دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال هفتم، شماره بیست و دوم، ۱۳۹۴

تأثیر کاربرد کودهای زیستی بر جذب روی و برخی از صفات رشد رویشی ذرت (*Zea mays* L. 704) در یک خاک غیر استریل آهکی با درجات مختلف شوری

حمیدرضا بوستانی[۱]، مصطفی چرم[۲]، عبدالامیر معزی[۲]، نجف علی کریمیان[۳]، نعیمه عنایتی ضمیر[۲]، مهدی زارعی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۳/۸/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/٤

چکیده

شوری رشد گیاهان را از طریق کاهش جذب آب و عناصر غذایی و برهم زدن تعادل تغذیه‌ای محدود می‌سازد. به‌منظور بررسی اثر قارچ میکوریز آرباسکولار و باکتری‌های محرک رشد گیاه بر جذب روی و برخی از شاخص‌های رشد گیاه ذرت در سطوح مختلف شوری خاک، آزمایشی فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در گلخانه دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شد. فاکتور اول سه سطح شوری (۰ (S_0)، ۱۵ (S_1) و ۳۰ (S_2) میلی‌اکی-والان نمک در کیلوگرم خاک) و فاکتور دوم چهار سطح تلقیح میکروبی (قارچ *گلوموس اینترادیسس* (F)، باکتری *سودوموناس* (B)، تلقیح همزمان باکتری و قارچ (BF) و بدون تلقیح (C)) بود. نتایج نشان داد که با افزایش سطوح شوری از S_0 به S_2، ماده خشک اندام هوایی و ریشه، درصد کلونیزاسیون ریشه، ارتفاع گیاه، سطح برگ، قطر ساقه و شاخص کلروفیل به طور معنی‌داری کاهش یافت. استفاده از تمام تیمارهای میکروبی، در تمامی سطوح شوری سبب افزایش معنی‌دار شاخص‌های یاد شده در بالا گردید. به‌طور کلی تأثیر استفاده از تیمارهای قارچ و قارچ-باکتری در افزایش شاخص‌های رشدی گیاه بیشتر از کاربرد تیمار مجزای باکتری بود. با افزایش سطوح شوری غلظت روی در اندام هوایی و ریشه افزایش یافت در حالی که جذب روی در اندام هوایی و ریشه به طور معنی‌داری کاهش نشان داد. همچنین با کاربرد تمامی تیمارهای میکروبی غلظت و جذب روی در اندام هوایی و ریشه گیاه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و بیشترین افزایش مربوط به تیمار کاربرد توأم باکتری و قارچ و کمترین میزان افزایش مربوط به تیمار مجزای باکتری بود.

واژه‌های کلیدی: قارچ میکوریز آرباسکولار، باکتری محرک رشد، کلروفیل، کلنیزاسیون ریشه، ماده خشک

بوستانی، ح.ر.، م. چرم، ع.ا. معزی، ن.ع. کریمیان، نو عنایتی ضمیر و م. زارعی. ۱۳۹٤. تأثیر کاربرد کودهای زیستی بر جذب روی و برخی از صفات رشد رویشی ذرت (Zea mays L. 704) در یک خاک غیر استریل آهکی با درجات مختلف شوری. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۲۲: ۱۲۳-۱۰۹.

۱- گروه علوم خاک، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز ایران- مسئول مکاتبات. پست الکترونیک: hamidboostani@gmail.com

۲- گروه علوم خاک، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز ایران

۳- گروه علوم خاک، دانشگاه، شیراز، ایران

مقدمه

شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی محدود کننده تولید محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد که سطح نسبتاً وسیعی از اراضی زراعی را به خود اختصاص داده است. بر اساس آخرین مطالعات انجام شده، کشور ایران دارای مناطق وسیع با خاک‌های شور بوده و ۱۵/۲ درصد از وسعت کل کشور (تقریباً ۳۳ میلیون هکتار) و ۵۰ درصد زمین‌های کشاورزی تحت تأثیر درجات مختلف شوری قرار دارند (جعفرزاده و علی اصغرزاد، ۲۰۰۷). به طور کلی در شرایط شور قابلیت جذب عناصر غذایی در محلول خاک به دلیل غلظت زیاد یون‌های کلرید و سدیم کاهش یافته و منجر به اختلال در تغذیه گیاهان می‌گردد (هو و اسمیدهالتر، ۲۰۰۱).

روی در گیاه یا به‌عنوان بخشی از ساختمان آنزیم-ها به کار می‌رود و یا به‌صورت کوفاکتورهای تنظیم کننده در تعداد زیادی (بیش از ۲۰۰) از آنزیم‌ها عمل می‌نماید. با توجه به وسعت تأثیر این آنزیم‌ها در فعالیت‌های حیاتی، کمبود روی آسیب‌های زیادی به زندگی گیاه وارد می‌کند. کمبود روی سبب اختلال در تولید هورمون‌های رشد شده و در نهایت رشد رویشی و عملکرد را کاهش می‌دهد (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳). کمبود روی به طور گسترده در خاک-هایی با پ‌هاش بالا، میزان کم ماده آلی، آهکی و شور و سدیمی گزارش شده است (راتان و شارما، ۲۰۰٤). در ایران کمبود روی در درختان میوه، پنبه، چغندرقند، ذرت و محصولات جالیزی دیده شده است (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳). ذرت پس از گندم و برنج مهم‌ترین ماده غذایی دنیا را تشکیل می‌دهد. گیاه ذرت با داشتن حد آستانه شوری ۲ دسی زیمنس بر متر جز گیاهان حساس به شوری است و شوری بالا سبب کاهش عملکرد شدید این گیاه می‌شود (جعفری، ۱۳٦۹).

برای مقابله با تنش شوری روش‌های مختلفی از جمله آبشویی خاک‌های شور، مدیریت مناسب آبیاری و کشت، استفاده از ارقام مقاوم گیاهی و استفاده از راهکارهای بیولوژیک یعنی استفاده از باکتری‌های محرک رشد گیاه و قارچ میکوریز آرباسکولار برای تسهیل رشد گیاهان در خاک‌های شور می‌باشد (باسیلیو و همکاران، ۲۰۰۱). باکتری‌های آزادزی ریزوسفر که به طور مستقیم و غیرمستقیم سبب بهبود رشد و سلامت گیاه می‌شوند را باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه می‌نامند (ایلدریم و همکاران، ۲۰۰۸). این باکتری‌ها از راههای گوناگون مانند تولید هورمون‌ها، افزایش رهاسازی عناصر غذایی، تولید آنزیم ACC دی امیناز، تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و انحلال ترکیبات نامحلول روی سبب افزایش جذب عناصر غذایی شده و مقاومت گیاهان را در برابر تنش‌های محیطی (شوری، خشکی و سرما) افزایش می‌دهند (محبوب و همکاران، ۲۰۰۹).

قارچ‌های میکوریز آرباسکولار نیز نقش مهمی در بهبود تغذیه و رشد گیاهان در شرایط شور دارند، به نحوی که بعضی آن‌ها را به عنوان اصلاح‌کنندگان زیستی خاک‌های شور می‌نامند (سینگ و همکاران، ۱۹۹۷). قارچ‌های میکوریز با داشتن شبکه ریسه‌ای گسترده و افزایش سطح و سرعت جذب ریشه، کارایی گیاهان را در جذب آب و عناصر غذایی به ویژه عناصر کم‌تحرک فسفر، روی و مس افزایش داده و موجب بهبود رشد می‌شوند (مارشنر و دل، ۱۹۹٤). در سال‌های اخیر به دلیل مشکلات اقتصادی ناشی از افزایش رو به رشد کودهای شیمیایی از یک سو و مسائل زیست محیطی مرتبط با مصرف غیراصولی این کودها از قبیل آلودگی‌های محیطی، افت سطح حاصلخیزی خاک و کاهش کیفیت محصولات از

سوی دیگر، محققان را بر آن داشته تا در پی شناسایی و استفاده از راهکارهای بیولوژیک با استفاده از بیوتکنولوژی میکروبی در جهت حل این معضلات باشند. قرار گرفتن ایران در اقلیم گرم و خشک و شور و آهکی بودن درصد بالایی از زمین‌های زراعی کشور ضرورت استفاده از راهکارهای بیولوژیک را بیش از پیش نمایان می‌سازد.

نادیم و همکاران (۲۰۰۷) در آزمایشی گلدانی اثر سویه باکتری حاوی آنزیم ACC دی امیناز را در شوری‌های مختلف (٤، ۸ و ۱۲ دسی زیمنس) بر عملکرد و اجزا عملکرد کلزا را بررسی کردند. آنان اعلام نمودند که حتی در شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر نیز رشد و عملکرد کلزا افزایش یافت که دلیل این امر را کاهش سطح اتیلن در ریشه‌ها، افزایش نسبت پتاسیم به سدیم و کلروفیل دانستند. حمیدی و همکاران (۲۰۰٤) نشان دادند که تلقیح بذور ذرت با باکتری‌های محرک رشد (آزوسپیریلوم) تعداد برگ‌های بالایی و تعداد برگ در هر بوته را افزایش داد. آن‌ها دلیل این امر را روابط مثبت بین گیاه و باکتری دانستند که در نهایت سبب افزایش عملکرد سیلویی گیاه ذرت شد. بت و همکاران (۲۰۰۵) بیان کردند که مایه‌زنی با قارچ میکوریز سبب افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک گیاه شد. آن‌ها دلیل این موضوع را بهبود دسترسی و جذب بهتر عناصر غذایی ذکر کردند. واگار و همکاران (۲۰۰٤) ضمن بررسی اثر تلقیح باکتری‌های حاوی آنزیم ACC دی امیناز بر رشد و عملکرد گندم دریافتند که باکتری‌های حاوی این آنزیم عملکرد دانه، کاه، وزن ریشه، طول ریشه، تعداد پنجه و جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم را در کاه و دانه به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش دادند. لاتف و چائوزینگ (۲۰۱۱) گزارش کردند که در شرایط شوری خاک کاربرد قارچ میکوریز آرباسکولار سبب افزایش عملکرد بیولوژیک و افزایش غلظت عناصر غذایی در گیاه گوجه‌فرنگی شد. ریان و انگیوس (۲۰۰۳) در یک آزمایش مزرعه-ای نشان دادند که مایه‌زنی ریشه گندم با قارچ گلوموس اینترادیسس سبب افزایش جذب روی توسط گندم شده است. شیر مردی و همکاران (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای میزان جذب عناصر غذایی ضروری گیاه آفتابگردان تحت تأثیر سویه‌های باکتری سودوموناس فلورسانس در شرایط شوری خاک بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که تمام سویه-های مورد بررسی میزان جذب مس و روی را به طور معنی‌داری افزایش دادند در حالی که هیچ‌کدام از سویه‌های باکتری نتوانستند غلظت عناصر پتاسیم، فسفر و نیتروژن را به طور معنی‌داری افزایش دهند. رسولی صدقیانی و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعه‌ای تأثیر باکتری‌های محرک رشد و قارچ میکوریزا را بر رشد و جذب روی توسط ذرت در یک خاک آلوده به روی بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که تلقیح گیاه با تیمارهای میکروبی سبب افزایش وزن خشک در مقایسه با گیاه بدون تلقیح شد. بیشترین وزن خشک (۲۱/٦ گرم در گلدان) در تیمارهای باکتری PGPR به دست آمد که ۲/۲۸ برابر بیشتر از شرایط بدون تلقیح (٦/٦ گرم در گلدان) بود. همچنین تلقیح میکروبی سبب افزایش معنی‌دار دو برابری مقدار جذب روی توسط ذرت نسبت به شرایط بدون تلقیح شد. خسروجردی و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند که کاربرد خاکی باکتری ریزوبیوم در کشت گیاه نخود سبب افزایش معنی‌دار غلظت روی از ٤۲/٥٤ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار شاهد به ٥۰/۳۱ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار کاربرد باکتری شد. یزدانی و پیردشتی (۲۰۱۱) با کاربرد باکتری محرک رشد و ریزجانداران حل کننده فسفات در کشت ذرت رقم سینگل گراس ٦۰٤ افزایش غلظت و جذب روی را در اندام هوایی گیاه گزارش نمودند. با توجه به

گستردگی قابل تأمل خاک‌های شور و آهکی در کشور ایران و اهمیت تولید محصول در این شرایط و نظر به جایگاه گیاه ذرت به عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات استراتژیک و ضرورت به‌کارگیری روش-های مناسب برای کاهش اثرات سوء شوری و تغذیه هر چه بهتر گیاهان در این شرایط، بخصوص روش-های بیولوژیکی از جمله کاربرد ترکیبی باکتری‌های محرک رشد گیاه و قارچ میکوریز آرباسکولار که کمتر مورد بررسی و استفاده قرار گرفته است، ضرورت انجام این تحقیق را مشخص می‌کند. هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر باکتری‌های محرک رشد و قارچ میکوریز آرباسکولار در سطوح مختلف شوری یک خاک آهکی غیر استریل بر جذب روی و برخی از شاخص‌های رشد گیاه ذرت در شرایط گلخانه بود.

مواد و روش‌ها

جهت انجام این آزمایش مقدار مناسبی خاک از افق سطحی (۳۰- ۰ سانتی‌متری) از منطقه شمال خوزستان (منطقه صفی‌آباد دزفول) که دارای قابلیت هدایت الکتریکی و میزان ماده آلی کمی بودند، برداشته شد. پس از هوا خشک کردن و عبور از الک ۲ میلی‌متری برخی ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک به روش‌های معمول و استاندارد آزمایشگاهی اندازه‌گیری شد (پیج و همکاران، ۱۹۸۲) (جدول ۱). آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در شرایط گلخانه انجام شد. فاکتور اول شامل تلقیح میکروبی در چهار سطح (تلقیح باکتری‌های PGPR (B)، تلقیح قارچ میکوریزی (F)، تلقیح همزمان باکتری‌های PGPR و میکوریزی (BF) و بدون تلقیح (C)) و فاکتور دوم شامل شوری (S) در سه سطح (۰(S_1)، ۱۵ (S_2) و ۳۰ (S_3) میلی‌اکی والان در کیلوگرم خاک) از منبع کلرید سدیم (NaCl)، کلرید کلسیم ($CaCl_2$, $2H_2O$) و کلرید منیزیم ($MgCl_2$, $6H_2O$) به صورت ترکیبی ۱:۲:۳ بود. تعداد کل تیمارها و گلدان-ها به ترتیب ۱۲ و ۳۶ عدد بود. سویه‌های میکروبی مورد استفاده در این بررسی شامل باکتری‌های سودوموناس (ترکیبی از گونه‌های *P. putida* strain *41* و *P. fluorescens strain 169, 187*) به عنوان باکتری‌های محرک رشد گیاه و قارچ میکوریز آرباسکولار (*Glumus intraradices*) بود که به ترتیب از بانک میکروبی موسسه تحقیقات خاک و آب تهران و دانشگاه شیراز تهیه شد. نمونه-های هفت کیلوگرمی از خاک هوا خشک که از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شده را درون کیسه‌های پلاستیکی ریخته و سپس عناصر پتاسیم و فسفر را به صورت کامل از منبع سولفات پتاسیم و سوپرفسفات و نیمی از نیتروژن مورد نیاز را از منبع اوره بر اساس نتایج آزمون خاک، به خاک‌ها افزوده شدند. نوبت دوم نیتروژن، در آخر هفته چهارم رشد گیاه به خاک گلدان‌ها افزوده شد.

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکو شیمیای نمونه خاک

بافت خاک	لومی رسی سیلتی
قابلیت هدایت الکتریکی (dSm^{-1})	۲
pH	۷/۸
درصد کربن آلی	۰/۷
درصد کربنات کلسیم	٤۳/۲
درصد نیتروژن خاک	۰/۰٦
فسفر قابل جذب ($mgkg^{-1}$)	۱۲
پتاسیم قابل جذب ($mgkg^{-1}$)	۱۰٤
آهن ($mgkg^{-1}$)	۱۳/۲
منگنز ($mgkg^{-1}$)	۹/٤
مس ($mgkg^{-1}$)	۲/٦
روی ($mgkg^{-1}$)	۰/۵

برای اعمال تیمارهای میکروبی، در گلدان‌های مربوط به تیمارهای قارچی قبل از کشت، مقداری از خاک سطحی (۱ الی ۵ سانتی‌متری) را برداشته و به آن مقدار ۵۰ گرم از مایه تلقیحی قارچی (*Glumus intraradices*) (متوسط کلونیزاسیون ریشه ۷۵ درصد و تعداد اسپور در هر گرم بستره ۱۰ عدد) افزوده و با خاک مخلوط شد. تیمارهای فاقد قارچ به همان اندازه از زادمایه قارچی سترون شده (اتوکلاو شده در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۵ دقیقه) دریافت کردند. جهت تلقیح بذر با باکتری مورد نظر در هر حفره کاشت بذر، به ازای هر بذر یک گرم مایه تلقیح جامد و پودری حاوی 10^8 سلول باکتری زنده و فعال، استفاده گردید. قبل از تلقیح، بذور را به مدت ۳۰ ثانیه با الکل ۹٦ درصد و سپس به مدت ۱/۵ تا ۲ دقیقه در محلول وایتکس ۱۰ درصد ضدعفونی سطحی کرده و با آب مقطر استریل ۷ تا ۸ مرتبه شستشو داده شد. پس از اعمال تیمارهای میکروبی، کشت گیاه به تعداد ۷ بذر ذرت رقم سینگل گراس ۷۰٤ (مبین) در عمق حدود ۲ سانتی‌متری انجام شد. در هفته سوم رشد گیاه در هر گلدان فقط دو بوته نگهداری شد. در طول دوره رشد، رطوبت گلدان‌ها روزانه به‌صورت وزنی با استفاده از آب مقطر (بدون ایجاد زهاب) در حدود ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه نگه داشته شدند. پس از تنک کردن گیاهان و در پایان هفته سوم رشد، جهت اجتناب از شوک اسمزی ناشی از شوری، مقادیر نمک در هر یک از تیمارها به تدریج و به مدت یک هفته به آب آبیاری افزوده شد تا در نهایت نمک مصرفی به اندازه تیمار مورد نظر برسد. به منظور کنترل سطوح شوری در طول آزمایش از گلدان‌های تخریبی (فاقد گیاه) استفاده گردید. دامنه اندازه‌گیری شده قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در تیمارهای شوری S_0، S_1 و S_2 در طول فصل رشد گیاه به ترتیب برابر با ۲/۲-۱/۹، ۵/۵-٤/٦ و ۸/٦-۷/۸ دسی زیمنس بر متر بود. پس از ۱۰ هفته از رشد گیاه، شاخص‌هایی مانند سطح برگ، شاخص کلروفیل برگ توسط دستگاه SPAD-502، ارتفاع گیاه توسط خط کش، قطر ساقه توسط کولیس، وزن خشک اندام هوایی

(عملکرد خشک) و وزن خشک ریشه اندازه‌گیری شد. سطح برگ از رابطه (۱) برای هر گلدان به صورت جداگانه محاسبه شد:

$A = L \times W \times 0.75$ **رابطه (۱)**

که در این رابطه L: طول برگ (سانتی‌متر)، W: بزرگ‌ترین عرض برگ (سانتی‌متر) و A: مساحت کل برگ بر حسب سانتی‌متر مربع می‌باشد (علیزاده و همکاران، ۱۳۸٦). جهت سنجش وزن ماده خشک، پس از قطع اندام هوایی از محل طوقه و شستشو با آب مقطر، به مدت ۷۲ ساعت در دمای ٦٥ درجه سانتی‌گراد، در آون نگهداری شد تا خشک شود و سپس وزن آن را توسط ترازو با دقت دو رقم اعشار اندازه‌گیری شد. **سپس** ۱ گرم ماده خشک گیاهی پودر شده توسط آسیاب برقی را در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس، خاکستر و بعد از حل در اسیدکلریدریک ۲ نرمال، غلظت روی به وسیله دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. پس از جدا کردن ریشه‌ها از خاک، غلظت روی در ریشه‌ها نیز به همان روش ذکر شده برای اندام هوایی اندازه‌گیری شد. میزان جذب روی در ریشه و اندام هوایی نیز از حاصل‌ضرب وزن خشک هر کدام در غلظت روی محاسبه شد. همچنین مقداری از ریشه‌هایی را که مربوط به آزمایش میکروبی بودند، بعد از شستشو جهت تعیین درصد کلنیزاسیون ریشه مورد آزمایش قرار گرفتند.

تمایل میکوریزایی[1] ذرت نیز با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد (کومار و همکاران، ۲۰۱۰).

$$MD\ (\%) = [\text{shoot DM on } (+AM) - \text{shoot DM on } (-AM) / \text{shoot DM on } (+AM)] \times 100$$

رابطه (۲)

Shoot DM on (+AM): وزن خشک شاخساره در تیمار میکوریز،

Shoot DM on (-AM): وزن خشک شاخساره در تیمار بدون میکوریز

به منظور اندازه‌گیری درصد کلنیزاسیون ریشه، رنگ‌آمیزی ریشه‌ها انجام و درصد کلنیزاسیون ریشه به وسیله روش تقاطع خطوط شبکه (کورمانیک و مک گرا، ۱۹۸۲) تعیین شد. تجزیه‌های آماری داده‌ها، به وسیله نرم‌افزار MSTATC انجام و میانگین‌های مربوط به اثرهای اصلی هر یک از عامل‌ها با آزمون دانکن مقایسه شد.

نتایج و بحث

وزن خشک شاخساره و ریشه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی تیمار شوری و میکروبی و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر وزن خشک اندام هوایی گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمار شوری نشان داد که با افزایش سطوح شوری از S_0 به S_2، وزن خشک اندام هوایی به ترتیب از ۵/۸٤ گرم در گلدان به ۲/۸۸ گرم در گلدان به طور معنی‌داری کاهش یافت که این کاهش معادل ۵۰/۷ درصد نسبت به تیمار شاهد (بدون افزودن نمک) بود (جدول ۳). کاهش عملکرد در گیاهان مختلف به دلیل افزایش شوری توسط محققین زیادی گزارش شده است (چارلز و گلیک، ۲۰۰٤). آنان علت این کاهش را در نتیجه کاهش جذب آب و عناصر غذایی به دلیل برهم خوردن تعادل عناصر غذایی عنوان نمودند. عده دیگری از محققین افزایش تولید اتیلن در شرایط تنش شوری را از دیگر علل کاهش عملکرد گیاه ذکر نموده‌اند. کرملا چعب و قرینه (۱۳۹۲) کاهش شدید

1. Mycorrhizal Dependency

وزن خشک اندام هوایی ذرت (۳۱ درصد) را با ایجاد تنش شوری (۸ دسی زیمنس بر متر) گزارش کردند که با نتایج ما مطابقت دارد. مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارهای میکروبی نشان داد که تلقیح میکروبی سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی نسبت به تیمار شاهد (کنترل: بدون تلقیح میکروبی) شد، بدین صورت که بیشترین افزایش وزن خشک اندام هوایی مربوط به تیمار قارچی به میزان ۱۳۵ درصد و کمترین میزان افزایش مربوط به تیمار باکتریایی به میزان ۹٦/۵ درصد بود. (جدول ۳). گلیک و همکاران (۱۹۹۷) اعلام نمودند که فعالیت باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه سبب افزایش فراهمی عناصر غذایی گیاه در ریزوسفر و درنتیجه افزایش عملکرد گیاهان می‌شود. فرایند عمل در این مورد شامل افزایش انحلال عناصر غذایی و یا تولید مواد کلات کننده مانند سیدروفورها می‌باشد. بانچیو و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که استفاده از باکتری‌های محرک رشد سبب افزایش حجم ریشه‌ها گردیده که در نهایت جذب آب و مواد غذایی را افزایش داده و سبب افزایش عملکرد گیاه می‌شود. بت و همکاران (۲۰۰۵) بیان کردند که مایه‌زنی ماش با میکوریز، سبب افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک این گیاه شده است. آنان دلیل این موضوع را بهبود دسترسی و جذب بهتر عناصر غذایی ذکر کردند و بیان کردند که این امر در نهایت سبب افزایش تجمع ماده خشک در ماش شده است.

جدول ۲- میانگین مربعات خصوصیات مورد مطالعه در ذرت تحت تأثیر تیمار میکروبی و سطوح مختلف شوری خاک

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	درصد کلونیزاسیون ریشه	ارتفاع گیاه	سطح برگ	کلروفیل	قطر ساقه
شوری	۲	۲٦/۲۵**	۰/۸٤۸**	۷۵۵/۲۹**	۳۹۱/۳٦**	۲٦٦۲۸۰/۷**	٦٦/۷٤**	۹/٦۵**
تلقیح میکروبی	۳	۱۷/۹۹**	۰/۵۳۱**	۲۳۲۱/۲۵**	۵۱۰/۵۹**	۱۲۵۰۹٦/۲**	۵۰/۷۷**	۷/۰۱**
شوری × تلقیح میکروبی	٦	۰/۹۲۵**	۰/۰۱۸**	۱۷/٦۹**	۱۰/۲۹**	۷۰٦۹/٤**	۱/۳۳**	۰/۳٤^{ns}
خطا	۲٤	۰/۰۱۳	۰/۰۰۲	۳/۷٦	۰/۹٦۵	٤٤۵/۱۷	۰/۳۵۷	۰/۱۸۰
ضریب تغییرات		۲/٦۲	۳/۲۸	۸/٦۹	۲/۰٦	۲/۸۹	۲/۱۰	٤/۸۷

** و * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد، پنج درصد و غیر معنی‌دار

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل شوری و تلقیح میکروبی (جدول ۳) نشان داد که بیشترین وزن خشک اندام هوایی در تیمار قارچی و سطح شوری S_0 به دست آمد در حالی که در تیمار شاهد و سطح شوری S_2 کمترین میزان وزن خشک اندام هوایی حاصل شد و تفاوت آن‌ها معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تأثیر تیمارهای میکروبی بر افزایش وزن خشک اندام هوایی در سطوح مختلف شوری متفاوت بود، بدین صورت که در سطح شوری S_0 ترتیب وزن خشک اندام هوایی ذرت به صورت قارچ > باکتری- قارچ > باکتری > شاهد و اختلاف آن‌ها معنی‌دار بود در حالی که در سطح شوری S_1 و S_2 به صورت باکتری-قارچ > قارچ > باکتری > شاهد بود، بنابراین تأثیر تیمار قارچ-باکتری در سطح شوری S_0 در افزایش وزن خشک اندام هوایی گیاه نسبت به کاربرد تیمار مجزای قارچ به طور معنی‌داری کمتر بود در حالی که در سطوح شوری S_1 و S_2 تأثیر تیمار توأم باکتری و قارچ در افزایش این صفت گیاه به طور معنی‌داری بیشتر از تیمار کاربرد مجزای قارچ بود که این موضوع به احتمال نشان دهنده سازگاری بیشتر

قارچ میکوریز با باکتری محرک رشد کاربردی در افزایش این شاخص در سطوح شوری اعمال شده می‌باشد که سبب شده است بر خلاف سطح شوری S_0 (بدون نمک) یک هم‌افزایی مثبت بین قارچ و باکتری در سطوح شوری کاربردی به وجود آمده و وزن خشک اندام هوایی را نسبت به تیمار کاربرد مجزای قارچ به مقدار بیشتری افزایش دهد. نوع برهمکنش قارچ میکوریز آرباسکولار و باکتری PGPR بستگی به محیط و شرایط خاک، نوع باکتری، قارچ و نوع گیاه و خصوصیات رشدی آن دارد. باکتری‌های محرک رشد با تأثیر بر میزان تمایل و پذیرش ریشه برای قارچ و رشد و جوانه‌زنی اسپورها و همچنین تغییر ترشحات ریشه‌ای و محیط ریزوسفر، تشکیل و عملکرد قارچ‌های میکوریز را تحت تأثیر قرار دهند (تورو و همکاران، ۱۹۹۷). در بعضی از تحقیقات برهمکنش خنثی (ادوارز و همکاران، ۱۹۹۸) و در بعضی دیگر برهمکنش منفی (آلیستر و همکاران، ۱۹۹۵) نیز بین قارچ میکوریزی و باکتری محرک رشد گزارش شده است. همچنین در تمامی سطوح شوری، کاربرد تیمار مجزای قارچ میکوریز نسبت به کاربرد مجزای باکتری تأثیر بیشتری را در افزایش وزن خشک اندام هوایی داشت. این موضوع شاید به این دلیل باشد که قارچ میکوریز در رقابت با دیگر ریز جانداران زنده خاک و تطابق با محیط اطراف خود نسبت به باکتری دارای قدرت بیشتر بوده و توانسته است تأثیر بهتری را در افزایش این پارامتر داشته باشد. ماس (۱۹۹۳) در مطالعه‌ای بر روی گوجه‌فرنگی در شرایط شور به این نتیجه رسیدند که سویه‌های باکتری ریزوسفری محرک رشد گیاه اثرات نامطلوب شوری را کاهش داده و وزن تر و خشک گیاه را نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند. آن‌ها این اثر سویه‌ها را به توانایی آن‌ها در تولید آنزیم ACC دی-آمیناز و در نتیجه کاهش تولید اتیلن نسبت دادند. کوثر و شهرزاد (۲۰۰۶) بیان کردند که تلقیح ذرت با باکتری *سودوموناس فلورسنت* و *پوتیدا* تحت تنش شوری وزن اندام هوایی نسبت به سطح کنترل افزایش معنی‌داری داشت. به طوری که در شوری ٦ دسی زیمنس وزن تر اندام هوایی نسبت به شاهد ۱۱۳/۷ درصد افزایش نشان داد. قارچ‌های میکوریزی با افزایش جذب آب و عناصر غذایی، رشد و عملکرد گیاهان را در شرایط تنش شوری افزایش می‌دهند (تیان و همکاران، ۲۰۰٤).

جدول ۳- تأثیر کاربرد باکتری محرک رشد و قارچ میکوریزا بر وزن خشک اندام هوایی (گرم در گلدان) گیاه ذرت در سطوح مختلف شوری خاک

	S_0	S_1	S_2	اثرات اصلی
C**	۳/۰٤g	۱/۹۹i	۱/۳۳j	۲/۲۸D*
B	۵/۹۹c	٤/۲۰f	۳/۲٦h	٤/٤۸C
F	۷/۵۷a	۵/۱۳e	۳/٤۰gh	۵/۳٦A
B+F	٦/۲٦b	۵/۷۳d	۳/۵۵g	۵/۱۸B
اثرات اصلی	۵/۸٤A	٤/۲٦B	۲/۸۸C	

*میانگین‌های دارای حروف بزرگ مشترک و کوچک مشترک در هر ستون یا سطر در متن جدول از نظر آماری در سطح ۵ درصد آزمون دانکن معنی‌دار نیستند. **در همه‌ی جداول حروف اختصاری C، B، F و B+F به ترتیب نشانگر تیمارهای شاهد، باکتری، قارچ و باکتری + قارچ و حروف اختصاری S_0، S_1 و S_2 به ترتیب نشانگر عدم کاربرد نمک، ۱۵ و ۳۰ میلی اکی والان نمک در کیلوگرم خاک می‌باشد.

اثرات اصلی تیمار شوری و تلقیح میکروبی و اثرات متقابل آن‌ها بر وزن خشک ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ٤) نشان داد که کاربرد هر سه تیمار میکروبی قارچ، باکتری و قارچ-باکتری سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک ریشه نسبت به تیمار شاهد شد. ترتیب تأثیر تیمارهای میکروبی در افزایش وزن خشک ریشه نسبت به تیمار شاهد به صورت قارچ-باکتری >قارچ = باکتری بود. روسیر و همکاران (۲۰۰۸) مشاهده کردند که استفاده از باکتری محرک رشد سبب افزایش وزن خشک و تر ریشه، سیستم تارهای کشنده و طول ریشه‌ها می‌شود و علت آن افزایش هورمون IBA و IAA درونی در اثر تحریک باکتری‌ها و ترشح هورمونی توسط باکتری‌های مذکور است. تسنگ و مام (۱۹۹۹) در پژوهشی گزارش کردند که گیاه *strophostyles helvala* تلقیح شده با قارچ *Glomus mosseae* وزن خشک اندام هوایی و ریشه بیشتری نسبت به گیاهان غیر میکوریزی داشتند. فنگ و همکاران (۲۰۰۲) افزایش وزن خشک ریشه در گیاه میکوریزی شده را به افزایش ظرفیت فتوسنتز گیاهان میکوریزی و در نتیجه افزایش غلظت کربوهیدرات‌های محلول در ریشه دانستند. با افزایش سطوح شوری، وزن خشک ریشه به طور معنی‌داری کاهش یافت به طوری که از ۱/٤٦ گرم در گلدان در تیمار S_0 به ۰/۹٤ گرم در گلدان در تیمار شوری S_2 رسید. نتایج مقایسه میانگین مربوط یه اثر متقابل دو تیمار نشان داد که بیشترین مقدار وزن خشک ریشه در تیمار قارچ و قارچ-باکتری و سطح شوری S_0 مشاهده شد در حالی که در سطح شوری S_2 در تیمار عدم تلقیح میکروبی کمترین میزان وزن خشک ریشه حاصل شد. در سطح شوری S_1 تأثیر تیمار توأم قارچ-باکتری بر وزن خشک ریشه از تیمارهای دیگر به طور معنی‌داری بیشتر بود، در حالی که در سطح شوری S_2 با وجود اینکه وزن خشک ریشه در تیمار قارچ-باکتری نسبت به تیمار قارچ بیشتر بود، ولی از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ٤). تمایل میکوریزی یا پاسخ رشد میکوریزی در واقع نشان دهنده میزان تمایل گیاه میزبان به همزیستی با قارچ میکوریز می‌باشد (کومار و همکاران، ۲۰۱۰). تمایل میکوریزی محاسبه شده برای تیمار کاربرد قارچ در سطوح شوری S_0، S_1 و S_2 به ترتیب ۵۹/۸، ٦۱/۲ و ٦۰/۸۸ درصد بود در حالی که برای تیمار کاربرد توأم باکتری و قارچ به ترتیب برابر با ۵۱/٤، ٦۲/۲ و ٦۲/۵ درصد بود. همانطور که مشخص است با افزایش شوری درصد تمایل میکوریزایی افزایش داشته است. نتایج ما نشان می‌دهد که همزیستی بین گیاه ذرت و قارچ میکوریز آرباسکولار در محیط شور قوی‌تر شده است که این موضوع یک بار دیگر اهمیت اکولوژیکی قارچ میکوریز را در زنده ماندن و رشد و افزایش تحمل گیاهان را در شرایط تنش شوری نشان می‌دهد. همچنین با افزایش سطوح شوری تمایل میکوریزایی تیمار کاربرد قارچ-باکتری نسبت به تیمار کاربرد مجزای قارچ بیشتر شده است، بنابراین همانطور که از نتایج مشخص است تأثیر تیمار کاربرد توأم قارچ و باکتری در افزایش وزن خشک و تر اندام هوایی و همچنین وزن خشک ریشه در شرایط اعمال شوری نسبت به شاهد بیشتر از تیمار کاربرد مجزای قارچ و باکتری بوده است که این نشان دهنده برهمکنش مثبت بین قارچ و باکتری و نقش باکتری در به وجود آوردن شرایط بهتر جهت همزیستی بهتر قارچ با گیاه میزبان در افزایش این شاخص‌ها در شرایط شور بوده است. کومار و همکاران (۲۰۱۰) افزایش تمایل میکوریزایی گیاه *jatropha curcus* را در اثر افزایش شوری خاک گزارش کردند که با نتایج ما مطابقت دارد.

جدول ٤- تأثیر کاربرد باکتری محرک رشد و قارچ میکوریزا بر وزن خشک ریشه (گرم در گلدان) گیاه ذرت در سطوح مختلف شوری خاک

	S_0	S_1	S_2	اثرات اصلی
C	۱/۰۹ d	۰/۸ f	۰/٦٥ g	۰/۸٤ D
B	۱/٥۱ b	۱/۱۱ d	۰/۹۲ e	۱/۱۸ C
F	۱/٦٦a	۱/۲۰ c	۱/۰٥ d	۱/۳۰ B
B+F	۱/٦۰ a	۱/٤۷ b	۱/۱۳cd	۱/٤۰ A
اثرات اصلی	۱/٤٦ A	۱/۱٤ B	۰/۹٤ C	

*میانگین‌های دارای حروف بزرگ مشترک و کوچک مشترک در هر ستون یا سطر در متن جدول از نظر آماری در سطح ٥ درصد آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

سطح برگ

اثرات اصلی تیمار شوری و تلقیح میکروبی و اثرات متقابل آن‌ها بر سطح برگ گیاه ذرت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارهای میکروبی (جدول ٥) حاکی از آن است که کاربرد هر سه تیمار میکروبی قارچ، باکتری و قارچ-باکتری سبب افزایش معنی‌دار سطح برگ گیاه نسبت به تیمار شاهد شد. به ترتیب تیمارهای کاربرد قارچ، قارچ-باکتری و باکتری بیشترین میزان تأثیر را در افزایش سطح برگ نسبت به تیمار شاهد داشتند. حمیدی و همکاران (۲۰۰٤) نشان دادند که تلقیح بذور ذرت با باکتری‌های محرک رشد تعداد برگ‌های بالایی و تعداد برگ در هر بوته را افزایش داد. آن‌ها دلیل این امر را روابط مثبت بین گیاه و باکتری دانستند که در نهایت سبب افزایش عملکرد سیلویی گیاه شد. مهربان و همکاران (۲۰۰۹) اظهار داشتند که کاربرد قارچ میکوریزا سبب افزایش سطح برگ گوجه‌فرنگی شد. گزارش‌هایی وجود دارد مبنی بر اینکه قارچ میکوریز آرباسکولار به طور غیرمستقیم از طریق افزایش دوام سطح برگ و وزن مخصوص برگ، میزان سطح برگ را تحت تأثیر قرار می‌دهد (جهان و همکاران، ۱۳۸٦). همچنین با افزایش سطوح شوری، سطح برگ به طور معنی‌داری کاهش یافت به طوری که سطح برگ از ۸۷٦ سانتی‌متر مربع در تیمار S_0 به ٥۷۸/٤ سانتی‌متر مربع در تیمار شوری S_2 رسید (جدول ٥). گرجی (۱۳۸۷) کاهش سطح برگ و وزن خشک برگ گلرنگ را در محیط شور (۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم) نسبت به محیط غیر شور گزارش کرد. سیسک و کاسیلار (۲۰۰۲) در تحقیقی با بررسی اثر شوری بر پارامترهای رشد رویشی ذرت، بیان کردند که شوری از طریق کاهش فشار تورژسانس سبب کاهش رشد و توسعه سلول‌ها، خصوصاً در برگ گردیده و به همین دلیل اولین اثر محسوس شوری بر روی گیاهان به صورت تعداد کمتر برگ‌ها و کوچک شدن سایز برگ‌ها و در نهایت کاهش سطح برگ می‌باشد. میانگین اثرات متقابل شوری و تلقیح میکروبی نشان داد که بیشترین میزان سطح برگ در تیمار مرکب سطح شوری S_0 و تلقیح قارچی حاصل شد و تیمارهای قارچ-باکتری و باکتری در همین سطح شوری رتبه‌های بعدی را به خود اختصاص دادند و اختلاف آن‌ها معنی‌دار بود. همچنین کمترین میزان سطح برگ در تیمار مرکب عدم تلقیح میکروبی و سطح شوری S_2 بدست آمد که با تیمارهای دیگر تفاوت معنی‌داری را داشت. در سطح شوری S_0

ترتیب سطح برگ به صورت قارچ > قارچ-باکتری > باکتری > شاهد و اختلاف آن‌ها نیز معنی‌دار بود در حالی که در هر دو سطح شوری S_1 و S_2 ترتیب سطح برگ به صورت قارچ = قارچ-باکتری > باکتری >شاهد بود. بنابراین احتمالاً سازگاری گونه قارچی کاربردی در این پژوهش با باکتری در سطوح شوری (S_1 و S_2) نسبت به سطح شوری شاهد (عدم کاربرد نمک) بیشتر بوده است. همچنین در تمامی سطوح شوری تأثیر کاربرد مجزای باکتری در افزایش سطح برگ گیاه نسبت به تأثیر کاربرد مجزای قارچ به طور معنی‌داری کمتر بود که احتمالاً نشان دهنده قدرت بیشتر قارچ نسبت به باکتری در رقابت با سایر میکروارگانیسم‌ها و به وجود آوردن شرایط تغذیه‌ای بهتر برای گیاه، در شرایط آزمایش حاضر بوده است (جدول ۵).

جدول ۵- تأثیر کاربرد باکتری محرک رشد و قارچ میکوریزا بر سطح برگ (سانتی‌متر مربع در گلدان) گیاه ذرت در سطوح مختلف شوری خاک

	S_0	S_1	S_2	اثرات اصلی
C	٦٥٤/٥ e	٥٩٧/٥ f	٤٧٢/٨ h	٥٧٤/٩ C
B	٩١٤/٣ c	٦٧٦ e	٥٢٦/٣ g	٧٠٥/٥ B
F	٩٨٦/٥ a	٨٥٦ d	٦٥٦/٩ e	٨٣٣/١ A
B+F	٩٤٥/٨ b	٨٢٤ d	٦٥٧/٥ e	٨١٠ A
اثرات اصلی	٨٧٦ A	٧٣٨/٤ B	٥٧٨/٤ C	

*میانگین‌های دارای حروف بزرگ مشترک و کوچک مشترک در هر ستون یا سطر در متن جدول از نظر آماری در سطح ۵ درصد آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

ارتفاع گیاه

اثرات اصلی تیمار شوری و میکروبی و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر ارتفاع گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمار شوری (جدول ٦) نشان داد که با افزایش سطوح شوری از S_0 به S_2، ارتفاع اندام هوایی به ترتیب از ۵۳/۳۷ سانتیمتر به ٤١/٩٥ سانتیمتر به طور معنی‌داری کاهش یافت که این کاهش معادل ٢١/٤ درصد بود. ساکر و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی تأثیر شوری بر گیاه، کاهش ارتفاع معنی‌دار بوته را در گیاه با افزایش سطوح شوری گزارش نمودند. حسین و همکاران (٢٠٠٤(با اعمال تنش شوری بر روی ارقام نیشکر، شاهد کاهش چشمگیر میزان رشد در ارقام مورد مطالعه و شوری را عامل مؤثری در کاهش ارتفاع گیاه معرفی کردند. آن‌ها پی بردند که صدمه اسمزی، سمیت یون‌ها و تغییر در تعادل عناصر غذایی در دسترس از جمله عوامل دخیل در کاهش ارتفاع گیاه در شرایط شور هستند. میبدی و قره یاضی (۱۳۸۰) از دلایل کاهش ارتفاع گیاه، ایجاد خشکی فیزیولوژیک در محیط ریشه و همچنین رقابت یون-های کلر و سولفات با نیترات را عنوان نمودند. مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارهای میکروبی نشان داد که هر سه تیمار میکروبی کاربردی سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه نسبت به تیمار شاهد شد، بدین صورت که به ترتیب بیشترین افزایش ارتفاع گیاه مربوط به تیمار قارچ-باکتری به میزان ٤٥/٣ درصد و کمترین میزان افزایش مربوط به تیمار باکتریایی به میزان ٣٥/٢ درصد بود (جدول ٦). روستا و همکاران (۱۹۹۸) افزایش ۵۸ درصدی ارتفاع بوته گیاه ذرت را که بذر-های آن با باکتری سودوموناس و ازوتوباکتر تلقیح

شده بودند را گزارش کردند. وسی (۲۰۰۳) بیان کردند که کاربرد کودهای بیولوژیک از طریق تولید هورمون‌های محرک رشد به ویژه اکسین سبب افزایش رشد و ارتفاع گیاه می‌شود. اوجها و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که قارچ میکوریزا از طریق جذب آب و عناصر غذایی سبب افزایش فتوسنتز شده و این امر موجب تولید آسیمیلات بیشتر و بهبود رشد گیاه گندم شده و در نتیجه ارتفاع گیاه در مقایسه با گیاهان غیر میکوریزی بیشتر شده است. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل شوری و تلقیح میکروبی نشان داد که بیشترین میزان ارتفاع گیاه در تیمارهای مرکب قارچ، قارچ-باکتری و در سطح شوری S_0 حاصل شد در حالی که کمترین میزان ارتفاع گیاه در سطح شوری S_2 در تیمار عدم تلقیح میکروبی بدست آمد که تفاوت آن‌ها معنی‌دار بود. به ترتیب تأثیر تیمارهای میکروبی در افزایش ارتفاع گیاه در سطح شوری S_0 به صورت تیمارهای قارچ = قارچ-باکتری > باکتری > شاهد بود، در حالی که در سطوح شوری S_1 و S_2 به ترتیب تیمارهای قارچ-باکتری، قارچ و باکتری بیشترین تأثیر را در افزایش ارتفاع گیاه نسبت به تیمار شاهد داشت، هرچند بین تیمارهای قارچ و باکتری از نظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ٦). همانطور که از نتایج مشخص است با افزایش سطح شوری تأثیر کاربرد توأم قارچ و باکتری در افزایش ارتفاع گیاه نسبت به کاربرد مجزای قارچ بیشتر شده که نشان دهنده برهمکنش مثبت قارچ و باکتری در شرایط شوری خاک در افزایش این پارامتر است. همچنین فقط در سطح شوری S_0 تأثیر تیمار کاربرد قارچ نسبت به باکتری در افزایش ارتفاع گیاه به طور معنی‌داری بیشتر بود درحالی که در سطوح شوری S_1 و S_2 تأثیر مشابهی را در افزایش این شاخص داشتند. به طور کلی در شرایط شور دسترسی آب و عناصر غذایی به وسیله کودهای بیولوژیک بهبود می‌یابد که در نتیجه آن میزان ریشه‌زایی گیاه افزایش و در نهایت سبب افزایش گره و میان گره و افزایش ارتفاع گیاه می‌شود (سرمد نیا و کوچکی، ۱۳۷۰). احتمالاً تیمار-های میکروبی کاربردی در این پژوهش از طریق تولید هورمون‌های رشد، کاهش سطح اتیلن و افزایش جذب آب و مواد غذایی سبب افزایش ارتفاع گیاه در شرایط شور شده‌اند.

جدول ٦- تأثیر کاربرد باکتری محرک رشد و قارچ میکوریزا بر ارتفاع (سانتی‌متر بر گیاه) گیاه ذرت در سطوح مختلف شوری خاک

	S_0	S_1	S_2	اثرات اصلی
C	٤٥ e	٣٥/١٧ f	٣٠ g	٣٦/٧٢ D
B	٥٤/١٧ b	٥٠/٥٠ c	٤٤/٣٣ e	٤٩/٦٦ C
F	٥٧/٣٣ a	٥١/١٧ c	٤٤/٨٣ e	٥١/١١ B
B+F	٥٧a	٥٥ b	٤٨/٦٧ d	٥٣/٥٥ A
اثرات اصلی	٥٣/٣٧ A	٤٧/٩٥ B	٤١/٩٥ C	

*میانگین‌های دارای حروف بزرگ مشترک و کوچک مشترک در هر ستون یا سطر در متن جدول از نظر آماری در سطح ٥ درصد آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

شاخص کلروفیل

غلظت کلروفیل برگ شاخص مستقیم سلامتی گیاه و وضعیت رشد آن است و می‌تواند شاخصی از فعالیت فتوسنتزی گیاه باشد. اثرات اصلی تیمار شوری و تلقیح میکروبی و اثرات متقابل آن‌ها بر شاخص کلروفیل برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارهای میکروبی (جدول ۷) حاکی از آن است که کاربرد هر سه تیمار میکروبی قارچ، باکتری و قارچ-باکتری سبب افزایش معنی‌دار شاخص کلروفیل برگ نسبت به تیمار شاهد شد. تأثیر تیمارهای باکتری و قارچ در افزایش شاخص کلروفیل برگ یکسان و به طور معنی‌داری کمتر از تیمار کاربرد توأم قارچ و باکتری بود. یکی از مکانیسم‌های افزایش کلروفیل در گیاهان تلقیح شده توسط باکتری‌های محرک رشد، کاهش غلظت اتیلن و تأمین آهن از طریق تولید سیدروفرها است که سبب پایداری و تشکیل بیشتر کلروفیل می‌شود (اعتمادی و همکاران، ۱۳۹۳). دیمر (۲۰۰٤) نشان داد که مقدار کلروفیل گیاهان فلفل همزیست با قارچ گلوموس اینترادیسس در مقایسه با گیاهان غیر میکوریزی بالاتر بود. جنسک و همکاران (۲۰۰۰) بیان کردند که علت افزایش کلروفیل در گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریز جذب بیشتر آب و عناصر معدنی از جمله روی می‌باشد. با افزایش سطوح شوری، شاخص کلروفیل برگ به طور معنی‌داری کاهش یافت به طوری که شاخص کلروفیل برگ از ۳۰/۸۳ در سطح شوری S_0 به ۲٦/۱۱ در تیمار شوری S_2 رسید (جدول ۷). بر اثر تنش شوری تغذیه گیاه مختل شده و کلروفیل یا کم تشکیل شده و یا اینکه تجزیه می-شود، در نتیجه غلظت آن کاهش یافته و دستگاه کلروفیل سنج عدد کمتری را نشان می‌دهد (خلوا و همکاران، ۲۰۰۹). همچنین کاهش میزان کلروفیل در اثر شوری با توقف فعالیت آنزیم‌هایی که مسئول سنتز رنگ‌دانه‌های سبز در گیاه می‌باشد، در ارتباط است (اشرف، ۱۹۸۹). میانگین اثرات متقابل شوری و تلقیح میکروبی نشان داد که در تیمارهای باکتری، قارچ و قارچ-باکتری و در سطح شوری S_0 بیشترین مقدار شاخص کلروفیل برگ حاصل شد در حالی که کمترین مقدار شاخص کلروفیل برگ در سطح شوری S_2 در تیمار عدم تلقیح میکروبی به دست آمد که این نشان دهنده تأثیر منفی شوری در کاهش فتوسنتز و تجزیه کلروفیل برگ از طریق کاهش جذب آب و مواد غذایی است و از طرفی تائید کننده نقش مثبت تیمارهای میکروبی کاربردی اعم از قارچ و باکتری در بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه می‌باشد. در سطوح شوری S_0 و S_3 تأثیر هر سه تیمار میکروبی در افزایش شاخص کلروفیل برگ یکسان، در حالی که در سطح شوری S_1 ترتیب شاخص کلروفیل برگ به صورت شاهد < قارچ = باکتری < قارچ -باکتری بود (جدول ۷). پیردشتی و همکاران (۱۳۹۱) مشاهده کردند که کاربرد باکتری‌های محرک رشد در تمامی سطوح شوری (۰، ۳۰، ٦۰ و ۹۰ میلی مولار کلرید سدیم) غلظت کلروفیل a و b را در گیاه گشنیز به طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) افزایش داد. در آزمایش حاضر احتمالاً به دلیل شرایط تغذیه-ای بهتر گیاه در شرایط شور توسط تیمارهای میکروبی به کار رفته، میزان شاخص کلروفیل در سطوح مختلف شوری نسبت به تیمار شاهد بیشتر است و اثرات مضر شوری را در کاهش این شاخص تعدیل کرده است.

جدول ۷- تأثیر کاربرد باکتری محرک رشد و قارچ میکوریزا بر شاخص کلروفیل برگ گیاه ذرت در سطوح مختلف شوری خاک

	S_0	S_1	S_2	اثرات اصلی
C	۲۶/۶۳ d	۲۴/۷۶ e	۲۳/۴۰ f	۲۴/۹۳ C
B	۳۱/۷۳ a	۲۹/۵۶ c	۲۷/۱۳ d	۲۹/۴۷ B
F	۳۲/۵۰ a	۲۸/۸۰ c	۲۶/۷۰d	۲۹/۳۳ B
B+F	۳۲/۴۶ a	۳۰/۶۰ b	۲۷/۲۳ d	۳۰/۱۰ A
اثرات اصلی	۳۰/۸۳ A	۲۸/۴۳ B	۲۶/۱۱ C	

*میانگین‌های دارای حروف بزرگ مشترک و کوچک مشترک در هر ستون یا سطر در متن جدول از نظر آماری در سطح ۵ درصد آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

درصد کلنیزاسیون ریشه

اثرات اصلی تیمار شوری و میکروبی و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر درصد کلنیزاسیون ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمار شوری (جدول ۸) نشان داد که با افزایش سطوح شوری از S_0 به S_2، درصد کلنیزاسیون ریشه به ترتیب از ۳۰/۸۷ درصد به ۱۵/۲۰ درصد به طور معنی‌داری کاهش یافت که این کاهش معادل ۵۰/۷ درصد بود. همچنین مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارهای میکروبی نشان داد که هر سه تیمار میکروبی کاربردی سبب افزایش معنی‌دار درصد کلنیزاسیون ریشه نسبت به تیمار شاهد شد، بدین صورت که به ترتیب بیشترین افزایش مربوط به تیمار قارچ-باکتری به میزان ۸/۸۸ برابر و کمترین میزان افزایش مربوط به تیمار باکتریایی به میزان ۳/۲۱ برابر تیمار شاهد بود (جدول ۸). مقایسه میانگین‌های اثر متقابل شوری و تلقیح میکروبی نشان داد که بیشترین درصد کلونیزاسیون ریشه در تیمار توأم قارچ و باکتری در سطح شوری S_0 و کمترین میزان درصد کلونیزاسیون ریشه در سطح شوری S_2 در تیمار عدم تلقیح میکروبی حاصل شد. در سطح شوری S_0 بیشترین درصد کلنیزاسیون ریشه مربوط به تیمار تلقیح توأم قارچ و باکتری بود و نسبت به دیگر تیمار-های میکروبی تفاوت معنی‌داری را داشت در حالی که در دو سطح شوری S_1 و S_2 بین تیمارهای کاربرد توأم باکتری و قارچ و تیمار کاربرد مجزای قارچ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد که مؤید نقش منفی شوری در ایجاد کلونیزاسیون ریشه می‌باشد (جدول ۸). نتایج تحقیق مارولاندا و همکاران (۲۰۰۷) روی گیاه استوخودوس تیمار شده توسط میکوریز حاکی از آن است که گونه گلوموس اینترادیسس به میزان ۳۵ درصد با ریشه این گیاه همزیستی برقرار کرد. کاهش درصد کلنیزاسیون ریشه با افزایش شوری توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (منصوری و همکاران، ۱۳۸۶). گزارش‌های اخیر حاکی از آن است که کاهش درصد کلونیزاسیون ریشه تحت تنش شوری احتمالاً به علت کاهش تندش اسپور، رشد هیف و تشکیل آرباسکول می‌باشد (رابیه و همکاران، ۲۰۰۵).

جدول ۸- تأثیر کاربرد باکتری محرک رشد و قارچ میکوریزا بر درصد کلونیزاسیون ریشه گیاه ذرت در سطوح مختلف شوری خاک

	S_0	S_1	S_2	اثرات اصلی
C	۹/٦۱ g	۲/۹۸ hi	۰ i	٤/۱۹ D
B	۲۱/۱۸ e	۱۳/٦۳ f	٥/٦٦ h	۱۳/٤۹ C
F	٤٤/٤۲ b	۳۱/۹۸ c	۲٦/۷٤ d	۳٤/۳۸ B
B+F	٤۸/۲۷ a	۳٤/۹۹ c	۲۸/۳۹d	۳۷/۲۲ A
اثرات اصلی	۳۰/۸۷ A	۲۰/۹۰ B	۱٥/۲۰ C	

*میانگین‌های دارای حروف بزرگ مشترک و کوچک مشترک در هر ستون یا سطر در متن جدول از نظر آماری در سطح ۵ درصد آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

قطر ساقه

قطر ساقه از لحاظ میزان مواد آسمیلات شده در طول دوره رویشی و انتقال این مواد به دانه‌ها در زمان پر شدن آن‌ها نقش قابل ملاحظه‌ای داشته و هر قدر که قطر ساقه بیشتر باشد، پتانسیل تولید مطلوب در گیاه افزایش خواهد یافت (محمد ورزی و همکاران، ۱۳۸۹). اثرات اصلی تیمار شوری و میکروبی بر قطر ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی اثر متقابل آن‌ها بر قطر ساقه معنی‌دار نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمار شوری (جدول ۹) نشان داد که با افزایش سطوح شوری از S_0 به S_2، قطر ساقه به ترتیب از ۹/٦۳ میلی‌متر به ۷/۸٤ میلی‌متر به طور معنی‌داری کاهش یافت که این کاهش معادل ۱۸/٦ درصد بود. صادقی لطف‌آبادی و همکاران (۱۳۸۹) کاهش معنی‌دار قطر ساقه گیاه سورگوم در اثر افزایش شوری را مشاهده نمودند. همچنین مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارهای میکروبی نشان داد که هر سه تیمار میکروبی کاربردی سبب افزایش معنی‌دار قطر ساقه نسبت به تیمار شاهد شد، بدین صورت که تأثیر تیمارهای قارچ و قارچ-باکتری یکسان و به طور معنی‌داری بیشتر از تیمار کاربرد باکتری بود (جدول ۹). اصغر و همکاران (۲۰۰٤) اظهار داشتند که تلقیح با سویه‌های انتخابی باکتری محرک رشد سبب افزایش قطر ساقه در گیاه کانولا شده است. باکتری‌ها با تولید هورمون ژن‌های محرک رشد گیاه از جمله اکسین به طور مستقیم سبب افزایش رشد ساقه شده و با تولید سیتوکینین بر روی آنزیم‌های لیپاز و پروتواز اثر منفی گذاشته و مانع تجزیه پروتیین در محیط داخلی سلول شده که به این وسیله سبب تقسیم سلولی گردیده و به طور غیر مستقیم در افزایش قطر ساقه موثر است (محمدورزی و همکاران، ۱۳۸۹). شمشیری (۱۳۸۷) افزایش قطر ساقه را به نیتروژن حاصل از تثبیت بیولوژیکی توسط باکتری‌ها دانست که با مصرف کربوهیدرات‌ها در سلول‌های رویشی، سبب افزایش قطر ساقه می‌شود. مهربان و همکاران (۱۳۹۱) بیان کردند که کاربرد قارچ میکوریز سبب افزایش قطر ساقه گیاه سورگوم شد. آنان علت را به این صورت توجیه کردند که گیاه با وجود میکوریز در خاک توانسته است عناصر و املاح مورد نیاز خود را به مقدار زیاد تهیه کند و این امر افزایش قطر ساقه را در پی داشته است.

جدول ۹- تأثیر کاربرد باکتری محرک رشد و قارچ میکوریزا بر قطر ساقه (میلیمتر بر گیاه) گیاه ذرت در سطوح مختلف شوری خاک

	S_0	S_1	S_2	اثرات اصلی
C	۸/۰۳ fg	۷/٤٦ gh	٦/۹۳ h	۷/٤۷ C
B	۹/٦٦ bc	۸/۹۳ cde	۷/٤۳ gh	۸/٦۷ B
F	۱۰/۵۰ a	۸/۹۰ cde	۸/٤۰ ef	۹/۲٦ A
B+F	۱۰/۳۳ ab	۹/۳۳ cd	۸/٦۰ def	۹/٤۲ A
اثرات اصلی	۹/٦۳A	۸/٦۵ B	۷/۸٤ C	

*میانگین‌های دارای حروف بزرگ مشترک و کوچک مشترک در هر ستون یا سطر در متن جدول از نظر آماری در سطح ۵ درصد آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

جدول ۱۰- میانگین مربعات خصوصیات مورد مطالعه در ذرت تحت تأثیر تیمار میکروبی و سطوح مختلف شوری خاک

منابع تغییر	درجه آزادی	غلظت روی در اندام هوایی	غلظت روی در ریشه	جذب روی در اندام هوایی	جذب روی در ریشه
شوری	۲	٤٦/۱٤**	۱۰/٦۱**	۱۲۰٦٤/٦۱**	۷٦/۹۲**
تلقیح میکروبی	۳	۵۷/۱۵**	۲/۰۲**	۱۸۹٦۳/۱۳**	۱۱٦/۲۳**
شوری × تلقیح میکروبی	٦	۰/۸۵۵**	۰/٦٦۱**	۵٤۵/۷٤**	٤/۰۱**
خطا	۲٤	۰/۰۰٦	۰/۰۰۲	۹/۳۸	۰/۳۰۰
ضریب تغییرات		۰/۲۹	۰/۳۰	۲/٦۱	۳/۲۸

غلظت روی در شاخساره و ریشه

اثرات اصلی تیمار شوری و میکروبی و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر غلظت روی شاخساره و ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱۰). مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمار شوری (جدول ۱۱) نشان داد که غلظت روی شاخساره از ۲٤/۹۹ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک در تیمار S_0 به ۲۸/۹۱ میلی-گرم در کیلوگرم وزن خشک در تیمار S_2 رسید. همچنین مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارهای میکروبی نشان داد که غلظت روی به ترتیب در تیمار-های باکتری، قارچ و قارچ-باکتری به میزان ۱۱، ۲۰/۹ و ۲۳/٤ درصد نسبت به تیمار شاهد به طور معنی-داری افزایش یافت (جدول ۱۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین غلظت روی در شاخساره در تیمار قارچ و سطح شوری S_2 حاصل شد در صورتی که کمترین غلظت روی شاخساره در تیمار سطح شوری S_0 و عدم تلقیح میکروبی بدست آمد. تأثیر تیمار قارچ-باکتری در افزایش غلظت روی شاخساره نسبت به کاربرد مجزای قارچ در سطح شوری S_0 بیشتر بود در حالی که در سطوح شوری S_1 و S_2 در اثر کاربرد مجزای قارچ غلظت بیشتری از روی نسبت به کاربرد توأم باکتری و قارچ در شاخساره گیاه ذرت تجمع کرد که احتمالاً می تواند ناشی از عملکرد بیشتر گیاه در تیمار قارچ- باکتری در سطوح شوری S_1 و S_2 باشد. در همه‌ی سطوح شوری غلظت روی شاخساره در اثر کاربرد تیمارهای قارچ و قارچ-باکتری به طور معنی‌داری بیشتر از کاربرد تیمار باکتری بود.

جدول ۱۱- تأثیر کاربرد باکتری محرک رشد و قارچ میکوریزا برغلظت روی (میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک) در اندام هوایی گیاه ذرت در سطوح مختلف شوری خاک

	S_0	S_1	S_2	اثرات اصلی
C	۲۱/٦٥ l	۲۳/۷۷ k	۲٥/٥۸ i	۲۳/٦۷ D
B	۲٤/۱٥ j	۲٦/٤۳ g	۲۸/۲٤ e	۲٦/۲۷ C
F	۲٦/۰٥ h	۲۸/۷۹ c	۳۰/۹۹ a	۲۸/٦۱ B
B+F	۲۸/۱۰ f	۲۸/٦٥ d	۳۰/۸٤ b	۲۹/۲۰ A
اثرات اصلی	۲٤/۹۹ C	۲٦/۹۱ B	۲۸/۹۱ A	

*میانگین‌های دارای حروف بزرگ مشترک و کوچک مشترک در هر ستون یا سطر در متن جدول از نظر آماری در سطح ٥ درصد آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

جدول ۱۲- تأثیر کاربرد باکتری محرک رشد و قارچ میکوریزا برغلظت روی (میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک) در ریشه گیاه ذرت در سطوح مختلف شوری خاک

	S_0	S_1	S_2	اثرات اصلی
C	۱٤/۱۱ g	۱٤/۳۲ f	۱٤/۷٥ d	۱٤/۳۹ A
B	۱۲/۱٦ k	۱۳/٦۹ h	۱٤/۳۳ f	۱۳/۳۹ D
F	۱۳/۰۷ i	۱٤/٥۲ e	۱٥/٤٤ a	۱٤/۳٤ B
B+F	۱۲/۹۰ j	۱٤/۸۸ c	۱٥/۰٦ b	۱٤/۲۸ C
اثرات اصلی	۱۳/۰٦ C	۱٤/۳٥ B	۱٤/۸۹ A	

*میانگین‌های دارای حروف بزرگ مشترک و کوچک مشترک در هر ستون یا سطر در متن جدول از نظر آماری در سطح ٥ درصد آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

به طور کلی با افزایش سطوح شوری از S0 به S2 غلظت روی در ریشه گیاه از ۱۳/۰٦ به ۱٤/۸۹ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک رسید (جدول ۱۲). همچنین با کاربرد تیمارهای میکروبی غلظت روی در ریشه به طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد کاهش پیدا کرد (جدول ۱۲). با توجه به غلظت بالاتر روی شاخساره در تیمارهای میکروبی نسبت به تیمار شاهد، احتمالاً قدرت انتقال روی از ریشه به اندام هوایی در تیمارهای میکروبی بیشتر بوده، بنابراین غلظت روی در ریشه کاهش یافته است. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین غلظت روی در ریشه گیاه در تیمار سطح شوری S2 و قارچ و کمترین غلظت روی در ریشه در تیمار سطح شوری S0 و تلقیح همزمان باکتری و قارچ بدست آمد.

تورهان و اریس (۲۰۰٥) گزارش کردند که افزایش سطوح شوری خاک (از ۰ به ۲ گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک) سبب افزایش معنی‌دار غلظت روی در برگ گیاه توت فرنگی شد در حالی که تغییر معنی‌داری در غلظت روی ریشه نداشت. توران و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که افزایش سطوح شوری خاک سبب کاهش شدید وزن خشک ریشه و اندام هوایی ذرت (رقم Rx47) نسبت به تیمار شاهد و افزایش غلظت روی در بخش هوایی شد. گراتان و گریو (۱۹۹۹) افزایش غلظت روی در گوجه‌فرنگی، سویا، کدو، جو و ذرت در شرایط شور

را به محدود شدن رشد قسمت های هوایی و وجود اثر تغلیظ نسبت دادند. خسروجردی و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند که کاربرد خاکی باکتری ریزوبیوم در کشت گیاه نخود سبب افزایش معنی‌دار غلظت روی از ٤٢/٥٤ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار شاهد به ۵۰/۳۱ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار کاربرد باکتری شد. محمد و همکاران (۱۹۹۵) و فیبر و همکاران (۱۹۹۰) دریافتند که همزیستی قارچ میکوریز آرباسکولار به ترتیب با گیاهان گندم بهاره و ذرت سبب افزایش غلظت روی در این دو گیاه شده است.

جذب روی در شاخساره و ریشه

اثرات اصلی تیمارهای میکروبی و شوری و همچنین اثرات متقابل شوری و میکروبی بر جذب روی در ریشه و اندام هوایی گیاه ذرت در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱۰). میانگین اثرات اصلی تیمار میکروبی نشان داد که هر سه تیمار میکروبی کاربردی سبب افزایش معنی‌دار جذب روی در اندام هوایی نسبت به تیمار شاهد شد، بدین صورت که به ترتیب تیمارهای باکتری، قارچ و تیمار توأم باکتری و قارچ جذب روی را در اندام هوایی به میزان ۲/۲، ۲/۸٤ و ۲/۸٤ برابر تیمار شاهد افزایش داد (جدول ۱۳). تأثیر تیمارهای قارچ و قارچ–باکتری در جذب روی اندام هوایی یکسان بود. به طور کلی با افزایش سطوح شوری از S_0 به S_2 جذب روی در اندام هوایی از ۱٤۸/۷۰ میکروگرم در گلدان به ۸۵/۳۰ میکروگرم در گلدان به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۱۳). نتایج میانگین اثرات متقابل شوری و میکروبی نشان داد که بیشترین میزان جذب روی در شاخساره در تیمار قارچ و سطح شوری S_0 حاصل شد و کمترین مقدار جذب روی در شاخساره در سطح شوری S_2 در تیمار عدم تلقیح میکروبی بدست آمد. در سطح شوری S_0 میزان جذب روی شاخساره در تیمار کاربرد قارچ به طور معنی‌داری بیشتر از کاربرد توأم قارچ و باکتری بود در حالی که در سطوح شوری S_1 و S_2 تأثیر تیمار توأم قارچ و باکتری بیشتر بود؛ بنابراین بر خلاف سطح شوری S_0 که هم‌افزایی مثبتی بین قارچ و باکتری در افزایش جذب روی مشاهده نشد، در سطوح شوری S_1 و S_2 همکاری موثری بین این دو میکروارگانیسم در جذب روی وجود داشت (جدول ۱۳). در همه‌ی سطوح شوری میزان جذب روی در تیمار کاربرد باکتری از تیمارهای میکروبی دیگر به طور معنی‌داری کمتر بود (جدول ۱۳).

جدول ۱۳- تأثیر کاربرد باکتری محرک رشد و قارچ میکوریزا بر جذب روی (میکروگرم در گلدان) در اندام هوایی گیاه ذرت در سطوح مختلف شوری خاک

	S_0	S_1	S_2	اثرات اصلی
C	۷٦/٦٥ h	٤٧/۳۸ i	۳٤/۱۱ j	۵۲/۷۱ C
B	۱٤٤/۷ d	۱۱۱ e	۹۲/۲٦ g	۱۱٦ B
F	۱۹۷/٤ a	۱٤۷/۷ d	۱۰۵/٤ f	۱۵۰/۱ A
B+F	۱۷٦/۱ b	۱٦٤/٤ c	۱۰۹/۵ ef	۱۵۰ A
اثرات اصلی	۱٤۸/۷۰ A	۱۱۷/٦۰ B	۸۵/۳۰ C	

*میانگین‌های دارای حروف بزرگ مشترک و کوچک مشترک در هر ستون یا سطر در متن جدول از نظر آماری در سطح ۵ درصد آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

جدول ١٤- تأثیر کاربرد باکتری محرک رشد و قارچ میکوریزا بر جذب روی (میکروگرم در گلدان) در ریشه گیاه ذرت در سطوح مختلف شوری خاک

	S_0	S_1	S_2	اثرات اصلی
C	١٥/٣٤ ef	١١/٤٥ h	٩/٥٨ i	١٢/١٣ D
B	١٨/٤١ c	١٥/٢٠ f	١٣/٢٨ g	١٥/٦٣ C
F	٢١/٧٠ a	١٩/٨٤ b	١٦/٢١ de	١٩/٢٥ B
B+F	٢٠/٧٣ b	٢١/٩٢ a	١٧/٠٢ d	١٩/٨٩ A
اثرات اصلی	١٩/٠٤ A	١٧/١٠ B	١٤/٠٢ C	

*میانگین‌های دارای حروف بزرگ مشترک و کوچک مشترک در هر ستون یا سطر در متن جدول از نظر آماری در سطح ٥ درصد آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

جدول ١٥- نتایج ضریب همبستگی پیرسون (r) بین شاخص‌های رشد و جذب روی در شاخساره و ریشه تحت تأثیر فعالیت میکروبی و شوری

	وزن خشک شاخساره	وزن تر شاخساره	وزن خشک ریشه	ارتفاع	سطح برگ	شاخص کلروفیل
جذب روی در شاخساره	٠/٩٨**	٠/٩٧**	٠/٩٥**	٠/٩٥**	٠/٩٢**	٠/٩٤**
جذب روی در ریشه	٠/٩٣**	٠/٩٢**	٠/٩٤**	٠/٩٤**	٠/٩١**	٠/٨٨**

**و * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد، پنج درصد و غیر معنی‌دار

به طور کلی کاربرد هر سه تیمار میکروبی جذب روی در ریشه را نسبت به تیمار شاهد به طور معنی-داری افزایش داد، به طوری که بیشترین افزایش مربوط به تیمار کاربرد توأم باکتری و قارچ و کمترین افزایش در تیمار کاربرد باکتری مشاهده شد (جدول ١٤). همچنین با افزایش سطوح شوری نیز روند کاهشی معنی‌داری در جذب روی توسط ریشه گیاه مشاهده شد به طوری که از ١٩/٠٤ میکروگرم در گلدان در تیمار S_0 به ١٤/٠٢ میکروگرم در گلدان در تیمار S_2 رسید. میانگین اثرات متقابل تیمار شوری و میکروبی نشان داد که در سطح شوری S_0 ترتیب جذب روی در ریشه به صورت تیمار قارچ > قارچ- باکتری > باکتری > شاهد بود. در سطح شوری S_1 این ترتیب به صورت قارچ-باکتری> قارچ > باکتری > شاهد بود در حالی که در سطح شوری S_2 تأثیر تیمارهای قارچ و توأم قارچ و باکتری مشابه و بیشتر از باکتری بود. بیشترین میزان جذب روی در ریشه در تیمار قارچی و سطح شوری S_0 و کمترین میزان جذب روی در تیمار عدم تلقیح میکروبی و سطح شوری S_2 مشاهده شد (جدول ١٤). بنابراین تأثیر کاربرد باکتری و قارچ در سطوح مختلف شوری بر میزان جذب روی متفاوت بود. اسکندری و مظفری (١٣٩١) بیان کردند که افزایش سطوح شوری (٠، ٠/٨، ١/٦، ٢/٤ و ٣/٢ گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک) سبب کاهش جذب روی در ریشه و اندام هوایی نهال های پسته گردید به طوری که با افزایش شوری به ٢/٤ و ٣/٢ گرم در کیلوگرم خاک جذب روی در شاخساره به ترتیب ٦٣ و ٧٥ درصد و جذب روی در ریشه به ترتیب ٤٣ و ٦٧ درصد نسبت به شاهد کاهش داشت. کرملا چعب و قرینه (١٣٩٢) با

افزایش سطوح شوری خاک ناشی از کلرید سدیم (۱/۸۸، ٤ و ۸ دسی زیمنس بر متر) تغییری در غلظت روی در ذرت مشاهده نکرده ولی میزان جذب روی به طور معنی‌داری کاهش یافت. محمد و همکاران (۲۰۰۵) نتیجه گرفتند که مایه زنی ریشه گندم با قارچ *گلوموس اینترادیسس* سبب افزایش جذب عنصر روی در این گیاه گردیده است. یزدانی و پیردشتی (۲۰۱۱) با کاربرد باکتری محرک رشد و ریزجانداران حل کننده فسفات در کشت ذرت رقم سینگل گراس ٦۰٤ افزایش جذب روی را در اندام هوایی گیاه گزارش نمودند. جذب عناصر کم مصرف بخصوص آهن، منگنز و روی ممکن است مربوط به توانایی تولید سیدروفر گیاهان یا سیدروفرهای میکروبی باشد. سیدروفرها ترکیبات آلی با وزن مولکولی کم و با میل ترکیبی شدید و اختصاصی برای کمپلکس شدن با برخی کاتیون ها بخصوص آهن هستند. تولید سیدروفر در باکتری‌های محرک رشد گیاه مانند جنس سودوموناس (یانگ و همکاران، ۲۰۱۱) به اثبات رسیده است.

نتایج ضریب همبستگی پیرسون (r) بین شاخص-های رشد ذرت و جذب روی در شاخساره و ریشه گیاه تحت تأثیر تیمارهای میکروبی و شوری (جدول ۱۵) نشان داد که تمام شاخص‌های رشد مورد مطالعه همبستگی مثبت و معنی‌داری با میزان جذب روی در ریشه و اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد داشتند. بنابراین می‌توان به نقش موثر عنصر روی در بهبود پارامترهای یاد شده و افزایش تحمل گیاه به شوری در اثر کاربرد ریزجانداران میکروبی، اذعان کرد.

نتیجه گیری

با افزایش سطوح شوری وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، شاخص کلروفیل، ارتفاع بوته، قطر ساقه، سطح برگ و درصد کلونیزاسیون ریشه به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد، در صورتی که کاربرد همه‌ی تیمارهای میکروبی سبب افزایش صفات مذکور در تمام سطوح شوری اعمال شده گشت. استفاده از قارچ آرباسکولار میکوریزا و تیمار توأم قارچ-باکتری تأثیر بهتری را در افزایش تمام صفات مورد مطالعه در گیاه نسبت به استفاده مجزا از تیمار کاربرد باکتری محرک رشد در همه‌ی سطوح شوری خاک داشت. برهمکنش شوری و تیمار میکروبی نیز بر تمامی صفات مورد مطالعه بجز قطر ساقه معنی‌دار بود، بنابراین تأثیر کاربرد تیمارهای میکروبی بر صفات مورد مطالعه بستگی به سطوح شوری خاک داشت و کاربرد تیمارهای قارچ و باکتری در تمامی سطوح شوری خاک سبب تعدیل صفات مورد مطالعه شد. با افزایش سطوح شوری تمایل میکوریزایی گیاه ذرت افزایش یافت که نشان دهنده همزیستی بهتر گیاه میزبان با قارچ میکوریزا در شرایط شور است. همچنین کاربرد باکتری همزمان با کاربرد قارچ در شرایط شوری خاک، تأثیر مثبتی را در افزایش تمایل میکوریزایی گیاه ذرت داشت. به طور کلی افزایش سطوح شوری سبب افزایش غلظت روی در اندام هوایی و ریشه شد که می تواند ناشی از وقوع پدیده تغلیظ در اثر اعمال شوری و کاهش شدید وزن خشک گیاه باشد. همچنین با کاربرد همه‌ی تیمارهای میکروبی غلظت روی در اندام هوایی گیاه افزایش یافت و بیشترین افزایش مربوط به تیمار کاربرد توأم باکتری و قارچ بود که احتمالاً به دلیل وجود یک اثر هم‌افزایی مثبت بین قارچ و باکتری در این آزمایش است. افزایش سطوح شوری به طور معنی‌داری سبب

کاهش جذب روی در گیاه شد در حالی که کاربرد همه‌ی تیمارهای میکروبی سبب افزایش جذب روی در تمام سطوح شوری کاربردی در اندام هوایی و ریشه گیاه شد. همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین مقدار جذب روی گیاه با شاخص‌های مورد مطالعه وجود داشت. نتایج این تحقیق نشان داد که تیمارهای قارچی و باکتریایی می توانند در افزایش مقاومت گیاه به شوری و تولید عملکرد بهتر درشرایط تنش شوری مؤثر باشند. بنابراین با توجه گستردگی اراضی دچار مشکلات شوری و مدیریت مصرف کودهای شیمیایی در شرایط شور، استفاده از کودهای زیستی می‌تواند راهکار مناسبی در افزایش عملکرد ذرت، جذب روی و بهبود سایر شاخص‌های رشدی مورفولوژیک گیاه در شرایط شور بدون ایجاد مشکلات زیست محیطی، محسوب شود. البته بررسی-های بیشتر در شرایط مزرعه توصیه می‌شود.

منابع

اسکندری، س و و. مظفری. ۱۳۹۱. تأثیر سطوح شوری و مقادیر مختلف مس بر جذب عناصر غذایی کم مصرف در شاخساره و ریشه دو رقم پسته در شرایط گلخانه. علوم و فنون کشت های گلخانه ای. ۱۲(۳): ۲٤-۱۳.

اعتمادی، ف.، ش. مداح حسینی.، ح. دشتی و ع. ر. اخگر. ۱۳۹۳. بررسی تأثیر باکتری‌های محرک رشد گیاه بر برخی شاخص‌های رشدی و عملکرد گلرنگ در سطوح مختلف شوری خاک، مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۱۱(٤): ۸٦-۷۷.

اخوان، ز.، ع. ر. فلاح و ش. رضایی عمرآبادی. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر گوگرد و مایه تلقیح تیوباسیلوس بر غلظت آهن، روی، مس و منگنز در گیاه کلزا در شرایط گلخانه. زراعت و اصلاح نباتات. ۸(۳): ۱۹۷-۱۹۱.

پیردشتی، ه.، ز. ربیعی و پ. راهداری. ۱۳۹۱. تأثیر باکتری‌های محرک رشد بر میزان کلروفیل و کارتنویید گیاه دارویی گشنیز تحت تنش شوری. گیاه و زیست بوم. ۸: ۷٤-٦۱.

تاج بخش، م و ع. ر. پورمیرزا. ۱۳۸۲. زراعت غلات، انتشارات جهاد دانشگاهی آذربایجان غربی، ۳۱۵ صفحه

ملکوتی، م. ج و م. همایی. ۱۳۸۳. حاصل خیزی خاک های مناطق خشک و نیمه خشک' مشکلات و راه حل ها .' انتشارات دانشگاه تربیت مدرس .تهران .٤۸۰ ص.

منصوری، ح.، ع. احمدی مقدم و ن. روحانی. ۱۳۸٦. پاسخ گیاهان لوبیای میکوریزی و غیر میکوریزی به تنش شوری. زیست شناسی ایران. ۲۰(۱): ۸۸-۸۰.

محمدورزی، ر.، د. حبیبی.، س. وزان و ع. ر. پازکی. ۱۳۸۹. اثر باکتری‌های محرک رشد و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان، پنجمین همایش ملی ایده های نو در کشاورزی، دانشگاه آزاد خوراسگان، ۱۲ صفحه.

میبدی، م. ر و ب. قره ریاضی. ۱۳۸۱. بهنژادی و فیزیولوژی گیاهان تحت تنش شوری. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، ٤۰۰ صفحه.

مهربان، ا.، ق. محمدی.، س. وزان.، م. ر. اردکانی و ح. حیدری شریف آبادی. ۱۳۹۱. بررسی نقش میکروارگانیسم های میکوریزایی از نوع وزیکولار آرباسکولار بر برخی صفات گیاه سورگوم. زراعت و اصلاح نباتات. ۸(۲): ۹-۱.

جهان، م.، ع. ر. کوچکی و م. نصیری محلاتی. ۱۳۸٦. رشد، فتوسنتز و عملکرد ذرت در پاسخ به قارچ میکوریز و باکتری‌های آزادزی تثبیت کننده نیتروژن در نظام های زراعی رایج و اکولوژیک. پژوهش های زراعی ایران. ۵(۱): ٦۷-۵۳.

خسروجردی، م.، ش. شاهسونی.، ش. قلی پور و ح. ر. اصغری. ۱۳۹۲. تأثیر تلقیح باکتری ریزوبیوم و قارچ میکوریز بر جذب برخی عناصر معدنی توسط نخود در سطوح مختلف کود سولفات آهن. تولید گیاهان زراعی. ٦(۳): ۸۷-۷۱.

طاهرزاده، م. ح. ۱۳۸۳. تعیین پراکنش خاک های شور و سدیمی خوزستان به کمک RS-GIS و بررسی روش اصلاح و بهسازسی آن‌ها با استفاده از آب معمولی و آب شور. مجموعه مقالات سمینار آب، کشاورزی و چالش های آینده. صفحه های ٦٤-۸۵.

علیزاده، ا.، ا. مجیدی.، ح. نادیان.، ق. نورمحمدی و م. ر. عامریان. ۱۳۸٦. بررسی اثرات تلقیح میکوریزا در سطوح مختلف آبیاری و نیتروژن بر خصوصیات مرفولوژیک و فیزیولوژیک ذرت. یافته های نوین کشاورزی. ۱(٤): ۳۰۹-۳۱۹.

جعفری، م. ۱۳٦۹. شوری و اثرات آن در خاک و گیاه. جهاد دانشگاهی تهران.

رسولی صدقیانی، م. ح.، قره ملکی، ت.، بشارتی، ح و توسلی، ع. ر. ۱۳۹۰. تأثیر باکتری‌های محرک رشد و قارچ میکوریز بر رشد و جذب روی توسط ذرت در یک خاک آلوده به روی. دانش آب و خاک. ۲۱(۲): ۱٤۷-۱۳۵.

سرمدنیا، غ. ح و ع. کوچکی. ۱۳۷۰. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ٤۰۰ صفحه

شیرمردی، م.، غ. ر. ثواقبی.، ک. خاوازی و م. ت. غریب زاهدی. ۱۳۸۹. بررسی میزان جذب عناصر غذایی ضروری گیاه آفتاب گردان تحت تأثیر سویه های باکتری سودوموناس فلورسنس در شرایط شوری خاک. همایش ملی دستاورد های نوین در تولید گیاهان با منشا روغنی.

شمشیری پور، م. ۱۳۸۷ .کاربرد باکتری های فیلوسفری محرک رشد گیاه برای افزایش رشد و عملکرد ذرت، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.

صادقی لطف آبادی، س.، م. کافی و ح. ر. خزاعی. ۱۳۸۹. بررسی اثر تعدیل کنندگی کاربرد خاکی و محلول پاشی کلرید پتاسیم و کلسیم بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه سورگوم در شرایط تنش شوری. آب و خاک. ۲٤(۲):۳۹۳-۳۸۵.

گرجی و. ۱۳۸۷. اثر غلظت پتاسیم و کلسیم در کشت هیدروپونیک بر پاسخ گیاه آفتاب گردان به شوری، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان.

کرملاچعب، ع و م. ح. قرینه. ۱۳۹۲. تأثیر عنصر روی بر رشد، اجزای عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیکی ذرت دانه ای در شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم. پژوهشهای زراعی ایران. ۱۱(۳): ٤۵۳-٤٤٦.

Asghar, H. N., Z. A. Zahir and M. Arshad. 2004. Screening rhizobacteria for improving the growth, yield and oil content of canola (*Brassica napus L.*). Aust. J. Agric. Res. 45(2): 135-143.

Jafarzadeh, A. A., and N. Aliasgharzad. 2007. Salinity and salt composition effects on seed germination and root length of four sugarbeet cultivars. Proceeding of "Bioclimatology and Natural Hazards" International Scientific Conference, Pol'ana nad Detvou, Slovakia, September 17 - 20, 2007.

Ashraf, M. 1989. The effect of NaCl on water relations, chlorophyll, and protein and proline contents of two cultivars of blackgram (*Vigna mungo* L.). Plant Soil. 119: 205-210.

Bacilio, M., M. Rodriguez., M. Morero., J. P. Hernandez and Y. Bushan. 2001. Mitigation of salt stress in wheat seedling by agfp_taged *Azosprillum lipoferum*. Biol. Fert. Soil. 40: 188-193.

Banchio, E., P.C. Bogino., J. Zygadlo., and W. Giordano. 2008. Plant growth promoting rhizobacteria improve growth and essential oil yield in *Organum majorana* L. Biochem. Syst. Ecol. 36: 766-771.

Bath, S. A., O. V. S. Thenua, B. G. Shivakumar, and J. K. Malik. 2005. Performance of summer green gram (*Vignaradiate* L.) Wilczek as influenced by biofertilizers and phosphorous nutrition. Haryana. J. Agron. 21:203-205.

Charles, T. C. and B. R. Glick. 2004. Expression of an exogenous 1-Aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase gen in *Synorhizobium melilot*iincreases its ability to nodulate alfalfa. App. Envi. Micr., 3(2): 611-620.

Cicek N. and H. Cakirlar. 2002. The effect of salinity on some physiological parameters in two maize cultivars. BULG. J. Plant Physiol. 28: 66-74.

Demir, S. 2004. Influence of arbuscular mycorrhiza on some physiological growth parameters of pepper. Turk. J. Biol., 28: 85-90.

Edwards, S. G., J. P. W. Young., and A. H. Fitter. 1998. Interactions between Pseudomonas fluorescens biocontrol agents and *Glomus mosseae*, an arbuscular mycorrhizal fungus, within the rhizosphere. FEMS Microbiology Letters 166:297–303.

Faber, B. A., R. J. Zasoski., R. G. Burau., and K. Uriu. 1990. Zinc uptake by corn affected by vesicular arbuscular mycorrhizae. Plant Soil. 129: 121-130.

Feng, G., F. S. Zhang., X. L. Li., C. Tian., and C. Rengel. 2002. Improved tolerance of maize plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is related to higher accumulation of soluble sugars in roots. Mycorrhiza. 12: 185-190.

Glick, B. R, L. Changping, S. Ghosh and E. B. Du Mbroff. 1997. Early development of canola seed lines in the presence of the plant growth promoting rhizobacterium pseudomonas putida GR 12-2. Soil Biology and Biochemistry. 24(8): 1233-1239.

Grattan, S. R and C. M. Grieve. 1999. Salinity- mineral nutrient relations in horticultural Crops. Sci. Hort. 78: 127-157.

Hamdi, M. A., M. A. K. Shaddad., and M. M. Doaa. 2004. Mechanisms of salt tolerance and interactive effects of Azospirillum brasilense inoculation on maize cultivars grown under salt stress conditions. Plant Growth Regul. 44: 165–174.

Hu, Y., and U. Shmidhalter. 2001. Effect of salinity and macronutrient levels in wheat. J. Plant Nut. 24:2.273-281.

Hussain, A. Z., I. Khan., M. Ashraf., M. H. Rashid., and M. S. Akhtar. 2004. Effect of salt stress on some growth attributes of sugarcane cultivars *CP-77-400* and *Coj- 84*. Int. J. Agric. Biol., 6(1): 188-191.

Jenschke, G., B. Brandes., A. J. Kuhn., W. H. Schoder., J. S. Becker., and D. L. Godlbdd. 2000. The mycorrhizal fungus *Paxillus* in volutes magnesium to Norway spruce seedlings. Evidence from stable isotope labeling. Plant Soil. 220: 243-246.

Kumar, A., S. Sharma, and S. Mishra. 2010. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and salinity on seedling growth, solute accumulation and mycorrhizal dependency of *Jatropha Curcas* L., J. Plant Growth Regul. 29: 297-306.

Koromanik, P. P. and A. C. McGraw. 1982. Quantification of vesicular arbuscular mycorrhizae in plant roots. In method and principles of mycorrhizal research. Ed. N. C. Schenck. The American Phyto Pathological Society. Pp. 36-37.

Kausar, R. and S. M. Shahzad. 2006. Effect of ACC-deaminase containing rhizobacteria on growth promotion of maize under salinity stress. J. Agric. Social Sci. 4: 216-218.

Kholova, J., R. K. Sairam., R. C. Meena, and G. C. Srivastava. 2009. Response of maize genotypes to salinity stress in relation to osmolytes and metal-ions contents, oxidative stress and antioxidant enzymes activity. Biol. Plant. 53: 249-256.

Latef, A and H. Chaoxing. 2011. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on growth, mineral nutrition, antioxidantenzymes activity and fruit yield of tomato grown under salinity stress. Sci. Hort. 127: 228-233.

Marschener, H. and B. Dell. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. Plant Soil. 159:89-102.

Maas, E. V. 1993. Plant growth response to salt stress. p. 279–291. In H. Lieth and A. Al Masoom (ed.) Towards the rational use of high salinity tolerant plants. Vol. 1. Kluwer Academic Publishers. Dorchrecht, The Netherlands.

McAllister C.B., I. García-Romera., J. Martin, A. Godeas., and J. A. Ocampo. 1995. Interaction between *Aspergillus niger* van Tiegh. and *Glomus mosseae* (Nicol. and Gerd.) Gerd. And Trappe. New Phytologist. 129, 309-316.

Mehboob, I., M. Naveed., and Z. A. Zahir. 2009. Rhizobial Association with Non-Legumes: Mechanisms and Applications. Crit. Rev. Plant Sci. 28: 432–456.

Mehraban, A., S. Vazan., M. R. Naroui-Rad., and M. R. Ardakany. 2009. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhiza (VAM) on yield of sorghum cultivars. J. Food Agric. Environ. 7: 461- 463.

Mohammad, M. J., W. L. Pan., and A. C. Kennedy. 2005. Chemical alteration of the rhizosphere of the mycorrhizal-colonized wheat root. Mycorrhiza. 15: 259-266.

Ojha, S., M. R. Chakraborty., S. Dutta., and N. C. Chatterjee. 2008. Influence of VAM on nutrient uptake and growth of wheat. Asian Journal of Experimental Sciences, 22: 221-224.

Page, AL (ed.),1982. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Methods. Agronomy No.9. ASA and SSSA, Madison, WI.

Marulanda, A., R. Porcel., J. M. Barea., and R. Azcon. 2007. Drought tolerance and antioxidant activities in lavender plants colonized by native drought tolerant or drought sensitive *Glomus* species. Microb. Ecol., 54(3): 543-552.

Nadeem, S., Z. A. Zahir., M. Naveed., and M. Arshad. 2007.Preliminary inverstigations on inducing salt tolerance in Canola through ACC-deaminase activity. Can. J. Microbiol. 53(10)1141-1149.

Rabie, G. H. and A. M. Almadani. 2005. Role of bio-inoculants in development of salt tolerance of *Vicia faba* plants under salinity stress. Afr. Biotechnol. J. 4(3): 210-222.

Rattan, R. K., and P. D. Sharma. 2004. Main micronutrients available and their method of use. Proceedings IFA International Symposium on Micronutrients, 1-10.

Russo, A., L. Vettori, C. Felici., G. Fiaschi, S. Morini and A. Toffanin. 2008. Enhanced micropropagation response and biocontrol effect of *Azosprillum brasilense* Sp245 on *Prunus cerasifera* L. clone Mr. S2/5 plants, 134: 312-319.

Rousta, M. J., N. S. Rastin and M. M. Assadi. 1998. Occurrence and activity of Azospirillum in some soils of Iran. Iranian J. Agric. Sci. 29: 285-298.

Ryan, M. H. and J. F. Angus. 2003. Arbuscular mycorrhizae in wheat and field pea crops on a low p soil, increased Zn-uptake but no increase in p-uptake and yield. Plant Soil, 250:225-239.

Saker, M. T., M. E. EL-Emery, R. A. Fouda and M. H. Mowufy. 2007. Role of same antioxidants in alleviating soil salinity stress. J. Agric. Mnsoura Univ. 32: 9751-9763.

Singh, R. P., A. Choudhary., A. Gulati., H. C. Dahya., P. K. Jaiwal., and R. S. Sengar. 1997. Response of plant to salinity in interaction with other obiotic and factores. In: Jaiwal. P. K.,

Singh. R. P., Gulati, A. (eds) Strategies for improving salt tolerance in higher plants. Science publishers, Enfield, N. H. Pp. 25-39.

Tasang, A., and M. A. Maum. 1999. Mycorrhizal fungi increase salt tolerance of Strophostyles helvola in coastal foredunes. Can. Plant Ecol. 144: 159–166.

Tian, C. Y., G. Feng, X. L. Li and F. S. Zhang. 2004. Different effects of arbuscular mycorrhizal fungal isolates from saline or non-saline soil on salinity tolerance of plants. Appl. Soil Ecol. 26:143–148.

Toro, M., R. Azcon and J. M. Barea. 1997. Improvement of arbuscular mycorrhizal development by inoculation with phosphate-solubilizing rhizobacteria to improve rock phosphate bioavailability (32P) and nutrient cycling. Appl. Environ. Microbiol. 63:4408-4412.

Turhan, E. and A. Eris. 2005. Change of micronutrient, dry weight, and chlorophyll contents in strawberry plants under salt stress conditions. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 36: 1021-1028.

Turan, M. A., H. Abdelkarim, E. Awad, T. Nilgün, and T. Suleyman. 2010. Effect of salt stress on growth and ion distribution and accumulation in shoot and root of maize plant. Afr. J. Agric. Res. 5(7): 584-588.

Vessy, K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant Soil. 255: 571-586.

Wagar, A., B. Shahroona, Z. A. Zahir and M. Arshad. 2004.Inoculation with Acc deaminase containing rhizobacteria for improvming growth and yield of wheat. Pak. J. Agric.41: 119-124.

Yang, M. M., D. V. Mavrodi, O. V. Mavrodi, R. F. Bonsall, J. A. Parejko, T. C. Paulitz, L. S. Thomashow, H. T. Yang, D. M. Weller, and J. H. Guo. 2011. Biological Control of Take-all by *Fluorescent Pseudomonas* spp. from Chinese Wheat Fields. Phytopathol. 101(14): 81-91.

Yazdani, M. and H. Pirdashti. 2011. Efficiency of Co-inoculation phosphate solubilizer microorganism (PSM) and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on micronutrients uptake in corn (*Zea Mays* L.). Int. Res. J. Appl. Basic Sci. 2(1): 28-34.

Yildirim, E., M. Turan, and M. F. Donmez. 2008. Mitigation of salt stress in radish (*Raphanus Sativus* l.) by plant growth promoting rhizobacteria. Roumanian Soc. Biol. Sci. 13 (5): 3933-3943.

Effects of biofertilizer application on zinc uptake and some vegetative growth indices of corn (*Zea mays* L.) in a non-sterile calcareous soil with different levels of salinity

H.R. Bostani[1], M. Charm[1], A.A.Moazezi[1], N.A. Karimian[2], N. Enayatizami[1], M. Zarei[1]

Received: 2014-11-11 Accepted: 2015-1-4

Abstract

Salinity affects plant growth by decreasing water and nutrients uptakes and disturbing the nutritional balance of plants. To investigate the effect of arbuscular mycorrhizae fungi (AMF) and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on Zinc (Zn) uptake and some growth indices of corn (*Zea Mays* L.) at different soil salinity levels, a factorial experiment as completely randomized design with three replications was conducted in greenhouse of Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran. Factors included three salinity levels: 0 (S_1), 15(S_1) and 30 (S_2) Meq salt kg^{-1} soil and microbial inoculation: without inoculation (C), *Glumus Intradices* (F), *Pesudomonas* bacteria (B) and fungi + bacteria (BF). The results showed that dry matter of shoot and root, root colonization percentage, stem diameter, plant height, leaf area and chlorophyll index were significantly reduced by increasing of salinity levels from S_0 to S_2. Using all microbial treatments resulted in increasing of all above mentioned growth indices at all salinity levels significantly. Generally, the use of fungi and fungi-bacterial treatments in enhancement of growth indices of plant were higher than bacterial treatment alone. Zn concentration in shoot and root increased by increasing of salinity levels while Zn uptakes significantly decreased. Also, Zn concentration and uptake in shoot and root significantly increased by application of all microbial treatments compared to control and the higher increase was related to fungi-bacterial treatment and the lowest increase observed in bacterial treatment.

Keywords: Arbascular mycorrhizae, plant growth promoting rhizobacteria, chlorophyll, root colonization, dry matter

1- Department of Soil Science, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran
2- Department of Soil Science, Shiraz University, Shiraz, Iran