

اثر قارچهای میکوریز آربوسکولار بر عملکرد و جذب عناصر غذایی در گوجه فرنگی تحت شوری حاصل از NaCl و مخلوط املاح

محسن برین، ناصر علی اصغرزاده و عباس صمدی^{۱*}

چکیده

اثر قارچهای میکوریز روی تغذیه گیاهان و افزایش عملکرد در شرایط شور بخوبی شناخته نشده است. در این پژوهش، اثر شوری حاصل از کلرید سدیم و مخلوط املاح بر عملکرد و جذب عناصر غذایی در گوجه فرنگی رقم اسپکتروم ۸۸۲ در همزیستی با دو گونه از قارچهای میکوریز آربوسکولار مورد بررسی قرار گرفت. طرح آزمایشی به صورت فاکتوریل با دو فاکتور، قارچ در سه سطح M₀ (بدون قارچ)، Mi (*Glomus interradices*) و Mm (*Glomus mosseae*) و فاکتور شوری شامل هشت سطح با دو نوع ترکیب شوری، چهار سطح شوری مخلوط املاح (S₄ تا S₁) شامل نمکهای NaCl، CaCl₂، MgSO₄ و Na₂SO₄ به ترتیب با نسبت ۲۰:۴۳:۲۸:۱ (w/v) و چهار سطح شوری کلرید سدیم (S₈ تا S₅) در قالب طرح پایه بلوکهای کامل تصادفی اجرا شد. در هر دو نوع ترکیب، سطوح شوری به ترتیب شامل ۱/۲، ۴، ۶/۵ و ۸ دسی زیمنس بر متر بودند. تلقیح گیاهان با دو گونه قارچی در خزانه صورت گرفت و بعد از حدود یک ماه، گیاهان تلقیح شده به گلدانهای حاوی چهار کیلوگرم ماسه استریل منتقل شده و بعد از استقرار کامل گیاهچه ها تیمارهای شوری به تدریج آغاز شدند. نتایج تجزیه آماری افزایش معنی دار در وزن خشک بخش هوایی، ریشه، مقدار فسفر و پتاسیم و نسبت K/Na در بخش هوایی را در گیاهان تلقیح شده با Mi در مقایسه با گیاهان شاهد بدون میکوریز یا تلقیح شده با قارچ Mm نشان داد ($P < 0/05$). هر چند بین دو گونه قارچی از نظر عملکرد اختلاف معنی داری وجود نداشت ولی این دو گونه قارچی Mi و Mm عملکرد را به ترتیب حدود ۱۶٪ و ۱۰٪ نسبت به شاهد افزایش دادند. اثر سطوح شوری برای تمام صفات اندازه گیری شده غیر از غلظت منیزیم ریشه معنی دار شد ($P < 0/001$). نسبت K/Na در بخش هوایی و نسبت Ca/Na در ریشه و بخش هوایی در سطوح متناظر، در شوری مخلوط املاح نسبت به کلرید سدیم افزایش معنی دار داشتند ($P < 0/05$).

واژه های کلیدی: عناصر غذایی، میکوریز آربوسکولار، شوری، گوجه فرنگی

مقدمه

نزدیک به ۳۰ درصد از سطح کل کشور و ۵۵ درصد از اراضی قابل کشت را شامل می شود (Anonymous, ۱۹۹۴) دو دیدگاه در مورد اثر شوری بر روی رشد و متابولیسم گیاهان وجود دارد. عده ای خسارت شوری بر گیاه را ناشی از کاهش پتانسیل آب خاک در اثر تجمع املاح (صدمه اسمزی) و ایجاد خشکی فیزیولوژیک در محیط ریشه دانسته (Wyn Jones و Gorham, ۱۹۸۳) و گروهی نیز سمیت یونها را عامل خسارت شوری میدانند (Al-Karaki, ۲۰۰۰؛ Hasegawa و همکاران, ۱۹۸۶). اثر تنش شوری بر گیاه بستگی به ترکیب یونی و غلظت یونی گیاه دارد. غلظت بیش از حد برخی غلظت یونی گیاه دارد.

یکی از جدی ترین مشکلات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک مسئله شوری و تجمع املاح در سطح خاک می باشد که موجب کاهش عملکرد و سطح زیر کشت می شود (Hammad و Al-karaki, ۲۰۰۱). بر طبق برآورد بخش محیط زیست سازمان ملل متحد تقریباً ۲۰٪ از اراضی کشاورزی و ۵۰٪ از زمینهای زراعی قابل کشت در دنیا تحت تنش شوری می باشند (Flowers و Yeo, ۱۹۹۵).

در ایران مساحت خاکهایی که به نوعی تحت تأثیر شوری قرار دارند بالغ بر ۳۲ میلیون هکتار است که

۱ - به ترتیب، کارشناس ارشد گروه خاکشناسی دانشگاه ارومیه، دانشیار گروه خاکشناسی دانشگاه تبریز و استادیار گروه خاکشناسی

Glomus interradices و Glomus mosseae) در تعدیل تنش شوری در این گیاه بود.

مواد و روشها

آماده سازی بستر کشت

از ماسه شسته شده و استریل بعنوان بستر کشت استفاده شد. ماسه از الک ۴ میلی متر عبور داده شد و بعد از شستشوی کامل در هوا خشک گردید. سپس در کیسه‌های کفی حدود ۱۰-۸ کیلوگرمی تقسیم و کیسه‌ها به مدت دو ساعت در دمای ۱۲۱ درجه سانتیگراد و فشار یک اتمسفر بوسیله اتوکلاو استریل شدند.

تهیه مایه تلقیح قارچهای آربوسکولار

دو گونه از قارچهای میکوریز آربوسکولار شامل گلوموس موسه و گلوموس ایترارادیسز^۱ بطور جداگانه در داخل گلدانهای پنج کیلوگرمی با بستری از مخلوط ماسه و خاک استریل با نسبت ۵ به ۱ در مجاورت ریشه ذرت رقم سینگل گراس ۷۰۴ به مدت ۴ ماه تکثیر شدند. گلخانه دارای شرایط کنترل شده با لامپ‌های سدیمی و جیوه‌ای، دمای روز و شب به ترتیب ۲۶± و ۱۸± درجه سانتیگراد و طول روز و شب به ترتیب ۱۶ و ۸ ساعت و درصد رطوبت نسبی ۶۰ در صد بود.

تعیین ترکیب یونی و سطوح شوری

در این تحقیق از دو نوع ترکیب یونی برای تیمارهای شوری استفاده شد: ۱- تیمار شوری با کلرید سدیم ۲- تیمار شوری با مخلوط املاح. برای ایجاد شوری با مخلوط املاح از ترکیب املاح به نحوی استفاده گردید که ترکیب یونی حاصل مشابه ترکیب یونی غالب در خاکهای منطقه (دشت ارومیه) باشد. بدین منظور ۲۰ نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتیمتر از تعدادی مزارع گوجه فرنگی در دشت ارومیه با شوری‌های مختلف نمونه برداری شده و سپس در عصاره اشباع خاکهایی که EC آنها در محدوده ۱۰-۰، dSm^{-1} (محدوده مورد نظر) بود، غلظت یونهای یونهای Ca^{+2} ، Mg^{+2} ، Na^{+} و SO_4^{-2} اندازه‌گیری شدند (Page، ۱۹۸۲). سپس میانگین نسبت غلظت یونها ($mmol.L^{-1}$) در نمونه خاک محاسبه گردید (جدول ۱).

با توجه به نسبت غلظت یونهای بدست آمده محلولهایی با EC ۱/۲، ۴، ۷/۵ و ۸ dSm^{-1} تهیه شدند. برای رسیدن به این ترکیب یونی از نمکهای $CaCl_2$ ، $NaCl$ ، $MgSO_4$ و Na_2SO_4 استفاده گردید (علی اصغرزاده، ۱۳۷۹)

غلظت بیش از حد برخی یونها در داخل گیاه، ممکن است به غشای سلولی صدمه وارد کرده و گاهی سبب عدم تعادل یونی شود (Wyn Jones و Gorham، ۱۹۸۳). روشها و یا عواملی که قادرند مقاومت گیاه را در برابر شوری افزایش دهند بایستی بتوانند تحت این شرایط محصول گیاه را هم افزایش دهند (Al-karaki و Hammad، ۲۰۰۱). تحقیقاتی هرچند اندک که در این زمینه صورت گرفته نشان داده است که همزیستی قارچهای میکوریز با ریشه گیاهان در شرایط شور، تحمل و رشد گیاهان را افزایش می‌دهد (Aliasgharzadeh و همکاران ۲۰۰۱b؛ Aliasgharzadeh و همکاران ۲۰۰۲؛ Aliasgharzadeh و Esfandiari، ۲۰۰۴؛ Al-karaki، ۲۰۰۰؛ Ruiza-lozano و همکاران ۱۹۹۶). این افزایش رشد می‌تواند بعلت افزایش در جذب عناصر غذایی مخصوصاً عناصر کم تحرک مثل فسفر، روی و مس (Al-karaki و Clark، ۱۹۹۸؛ George، ۱۹۹۴) و افزایش آب نسبی باشد (Al-karaki و Clark، ۱۹۹۸). Al-karaki و Hammad (۲۰۰۱) گزارش کردند که عملکرد و وزن خشک بخش هوایی گوجه‌فرنگی میکوریزی نسبت به غیر میکوریزی، که تحت شرایط تنش شوری NaCl قرار داشتند افزایش یافت. همچنین غلظت سدیم در میوه گیاهان میکوریزی کمتر از گیاهان غیر میکوریزی بود.

اغلب مطالعاتی که تاکنون روی شوری انجام شده، با استفاده از املاح کلریدی مخصوصاً کلرید سدیم بوده است (علی اصغرزاده، ۱۳۷۹). در حالیکه دلایلی وجود دارد که عکس‌العمل نسبت به یون سولفات که یکی از یونهای غالب در خاکهای شور می‌باشد، ممکن است با شوری حاصل از نمک کلریدی متفاوت باشد (علی اصغرزاده، ۱۳۷۹؛ Aliasgharzadeh و Esfandiari، ۲۰۰۴؛ Mor و Manchanda، ۱۹۹۲). حتی در EC یکسان با بکار بردن ترکیبات مختلفی از املاح احتمالاً نتایج متفاوت بدست می‌آید. به همین دلیل نتایج آزمایشها ممکن است براحتی قابل تعمیم به شرایط شوری طبیعی نباشد. Abel و Mackenzie (۱۹۶۴) با مطالعه روی رشد گونه‌های مختلف گیاهان در نمک‌های مختلف از جمله NaCl، $MgCl_2$ ، $CaCl_2$ و آب دریا گزارش کردند که کلرید منیزیم بیش از سایر نمکها دارای اثرات بازدارندگی روی رشد می‌باشد. هدف از این تحقیق مطالعه اثر شوری حاصل از کلرید سدیم و مخلوط املاح در EC های یکسان بر عملکرد و غلظت برخی عناصر در ماده خشک ریشه و بخش هوایی گیاه گوجه فرنگی رقم اسپکتروم ۸۸۲ و همچنین بررسی کارایی دو گونه قارچی

۱- این گونه های قارچی از آزمایشگاه بیولوژی خاک گروه خاکشناسی دانشگاه تبریز دریافت شدند.

و میزان هریک از املاح برای هر دو نوع ترکیب املاح محاسبه گردید (جدول ۲ و ۳).

کشت گیاهان و اعمال تیمارها

در این آزمایش از دو خزانه استفاده شد. ابتدا بذور گوجه‌فرنگی رقم اسپکتروم ۸۸۲ (Lycopersicon esculentum L. cv. Spectrum882) به مدت ۱۵ دقیقه در هیپوکلریت سدیم ۰/۵ درصد ضدعفونی سطحی شده و سپس سه بار با آب مقطر استریل شستشو گردیدند. آنگاه این بذرها در خزانه (تشت پلاستیکی به قطر ۵۰ سانتیمتر و ارتفاع ۱۸ سانتیمتر) که محتوی ماسه استریل بود کشت شدند و بعد از دو برگی شدن گیاهچه‌ها، مقدار کافی از آنها به خزانه دوم برای تلقیح با قارچهای میکوریزی منتقل گردیدند. خزانه دوم شامل سه تشت که اولی فقط ماسه استریل، دومی ماسه استریل مخلوط با مایه تلقیح قارچ گلوموس اینترادیسوز و سومی ماسه استریل مخلوط با مایه تلقیح قارچ گلوموس موسه بود. بعد از حدود یک ماه و پس از اطمینان از تلقیح ریشه‌ها از طریق رنگ‌آمیزی، گیاهچه‌ها به گلدانهای اصلی حاوی چهار کیلوگرم ماسه استریل منتقل شدند (در هر گلدان یک گیاهچه) و بعد از استقرار کامل گیاهچه‌ها تیمار شوری اعمال شد. برای جلوگیری از شوک به گیاهان، هفته اول نصف مقدار شوری هر سطح، و از هفته دوم تیمارهای شوری بطور کامل اعمال گردید. در طول دوره رشد، محلول غذایی جانسون (Anonymous, ۲۰۰۲) که فسفر آن به نصف تقلیل یافته بود همراه با تیمارهای شوری به گیاهان داده شد. هر بار سعی شد آندقدر محلول به گلدانها داده شود تا EC آب خروجی از گلدانها تقریباً برابر EC رودی (تیمار مورد نظر) گردد. گیاهان در گلخانه با دمای روز ۲۵ درجه سانتیگراد و شب ۱۷ درجه سانتیگراد (Al-karaki و همکاران، ۲۰۰۱) و با استفاده از نور طبیعی رشد کردند.

برداشت محصول و اندازه گیری شاخصهای مورد نظر

پس از حدود پنج ماه و نیم و رسیدن میوه، وزن میوه در هر بوته اندازه‌گیری شد. سپس گیاهان از سطح خاک قطع و وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه گیاه و درصد کلنیزاسیون ریشه (علی اصغرزاده، ۱۳۷۹) و غلظت عناصر فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، کلر و سدیم در بخش هوایی و ریشه (امامی، ۱۳۷۵) اندازه‌گیری شد. همچنین نسبت K/Na و Ca/Na در گیاه مورد ارزیابی قرار گرفت.

طرح آزمایشی و تجزیه آماری

آزمایش بصورت فاکتوریل با دو فاکتور (۱) قارچ میکوریز در سه سطح M₀: بدون قارچ، Mi: گلوموس اینترادیسوز، Mm: گلوموس موسه (۲) فاکتور شوری شامل

مخلوط املاح S₁ تا S₄ و چهار سطح شوری کلرید سدیم (S₅ تا S₈) در قالب طرح پایه بلوکهای کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. در هر دو نوع ترکیب، سطوح شوری شامل ۱/۲، ۴، ۶/۵ و ۸ dSm⁻¹ بودند. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها بوسیله نرم افزار MSTATC بر مبنای روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

وزن تر و خشک اندام هوایی

تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف بین سطوح شوری در سطح احتمال ۰/۱ درصد برای صفات وزن تر و خشک قسمت هوایی و اختلاف بین سطوح قارچ برای وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بودند. مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) بیانگر آن است که تفاوت معنی‌دار در صفات مورد اندازه‌گیری بین سطوح متناظر در دو نوع شوری وجود ندارد و با افزایش شوری در هر دو ترکیب، وزن تر و خشک اندام هوایی کاهش می‌یابد. کاهش معنی‌دار وزن تر و خشک بخش هوایی با افزایش سطوح شوری ممکن است به دلیل کاهش فتوسنتز در اثر کاهش سطح برگ، کاهش هدایت روزنه‌ای، تجمع Na و Cl در اندامها و یا تخریب ساختمان کلروپلاست، باشد. شوری ممکن است از طریق به هم زدن تعادل یونی و اثر روی تغذیه نیز رشد گیاه را محدود نماید. میزان غلظت زیان آور نمک برای گیاهان به ترکیب نمکها، خواص خاک، آب و هوا، رطوبت و واریته گیاهی بستگی دارد (میرمحمدی میدی و قره یاضی، ۱۳۸۱). محققین مختلف کاهش وزن تر و خشک بخش هوایی در گیاه گوجه‌فرنگی و سایر گیاهان را با افزایش شوری گزارش کرده‌اند (Aliasgharzadeh و همکاران ۲۰۰۲؛ Aliasgharzadeh و Esfandiari، ۲۰۰۴؛ Baker و همکاران، ۱۹۹۵؛ Ben-Gal و Shani، ۲۰۰۲). در آزمایش حاضر مقایسه میانگین‌ها نشان داد که گونه‌های قارچی بطور معنی‌داری نسبت به شاهد، وزن خشک بخش هوایی را افزایش دادند (جدول ۵). Al-karaki و همکاران (۲۰۰۱) دو واریته از گوجه‌فرنگی را تحت تنش شوری و با حضور قارچ میکوریز بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که وزن خشک قسمت هوایی گیاهان تحت شرایط تنش شوری در هر دو واریته، در گیاهان میکوریزی شده بیشتر از غیر میکوریزی بوده است.

وزن تر و خشک ریشه

از نظر وزن تر ریشه فقط اختلاف معنی‌دار بین سطوح مختلف شوری در سطح احتمال ۰/۱ درصد مشاهده شد. ولی برای وزن خشک ریشه اختلاف بین

آب و عناصر غذایی از خاک به طرف اندام هوایی را کاهش دهد (میرمحمدی میبیدی و قره یاضی، ۱۳۸۱). جدول (۵) نشان می‌دهد که گونه قارچی گلوموس *ایترارادیسز* بطور معنی‌داری ($p < 0.05$) وزن خشک ریشه را بیشتر از گلوموس موسه و شاهد (بدون قارچ) افزایش داده است. نتایج بدست آمده در این مورد با یافته‌های (Al-karaki, 2000؛ I-karaki و همکاران 2001) مطابقت دارد. با توجه به نسبت غلظت یونهای بدست آمده محلولهایی با EC 1/2، 1/5، 1/4 و 1/8 dSm^{-1} تهیه شدند. برای رسیدن به این ترکیب یونی نمکهای $CaCl_2$ ، $NaCl$ ، $MgSO_4$ و Na_2SO_4 استفاده گردید (علی اصغرزاده، ۱۳۷۹) و میزان هر یک از املاح برای هر دو نوع ترکیب املاح محاسبه گردید.

سطوح قارچ در سطح احتمال ۵ درصد و سطوح شوری در سطح احتمال ۰/۱ درصد معنی‌دار بودند. بر اساس مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) بیشترین مقدار وزن تر ریشه در $EC = 1/2 dS/m$ بدست آمد که اختلاف معنی‌دار با بقیه سطوح شوری داشت. در مورد وزن خشک ریشه نیز این روند مشاهده شد ولی سطح دوم کلرید سدیم اختلاف معنی‌دار با سطح اول نداشت و همچنین تفاوت معنی‌داری بین سطوح متناظر دو نوع شوری وجود نداشت و با افزایش سطوح شوری در هر دو ترکیب، وزن تر و خشک ریشه کاهش یافت که این کاهش رشد ریشه احتمالاً در اثر پتانسیل پائین آب در محیط اطراف ریشه و مسمومیت ناشی از تجمع یونهای سمی می‌باشد. تحت شرایط تنش شوری، روزنه‌های هوایی بسته می‌شود و میزان فتوسنتز کاهش می‌یابد و در نهایت شوری می‌تواند رشد ریشه را سریعاً متوقف نموده و بدین طریق ظرفیت جذب و انتقال

جدول ۱- میانگین نسبت غلظت یونها ($mmol L^{-1}$) در نمونه خاک

Mg^{2+}	Ca^{2+}	Na^+	Cl^-	SO_4^{2-}
۱/۱	۱/۷	۱	۱/۶	۱/۹

جدول ۲- مقادیر املاح لازم برای ایجاد EC های

سطوح شوری	EC ($dS m^{-1}$)	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	Na_2SO_4	$NaCl$	$CaCl_2 \cdot 2H_2O$
		mgL^{-1}			
S ₁	۱/۲*	-	-	-	-
S ₂	۴/۰	۱۰۳۸/۸	۵۰۲/۴	۲۲/۴	۹۱۲/۴
S ₃	۶/۵	۲۰۸۹/۷	۱۰۱۵/۵	۴۶/۱	۱۸۴۱/۲
S ₄	۸/۰	۲۷۴۴/۵	۱۳۳۴/۶	۵۹/۷	۲۳۲۰/۱

EC*: محلول غذایی تهیه شده در آب معمولی

جدول ۳- مقادیر $NaCl$ ازم برای EC های مورد نظر در محلول غذایی تهیه شده در آب معمولی

سطوح شوری	EC ($dS m^{-1}$)	$NaCl$ mgL^{-1}
S ₅	۱/۲*	-
S ₆	۴/۰	۱۵۹۵/۹
S ₇	۶/۵	۳۲۰۲/۷
S ₈	۸/۰	۴۲۰۵/۴

EC*: محلول غذایی تهیه شده در آب معمولی

جدول ۴- مقایسه میانگین سطوح شوری در ارتباط با صفات اندازه‌گیری شده

کلنیزاسیون %	وزن خشک		وزن تر	وزن خشک	وزن تر	EC dS/m	ترکیب شوری
	وزن میوه	ریشه	ریشه	بخش هوایی	بخش هوایی		
	گرم در گیاه						
37/1 ^{ab}	241/2 ^a	5/65 ^a	40/17 ^{ab}	31/25 ^a	197/1 ^a	1/2	
35/4 ^{bc}	187/1 ^b	4/60 ^{ab}	35/98 ^{abc}	23/23 ^b	158/2 ^b	4/0	کلرید سدیم
33/8 ^{cd}	123/3 ^c	3/46 ^{bc}	29/61 ^{cde}	21/24 ^b	147/3 ^{bc}	6/5	
31/1 ^c	74/88 ^d	3/04 ^c	26/06 ^{de}	19/99 ^b	139/1 ^{bc}	8/0	
38/4 ^a	236/7 ^a	5/51 ^a	41/08 ^a	31/95 ^a	192/3 ^a	1/2	
35/4 ^{bc}	183/1 ^b	3/98 ^{bc}	32/53 ^{bcd}	23/47 ^b	155/1 ^{bc}	4/0	مخلوط املاح
33/1 ^{cde}	134/9 ^c	3/76 ^{bc}	29/41 ^{cde}	22/23 ^b	150/3 ^{bc}	6/5	
31/5 ^{de}	86/92 ^d	2/59 ^c	22/25 ^e	20/83 ^b	136/4 ^c	8/0	

*- میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال ۰/۰۵ اختلاف معنی‌دار دارند.

جدول ۵- مقایسه میانگین سطوح قارچ در ارتباط با صفات اندازه‌گیری شده

کلنیزاسیون %	وزن خشک		ریشه	تیماز
	وزن میوه	هوازی		
	گرم در گیاه			
0/0 ^c	145/5 ^b	22/8 ^b	3/73 ^b	بدون قارچ
58/3 ^a	167/4 ^a	25/1 ^a	4/80 ^a	گلوبوس اینترادیسز
45/3 ^b	159/5 ^a	24/9 ^a	3/69 ^b	گلوبوس موسه

میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال ۰/۰۵ اختلاف معنی‌دار دارند.

جدول ۶- مقایسه میانگین سطوح شوری در ارتباط با غلظت عناصر صفات اندازه‌گیری شده

بخش هوایی	ریشه	پتاسیم		سدیم		EC dS/m	ترکیب شوری
		بخش هوایی	ریشه	بخش هوایی	ریشه		
(میلی گرم در گرم)							
1/41 ^{bc}	1/26 ^a	49/1 ^a	26/1 ^a	3/85 ^e	3/49 ^d	1/2	
1/66 ^b	1/06 ^{ab}	41/9 ^b	13/16 ^{bc}	21/64 ^c	5/03 ^c	4/0	کلرید سدیم
2/20 ^a	1/05 ^{ab}	39/3 ^b	7/93 ^{de}	25/50 ^b	5/95 ^b	6/5	
2/43 ^a	1/17 ^a	35/3 ^c	5/66 ^c	30/37 ^a	6/99 ^a	8/0	
1/38 ^{bc}	1/04 ^{ab}	49/1 ^a	24/66 ^a	3/62 ^e	3/28 ^d	1/2	
1/35 ^{bc}	0/86 ^{bc}	39/7 ^b	14/98 ^b	13/29 ^f	4/91 ^c	4/0	مخلوط املاح
1/43 ^{bc}	0/71 ^{cd}	35/6 ^c	10/37 ^{cd}	16/35 ^e	5/81 ^b	6/5	
1/31 ^c	0/53 ^d	32/8 ^c	7/53 ^{de}	18/55 ^d	6/61 ^{ab}	8/0	

*- میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال ۰/۰۵ اختلاف معنی‌دار دارند.

جدول ۷- مقایسه میانگین سطوح شوری در ارتباط با غلظت عناصر اندازه گیری شده

ترکیب شوری	EC dS/m	کلسیم		منیزیم		کلر
		ریشه	بخش هوایی	ریشه	بخش هوایی	
غلظت (میلی گرم در گرم)						
	1/2	14/4 ^{ab}	18/3 ^b	4/70 ^c	14/8 ^f	6/12 ^g
کلرید سدیم	4/0	13/5 ^{ab}	14/2 ^c	4/89 ^c	28/1 ^{cd}	11/19 ^c
	6/5	11/9 ^b	13/5 ^c	4/81 ^c	31/3 ^b	12/4 ^b
	8/0	11/7 ^b	12/3 ^c	4/81 ^c	37/9 ^a	13/54 ^a
	1/2	13/4 ^{ab}	15/1 ^c	4/50 ^c	13/6 ^f	5/60 ^g
مخلوط املاح	4/0	14/1 ^{ab}	21/2 ^b	6/12 ^{bc}	23/6 ^e	8/20 ^f
	6/5	13/8 ^{ab}	25/2 ^a	7/43 ^b	26/8 ^d	9/07 ^e
	8/0	15/3 ^a	24/1 ^{ab}	9/3 ^a	30/2 ^{bc}	10/32 ^d

*- میانگین های با حروف غیر مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال ۰/۰۵ اختلاف معنی دار دارند

جدول ۸- مقایسه میانگین سطوح قارچ در ارتباط با غلظت (K, P و Cl) و مقدار (K و P) و نسبت K/Na در بخش هوایی

نسبت K/Na	مقدار		غلظت			بدون قارچ
	فسفر (میلی گرم در گیاه)	پتاسیم	کلر	غلظت		
				فسفر (میلی گرم در گرم)	پتاسیم	
4/47 ^b	372/4 ^b	902/3 ^b	9/86 ^a	1/51 ^b	38/5 ^b	بدون قارچ
5/52 ^a	43/9 ^a	1125/1 ^a	9/34 ^b	1/74 ^a	43/3 ^a	گلوبوس اینترادیسز
4/51 ^b	37/4 ^b	1005/3 ^b	9/46 ^{a b}	1/69 ^a	39/4 ^b	گلوبوس موسه

*میانگین های با حروف غیر مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال ۰/۰۵ اختلاف معنی دار دارند.

جدول ۹- مقایسه میانگین سطوح شوری در ارتباط با مقدار عناصر اندازه گیری شده در بخش هوایی

ترکیب شوری	EC dS/m	سدیم	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	فسفر	کلر
	1/2	120/3 ^d	1551/1 ^a	574/6 ^a	148/7 ^{ab}	45/4 ^a	987/1 ^{cd}
کلرید سدیم	4/0	507/9 ^b	963/8 ^b	334/7 ^d	114/9 ^{bc}	38/2 ^{ab}	1889 ^a
	6/5	543/3 ^{ab}	845/6 ^{bc}	287/8 ^d	101/9 ^c	47/2 ^a	1998 ^a
	8/0	610/1 ^a	706/1 ^c	246/7 ^{de}	97/12 ^c	47/9 ^a	2107 ^a
	1/2	115/8 ^d	1580/1 ^a	478/5 ^{bc}	142/5 ^{ab}	45/1 ^a	835/4 ^d
مخلوط املاح	4/0	313/3 ^c	939/9 ^b	496/8 ^{bc}	146/1 ^{ab}	32/1 ^b	1243 ^b
	6/5	361/1 ^c	806/1 ^{bc}	555/7 ^{ab}	164/3 ^a	32/7 ^b	1366 ^b
	8/0	384/2 ^c	693/1 ^c	501/6 ^{bc}	189/52 ^a	27/8 ^b	1534 ^b

*میانگین های با حروف غیر مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال ۰/۰۵ اختلاف معنی دار دارند.

جدول ۱۰- مقایسه میانگین سطوح شوری در ارتباط با نسبت K/Na و Ca/Na

Ca/Na		K/Na		EC	ترکیب شوری
اندام هوایی	ریشه	اندام هوایی	ریشه	dS/m	
4/58 ^a	4/22 ^a	13/07 ^a	7/67 ^a	1/2	کلرید سدیم
0/69 ^{cd}	2/92 ^b	1/97 ^c	2/89 ^{bc}	4/0	
0/52 ^{de}	2/06 ^{cd}	1/55 ^c	1/35 ^d	6/5	
0/41 ^e	1/71 ^d	1/17 ^c	0/81 ^d	8/0	
4/22 ^a	4/21 ^a	13/86 ^a	7/79 ^a	1/2	مخلوط املاح
1/62 ^b	2/97 ^b	3/06 ^b	3/02 ^b	4/0	
1/52 ^{bc}	2/56 ^{bc}	2/04 ^{bc}	1/75 ^{cd}	6/5	
1/32 ^{bcd}	2/36 ^{bc}	1/79 ^c	1/12 ^d	8/0	

*- میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال ۰/۰۵ اختلاف معنی‌دار دارند.

درصد کلنیزاسیون

اثرات اصلی قارچ و شوری در سطح احتمال ۰/۱ درصد معنی‌دار شدند. مقایسه میانگین‌ها اختلاف معنی‌دار بین دو گونه قارچی گلوموس *ایترارادیسز* و گلوموس *موسه* نشان داد، بطوریکه گونه گلوموس *ایترارادیسز* درصد کلنیزاسیون بیشتری در مقایسه با گلوموس *موسه* داشت (جدول ۵). درصد کلنیزاسیون ریشه توسط قارچ‌های میکوریز بستگی به گیاه میزبان و گونه قارچی دارد و حتی جدایه‌های یک گونه که از مناطق مختلف جمع‌آوری شده باشند از نظر درصد کلنیزاسیون اختلاف دارند. هر چند این جدایه‌ها از نظر مرفولوژی مشابه هستند ولی از نظر فیزیولوژی ممکن است متفاوت باشند (Jarstfer و همکاران، ۱۹۹۸). مقایسه میانگین سطوح شوری نشان داد که با افزایش شوری درصد کلنیزاسیون کاهش می‌یابد و این کاهش در بعضی سطوح معنی‌دار می‌باشد (جدول ۴). بین سطوح متناظر در دو نوع شوری اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. کاهش معنی‌دار درصد کلنیزاسیون با افزایش شوری ممکن است بعلت کاهش در تندش اسپور و رشد هیف باشد (علی اصغرزاده، ۱۳۷۹). Jarstfer و همکاران (۱۹۹۸) گزارش نمودند که استفاده از غلظت زیاد $MgSO_4$ درصد کلنیزاسیون و اسپورزایی گونه‌ای از گلوموس را در همزیستی با سیب زمینی و پیاز کاهش می‌دهد. نسبت زیاد Mg/Ca در بافت گیاهی سبب کاهش درصد کلنیزاسیون ریشه می‌شود. کاهش درصد کلنیزاسیون ریشه با افزایش شوری توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Al-karaki و همکاران، ۲۰۰۱b؛ Aliasgharzadeh و همکاران ۲۰۰۱a؛ Aliasgharzadeh و Esfandiari، ۲۰۰۴؛ Briccoli-Bati و همکاران، ۱۹۹۴).

وزن میوه

سطوح مختلف قارچ و شوری به ترتیب در سطح احتمال ۱ درصد و ۰/۱ درصد تأثیر معنی‌دار بر وزن میوه داشتند. مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵) نشان داد که تیمارهای قارچی در مقایسه با تیمارهای بدون قارچ وزن میوه را افزایش دادند. افزایش عملکرد در گیاهان میکوریزی احتمالاً بخاطر افزایش سطح جذب و در نتیجه تغذیه بهتر و عملکرد بیشتر بوده است (Al-karaki و Hammad، ۲۰۰۱). با افزایش سطوح شوری در هر دو ترکیب، وزن میوه کاهش یافت ولی اختلاف معنی‌داری بین سطوح متناظر شوری $NaCl$ و مخلوط املاح وجود نداشت (جدول ۴). یکی از دلایل کاهش عملکرد گوجه‌فرنگی، کاهش اندازه هر میوه با افزایش سطوح شوری می‌باشد. زمانی که گیاه به رشد زایشی وارد شد، شوری می‌تواند در بسیاری از فرآیندهای خاص این مرحله که برای حصول ماکزیم عملکرد مورد نیاز است اختلال ایجاد نموده و به نمو زایشی گیاه صدمه وارد سازد (Awad و همکاران، ۱۹۹۰).

غلظت سدیم

از نظر غلظت سدیم در ریشه و بخش هوایی، تنها اختلاف معنی‌دار بین سطوح شوری در سطح احتمال ۰/۱ درصد مشاهده شد. مقایسه میانگین‌های (جدول ۶) سطوح شوری حاکی از این است که با افزایش EC در هر دو نوع ترکیب شوری، غلظت سدیم افزایش معنی‌دار داشت. بین سطوح متناظر در شوری $NaCl$ و مخلوط املاح غلظت سدیم در بخش هوایی، اختلاف معنی‌دار نشان داد بطوریکه بیشترین غلظت سدیم در تیمار شوری $NaCl$ با AdS/m $EC=$ مشاهده گردید. غلظت سدیم در شوری $NaCl$ بعلت

شوری در مخلوط املاح، غلظت فسفر کاهش یافت (جدول ۶). تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح شوری ($P < 0/001$) و سطوح قارچ ($P < 0/05$) در غلظت فسفر بخش هوایی معنی‌دار است. بر اساس نتایج مقایسه میانگین، هر دو گونه قارچ ($P < 0/05$) غلظت فسفر بخش هوایی را نسبت به شاهد افزایش دادند ولی بین دو گونه قارچ از نظر این صفت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۸). از جمله دلایل افزایش غلظت و مقدار فسفر در گیاهان میکوریزی، افزایش سطح جذب ریشه، کاهش pH محیط ریشه، پایین بودن K_m قارچ نسبت به گیاه و فعالیت زیاد آنزیم فسفاتاز قارچهای میکوریزی می‌باشد. با افزایش سطوح شوری در حضور NaCl غلظت فسفر در بخش هوایی بطور معنی‌داری افزایش یافت ولی بین سطوح شوری مخلوط املاح اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۶). با بررسی مقدار فسفر (جدول ۹) اختلاف معنی‌داری در مقدار فسفر بخش هوایی مشاهده نشد. بنابراین، افزایش غلظت فسفر می‌تواند بعلت کاهش وزن خشک گیاه در اثر افزایش شوری باشد. نتایج سایر محققین نیز مؤید این مطلب می‌باشد (Roberts, همکاران, ۱۹۸۴; Grieve و Gattan, ۱۹۹۴).

غلظت کلسیم

غلظت کلسیم در ریشه و بخش هوایی فقط تحت تأثیر سطوح شوری قرار داشت ($P < 0/001$). مقایسه میانگین‌ها (جدول ۷) نشان داد که بین سطوح متناظر دو نوع شوری از نظر این صفت اختلاف معنی‌داری وجود داشت. غلظت کلسیم در ریشه و بخش هوایی در شوری NaCl با افزایش سطوح شوری کاهش یافت که این کاهش در بخش هوایی معنی‌دار بود. در حالیکه در شوری مخلوط املاح با افزایش سطوح شوری غلظت کلسیم افزایش یافت که این ریشه معنی‌دار نبود ولی در بخش هوایی معنی‌دار بود. کاهش معنی‌دار غلظت و مقدار کلسیم با افزایش سطوح شوری NaCl را می‌توان به اثر رقابتی سدیم و کلسیم مربوط دانست. Briccoli-Bati و همکاران (۱۹۹۴) چنین نتیجه‌ای را بر روی گیاه زیتون بدست آوردند. شوری خاک به دلیل رقابت میان سدیم و کلسیم در هنگام جذب، شدت ناهنجاریهای فیزیولوژیک مرتبط با کمبود کلسیم، مانند سر سوختگی کاهو و پوسیدگی گلگاه در گوجه‌فرنگی را افزایش می‌دهد. افزایش غلظت و مقدار کلسیم با افزایش سطوح شوری در شوری مخلوط املاح می‌تواند به دلیل زیاد شدن میزان کلسیم در محیط ریشه با افزایش شوری باشد. تعدادی از

بالتر بودن غلظت یونهای سدیم در محیط ریشه بیشتر از مخلوط املاح بود همچنین، در مخلوط املاح رقابت سایر کاتیونها (Mg^{+2} و Ca^{+2}) نیز سبب کاهش جذب Na^+ می‌شود. محققین دیگر نیز به این نتیجه دست یافته‌اند (Aliasgharzadeh و همکاران ۲۰۰۱b؛ Aliasgharzadeh و Esfandiari, ۲۰۰۴؛ Jarrell و Ojala, ۱۹۸۰).

غلظت پتاسیم

تجزیه واریانس غلظت پتاسیم در ریشه نشان داد که فقط اثر سطوح شوری معنی‌دار می‌باشد، ولی برای غلظت پتاسیم بخش هوایی، علاوه بر سطوح شوری، سطوح قارچ نیز معنی‌دار شد ($P < 0/001$). مقایسه میانگین‌های (جدول ۶) این صفت بیانگر آن است که تفاوت معنی‌داری بین سطوح متناظر در دو نوع شوری در اکثر سطوح وجود ندارد و با افزایش سطح شوری در هر دو نوع ترکیب شوری، غلظت پتاسیم کاهش یافته است. بیشترین غلظت در $EC = 1/2 dS/m$ بدست آمد که اختلاف معنی‌دار با بقیه سطوح شوری داشت. کاهش معنی‌دار پتاسیم با افزایش شوری می‌تواند بعلت کاهش جذب آن توسط سلولهای ریشه در اثر رقابت با سدیم، کلسیم و منیزیم باشد. Briccoli-Bati و همکاران (۱۹۹۴) غلظت برخی عناصر را در درختان زیتون که به مدت یک سال تحت تنش شوری با کلرید سدیم قرار داشتند مورد ارزیابی قرار دادند و دریافتند که با افزایش سطوح شوری غلظت پتاسیم و کلسیم کاهش ولی غلظت سدیم افزایش می‌یابد. Aliasgharzadeh و همکاران (۲۰۰۲) در آزمایشی، گیاه جو (تلفیح شده با قارچ میکوریز) را تحت تنش سطوح مخلوط املاح قرار داده و نتیجه گرفتند که با افزایش سطوح شوری غلظت پتاسیم در بخش هوایی کاهش می‌یابد. محققین دیگر که با شوری NaCl (Al-karaki) و همکاران، ۲۰۰۱b؛ Jarrell و Ojala, ۱۹۸۰) و نیز مخلوط نمکها کار کردند (Aliasgharzadeh و Esfandiari, ۲۰۰۴؛ Poss, ۱۹۸۵) هم به نتیجه مشابه رسیدند. مقایسه میانگین سطوح قارچی این واقعیت را روشن نمود که قارچ گلواموس اینترآرادیسز بطور معنی‌داری نسبت به گلواموس موسه و شاهد غلظت پتاسیم بخش هوایی را افزایش داده است (جدول ۸). این افزایش احتمالاً مربوط به کارایی بهتر این گونه قارچی در جذب پتاسیم و انتقال به بخش هوایی حاصل شده باشد.

غلظت فسفر

غلظت فسفر ریشه در سطوح مختلف قارچ و شوری در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌دار نشان داد ($P < 0/01$). با افزایش سطوح شوری در NaCl، غلظت فسفر اختلاف معنی‌داری نشان نداد. ولی با افزایش سطوح

برخوردار بودند و غلظت کلر در تیمار گونه قارچی گلوموس ایتترادیسز بطور معنی‌دار کمتر از شاهد (بدون قارچ) بود. این کاهش احتمالاً به علت اثر رقت می‌باشد زیرا که مقدار کلر در بخش هوایی معنی‌دار نشد. بالاتر بودن وزن خشک بخش هوایی (جدول ۵) در گیاهان میکوریزی شده با گلوموس ایتترادیسز، مؤید این مطلب می‌باشد. Aliasgharzadeh و Esfandiari (۲۰۰۴) نیز همین نتیجه را در گیاه یونجه بدست آورده‌اند.

نسبت K/Na در گیاه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که نسبت K/Na در ریشه تحت تأثیر سطوح شوری قرار گرفت ($P < 0/001$) در صورتیکه در بخش هوایی متأثر از اثر اصلی سطوح قارچ ($P < 0/001$) و سطوح شوری ($P < 0/001$) قرار داشت. در ریشه و بخش هوایی با افزایش سطوح شوری، این نسبت در هر دو نوع ترکیب شوری کاهش یافت (جدول ۱۰). با افزایش سطوح شوری بعلاوه بالا رفتن غلظت یون سدیم در محیط ریشه نسبت K/Na کاهش می‌یابد. تیمار قارچی گلوموس ایتترادیسز بطور معنی‌داری بیشتر از تیمار قارچ گلوموس موسه و شاهد (بدون قارچ) این نسبت را افزایش داد (جدول ۸). بالاتر بودن نسبت K/Na در گیاهان میکوریزی نسبت به گیاهان غیر میکوریزی می‌تواند بعنوان یک معیار تحمل به شوری در این گیاهان باشد. Flowers و همکاران (۱۹۷۷) ثابت کرده‌اند که افزایش مقدار یون پتاسیم گیاه در غلظت بالای نمک یک مزیت است و می‌تواند به عنوان معیاری خوب برای انتخاب گیاهان از نظر تحمل به شوری بکار رود.

نسبت Ca/Na در گیاه

از نظر نسبت Ca/Na در ریشه و بخش هوایی فقط اثر اصلی سطوح شوری در سطح احتمال ۰/۱ درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین سطوح شوری (جدول ۱۰) نشان داد که افزایش سطوح شوری سبب کاهش این نسبت شده است که این کاهش بدلیل مقدار بالاتر سدیم در شوری NaCl بیشتر بود. میزان پایین K/Na و Ca/Na در محیط‌های شور ممکن است به نفوذپذیری انتخابی غشای ریشه صدمه بزند و ساز و کارهای فیزیولوژیک دیگری مثل باز و بسته شدن روزنه‌ها، فتوسنتز و تعرق را تحت تأثیر قرار دهد (میرمحمدی میدی و قره یاضی، ۱۳۸۱). در شوری مخلوط املاح هم اگر چه غلظت هر دو یون (سدیم و کلسیم) با افزایش شوری زیاد می‌شود ولی چون افزایش سدیم خیلی زیادتر از افزایش کلسیم است به همین دلیل با افزایش شوری نسبت کلسیم به سدیم کاهش می‌یابد (Aliasgharzadeh و Esfandiari، ۲۰۰۴).

محققینی که با شوری مخلوط املاح کار کرده‌اند نیز چنین نتیجه‌ای را در گیاهان گوجه فرنگی و سایر گیاهان گزارش کرده‌اند (Aliasgharzadeh و همکاران ۲۰۱۱b؛ Aliasgharzadeh و Esfandiari، ۲۰۰۴؛ Jarrell و Ojala، ۱۹۸۰؛ Shani و Ben-Gal، ۲۰۰۲).

غلظت منیزیم

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اختلاف غلظت منیزیم در تیمارهای مختلف در ریشه معنی‌دار نبود در حالیکه برای غلظت منیزیم بخش هوایی فقط اختلاف معنی‌دار بین سطوح شوری مشاهده شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول ۷) که بیشترین غلظت منیزیم در سطح چهارم شوری مخلوط املاح بود که با سایر سطوح شوری اختلاف معنی‌داری داشت. ولی افزایش سطوح شوری در NaCl، تأثیر معنی‌دار روی غلظت منیزیم در اندام هوایی نداشت. افزایش غلظت منیزیم در شوری مخلوط املاح می‌تواند به علت بالا رفتن میزان منیزیم در محیط اطراف ریشه باشد چون یکی از نمکهای موجود در محلولهای شوری، $MgSO_4$ بوده است. Aliasgharzadeh و همکاران (۲۰۰۲) در تحقیقات خود بر روی گیاه جو نیز به نتیجه مشابه دست یافتند.

غلظت کلر

تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر غلظت یون کلر در ریشه نشان داد که اثر اصلی سطوح شوری اختلاف معنی‌دار بایکدیگر دارند ($P < 0/001$). برای غلظت کلر در بخش هوایی نیز اختلاف معنی‌دار بین سطوح شوری و سطوح قارچ به ترتیب در سطح احتمال ۰/۰۱ و ۰/۰۵ وجود داشت. مقایسه میانگین‌ها (جدول ۷) نشان داد که با افزایش سطوح شوری، غلظت کلر در ریشه و بخش هوایی در هر دو نوع شوری بطور معنی‌داری افزایش می‌یابد و به غیر از سطح اول در بقیه سطوح متناظر، این افزایش بطور معنی‌دار در شوری NaCl بیشتر از شوری مخلوط املاح است. بالاتر بودن غلظت کلر گیاه در شوری NaCl نسبت به مخلوط املاح در سطوح متناظر، بیانگر زیادتیر بودن غلظت این یون در محیط رشد ریشه در حضور NaCl است و کمتر بودن Cl در شوری مخلوط املاح به دلیل حضور یون SO_4^{2-} و رقابت آن با Cl می‌باشد. این یافته‌ها با نتایج دیگر محققین در گیاه گوجه‌فرنگی و سایر گیاهان مطابقت می‌کند (Aliasgharzadeh و همکاران ۲۰۱۱b؛ Cerda و همکاران، ۱۹۷۷؛ Copeman و همکاران، ۱۹۹۶).

مقایسه میانگین‌ها (جدول ۸) نشان داد که تیمارهای قارچی از غلظت کلر کمتری در بخش هوایی

فهرست منابع:

۱. امامی، ع. ۱۳۷۵. روشهای تجزیه گیاه. وزارت کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی شماره ۹۸۲.
۲. علی اصغرزاده، ن. ۱۳۷۹. بررسی پراکنش و تراکم جمعیت قارچهای میکوریز آربوسکولار در خاکهای شور دشت تبریز و تعیین اثرات تلقیح آنها در بهبود تحمل پیاز و جو به تنش شوری. پایاننامه دکترا (Ph.D.)، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.
۳. میرمحمدی میدی، س و ب. قره یاضی. ۱۳۸۱. جنبه های فیزیولوژیک و بهنژادی تنش شوری گیاهان. مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان، شماره ۷۸، اصفهان ۲۷۴ صفحه.
4. Abel, G. H. and A. J. Mackenzie. 1964. Salt tolerance of soybean varieties (*Glycine max* L. Merrill) during germination and later growth. *Crop Sci.* 4:157 - 168.
5. Aliasgharzadeh, N., N. Saleh Rastin, H. Towfighi and A. Alizadeh. 2001a. Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in saline soils of the Tabriz plain of Iran in relation to some physical and chemical properties of soil. *Mycorrhiza* 11:119-122 .
6. Aliasgharzadeh, N., N. Saleh Rastin, H. Towfighi and A. Alizadeh. 2002. Effect of mycorrhization on yield and nutrient uptake by barley in saline condition. In: Transactions of the 17th World Congress of Soil Science held at Queens Sirikit National Convention Center, 14-21 August 2002, Bangkok, Thailand.
7. Aliasgharzadeh, N., N. Saleh Rastin, H. Towfighi, and A. Alizadeh. 2001b. Inoculation effect of four arbuscular mycorrhizal fungi on the mineral nutrition and yield of onion under salinity levels. In: Ramalho-Filho, A., and Eswaran, h.(eds). *Land Degradation, New Trends Global Sustainability. Proceeding of a conference held at National Soil Research Center, 17-21 September 2001, Rio-de Janeiro, Brazil.*
8. Aliasgharzadeh, N. and M. R. Esfandiari. 2004. Effects of dual inoculations of *Sinorhizobium meliloti* and arbuscular mycorrhizal fungi on growth of salt-stressed alfalfa. *Proceeding of the 2004 CIGR International Conference, 11-14 October 2004, Beijing, China.*
9. Al-Karaki, G. N. 2000. Growth, water use efficiency, and mineral acquisition by tomato cultivars grown under salt stress. *J. Plant Nutr.* 23:1-8
10. Al-karaki, G. N. and R. B. Clark. 1998. Growth, mineral acquisition, and water use by mycorrhizal wheat grown under water stress. *J. Plant Nutr.* 21:263-276
11. Al-karaki, G. N. and R. Hammad. 2001. Mycorrhiza influence on fruit yield and mineral content of tomato grown under salt stress. *J. Plant Nutr.* 24:1311-1323..
12. Al-karaki, G. N., R. Hammad and M. Rusan. 2001. Response of two tomato cultivars differing in salt tolerance to inoculation with mycorrhizal fungi under salt stress. *Mycorrhiza* 11:43-47.
13. Anonymous. 2002. Soilless culture of greenhouse vegetables. <<<http://vric.Ucdavis.edu/veginfo/topics/hydroponics/hydroponics.pdf>>>.
14. Anonymous. 1994. Land degradation in south Asia: Its severity, causes and effects upon the people. FAO. W.S.R.R. No. 78. Rome.
15. Awad, A. S., D. G. Edwards and L. C. Campbell. 1990. Phosphorus enhancement of salt tolerance of tomato. *Crop Sci.* 30:123-128.
16. Baker, A., J. I. Sprent and L. Wilson. 1995. Effects of sodium chloride and mycorrhizal infection on the growth and nitrogen fixation of *Prosopis juliflora*. *Symbiosis* 19:39-51.
17. Ben-Gal, A. and U. Shani. 2002. Yield, transpiration and growth of tomatoes under combined excess boron and salinity stress. *Plant Soil* 247:211-221.

18. Briccoli-Bati, C., R. Rinaldi., C. Tocci, T. Sirianni, N. Iannotta, S. Lavee and I. Klein. 1994. Influence of salty water irrigation on mycorrhizae of young olive trees in containers. Second International Symposium on Olive Growing, Jerusalem, Israel, 6-10 Sep. 1993. Acta Hort. 356:218-220.
19. Cerda, A., Bingham, F.T., and Hoffman, G.J. 1977. Interactive effect of salinity and phosphorus on sesame. Soil Sci. Soc. Am. J. 41:915-918.
20. Copeman, R. H., C. A. Martin and J. C. Stulz. 1996. Tomato growth in response to salinity and mycorrhiza fungi from saline or nonsaline soils. Hortscience 31:341-344.
21. Flowers, T. J. and A. R. Yeo. 1995. Breeding for salinity resistance in crop plants: where next? Aust. J. Plant Physiol. 22:875-884.
22. Flowers, T. S., P. F. Torke and A. R. Yeo. 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes. Plant Physiol. 28:89-121.
23. George, E., V. Romheld and H. Marshner 1994. Contribution of mycorrhizal fungi to micronutrients uptake by plants. In: J. A. Manthey, D. E. Crowley and D.G. Luster (eds.) Biochemistry of Metal Micronutrients in the Rhizosphere. Lewis, Boca, Fla, pp.93-109
24. Grattan, S. R. and C. M. Grieve. 1994. Mineral nutrient acquisition and response by plant grow in saline environments. PP. 203 -226 In: M. Pessarakli (ed.) Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker. New York.
25. Jarstfer, A. C., P. F. koppenol and D. M. Sylvia. 1998. Tissue magnesium and calcium affect arbuscular mycorrhiza development and fungal reproduction. Mycorrhiza 7:237-242.
26. Hasegawa P. M., R. A. Bressan and A. K. Hanada. 1986. Cellular mechanisms of salinity tolerance. Hortic. Sci. 21:1317-1324.
27. Mor, R. P. and H. R. Manchanda. 1992. Influence of phosphorus on the tolerance of table pea to chloride and sulfate salinity in a sandy soil. Arid Land Res. Rehab. 6:41-52.
28. Ojala, J. C. and W.M. Jarrell. 1980. Hydroponic sand culture systems for mycorrhizal research. Plant Soil 57:297-303.
29. Page, L. A. 1982. Methods of Soil Analysis. Part 2 Chemical and Microbiologic Properties. Second edition. Madisons, Wisconsin, USA.
30. Pfeiffer, C. M. and H. E. Bloss. 1987. Growth and nutrition of guayule (*Parthenium argentatum*) in a saline soil as influenced by vesicular arbuscular mycorrhiza and phosphorus fertilization. New phytol. 108:315-321.
31. Poss, J.A., E. Pond, J.A. Menge and W.M. Jarrell. 1985. Effect of salinity on mycorrhizal onion and tomato in soil with and without additional phosphate. Plant Soil 88:307-319.
32. Roberts, J. K. M., C. S. Linker, A. G. Benit, O. Jardetzky and R. H. Nieman. 1984. Salt stimulation of phosphate uptake in maize root tips studied by ^{31}P nuclear magnetic response. Plant Physiol. 75:947-950.
33. Ruiza-lozano, J. M., R. Azcon and M. Gomez. 1996. Alleviation of salt stress by arbuscular mycorrhiza *Glomus* species in *lactuca sativa* plants. Physiol. plant. 98:767-772.
34. Wyn Jones, R. G. and J. Gorham. 1983. Osmoregulation. PP. 35 -58 In: Lange O. L., Nobel P. S., Osmond C.B., Ziegler H. (eds.) Physiological Plant Ecology. III. Responses to Chemical and Biological Environments. Springer-Verlag. New York..

Influence of Mycorrhization on the Mineral Nutrition and Yield of Tomato under Sodium Chloride and Salts Mixture Induced Salinity Levels

M. Barin, N. Aliasgharzadeh and A. Samadi¹

Abstract

The influence of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on the nutrition of plants is not well understood under saline conditions. An experiment was carried out in a randomized complete block design with two factors of fungi in three levels, M₀(without fungi), M_i(*Glomus interradices*) and M_m(*Glomus mosseae*) and salinity in eight levels. Two kinds of salinity effects were tested including four levels (dS/m) of salts mixture (S₁-S₄), S₁=1.2, S₂=4, S₃=6.5 and S₄=8 and four levels of NaCl (S₅-S₈), S₅=1.2, S₆=4, S₇=6.5 and S₈=8. The seedlings were inoculated separately with two fungi species. After one month, the inoculated plants were transferred to pots containing four kg sterilized sand and salinity treatments were initiated gradually. The results showed significant increases in dry weight of shoot and root, potassium and phosphorous content of shoot, root colonization percent, fruit weight and K/Na in the shoot of mycorrhizal plants in comparison with non-mycorrhizal plants (P<0.05). Although there were no significant differences between two species of fungi both fungi species (M_m and M_i) increased tomato yield (10% and 16%) respectively (P<0.05). The effects of salinity were significant (P<0.001) for the measured variables except for magnesium concentration of root. In comparable salinity levels, K/Na in shoot and Ca/Na in shoot and root were significantly (P<0.05) enhanced more by salt mixtures NaCl salinity.

Keywords: Salinity; Tomato; Nutrition; Arbuscular mycorrhiza