

محور مقاله: حاصلخیزی خاک، تغذیه گیاه و کشت گلخانه‌ای

تأثیر تلقیح میکروبی بر شاخص‌های رشد و جذب برخی عناصر غذایی پرمصرف در گیاه ذرت (*Zea mays L.*)ساناز اشرفی سعیدلو^{۱*}، عباس صمدی^۲، میر حسن رسولی صدقیانی^۳، محسن برین^۴، ابراهیم سپهر^۴^۱ دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه^۲ استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه^۳ استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه^۴ دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر تلقیح میکروبی بر شاخص‌های رشد ذرت و نیز میزان جذب عناصر غذایی، آزمایشی در شرایط گلخانه‌ای به مدت ۶۵ روز اجرا گردید. تیمار آزمایشی شامل تلقیح میکروبی (باکتری *Pseudomonas fluorescens*)، قارچ (*Aspergillus niger*)، $Cont^+$ (بدون تلقیح با حضور پتاسیم برابر با توصیه کودی) و $Cont^-$ (بدون تلقیح و بدون استفاده از پتاسیم)) بود. در پایان دوره رشد، برخی شاخص‌های رشد گیاه و غلظت عناصر غذایی در اندام هوایی و ریشه گیاه اندازه‌گیری شد. نتایج حاکی از تأثیر معنی‌دار تلقیح میکروبی بر شاخص‌های رشد گیاهی و غلظت عناصر غذایی در اندام‌های هوایی و ریشه بود. بیشترین ارتفاع بوته (۵۴/۵۵ سانتی‌متر) و قطر ساقه (۰/۶۴۲ سانتی‌متر) مربوط به شرایط تلقیح باکتریایی بود که نسبت به تیمار $Cont^-$ ، به ترتیب ۱۸/۱۹ و ۱۸/۲۲ درصد افزایش داشت. وزن خشک اندام هوایی گیاه ذرت نیز در شرایط تلقیح باکتری به ترتیب ۱/۸۰ و ۱/۴۱، و در شرایط تلقیح قارچی به ترتیب ۱/۵۴ و ۱/۲۰ برابر در مقایسه با تیمارهای $Cont^-$ و $Cont^+$ بیشتر بود. تأثیر تلقیح باکتری بر غلظت فسفر اندام هوایی بیشتر از تلقیح قارچی بود. به طوری که مقدار فسفر در این تیمار ۱۸/۲۵ درصد بیش از تلقیح قارچی بود. چنین استنباط می‌شود که تلقیح میکروبی از طریق تأثیر بر قابلیت دسترسی و جذب عناصر غذایی، باعث بهبود شاخص‌های رشد ذرت می‌شود. لذا استفاده از سویه‌های مؤثر در انحلال عناصر غذایی، قابلیت استفاده عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را افزایش داده و باعث بهبود رشد آن می‌گردد.

کلمات کلیدی: میکروارگانیسم‌های حل‌کننده سیلیکات، عملکرد گیاه، کشاورزی پایدار، سودوموناس فلورسنتس، آسپرژیلوس نایجر

مقدمه

تمامی موجودات زنده این کره خاکی از جمله گیاهان برای رشد و نمو و ادامه حیات خود، نیاز به مواد غذایی دارند. در بیشتر خاک‌ها مقدار نسبی این مواد و عناصر غذایی، برابر نیازهای طبیعی گیاه نیست. با توجه به محدودیت‌های استفاده از اراضی برای کشاورزی، در سال ۲۰۶۰ زمین‌های موجود برای گسترش تولیدات کشاورزی جهت برآورده کردن نیازهای غذایی، کافی نخواهد بود (Dovlati و همکاران ۲۰۱۰). چرا که از یک سو افزایش سطح زیر کشت محصولات، به کندی صورت می‌گیرد و هزینه‌بر است. و از سوی دیگر در حال حاضر اکثر زمین‌های مناسب، زیر کشت هستند. بنابراین تأمین غذای جمعیت رو به رشد جهان نیاز به افزایش تولید محصولات در واحد سطح و در واحد آب دارد. لذا بهبود مستمر عملکرد و کیفیت محصولات کشاورزی از طریق بهبود حاصلخیزی خاک و اعمال روش‌های مناسب آبیاری و بهینه‌سازی مصرف آب در کشاورزی ضروری می‌باشد. با وجود اینکه استفاده از کودهای معدنی سریع‌ترین راه بهبود حاصلخیزی خاک به شمار می‌رود، لیکن آلودگی و تخریب محیط‌زیست و خاک نگران‌کننده است. بروز مشکلات اقتصادی و زیست‌محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و نیز توجه به قابلیت‌های ذاتی و بسیار جالب و متنوع موجودات خاکزی از جمله باکتری‌ها موجب گردیده که یکی از مهمترین و کاربردی‌ترین زمینه‌های مورد تحقیق در کشاورزی پایدار تلاش برای تولید کودهای زیستی و آلی باشد. کودهای زیستی می‌توانند مکملی برای کودهای شیمیایی بوده و تولیدات گیاهی را افزایش دهند. بنابراین استفاده از مواد آلی (کودهای سبز، کمپوست و بقایای گیاهی)، بهره‌گیری از توانایی موجودات خاکزی در انحلال عناصر غذایی نامحلول موجود در خاک به همراه مصرف بهینه‌ای از کودهای شیمیایی که نقش مهمی در جهت حفظ باروری و فعالیت حیاتی خاک ایفاء می‌کنند، مدنظر قرار گرفته است (ملکوئی و همکاران، ۱۳۸۴).



میکروارگانسیم‌ها نقش کلیدی در چرخه طبیعی عناصر غذایی ایفا می‌کنند (Meena و همکاران ۲۰۱۴). برخی میکروارگانسیم‌ها نظیر باکتری‌ها، قارچ‌ها، مخمرها، جلبک‌ها و گلسنگ‌ها قادرند سیلیکات‌ها را تجزیه و عناصری نظیر پتاسیم، آهن، روی، سیلیس و فسفر را آزاد نمایند (Styriakova و همکاران ۲۰۰۳). مطالعات انجام شده حاکی از آن است که باکتری‌های مختلفی از جمله *Pseudomonas*، *Acidithiobacillus ferrooxidans*، *Bacillus edaphicus*، *Bacillus mucilaginosus* و *B. circulans* دارای توانایی انحلال کانی‌ها هستند (Zhang و همکاران ۲۰۱۳). در بین قارچ‌ها نیز *Aspergillus niger*، *Cladosporium cladosporioides*، *Penicillium frequentant* دارای قابلیت انحلال کانی‌ها و رهاسازی عناصر موجود در ساختار آن‌ها می‌باشند (Argelis و همکاران ۱۹۹۳). مطالعات متنوعی تأثیرات PGPRها بر رشد محصولات زراعی را در شرایط متفاوت اثبات نموده‌اند. این میکروارگانسیم‌ها که به بذور، ریشه و یا خاک تلقیح می‌شوند، باعث افزایش تحرک و قابلیت استفاده عناصر غذایی بخصوص NPK شده و به ایجاد میکروفلور و افزایش سلامت خاک کمک می‌نمایند. کود زیستی در مقایسه با کودهای شیمیایی، عناصر غذایی را بصورت ثابت و پایدار برای گیاهان فراهم می‌نماید. این امر ناشی از آن است که کود زیستی می‌تواند باعث بهبود خواص فیزیکی خاک و افزایش ظرفیت نگهداشت آب شود. اگرچه مقدار عناصر غذایی که در کوتاه‌مدت توسط کودهای زیستی در اختیار گیاه قرار داده می‌شود در مقایسه با انواع شیمیایی کمتر است اما مطالعات نشان داده‌اند که در طولانی‌مدت مصرف کود زیستی با ترکیب ۲۵ درصدی از کود شیمیایی تأثیرات مطلوبی بر رشد گیاهان دارد (Rawat و همکاران ۲۰۱۶). مدیریت عناصر غذایی در خاک‌های آهکی در تولید محصول و پایداری تولیدات کشاورزی از اهمیت بالایی برخوردار بوده و اتخاذ استراتژی‌های دوستدار محیط‌زیست در این زمینه انکارناپذیر می‌باشد. با توجه به اینکه میکروارگانسیم‌های خاک نقش مهمی در چرخه‌های بیوژئوشیمیایی ایفا کرده و مسئول چرخه عناصر غذایی در اشکال قابل استفاده گیاهی هستند، از طریق مشارکت در تغذیه گیاهی، سلامت گیاه، ساختار و حاصلخیزی خاک اکوسیستم‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند و استفاده از سویه‌های مؤثر در انحلال پتاسیم در خاک‌هایی با مقادیر پایین پتاسیم قابل استفاده از جمله خاک‌های آهکی نه تنها منجر به ایجاد روش مطلوب تغذیه پتاسیم می‌شود بلکه از طریق ترشح اسیدهای آلی، پلی‌ساکاریدها و هورمون‌ها قابلیت استفاده سایر عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان را افزایش داده و باعث بهبود رشد آن‌ها می‌گردد، لذا ارزیابی اثرات کاربرد سویه‌های باکتریایی و قارچی کارآمد و دارای توان انحلال پتاسیم بعنوان کود زیستی جهت جایگزینی با کودهای شیمیایی و کاهش هزینه تولید محصول ضروری است. لذا این مطالعه با هدف بررسی تأثیر تلقیح میکروبی بر عملکرد ذرت و غلظت عناصر غذایی در ریشه و اندام هوایی این گیاه انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش با تیمار تلقیح میکروبی (تلقیح باکتری، تلقیح قارچ، $Cont^+$ (بدون تلقیح با حضور پتاسیم برابر با توصیه کودی) و $Cont^-$ (بدون تلقیح و بدون استفاده از پتاسیم) (شاهد)) در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی گروه علوم خاک دانشگاه ارومیه در سال ۱۳۹۷ اجرا گردید. به‌منظور ارزیابی تأثیر تلقیح میکروبی بر عملکرد گیاه و قابلیت استفاده عناصر غذایی، گلدان‌های چهار و نیم کیلوگرمی تا ارتفاع مشخص با خاک استریل (در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس و فشار ۱/۵ اتمسفر به مدت ۲ ساعت توسط دستگاه اتوکلاو) پر شدند. تعداد کافی از بذور سالم ذرت سینگل (رقم Single Cross-704) انتخاب و با محلول‌های هیپوکلریت سدیم ۵ درصد (۲ دقیقه)، اتانول ۹۶ درصد (۳۰ ثانیه) ضدعفونی شده و در ادامه ۷ الی ۸ مرتبه با آب مقطر استریل شستشو گردیدند. بعد از ضدعفونی سطحی بذرها به منظور تأمین مقدار رطوبت مورد نیاز اولیه برای جوانه زنی، بذرها با آب استریل به مدت ۴۸ ساعت قبل از کاشت مرطوب شدند. برای انجام تلقیح بذری، ابتدا باکتری *Sodomonas flourensensis* و قارچ *Aspergillus niger* مورد استفاده، به ترتیب در محیط‌های جامد نوترینت آگار (NA) و PDA بازکشت گردیدند. ۴۸ ساعت پس از رشد، یک لوپ از هر جدایه در محیط نوترینت برات کشت شبانه انجام داده و سپس از آن به مقدار ۲ درصد به درون ارلن ۲۵۰ میلی‌لیتری که حاوی ۱۰۰ میلی‌لیتر از محیط نوترینت برات (NB) بود، مایه‌زنی شد و جهت یکنواخت شدن در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه (rpm) تکان داده شدند. پس از تعیین جمعیت میکروبی مایه‌های تلقیح، بذور به مدت دو ساعت با مایع تلقیح و صمغ عربی خیسانده شده و شیک گردیده و سپس صاف و هوا خشک شدند. ۸ عدد بذور در هر گلدان قرار داده و مقداری خاک روی آن‌ها ریخته شد. ۱۰ روز پس از سبز شدن بذور، تعداد ۳ بوته در هر گلدان نگه داشته شد. تا اتمام دوره رشد از آب مقطر برای آبیاری و از محلول غذایی کامل هوگلند و عاری از پتاسیم ($MnSO_4 \cdot 4H_2O$ ، $FeEDTA$ ، $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ ، $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ، $(NH_4)_6MO_{24} \cdot 4H_2O$ ، H_3BO_3 و $CuSO_4 \cdot 5H_2O$) جهت جلوگیری از هر گونه تنش تغذیه‌ای استفاده شد (Darzi و همکاران ۲۰۰۸). پس از سپری شدن ۶۵ روز از زمان کاشت، گیاهان داخل گلدان‌ها برداشت شده و پس از آن بخش هوایی و ریشه گیاهان تفکیک شدند. سپس صفات مورفولوژیکی گیاه شامل ارتفاع بوته، قطر ساقه، وزن خشک ریشه اندام هوایی گیاه اندازه‌گیری گردیدند. اندازه‌گیری نیتروژن (N) در عصاره



حاصل از هضم تر گیاهان به روش کجدال (Bremner and Breitenbeck, 1983). غلظت فسفر به روش رنگ سنجی در طول موج ۴۳۰ نانومتر از طریق اسپکتروفتومتر (Shimadzu UV3100)، پتاسیم (K) توسط دستگاه فلیم‌فتومتر در عصاره حاصل از هضم خشک گیاهان اندازه‌گیری شد (Planquart و همکاران ۱۹۹۹). تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها شامل تجزیه واریانس و مقایسه میانگین از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵، با استفاده از نرم‌افزار MSTATC و ترسیم نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

برخی ویژگی‌های خاک مورد استفاده در جدول ۱ نشان داده شده است. اندازه‌گیری خواص اولیه خاک حاکی از آن است که خاک مورد استفاده از نوع آهکی، غیر شور و با بافت لوم شنی بوده و دارای مقادیر نسبتاً پایینی از عناصر غذایی است. لذا تلقیح سوبیه‌های کارآمد میکروبی می‌تواند در افزایش شکل‌های قابل دسترس عناصر غذایی و بهبود رشد گیاه مؤثر باشد.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

بافت خاک	رس	سیلت	شن	نیترژن آلی	کربن آلی	کربنات		پتاسیم فسفر	پ.ه‌اش الکتریکی	هدایت الکتریکی	
						ماده آلی	کلسیم معادل				
				%		mg kg ⁻¹		ds m ⁻¹			
لوم شنی	۱۵/۵	۱۲/۵	۷۲	۰/۱۰۴	۰/۷	۱/۲۰۷	۱۴	۸۴/۰۶	۱۰/۱	۶/۸۶	۲/۸۲

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، تلقیح میکروبی اثر معنی‌داری بر شاخص‌های رشد گیاهی و غلظت عناصر غذایی در اندام‌های هوایی و ریشه داشت (جدول‌های ۲ و ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تلقیح میکروبی منجر به افزایش ارتفاع بوته و قطر ساقه گردید. به طوری که بیشترین ارتفاع بوته (۵۴/۵۵ سانتی‌متر) و قطر ساقه (۰/۶۴۲ سانتی‌متر) مربوط به شرایط تلقیح باکتریایی بود که نسبت به تیمار Cont⁻، به ترتیب ۱۸/۱۹ و ۱۸/۲۲ درصد افزایش داشت (شکل‌های ۱ و ۲). نتایج حاکی از آن است که کمترین مقدار N اندام هوایی به تیمار Cont⁻ مربوط است (شکل ۳). احتمال دارد به دلیل وجود اثرات آنتاگونیستی بین پتاسیم و آمونیوم، وجود غلظت‌های بالای K (طبق جدول ۵)، باعث جذب ترجیحی K شده و انتقال N به اندام‌های هوایی را کاهش داده باشد. افزایش در شاخص‌های رشد گیاه و جذب عناصر غذایی را می‌توان به تأثیر میکروارگانیسم‌های محرک رشد تلقیح شده نسبت داد. پژوهشگران مختلفی تأثیر این میکروارگانیسم‌ها را بر رشد و جذب عناصر غذایی در گیاهان مختلف گزارش کرده‌اند (Asghar و همکاران ۲۰۰۴). این میکروارگانیسم‌ها به صورت مستقیم در سنتز فیتوهورمون‌ها، انحلال عناصر معدنی مانند فسفر و پتاسیم مؤثر هستند (Vessey, 2003).

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های رشد اندازه‌گیری شده

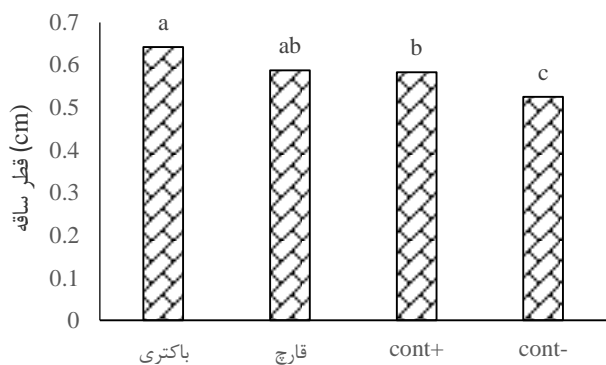
میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییرات
وزن خشک ریشه	وزن خشک اندام هوایی	قطر ساقه	ارتفاع بوته		
۱۴۱/۸*	۱/۹۴۵ ^{ns}	۰/۰۰۷**	۵۲/۵۲***	۳	تلقیح میکروبی
۳۱/۵	۰/۹۰۵	۰/۰۰۱	۴/۸۴	۸	اشتباه آزمایشی

***، **، * به ترتیب نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱٪، ۱٪ و ۵٪ و NS نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار هستند.

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس برخی عناصر پرمصرف اندازه‌گیری شده

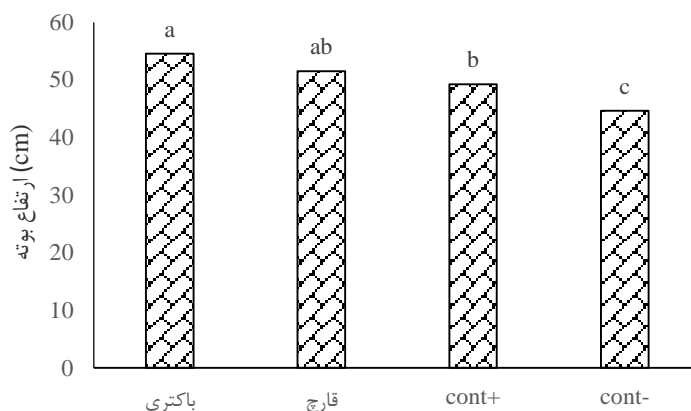
میانگین مربعات						درجه آزادی	منابع تغییرات
ریشه			اندام هوایی				
پتاسیم	فسفر	نیتروژن	پتاسیم	فسفر	نیتروژن		
۶۵۵***	۳۱/۰۳***	۰/۰۱۰۵***	۳۷۵/۴***	۸۸۱***	۰/۰۲۸۸ ^{NS}	۳	تلقیح میکروبی
۸/۳۷	۰/۳۸۳	۰/۰۰۰۵	۲/۴۹	۰/۱۹۱	۰/۰۱۲۶	۸	اشتباه آزمایشی

***، **، * نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱٪ و NS نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.



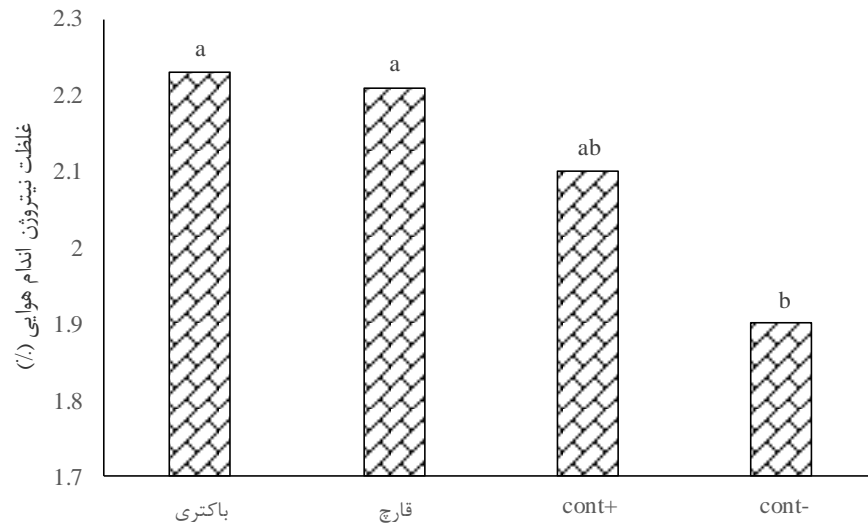
شکل ۲- اثر تلقیح میکروبی بر قطر ساقه

Cont⁺ و Cont⁻ به ترتیب نشان‌دهنده شرایط بدون تلقیح با افزودن پتاسیم و بدون پتاسیم می‌باشند.



شکل ۱- اثر تلقیح میکروبی بر ارتفاع بوته

Cont⁺ و Cont⁻ به ترتیب نشان‌دهنده شرایط بدون تلقیح با افزودن پتاسیم و بدون پتاسیم می‌باشند.



شکل ۳- تأثیر تلقیح میکروبی بر غلظت نیتروژن اندام هوایی

جدول‌های ۴ و ۵ اثرات تلقیح میکروبی بر وزن خشک، غلظت پتاسیم و فسفر اندام هوایی و ریشه را نشان می‌دهند. بر اساس نتایج به دست آمده، وزن خشک ذرت در حضور باکتری و قارچ به صورت معنی‌داری نسبت به تیمارهای دیگر افزایش یافت. به طوری که میانگین وزن خشک اندام هوایی ذرت در شرایط تلقیح باکتریایی ۲/۵۱ واحد نسبت به تیمار Cont⁺ افزایش داشت. وزن خشک ریشه ذرت در حضور باکتری و قارچ به ترتیب ۵۲/۹۴ و ۴۰/۴ درصد در مقایسه با تیمار Cont⁻ بیشتر بود. بالاترین غلظت پتاسیم (۷۵/۸۷ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن خشک) و فسفر (۴۳/۵۵ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن خشک) اندام هوایی در حضور باکتری مشاهده گردید. تأثیر تلقیح باکتری بر غلظت فسفر اندام هوایی بیشتر از تلقیح قارچی بود. به طوری که مقدار فسفر در این تیمار ۱۸/۲۵ درصد بیش از تلقیح قارچی بود. Calvo و همکاران (۲۰۱۶) تأثیر تلقیح میکروبی بر غلظت عناصر غذایی و مورفولوژی گیاه ذرت را بررسی نموده و گزارش کردند تلقیح میکروبی اثر مثبتی بر رشد گیاه و نیز غلظت عناصر غذایی خصوصاً در دوره رشد رویشی دارد. افزایش غلظت عناصر غذایی در ارتباط با ظرفیت میکروارگانیزم‌های تلقیح شده در تأثیر بر مورفولوژی ریشه در مراحل اولیه رشد گیاه ذرت می‌باشد. بر اساس مطالعات Archana و همکاران (۲۰۱۲) نیز باکتری‌های کارآمد حل‌کننده پتاسیم باعث افزایش رشد و عملکرد ذرت شدند. نتایج مطالعه Archana حاکی از افزایش کامل رشد گیاه، جذب عناصر غذایی و عملکرد در مقایسه با تیمار شاهد بود. گزارش‌ها حاکی از آن هستند که افزایش غلظت پتاسیم گیاه ممکن است ناشی از تحریک رشد ریشه یا طولی شدن تارهای کشنده توسط میکروارگانیزم‌های بخصوصی باشد (Sindhu و همکاران ۲۰۱۲).

جدول ۴- اثر تلقیح میکروبی بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه.

بخش گیاه	میانگین وزن خشک (گرم)			
	تلقیح میکروبی			
	Cont ⁻	Cont ⁺	قارچ	باکتری
اندام هوایی	۳/۱ ^c	۳/۹۷ ^{bc}	۴/۷۹ ^{ab}	۵/۶۱ ^a
ریشه	۱۲/۶۱ ^b	۱۲/۹۳ ^b	۲۱/۱۶ ^a	۲۶/۸ ^a

* میانگین‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ($P \leq 0.05$) ندارند.

جدول ۵- اثر تلقیح میکروبی بر میزان پتاسیم و فسفر در اندام هوایی و ریشه.

میانگین غلظت فسفر (میلی گرم بر ۱۰۰ گرم وزن خشک) تلقیح میکروبی				میانگین غلظت پتاسیم (میلی گرم بر ۱۰۰ گرم وزن خشک) تلقیح میکروبی				بخش گیاه
Cont ⁻	Cont ⁺	قارچ	باکتری	Cont ⁻	Cont ⁺	قارچ	باکتری	
۹/۱۲ ^d	۱۱/۸۶ ^c	۳۵/۶۰ ^b	۴۳/۵۵ ^a	۵۴/۱۶ ^d	۶۰/۱۹ ^c	۶۶/۸۳ ^b	۷۵/۸۷ ^a	اندام هوایی
۶/۲۶ ^c	۹/۶۵ ^b	۱۲/۷۸ ^a	۱۳/۱۷ ^a	۸۸/۱۵ ^d	۱۳۱/۷۸ ^b	۱۲۴/۲۸ ^c	۱۴۶/۷۸ ^a	ریشه

* میانگین‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ($P \leq 0.05$) ندارند.

نتیجه‌گیری

میکروارگانیزم‌های حل‌کننده به‌عنوان جزئی از جامعه میکروبی خاک، نقش مهمی در انحلال عناصر غذایی و افزایش شکل‌های قابل استفاده برای گیاهان ایفا می‌نمایند. انحلال عناصر غذایی منجر به بهبود حاصلخیزی خاک و افزایش عملکرد محصولات می‌شود. نتایج این پژوهش نشان‌دهنده تأثیر مثبت تلقیح میکروبی در افزایش جذب عناصر غذایی و بهبود شاخص‌های رشد گیاه ذرت بود. به‌طوری‌که وزن خشک ریشه ذرت در حضور باکتری و قارچ به ترتیب ۵۲/۹۴ و ۴۰/۴ درصد در مقایسه با تیمار Cont⁻ بیشتر بود. بیشترین ارتفاع بوته (۵۴/۵۵ سانتی‌متر) و قطر ساقه (۰/۶۴۲ سانتی‌متر) نیز مربوط به شرایط تلقیح باکتریایی بود که نسبت به تیمار Cont⁻، به‌ترتیب ۱۸/۱۹ و ۱۸/۲۲ درصد افزایش داشت. بنابراین، پیشنهاد می‌گردد که به منظور افزایش حاصلخیزی در خاک‌های دچار کمبود عناصر غذایی، در کنار کودهای شیمیایی از توانایی میکروارگانیزم‌های خاکزی بهره گرفته شود، تا در کنار افزایش عملکرد گیاهی، کاهش هزینه‌های تولید را نیز در پی داشته باشد.

منابع

- ملکوتی، م.، مشیری، ف. و نبی غیبی، م. ۱۳۸۴. حد مطلوب غلظت عناصر غذایی در خاک و برخی از محصولات زراعی و باغی. انتشارات سنا. چاپ اول. شماره ۴۰۷. ص ۱۶-۱۴.
- Archana, D.S., Nandish, M.S., Savalagi, V.P. and Alagawadi, A.R. 2012. Screening of potassium solubilizing bacteria (KSB) for plant growth promotional activity. *Bioinfollet*, 9,627-630.
- Argelis, D.T., Gonzala, D.A., Vizcaino, C. and Gartia, M.T. 1993. Biochemical mechanism of stone alteration carried out by filamentous fungi living in monuments. *Biogeochemistry*, 19,129-147.
- Bremner, J.M. and Breitenbeck, G.M. 1983. A simple method for determination of ammonium in semimicro-Kjeldahl analysis of soils and plant materials using a block digester. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 14, 905-913.
- Asghar, H.N., Zaier, Z.A. and Arshad, M. 2004. Screening rhizobacteria for improving the growth, yield and oil content of canola (*Brassica napus* L.). *Australian Journal of Agricultural Research*, 55,187-194.
- Calvo, P., Watts, D.B., Kloepper, J.W. and Torbert, H.A. 2016. Effect of microbial-based inoculants on nutrient concentrations and early root morphology of corn (*Zea mays*). *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 1- 15.
- Darzi, M., Ghalavand, A. and Rejali, F. 2008. Effect of mycorrhiza, vermicompost and phosphate biofertilizer application on flowering, biological yield and root colonization in fenel (*Feoniculum vulgare*). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 10(1), 88-109.
- Dovlati, B., Samadi, A. and Oustan, S. 2010. Effects of Long-Term Continuous Cropping of Sunflower on K Forms in Calcareous Soils of Western Azerbaijan Province Iran. *Tarim Bilimleri Dergisi-Journal of Agricultural Sciences*, 16(2), 71-82.
- Meena, V.S., Maurya, B.R. and Bahadur, I. 2014. Potassium solubilization by bacterial strain in waste mica. *Bangladesh Journal of Botany*, 43(2), 235-237.



- Planquart, P., Bonin, G., Prone, A. and Massiani, C. 1999. Distribution, movement and plant availability of trace metals in soils amended with sewage sludge composts: application to low metal loadings. *The Science of Total Environment*, 241, 161-179.
- Rawat, J., Sanwal, P. and Saxena, J. 2016. Potassium and its role in sustainable agriculture. In: *Potassium Solubilizing Microorganisms for Sustainable Agriculture*. Springer- New Delhi. pp. 235-253.
- Sindhu, S.S., Parmar, P. and Phour, M. 2012. Nutrient cycling: potassium solubilization by microorganisms and improvement of crop growth. In: Parmar N, Singh A, edit-ors. *Geomicrobiology and biogeochemistry: soil biology*. New York, Germany: Springer-Wien.
- Styriakova, I., Styriak, I., Nandakumar, M.P. and Mattiasson, B. 2003. Bacterial destruction of mica during bioleaching of kaolin and quartz sand by *Bacillus cereus*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 19 (6), 583-590.
- Vessey, J. K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and soil*, 255(2), 571-586.



16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019



Topic for submission: Soil Fertility, Plant Nutrition and Greenhouse Cultivation

The effect of microbial inoculation on maize (*Zea mays* L.) growth indices and macronutrients uptake

Ashrafi-Saeidlou^{*1}, S., Samadi², A., Rasouli-Sadaghiani², M.H., Barin³, M., Sepehr⁴, E.

¹ PHD Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Urmia, Iran

² Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Urmia, Iran

³ Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Urmia, Iran

⁴ Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Urmia, Iran

Abstract

In order to investigate the effect of microbial inoculation on corn growth indices and nutrients uptake, an experiment was carried out in greenhouse conditions for 65 days. The experiment treatment was microbial inoculation (bacteria (*Pseudomonas fluorescens*), fungus (*Aspergillus niger*), Cont⁺ (without inoculation, potassium presence) and Cont⁻ (without inoculation, potassium absence)). At the end of the growth period, some plant growth indices and nutrients concentration in plant shoot and root were measured. The results showed a significant effect of microbial inoculation on plant growth indices and nutrient concentrations in the shoot and root. The most plant height (54.55 cm) and stem diameter (0.642 cm) was related to bacterial inoculation, which increased 18.19 and 18.22 percent compared to Cont⁻, respectively. Shoot dry weight of corn in bacterial inoculation was 1.80 and 1.41, and in fungal inoculation was 1.54 and 1.20 times more than Cont⁻ and Cont⁺ treatments, respectively. The influence of inoculation of bacteria on shoot phosphorous concentration was more than fungal inoculation. So that, the amount of phosphorus in this treatment was 18.25 percent higher than fungal inoculation. It is concluded that microbial inoculation improves the growth indices of corn by impacting nutrients availability and uptake. Therefore, the use of effective strains for nutrients dissolution, increases the availability of required nutrients for plant and improve its growth.

Keywords: silicate solubilizing microorganisms, plant yield, sustainable agriculture, *Pseudomonas fluorescens*, *Aspergillus niger*

* Corresponding author, Email: sanazashrafi92@yahoo.com