubilizing bacteria and Thiobacillus bacteria and phosphate solubilizing bacteria and three levels of fertilizer: without fertilizer, rock phosphate and triple super phosphate. In this study 0.5 m² of each plot was sampled every 15 days intervals and were studied the dry matter per unit area (TDM), leaf area index (LAI), crop growth rate (CGR) and relative growth rate (RGR) were analyzed. The results showed that the application of thiobacillus bacteria + phosphate solubilizing bacteria + triple super phosphate increased total dry matter (TDM) and crop growth rate (CGR), while relative growth rate (RGR), decreased. LAI increased slowly during early growing stage but increased rapidly when growth proceeded. The highest LAI (4.3), TDM (3451 gr/m²) and CGR (5.41 gr/m²) were obtained from the application of thiobacillus + phosphate solubilizing bacteria triple super phosphate. Similar results were obtained by the application of thiobacillus + phosphate solubilizing bacteria + rock phosphate. It seems that application of thiobacillus + phosphate solubilizing bacteria is useful for availability of phosphorous to plant. Also, application of rock phosphate, due to low cost, availability of phosphorous to plant and its decreased effect on environment pollution can be used instead of other sources of phosphate fertilizers such as triple super phosphate.

Keywords: Corn, Growth analysis, Phosphate solubilizing bacteria, Phosphorous sources.

1- Asistant Prof. West Azabaijan Agricultural and Natural Resources Research Center, Iran.

2- MSc. of Agronomy.

3- Prof., Department of Agronomy and Plant Breeding, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

4- Assistant Prof., Department of Agronomy and Plant Breeding, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

* **Corresponding Author:** sonyaarefi@yahoo.com