

اثر قارچ کلارویدئوگلووموس اتونیکاتوم بر پارامترهای مورفولوژیک و فیزیولوژیک

پایه راف لمون در شرایط تنش شوری

مهدی زارعی¹ و زهرا پیمانہ

استادیار بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز؛ Meh dizarei@shirazu.ac.ir

دانشجوی سابق کارشناسی ارشد بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز؛ z.paymaneh@yahoo.com

دریافت: 92/11/13 و پذیرش: 94/5/12

چکیده

راف لمون پایه‌ای پر محصول، زودرس، تند رشد و مناسب برای خاک‌های شنی است. این آزمایش گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گردید. فاکتورهای مورد استفاده در آزمایش شامل قارچ میکوریز آربسکولار در دو سطح شامل کلارویدئوگلووموس اتونیکاتوم و شاهد و تنش شوری در 4 سطح شامل EC برابر با 2، 4، 6 و 8 دسی‌زیمنس بر متر از منبع کلرید سدیم بود. تنش شوری درصد کلنیزاسیون ریشه، عملکرد ماده خشک اندام هوایی و ریشه، تعداد و سطح برگ، ارتفاع اندام هوایی، عدد قرائت شده توسط کلروفیل متر، جذب فسفر و پتاسیم اندام هوایی را کاهش، اما دمای سطح برگ، نشت یونی برگ و جذب سدیم اندام هوایی را افزایش داد. در شرایط تنش شوری و بدون تنش، در تیمارهای میکوریزی عملکرد ماده خشک اندام هوایی و ریشه، تعداد و سطح برگ، ارتفاع اندام هوایی، عدد قرائت شده توسط کلروفیل متر، جذب پتاسیم (به جز 6 دسی‌زیمنس بر متر) و جذب فسفر اندام هوایی در مقایسه با تیمارهای بدون قارچ افزایش و دمای سطح برگ و نشت یونی کاهش یافت در حالیکه جذب سدیم اندام هوایی تفاوت معنی‌داری نداشت.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، دمای سطح برگ، عناصر غذایی، مرکبات، میکوریز آربسکولار، نشت یونی.

¹ نویسنده مسئول، آدرس: بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

مقدمه

وجود خاک‌های شور یکی از مشکلات اصلی در مناطق خشک و نیمه خشک است. حدود 20 درصد از اراضی جهان تحت تأثیر شوری قرار دارند (میسرا و همکاران، 2006). شوری سبب آسیب‌های فیزیولوژیک، به هم خوردن تعادل عناصر غذایی، تجمع سدیم و کلر و افزایش گونه‌های اکسیژن فعال در سلول‌ها می‌شود (اولین و همکاران، 2009). چهار دلیل برای کاهش رشد گیاهان در معرض تنش شوری بیان شده است 1- پتانسیل اسمزی که سبب کاهش جذب آب توسط گیاه می‌شود 2- تجمع زیاد یون‌ها که سبب سمیت و به هم خوردن متابولیسم گیاه می‌شود 3- تجمع یون‌های سمی سبب به هم خوردن تعادل عناصر غذایی می‌شود 4- ترکیب دو یا چند از دلایل ذکر شده شوری که سبب کاهش رشد و به هم خوردن تعادل فیزیولوژیک در گیاهان تحت تنش شوری می‌شود. تجمع سدیم و کلر در برگ گیاهان سبب کاهش تثبیت دی اکسید کربن، هدایت روزنه ای و پتانسیل آب برگ مرکبات می‌شود. علاوه بر این اندازه سلول‌ها و سطح برگ را کاهش می‌دهد (بانول و همکاران، 1990). مرکبات جزء گیاهان حساس به شوری می‌باشند

بطوری که شوری‌های کم تا متوسط نیز باعث کاهش رشد و ایجاد عوارض فیزیولوژیک در آنها می‌شود (دیویس و البرگو، 1998). در همزیستی میکوریز آربسکولار قارچ آب و عناصر غذایی و فاکتورهای رشد دیگر را در اختیار گیاهان میزبان قرار داده و در مقابل گیاه حدود 20 درصد از کربن تثبیت شده خود را در اختیار قارچ قرار می‌دهد (پرانسیک، 2008). کلنیزه شدن ریشه گیاه توسط قارچ های میکوریز آربسکولار سبب افزایش رشد و مقاومت به شوری در گیاهان میزبان می‌شود (اولین و همکاران، 2009). قارچ میکوریز آربسکولار از طریق مکانیسم‌های متفاوتی مانند بهبود جذب عناصر غذایی (ال کراکی و ال رداد، 1997)، تولید هورمون‌های رشد در گیاهان میزبان و بهبود ریزوسفر و شرایط خاک (لیندرمن، 1994) و تغییر در خصوصیات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه (اسمیت و رید، 2008)، سبب افزایش مقاومت به شوری در گیاهان می‌شوند. علاوه بر این قارچ میکوریزی می‌تواند فرایندهای فیزیولوژیک گیاه مانند ظرفیت جذب آب را با افزایش هدایت هیدرولیکی ریشه و با تنظیم اسمزی بوسیله ترکیبات کربوهیدراتی افزایش دهد (ریوزولوزانو، 2003) که منجر به افزایش رشد و رقیق کردن غلظت یون‌های سمی در سلول می‌گردد (جانپیر و ابوت، 1993).

بخش عمده مرکبات ایران در مناطق خشک و نیمه خشک قرار دارند و آب آبیاری در اغلب مناطق مرکبات خیز خصوصاً در جنوب کشور از کیفیت زیاد مناسبی برای مرکبات برخوردار نمی‌باشد. در چنین مناطقی میزان زیاد تبخیر و کیفیت نامناسب آب، املاح مختلف و در نتیجه شوری خاک را افزایش داده است و متأسفانه با بروز خشکسالی‌های اخیر نیز در حال تشدید می‌باشد. این موضوع از مسائل مهم در تولید مرکبات کشور به حساب می‌آید که بایستی با راهکارهای پایدار و بیولوژیک اثرات سوء آن را کاهش داد و تعدیل نمود. پایه رافلومون از جمله پایه‌هایی است که در کشت مرکبات و از جمله برای تولید ارقام تجاری مرکبات استفاده می‌شود (بی نام 1375، بی نام 1377). این پایه به شوری خیلی حساس است (علی و همکاران 2012 و شارما و همکاران 2013). با توجه بررسی منابع انجام شده، در مورد اثر همزیستی قارچ میکوریز آربسکولار بر پارامترهای رشد و فیزیولوژیک پایه راف لمون در شرایط تنش شوری در کشور گزارش منتشر شده‌ای وجود نداشت، لذا این تحقیق با هدف بررسی موضوع فوق انجام گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گردید. فاکتورهای مورد استفاده در آزمایش شامل قارچ میکوریز آربسکولار در دو سطح شامل کلارویدئوگلوکوموس / اتونیکاتوم و شاهد و تنش شوری در 4 سطح شامل قابلیت هدایت الکتریکی - های برابر با 2، 4، 6 و 8 دسی‌زیمنس بر متر از منبع کلرید سدیم بود.

میوه‌های تازه راف لمون از مرکز تحقیقات داراب استان فارس تهیه شد. میوه‌های تازه به خوبی با آب شستشو و سپس با محلول وایتکس دارای هیپو کلریت سدیم 5 درصد به مدت 15 دقیقه ضد عفونی شده و خشک گردیدند. در ادامه بذره‌های آنها بیرون آورده شد و در الکل 70 درصد برای مدت 5 دقیقه غوطه ور و ضد عفونی سطحی و سپس چندین مرتبه با آب مقطر شستشو گردید. گلدان‌های پلاستیکی حاوی بستری با نسبت حجمی 1:1:1 از مخلوط سترون (اتوکلاو) شده خاک برگ، ماسه بادی و خاک آماده گردید. تعداد سه عدد از بذره‌های خشک شده در هر گلدان کاشته شد. گلدان‌ها بطور روزانه آبیاری و به مدت سه ماه نگهداری گردیدند. در پایان این دوره دانه‌های یکسان و هم‌اندازه به دست آمده به کشت اصلی منتقل گردید.

مایه تلقیح قارچ به روش تله گلدانی با گیاه ذرت تکثیر گردید. نام قبلی قارچ کلارویدئوگلوکوموس

گیاه در طی دو مرحله با آب آبیاری به گلدان‌ها اضافه شد. آبیاری در حد رطوبت ظرفیت مزرعه و با توزین گلدان‌ها و اضافه نمودن آب مقطر به مقدار لازم انجام گرفت. در پایان دوره کشت گلخانه‌ای، مقدار متوسط شوری خاک در قابلیت هدایت الکتریکی‌های برابر با 2، 4، 6 و 8 دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب برابر با 1/45، 3/55، 5/81 و 7/53 دسی‌زیمنس بر متر بدست آمد که تقریباً به شوری‌های هدف نزدیک است. در مرحله داشت بعد از اعمال تیمارهای شوری دمای سطح برگ با دماسنج مادون قرمز (فرو سرخ) مدل (kyoritsu-5500) در 3 مرحله، درجه سبزی برگ با دستگاه کلروفیل سنج SPAD قبل و بعد از اعمال تنش شوری، قطر با کولیس، ارتفاع گیاه با خط کش، مساحت برگ و تعداد برگ اندازه‌گیری گردید. درصد نشت یون به روش لوتس و همکاران (1996a) اندازه‌گیری شد. بدین منظور برگ‌های تازه به طور دقیق با مواد شوینده و آب مقطر شسته شد و سپس با آب دوباره تقطیر آبکشی گردید. از هر برگ، 2 دیسک به قطر یک سانتی‌متر تهیه گردید و درون ارلن‌های حاوی 10 میلی لیتر آب دوبار تقطیر منتقل شد و در دمای اطاق (25 درجه سانتی‌گراد) روی شیکر قرار گرفت و پس از 24 ساعت هدایت الکتریکی آب داخل ارلن اندازه‌گیری شد (Lt). ظرف‌های حاوی نمونه به مدت یک ساعت درون اتوکلاو در دمای 120 درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. مجدداً هدایت الکتریکی نمونه‌ها اندازه‌گیری شد (Lo). در نهایت درصد نشت یون با فرمول زیر محاسبه گردید:

$$100 \times (Lt/Lo) = \text{درصد نشت یون}$$

بعد از گذشت 6 ماه از کشت اصلی برداشت گیاه صورت گرفت. مقداری از ریشه‌ها (0/5 گرم) نمونه-برداری و برای اندازه‌گیری درصد کلینزاسیون ریشه در محلول فرمالدئید-اسید استیک - الکل با نسبت حجمی 90-5-5 برای مدت 2 ماه نگهداری گردید. رنگ‌آمیزی و تعیین درصد کلینزاسیون ریشه به روش خطوط متقاطع به روش کورمانیک و مک گرو (1982) انجام گردید. اندام‌های گیاه شامل اندام هوایی و ریشه با استفاده از آب مقطر شستشو و در آون در دمای 70 درجه سلسیوس تا زمانی که وزن خشک آنها ثابت شود قرار داده شدند و سپس وزن آنها تعیین گردید. مقدار عناصر غذایی فسفر، پتاسیم و سدیم اندام هوایی گیاه بعد از خاکستر شدن و حل در اسید کلریدریک 2 مولار با روش‌های رایج اندازه-گیری گردید (امامی، 1375). تجزیه آماری با کمک نرم افزار آماری SAS و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون LSD انجام و نمودارها با Excel رسم گردید.

اتونیکاتوم، گلواموس اتونیکاتوم می‌باشد (سایت اینترنتی <http://schuessler.userweb.mwn.de/amphylo>).

خاک به مقدار مورد نیاز کشت اصلی از افق سطحی (صفر تا 20 سانتی متری) از سری دانشکده با نام علمی Cambisols Calcic (در سیستم طبقه‌بندی فائو) و mixed, fine, mesic, calcixerollic, Xerochrept (در طبقه بندی آمریکایی) برداشت و در دمای 121 درجه سلسیوس و فشار بخار آب 1/1 اتمسفر به مدت نیم ساعت در دو مرحله سترون (اتوکلاو) شد (الخلیل، 2010). خاک بر اساس روش‌های استاندارد تجزیه گردید و به مقدار 5 کیلوگرم به هر گلدان افزوده گردید. بافت خاک به روش هیدرومتر (گی و باندر، 1986)، ماده آلی به روش اکسایش با اسید کرومیک و سپس تیتره کردن با فروآمونیم سولفات (نلسون و سامر، 1996)، پ هاش در خمیر اشباع خاک به وسیله الکتروشیشه‌ای (توماس، 1996)، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع (رودز، 1996)، فسفر قابل استفاده به وسیله بیکربنات سدیم (اولسن و سامرز، 1982)، غلظت عناصر کم مصرف عصاره‌گیری شده با دی. تی. پی. آ. به وسیله دستگاه جذب اتمی (لیندسی و نورول، 1978)، رطوبت‌های اشباع، ظرفیت مزرعه و پزمردگی دائم با روش کلوت (1986) و ظرفیت تبادل کاتیونی با روش چاپمن (1965) اندازه‌گیری گردید. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول 1 ارائه شده است.

گلدان‌هایی بدون زهکش انتخاب و با الکل سترون سطحی گردید. بر اساس آزمون خاک مقدار 100 میلی‌گرم در کیلوگرم نیتروژن از منبع اوره، آهن، مس، روی و منگنز هر کدام به مقدار 5 میلی‌گرم در کیلوگرم به ترتیب از منابع سولفات آهن، سولفات مس، سولفات روی و سولفات منگنز به خاک اضافه گردید. دانه‌ها به تعداد 2 عدد در هر گلدان منتقل شد. برای تلقیح قارچ کلارویدئوگلواموس اتونیکاتوم مقدار 70 گرم از مایه تلقیح قارچ شامل اسپور (9 اسپور در هر گرم بستر)، هیف و قطعات کلنیزه شده (75%) و کلنیزه نشده ریشه‌ای و بستر در 5 سانتیمتری خاک گلدان و در کنار ریشه دانه‌ها قرار داده شد. به منظور حفظ جمعیت میکروبی غیر از قارچ میکوریز و یکسان شدن وزن گلدان‌ها، مقدار 70 گرم از بستر گلدان‌های شاهد تلقیح نشده با قارچ که در مرحله کشت تله نگهداری شده بودند به تیمارهای بدون قارچ در کشت اصلی اضافه گردید. بعد از گذشت یک ماه از کشت اصلی (تلقیح قارچ) تیمارهای شوری اعمال گردید. به منظور اعمال تیمار شوری مقدار نمک مورد نیاز از منبع کلرید سدیم محاسبه و برای جلوگیری از تنش به

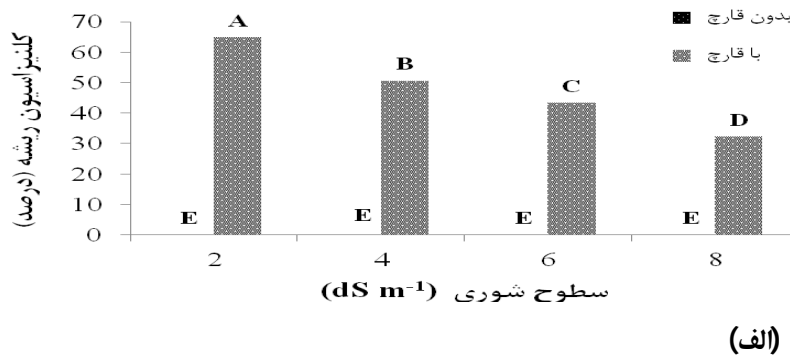
جدول 1- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

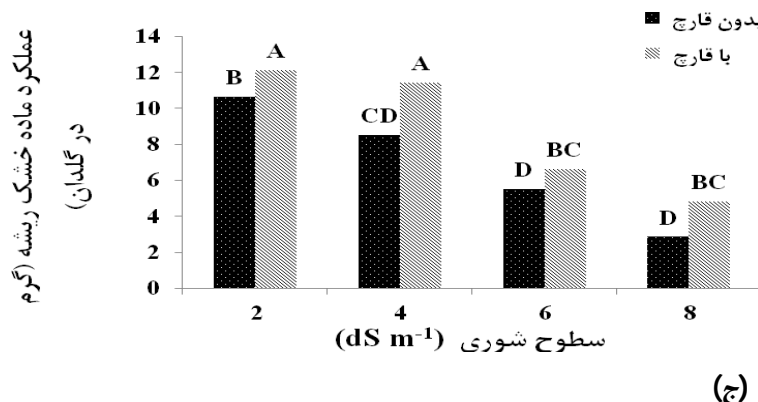
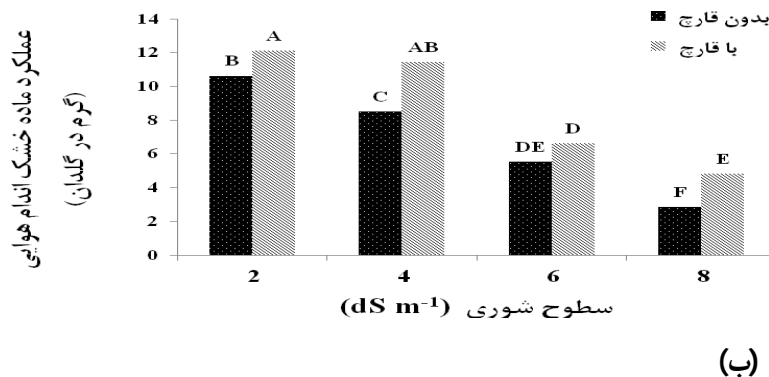
خصوصیات خاک (واحد)		خصوصیات خاک (واحد)	
0/93	ماده آلی (درصد)	لوم رسی شنی	بافت
24	ظرفیت تبادل کاتیونی ($\text{cmol}^+ \text{kg}^{-1}$)	23/7	رطوبت ظرفیت مزرعه (%)
9	فسفر محلول در بیکربنات سدیم (mg kg^{-1})	9/83	رطوبت نقطه پژمردگی دائم (%)
1/50	مس قابل استخراج با دی.تی.پی.ا (mg kg^{-1})	45	رطوبت اشباع (%)
2/66	آهن قابل استخراج با دی.تی.پی.ا (mg kg^{-1})	7/96	بهباش عصاره اشباع
4/30	منگنز قابل استخراج با دی.تی.پی.ا (mg kg^{-1})	0/33	قابلیت هدایت الکتریکی (dS m^{-1})
		0/97	روی قابل استخراج با دی.تی.پی.ا (mg kg^{-1})

نتایج

شوری و بدون تنش گردید. بطوری‌که در تمام سطوح تنش بجز شوری با قابلیت هدایت الکتریکی برابر با 6 دسی‌زیمنس بر متر بین گیاهان میکوریزی و غیر میکوریزی اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید (شکل 1 ب). عملکرد ماده خشک ریشه نیز روندی مشابه با اندام هوایی داشت. در تمام تیمارهای تنش شوری بین گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریز و بدون تلقیح قارچ میکوریز اختلاف معنی‌دار وجود داشته، بطوری‌که قارچ موجب افزایش 14، 34، 20 و 69 درصد به ترتیب با افزایش شدت تنش شوری در عملکرد ماده خشک ریشه شده است (شکل 1 ج).

در تیمارهای بدون حضور قارچ میکوریز هیچ گونه اندام قارچی مشاهده نگردید در حالیکه در تیمارهای میکوریزی، قارچ میکوریز آربوسکولار ریشه‌های پایه راف لمون را به خوبی کلنیزه نمود. تنش شوری تاثیر منفی بر درصد کلنیزاسیون ریشه داشت به طوری‌که در تیمارهای بدون تنش شوری درصد کلنیزاسیون ریشه 65 درصد بود و در سطح تنش شوری شدید این میزان به 32 درصد کاهش یافت (شکل 1 الف). با افزایش شدت تنش شوری عملکرد ماده خشک اندام هوایی به شدت کاهش یافت. حضور قارچ میکوریز آربوسکولار سبب افزایش عملکرد ماده خشک اندام هوایی در پایه راف لمون در شرایط تنش





شکل 1- مقایسه میانگین کلنیزاسیون ریشه (الف)، عملکرد ماده خشک اندام هوایی (ب) و ریشه (ج) پایه راف لمون تلقیح شده با قارچ کلارویدئوگلووموس اتونیکاتوم در شرایط تنش شوری

د). در مورد قطر پایین ساقه، روند مشابه قطر بالای ساقه بوده است (شکل 2 ذ).

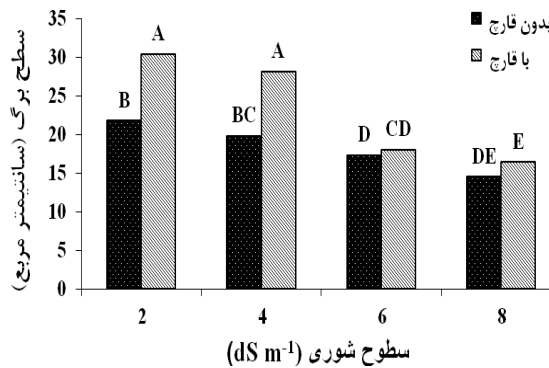
اندازه‌گیری دمای سطح برگ در سه مرحله نشان داده است که با افزایش شدت تنش شوری دمای سطح برگ در تیمارهای دارای قارچ و بدون قارچ افزایش یافته است. در تمام سطح‌های تنش شوری و در تمام دوره‌های اندازه‌گیری تیمارهای میکوریزی در مقایسه با تیمارهای غیر میکوریزی، دمای سطح برگ را کاهش داده است. بیشترین دماهای سطح برگ را در دوره اول اندازه‌گیری یعنی 30 روز بعد از اعمال تنش شوری و کمترین دماهای سطح برگ در آخرین مرحله اندازه‌گیری بوده است (شکل 3 الف، ب، ج).

قبل از اعمال تنش شوری بین عدد قرائت شده کلروفیل متر اختلاف معنی‌دار وجود نداشته است هرچند که در تیمارهای دارای قارچ مقدار این عدد نسبت به تیمارهای بدون قارچ بیشتر بوده است. اما بعد از اعمال تنش شوری بین سطح‌های تنش شوری اختلاف معنی‌دار بوده است و تنش شوری سبب کاهش عدد قرائت شده با کلروفیل متر شده بطوری‌که با افزایش شدت تنش شوری

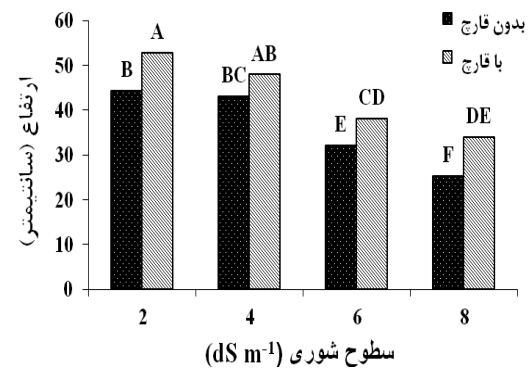
با افزایش شدت تنش شوری ارتفاع ساقه در پایه راف لمون کاهش یافت. تأثیر قارچ بر طول ساقه معنی‌دار بود. بطوری‌که قارچ با افزایش سطح‌های تنش شوری به ترتیب سبب افزایش 19، 11، 18 و 34 درصد در ارتفاع ساقه شده است و بیشترین اثر قارچ بر ارتفاع ساقه در زمانی بوده است که شوری با قابلیت هدایت الکتریکی برابر با 8 دسی زیمنس بر متر اعمال شد (شکل 2 الف). با بررسی اثر تنش شوری و قارچ میکوریز بر سطح برگ پایه راف لمون مشخص می‌شود افزایش تنش شوری کاهش سطح برگ راف لمون را در پی داشته و قارچ سبب افزایش سطح برگ شده است (شکل 2 ب). عکس العمل تعداد برگ نسبت به تنش شوری مشابه سایر پارامترهای مورفولوژیک بوده است. یعنی با افزایش شدت تنش شوری تعداد برگ تا اندازه‌ای کاهش یافته است و قارچ نیز سبب افزایش تعداد برگ نسبت به تیمارهای بدون قارچ شده، هر چند که تأثیر آن معنی‌دار نبوده است (شکل 2 ج). اثر قارچ بر قطر بالای ساقه در هیچ یک از سطح‌های تنش شوری اعمال شده معنی‌دار نبوده، هر چند که قارچ سبب افزایش قطر بالای ساقه شده است (شکل 2

نسبت به تیمارهای بدون قارچ با افزایش شدت تنش شوری به ترتیب عدد قرائت شده توسط کلرفیل متر 14، 8، 11 و 15 درصد افزایش یافته است (شکل 3 د، ذ).

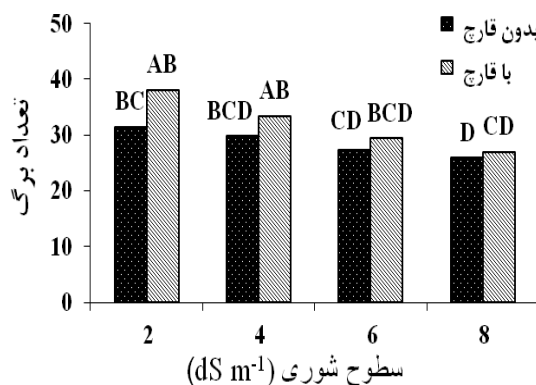
به ترتیب 3، 17 و 24 درصد عدد قرائت شده توسط کلروفیل متر کاهش یافته است. قارچ سبب افزایش این قرائت شده است به طوری که در تیمارهای دارای قارچ



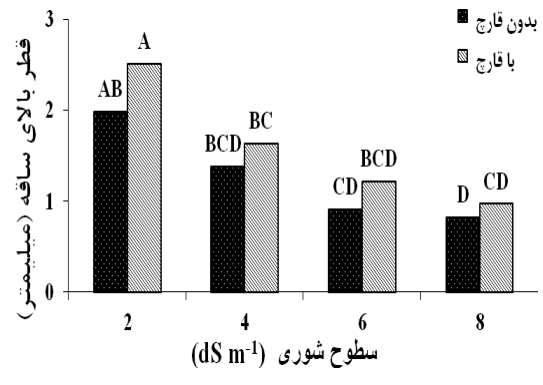
(ب)



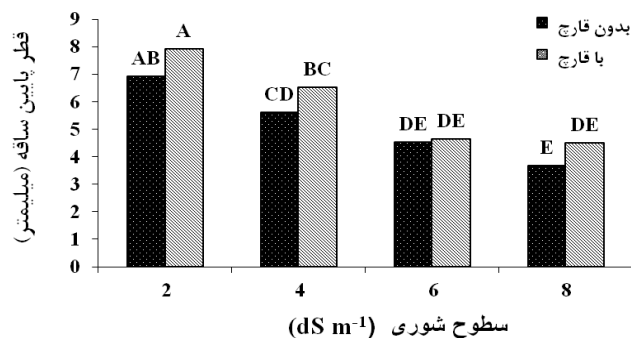
(الف)



(د)

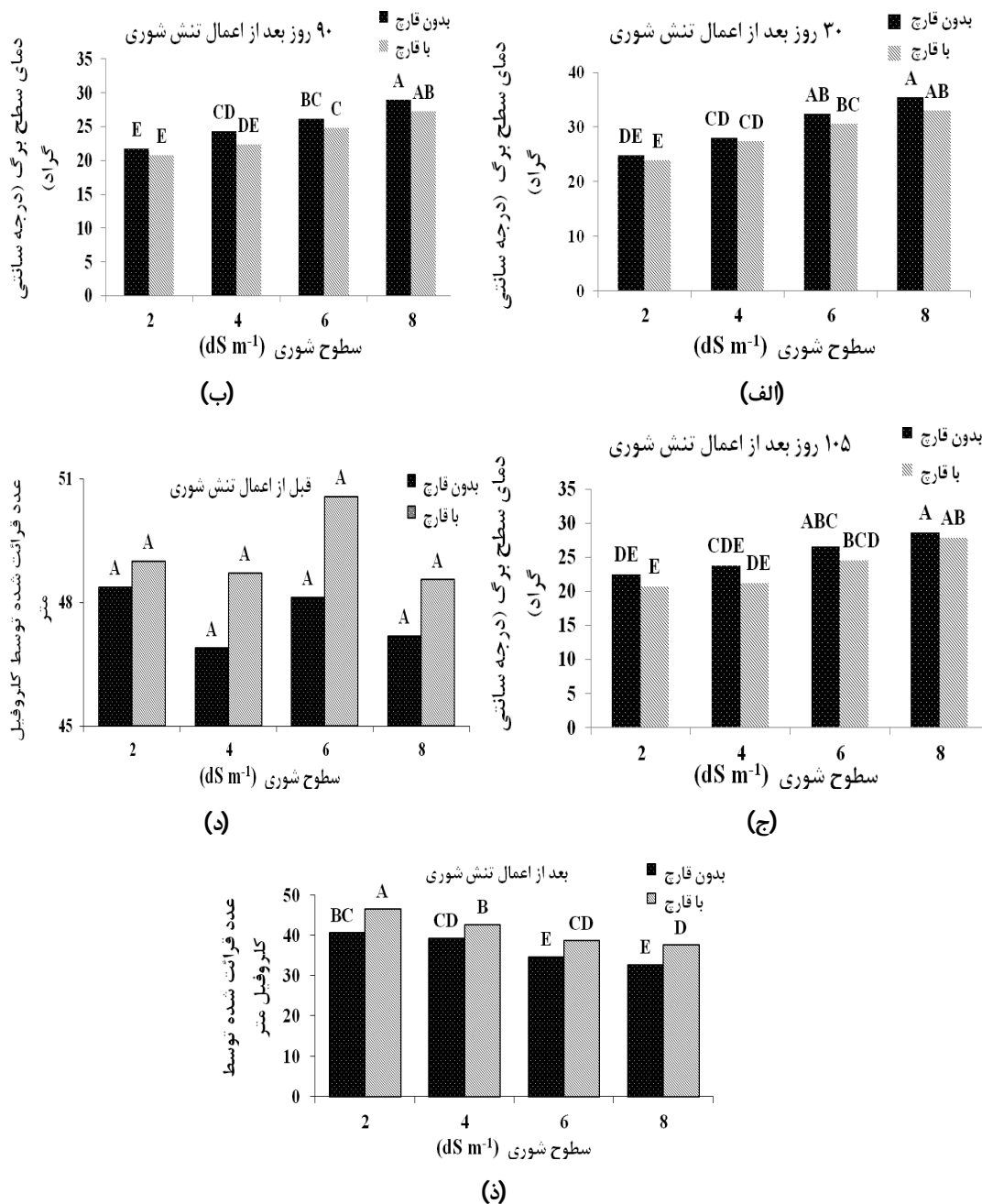


(ج)



(ذ)

شکل 2- مقایسه میانگین ارتفاع ساقه (الف)، سطح برگ (ب)، تعداد برگ (ج)، قطر بالای ساقه (د) و قطر پایین ساقه (ذ) در پایه راف لیمون تلقیح شده با قارچ کلارویدئوگلوکوموس اتونیکاتوم در شرایط تنش شوری



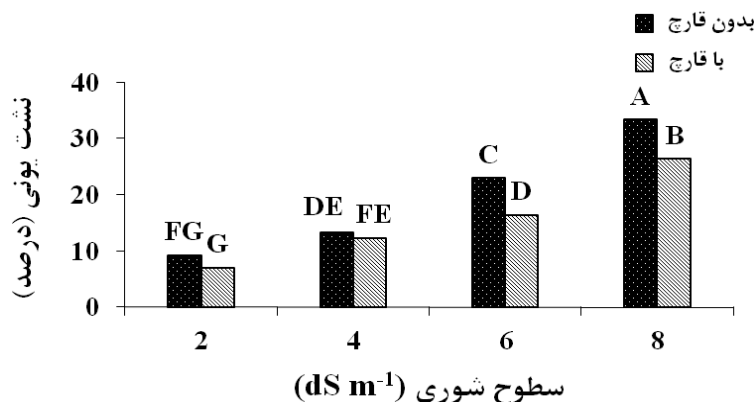
شکل 3- مقایسه میانگین دمای سطح برگ 30 (الف)، 90 (ب)، 105 روز بعد از اعمال تنش شوری (ج) و عدد قرائت شده توسط کلروفیل متر قبل از اعمال تنش شوری (د) و بعد از اعمال تنش شوری (ذ) در پایه راف لمون تلقیح شده با قارچ کلاروبیدئوگلوکوموس اتونیکاتوم در شرایط تنش شوری

در تیمارهای میکوریزی و بدون قارچ، با افزایش سطوح شوری مقدار جذب فسفر و پتاسیم بطور معنی-داری کاهش یافت. در تیمارهای میکوریزی در هر سطح شوری مقدار جذب فسفر و در همه سطوح شوری به جز 6 دسی‌زیمنس بر متر مقدار جذب پتاسیم بطور معنی‌داری در مقایسه با تیمارهای بدون قارچ بالاتر بود (جدول 2). در هر سطح شوری، بین مقدار جذب سدیم

با افزایش شدت تنش شوری نشت یونی در برگ افزایش یافته است و تنش شوری سبب افزایش معنی‌دار نشت یونی شده است. در تمام سطح‌های تنش شوری در تیمارهای میکوریزی نشت یونی نسبت به تیمارهای غیر میکوریزی کاهش یافته است. در دو سطح تنش شوری 2 و 4 دسی‌زیمنس بر متر بین تیمارهای میکوریزی و غیر میکوریزی اختلاف معنی‌دار نداشته است (شکل 4).

در تیمارهای بدون قارچ، با افزایش سطوح شوری تا 6 دسی‌زیمنس بر متر جذب سدیم افزایش معنی‌دار یافت ولی در سطح شوری 8 دسی‌زیمنس بر متر کاهش یافت که در مقایسه با شوری 2 دسی‌زیمنس بر متر اختلاف معنی‌دار نبود (جدول 2).

تیمارهای میکوریزی و بدون قارچ اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. در تیمارهای میکوریزی بین مقدار سدیم جذب شده در سطوح شوری 4، 6 و 8 دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید و در مقایسه آنها با سطح شوری 2 دسی‌زیمنس بر متر افزایش معنی‌دار بود.



شکل 4- مقایسه میانگین نسبت یونی در پایه راف لمون تلقیح شده با قارچ کلارویدئوگلوبوس اتونیکاتوم در شرایط تنش شوری

جدول 2- مقایسه میانگین مقدار جذب عناصر غذایی فسفر، پتاسیم و سدیم (میلی گرم در گلدان) در اندام هوایی پایه راف لمون تلقیح شده با قارچ کلارویدئوگلوبوس اتونیکاتوم در شرایط تنش شوری
قابلیت هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)

8	6	4	2	
18/44 F	38/93 DE	68/30 C	110/45 A	جذب فسفر
43/53 D	73/22 C	147/48 A	160/34 A	بدون قارچ
				با قارچ
4/62 G	10/40 FG	19/15 DE	24/66 CD	جذب پتاسیم
11/43 E	17/67 DEF	33/14 BC	48/60 A	بدون قارچ
				با قارچ
7/47 DEF	14/31 ABC	12/21 CD	4/57 F	جذب سدیم
10/22 CD	10/98 CD	11/73 CD	4/26 F	بدون قارچ
				با قارچ

در مورد هر عنصر غذایی، اعداد با حروف مشابه (با آزمون LSD) اختلاف معنی‌داری ندارند.

بحث

هوایی و ریشه و جذب عناصر غذایی فسفر و پتاسیم اندام هوایی را کاهش یافته است زیرا شوری سبب کاهش تندش اسپور و کاهش تولید هیف می‌شود و در نتیجه کلنیزاسیون ریشه را کاهش می‌دهد (جهرمی و همکاران، 2008). بیشترین اثر شوری بر کلنیزاسیون قارچ در مراحل تندش اسپور است که نمک با تغییر و کاهش ترشحات ریشه‌ای مانع جوانه زنی و گسترش سیستم هیف می‌شوند (ویلسون، 1984). تنش شوری عملکرد ماده خشک اندام

با افزایش شدت تنش شوری درصد کلنیزاسیون ریشه کاهش یافته است زیرا شوری سبب کاهش تندش اسپور و کاهش تولید هیف می‌شود و در نتیجه کلنیزاسیون ریشه را کاهش می‌دهد (جهرمی و همکاران، 2008). بیشترین اثر شوری بر کلنیزاسیون قارچ در مراحل تندش اسپور است که نمک با تغییر و کاهش ترشحات ریشه‌ای مانع جوانه زنی و گسترش سیستم هیف می‌شوند (ویلسون، 1984). تنش شوری عملکرد ماده خشک اندام

افزایش طول و تغییرات مورفولوژیکی ریشه گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریز آربسکولار نیز اتفاق می‌افتد (دهنی، 1989). در گیاهان دارای قارچ میکوریز هدایت روزنه‌ای و تنفس بالاتر دارند (دل امیکو و همکاران، 2002). گیاهان دارای میکوریز به دلیل تجمع املاح محلول دارای پتانسیل اسمزی پایین‌تری می‌باشند که سبب تنظیم اسمزی در گیاهان میزبان می‌شوند و گیاهان در مقدارهای آب کمتر دچار آماس و پتانسیل آب بالاتری می‌شوند. با افزایش شدت تنش شوری دمای سطح برگ افزایش پیدا می‌کند. با افزایش تنش شوری، روزنه‌های گیاه بسته می‌شود تا مقدار تبخیر آب از سطح گیاه کاهش یابد. که در نتیجه آن دمای سطح برگ افزایش می‌یابد. قارچ‌های میکوریز آربسکولار با کمک به باز نگه داشتن روزنه‌ها از کاهش تفرق آب و افزایش دمای سطح برگ جلوگیری می‌کند. تفرق باعث خنک شدن سطح برگ و ایجاد تعادل دمایی می‌شود. با بسته شدن روزنه‌ها تبادلات گازی کم می‌شود که همین موضوع نیز به افزایش دمای سطح برگ کمک می‌کند.

قارچ‌های میکوریزی با باز نگه داشتن روزنه‌ها، به افزایش تبادلات گازی کمک می‌کنند. محققین نشان داده‌اند که افزایش تبادلات گازی در گیاهان دارای قارچ سبب تعدیل گرمایی و کاهش دمای سطح برگ می‌شود (آج، 2004، ریزولوزانو، 2003). تنش شوری سبب افزایش معنی‌دار نشت یونی در تیمارهای در معرض تنش شوری نسبت به تیمارهای بدون تنش می‌شود (لیتوس و همکاران، 1996b). غلظت بالای نمک سبب افزایش نفوذ پذیری غشاء می‌شود و در طی تحقیق اثر قارچ میکوریز بر گیاه گوجه‌فرنگی مشخص شد قارچ میکوریز نشت یونی برگ‌های گوجه‌فرنگی در معرض تنش شوری را کاهش داده است (زنگوم و همکاران، 2007). قارچ‌های میکوریز آربسکولار سبب افزایش غلظت الکترولیت‌ها در گیاهان میزبان می‌شوند در نتیجه هدایت الکتریکی در ریشه گیاهان میکوریزی نسبت به گیاهان غیر میکوریزی افزایش می‌دهند و گزارش‌ها نشان می‌دهد پایداری غشاء در گیاهان آکاسیای میکوریزی در سطوح مختلف تنش شوری از منبع کلرید سدیم نسبت به گیاهان غیر میکوریزی بیشتر است (گرگ و ماچاندان، 2008). کایا و همکاران (2009) گزارش کردند که برگ‌های فلفل در تنش‌های شوری 50 و 100 میلی مولار از منبع کلرید سدیم دارای نشت یونی به ترتیب 31/66 و 42/45 درصد بوده و در گیاهان میکوریزی به ترتیب 26/87 و 30/98 درصد و قارچ میکوریز نشت یونی را کاهش داده است. وجود یون‌های کلر و سدیم در سلول منجر به تولید

آب یافت و رشد کاهش پیدا می‌کند. گیاهان در خاک‌های شور در معرض خشکی فیزیولوژیک قرار دارند. یون‌های کلر و سدیم با آب پیوند برقرار کرده مانع حرکت آن به داخل گیاه می‌شوند (فوضی و همکاران، 2008). علت کاهش ارتفاع گیاه در هنگام مواجه شدن با تنش شوری کاهش تقسیم سلولی در مریستم نوک ساقه و کاهش فشار تورژسانس است. تقسیم سلولی سبب افزایش ارتفاع می‌شود و فشار تورژسانس باعث طویل شدن سلول‌ها می‌شود. علت کاهش تعداد برگ و سطح برگ در زمان تنش شوری، کاهش سرعت تقسیم سلولی و فشار تورژسانس است که به کم کردن سطح تبخیر و تفرق گیاه برای جلوگیری از هدر روی آب کمک می‌نماید و این عمل با ترشح هورمون‌های مؤثر در ریزش برگ و هورمون‌های مؤثر در کاهش تقسیم سلولی صورت می‌گیرد (تایز و زایگر، 2006). از نتایج تنش بر فیزیولوژی گیاه کاهش در رشد سبزینه‌ای گیاه و بخصوص کاهش در رشد اندام هوایی گیاه بدلیل کاهش تقسیم سلولی در شرایط تنش است. کاهش سطح و تعداد برگ‌ها موجب کاهش تنفس می‌شود (کلوز، 1997).

کاهش سطح برگ پاسخی به تنش است. رشد برگ‌ها نسبت به سایر قسمت‌های گیاه نسبت به تنش حساس‌تر است و با شروع تنش شوری اولین پاسخ گیاه کاهش سطح برگ است تا بدین وسیله از تبخیر و هدر روی آب جلوگیری کند و این عمل با ترشح هورمون‌های که عامل تقسیم سلولی و گسترش سطح برگ هستند صورت می‌گیرد. افزایش شوری سبب کاهش کلروفیل در گیاهان می‌شود (شنگ و همکاران، 2008) زیرا شوری سبب متوقف کردن یکسری از آنزیم‌هایی که مسئول سنتز رنگدانه‌های فتوسنتز هستند می‌گردد (مارکوت و همکاران، 2006) و سبب کاهش جذب عناصر معدنی که برای سنتز کلروفیل لازم است، می‌شود و همچنین غلظت کلروفیل برگ را کاهش می‌دهد (زوکارینا، 2007). وجود غلظت بالاتر عناصر غذایی در برگ گیاهان در معرض تنش شوری تلقیح شده با قارچ میکوریز به وسیله محققین زیادی گزارش شده است (جری و موکورجی، 2004، کولا و همکاران، 2008، شنگ و همکاران، 2008). قارچ میکوریز قادر است اثر ضدیت بین سدیم و سایر عناصر غذایی را کاهش دهد (جری و موکورجی، 2004). کلنیزاسیون ریشه گیاهان میزبان توسط قارچ سبب بالاتر بودن میزان آب در گیاهان میزبان می‌شود (کولا، 2008) این عمل با افزایش هدایت هیدرولیکی ریشه در پتانسیل‌های پایین آب صورت می‌گیرد (کوپر و همکاران، 2008). این بهبود در هدایت هیدرولیکی ریشه بوسیله

ریشه، تعداد و سطح برگ، ارتفاع اندام هوایی، عدد قرائت شده توسط کلروفیل متر جذب پتاسیم (به جز 6 دسی - زیمنس بر متر) و جذب فسفر در مقایسه با تیمارهای بدون حضور قارچ افزایش و دمای سطح برگ و نشت یونی کاهش یافت. در سطوح شوری 4، 6 و 8 دسی زیمنس بر متر، در تیمارهای میکوریزی جذب سدیم اختلاف معنی داری نداشت. نتایج نشان داد که قارچ کلارویدنوگلوبوموس اتونیکاتوم می تواند اثرات منفی ناشی از تنش شوری در گیاه میزبان را کاهش دهد.

سپاسگزاری

از حمایت های دانشگاه شیراز در انجام این پژوهش تشکر می گردد.

رادیکاهای آزاد درون سلول می شود و در نتیجه چربی های غیر اشباع غشاء داخل سلول اکسید شده و ساختار غشاء دچار مشکل می شود. در شرایط تنش شوری، قارچ های میکوریز با افزایش جذب عناصر غذایی و افزایش تولید آنتی اکسیدان ها سبب افزایش پایداری و کاهش نفوذپذیری غشاء پلاسمایی گیاهان میزبان می شوند (فینگ و همکاران، 2002).

نتیجه گیری کلی

تنش شوری پارامترهای رشد و جذب فسفر و پتاسیم اندام هوایی گیاه رافلمون را کاهش، اما دمای سطح برگ و نشت یونی برگ و جذب سدیم اندام هوایی گیاه را افزایش داد. در تیمارهای میکوریزی، در شرایط تنش شوری و بدون تنش عملکرد ماده خشک اندام هوایی و

فهرست منابع:

1. امامی، ع. 1375. روش های تجزیه گیاه، جلد اول، نشریه شماره 982، موسسه تحقیقات خاک و آب.
2. بی نام. 1375. گزارش پژوهشی بخش نهال و بذر استان خوزستان و کرمان.
3. بی نام. 1377. نشریه گردهمایی سالیانه موسسه تحقیقات مرکبات کشور. انتشارات موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر (کرج).
4. Ali, S., Mannan, A., El Oirdi, M., Waheed, A. and Mirza, B. 2012. Agrobacterium-mediated transformation of rough lemon (*Citrus jambhiri* Lush.) with yeast HAL2 gene. BMC Research Notes 5:285
5. Al-Karaki, G.N. and Al-Raddad, A. 1997. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress on growth and nutrient uptake of two wheat genotypes differing in drought resistance Mycorrhiza. 7:83-88.
6. Al-Khalieel, A.S. 2010. Effects of arbuscular mycorrhization in sterile and non-sterile soils. Tropical Life Sciences Research, 21(1): 55-70.
7. Auge, R.M. 2004. Arbuscular mycorrhizae and soil/plant water relations. Canadian Journal of Soil Science 84:373-81.
8. Banuls, J., Legaz, F. and Primo-Millo, E. 1990. Effect of salinity on uptake and distribution of chloride and sodium in some citrus scion- rootstock combinations. Journal of Horticultural Science 65:715-24
9. Chapman, H.D. 1965. Cation exchange capacity. p. 891-901. In: Black, C.A., Evans, D.D., Ensminger, L.E., White, J.L., Clark, F.E., (eds.). Methods of soil analysis. Chemical and microbiological properties. Part 2. 2nd ed. Agron. Monogr. No. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
10. Close, T.J. 1997. Dehydrins: a commonality in the response of plants to dehydration and low temperature. Physiologia Plantarum 100:291-296.
11. Colla, G., Roupheal, Y., Cardarelli, M., Tullio, M., Rivera, C.M. and Rea, E. 2008. Alleviation of salt stress by arbuscular mycorrhizal in zucchini plants grown at low and high phosphorus concentration. Biology and Fertility of Soils 44:501-509.
12. Davies, F.S. and Albrigo, L.G. 1998. Citrus. In: Atherton, J. and Rees, A. (eds.), Crop production science in horticulture, vol. 2. CAB International, Wallingford, UK.
13. Dehne, H.W. 1982. Interaction between vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and plant pathogens. Phytopathology 72:1115-1119.

14. Dell'Amico, J., Torrecillas, A., Rodriguez, P., Morte A. and Sanchez-Blanco, M. 2002. Responses of tomato plants associated with the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus clarum* during drought and recovery. *Journal of Agricultural Science*. 138:387–393.
15. Evelin, H., Kapoor, R., and Giri, B. 2009. Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: a review. *Annals of Botany* 104:1263–1280.
16. Feng, G., Zhang, F.S., Li, X.l., Tian, C.Y., Tang, C. and Rengel, Z. 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.
17. Fuzy, A., Biro, B., Toth, T., Hildebrandt, U., Bothe, H. 2008. Drought, but not salinity, determines the apparent effectiveness of halophytes colonized by arbuscular mycorrhizal fungi. *Journal of Plant Physiology* 65:1181–1192.
18. Garg, N. and Manchanda, G. 2008. Effect of arbuscular mycorrhizal inoculation of salt-induced nodule senescence in *Cajanus cajan* (pigeonpea). *Journal of Plant Growth Regulators* 27:115–124.
19. Gee, G.W. and Bauder, J.W. 1986. Particle size analysis. p. 383-411. Klute, A. (ed.), *Methods of Soil Analysis. Physical and mineralogical methods. Part 1. 2nd ed. Agron. Monogr. No. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.*
20. Giri, B. and Mukerji, K.G. 2004. Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in *Sesbania aegyptiaca* and *Sesbania grandiflora* under field conditions: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake. *Mycorrhiza* 14:307–312.
21. Giri, B., Kapoor, R. and Mukerji, K.G. 2003. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and salinity on growth, biomass and mineral nutrition of *Acacia auriculiformis*. *Biology and Fertility of Soils* 38:170–175.
22. Jahromi, F., Aroca, R., Porcel, R. and Ruiz-Lozano, J.M. 2008. Influence of salinity on the in vitro development of *Glomus intraradices* and on the in vivo physiological and molecular responses of mycorrhizal lettuce plants. *Microbial Ecology* 55:45–53.
23. Juniper, S. and Abbott, L.K. 1993. Vesicular-arbuscular mycorrhizas and soil salinity. *Mycorrhiza* 4:45–57.
24. Kapoor, R., Sharma, D. and Bhatnagar, A.K. 2008. Arbuscular mycorrhizae in micropropagation systems and their potential applications. *Scientia Horticulturae* 116:227–239.
25. Kaya, C., Ashraf, M., Sonmez, O., Aydemir, S., Tuna, A.L. and Cullu, M.A. 2009. The influence of arbuscular mycorrhizal colonization on key growth parameters and fruit yield of pepper plants grown at high salinity. *Scientia Horticulturae* 121:1–6.
26. Klute, A. 1986. Water retention: Laboratory methods. p. 635–662. In: Klute, A.L. (ed.) *Methods of soil analysis. Physical and mineralogical methods. Part 1. 2nd ed. Agron. Monogr. No. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.*
27. Kormanik P.P. and McGraw, A.C. 1982. Quantification of vesicular-arbuscular mycorrhizae in plant root. p. 37-45. In: Schenk, N.C. (ed.) *Methods and principles of mycorrhizal research*. St. Paul, American Phytopathological Society .
28. Linderman, R.G. 1994. Role of VAM in biocontrol. p. 1–26. In: Pflieger, F.L., Linderman, R.G. (eds.) *Mycorrhizae and plant health*. St. Paul, American Phytopathological Society.
29. Lindsay, W.L. and Norvell, W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of America Journal* 42: 241–428.
30. Lutts, S., Kinet, J.M. and Bouharmont, J. 1996a. Effects of various salts and mannitol on ion and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in rice (*Oryza sativa* L.) callus cultures. *Journal of Plant Physiology* 149:1896-905.

31. Lutts, S., Kinet, J.M. and Bouharmont, J. 1996b. NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. Annual Botany 78: 389-398.
32. Mannan, A., El Oirdi, M., Waheed, A. and Mirza, B. 2012. Agrobacterium-mediated transformation of rough lemon (*Citrus jambhiri* Lush.) with yeast HAL2 gene. BMC Research Notes 5:285.
33. Misra, A.N., Latowski, D. and Strzalka, K. 2006. The xanthophylls cycle activity in kidney bean and cabbage leaves under salinity stress. Russian Journal of Plant Physiology 53:102–109.
34. Murkute, A.A., Sharma S. and Singh, S.K. 2006. Studies on salt stress tolerance of citrus rootstock genotypes with arbuscular mycorrhizal fungi. Horticultural Science 33:70–76
35. Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1996. Total carbon, organic carbon, and organic Matter. p. 961-1010. In: Sparks, D.L. (Ed.), Methods of soil analysis. Chemical methods. Part 3. Soil Science Society of America Book Series Number 5. American Society of Agronomy, Madison, WI,.
36. Olsen, S.R., Sommers, L.E., 1982. Phosphorus. p. 403–427. In: Page, A.L., Miller, L.H., Keeney, D.R. (Eds.), Methods of Soil Analysis. Chemical and microbiological properties. Part 2. 2nd ed. Agronomy Monograph, vol. 9, American Society of Agronomy, Madison, WI.
37. Parniske, M. 2008. Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses. Nature Reviews Microbiology 6:763–775.
38. Rhoades, J.D. 1996. Salinity: Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids. p. 417-435. In. Sparks, D.L (ed.). Methods of Soil Analysis. Chemical Methods. Part 3. Soil Science Society of America Book Series 5. SSSA and ASA, Madison, WI..
39. Ruiz-Lozano, J.M. 2003. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and alleviation of osmotic stress: new perspectives for molecular studies. Mycorrhiza 13:309–317.
40. Sharma, L.K., Manisha, K., Sukhwinder, K.B. and Choudhary, O.P. 2013. Evaluation of rough lemon (*Citrus jambhiri* Lush.) as rootstock for salinity tolerance at seedling stage under in vitro conditions. African Journal of Biotechnology 12(44): 6267-6275.
41. Sheng, M., Tang, M., Chan, H., Yang, B., Zhang, F. and Huang, Y. 2008. Influence of arbuscular mycorrhizae on photosynthesis and water status of maize plants under salt stress. Mycorrhiza 18:287–296.
42. Smith, S.E. and Read, D.J. 2008. Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, London.
43. Tabatabaei, S.J. 2006. Effects of salinity and N on the growth, photosynthesis and N status of olive (*Olea europaea* L.) trees. Scientia Horticulturae 108: 432- 438.
44. Taiz, L., and Zeiger, E. 2006. Plant physiology. 4th ed. Saunderland, MA: Sinauer.
45. Thomas, G. W. 1996. Soil pH and soil acidity. p. 475-490. In: Bigham, J.M. (ed.). Methods of soil analysis: Chemical methods. Part 3. Book Series, No. 5. SSSA and ASA, Madison, WI.
46. Wilson, J.N. 1984. Comparative development of infection by three vesicular arbuscular mycorrhizal fungi. New Phytologist 97:413–426
47. Zhongoun, H., Chaoxing, H., Zhibin, Z. and Huaisong, W. 2007. Changes of antioxidative enzymes and cell membrane osmosis in tomato colonized by arbuscular mycorrhizae under NaCl stress. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 59:128-133.
48. Zuccarini, P. 2007. Mycorrhizal infection ameliorates chlorophyll content and nutrient uptake of lettuce exposed to saline irrigation. Plant, Soil and Environment. 53:283–289.