Downloaded from pistachioj.ir at 19:15 +0330 on Sunday February 25th 2018

بررسی نقش همزیستی میکوریزی در روابط آبی و برخی ترکیبات اسمولیت سه پایه پسته (سرخس، بنه باغی و ابارقی) در شرایط تنش شوری

مسعود فتاحی[۱] و محمد حسین شمشیری[۲*]

تاریخ دریافت:۱۳۹۳/۲/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۸/۱۰

چکیده

به‌منظور بررسی تاثیر همزیستی قارچ میکوریز آربسکولار (*Glomus mosseae*) و مقایسه سه پایه پسته از نظر مقایسه روابط آبی و تجمع برخی از ترکیبات اسمولیت تحت سطوح مختلف تنش شوری، آزمایشی گلخانه‌ای در قالب طرح کاملا تصادفی و به‌صورت فاکتوریل با سه فاکتور میکوریز در دو سطح (میکوریز و بدون میکوریز)، شوری آب آبیاری در چهار سطح (۰/۵، ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر) و پایه در سه سطح (سرخس، ابارقی و بنه باغی) به اجرا درآمد. نتایج نشان داد با کاهش محتوای آب گیاه (پتانسیل اسمزی برگ و محتوای نسبی آب برگ) غلظت تنظیم‌کننده‌های اسمزی (قندهای محلول، پرولین و گلایسین بتائین) افزایش یافت. تفاوت بین پایه‌های استفاده شده در این آزمایش ممکن است به دلیل متفاوت بودن آستانه تحمل پایه‌های مختلف در برابر تنش شوری و تفاوت در همزیستی آن‌ها با قارچ میکوریز آربسکولار (*Glomus mosseae*) باشد. پایه بنه باغی نسبت به دو پایه دیگر دارای محتوای آب نسبی برگ بالاتر و پتانسیل اسمزی بیشتری (کمتر منفی) بود و از نظر تحمل به شوری آب آبیاری در وضعیت بهتری قرار داشت.

واژگان کلیدی: پسته، روابط آبی، شوری، میکوریز

[۱] دانشجوی سابق کارشناسی ارشد علوم باغبانی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، ایران.
[۲] دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، ایران.
[*] ایمیل نویسنده مسئول: (shamshiri88@gmail.com)

Downloaded from pistachioj.ir at 19:15 +0330 on Sunday February 25th 2018

مقدمه

حدود یک پنجم از اراضی کشاورزی جهان در معرض شوری قرار دارد که با تاثیرات منفی بر رشد و فیزیولوژی گیاهان در این مناطق، سبب کاهش عملکرد و باروری آن‌ها می‌گردد (۴۴). شوری ممکن است باعث ایجاد تنش اسمزی و کمبود آب گردد که درنتیجه باعث کاهش آب و مواد مغذی و باعث تغییر در نسبت سدیم به پتاسیم و تجمع یون‌های سمی سدیم و کلر می‌شود (۴۴). عدم تعادل یونی و تجمع یون‌های سمی سدیم و کلر به نوبه خود می‌تواند منجر به تنش اسمزی و تولید گونه‌های فعال اکسیژن ازجمله سوپراکسید، پراکسید هیدروژن و رادیکال‌های هیدروکسیل شود (۲۰). برای کاهش آسیب‌های ناشی از گونه‌های اکسیژن فعال، گیاهان دارای سیستم‌های اکسیدانی پیچیده و تکامل‌یافته‌ای مانند تولید ترکیبات با وزن مولکولی کم (پرولین و گلایسین بتائین) می‌باشند (۲۰). در شرایط تنش شوری این ترکیبات گیاهان را در برابر تنش‌های اکسیداتیو ناشی از تنش شوری محافظت می‌کنند. از اثرات مستقیم شوری بر رشد گیاهان کاهش در پتانسیل اسمزی محلول خاک است که مقدار آب قابل دسترس گیاه را کاهش می‌دهد و منجر به خشکی فیزیولوژیکی در گیاه می‌شود و گیاه باید برای جلوگیری از حرکت آب از ریشه‌ها به سمت خاک پتانسیل اسمزی داخلی خود را با تولید ترکیبات اسمولیتی سازگار کاهش دهد (۱۲،۱۷). تجمع اسیدآمینه پرولین در گیاهان یکی از تغییراتی است که اغلب ناشی از تنش شوری می‌باشد. پرولین در بسیاری از گیاهان تحت شرایط تنش شوری به عنوان یک اسمولیت غیر سمی و حفاظتی برای حفظ پتانسیل اسمزی در شرایطی که پتانسیل آب کم می‌باشد تجمع می‌یابد (۱۱). ترکیبات با وزن مولکولی کم مانند گلایسین بتائین نیز در شرایط تنش شوری به میزان زیادی تجمع می‌یابند. این ترکیبات محلول سازگار، بیشتر در سیتوپلاسم انباشته می‌شوند تا اثرات اسمزی نامساعد، ناشی از غلظت‌های زیاد یون‌های غیر آلی، مانند کلر و سدیم که با سوخت‌وساز سیتوپلاسمی ناسازگارند را خنثی نمایند. گلایسین‌بتائین، آنزیم‌ها را از غیرفعال شدن به‌وسیله‌ی غلظت‌های زیاد سدیم و کلر و غشا را در برابر ناپایداری به‌وسیله این یون‌ها محافظت می‌کند (۴۲). به‌طور کلی دسینگ و کاناگاراج (۹) تجمع اسمولیت‌های سازگار را زمانی که گیاه باتنش شوری مواجه می‌شود دلیلی برای محافظت از گیاه دانستند. آنان بیان داشتند که اسمولیت‌ها باعث ثبات در ساختار پروتئین‌ها و مهار گونه‌های فعال اکسیژن در شرایط تنش شوری شده و در حفظ آب گیاه نقش دارند و می‌توانند به عنوان یک تنظیم‌کننده آنزیمی در شرایط تنش عمل کنند. آن‌ها بیان کردند مقادیر بالای پرولین و گلایسین بتائین مبنی بر نقش کارآمد این متابولیت‌ها به عنوان تنظیم کننده اسمزی تحت تنش می‌باشند. حکم‌آبادی و همکاران (۱)

Downloaded from pistachioj.ir at 19:15 +0330 on Sunday February 25th 2018

طی آزمایشات خود نشان دادند که در پسته با افزایش سطح شوری مقدار پرولین در برگ افزایش می‌یابد به‌گونه‌ای که بالاترین میزان پرولین در تیمار ۲۲۵ میلی‌مولار کلرید سدیم و کمترین تجمع آن در برگ گیاه شاهد بود. واکر و همکاران (۴۰) گزارش کردند که در دانهال‌های پسته تحت تنش شوری ۱۷۵ میلی‌مولار از نمک کلریدسدیم غلظت قندهای محلول افزایش می‌یابد.

قارچ میکوریزآربسکولار به‌طور گسترده‌ای در خاک‌های شور وجود دارد و به تازگی محققان گزارش کرده‌اند که قارچ میکوریز می‌تواند باعث افزایش توانایی گیاه برای مقابله با تنش شوری گردد که ناشی از بهبود جذب عناصر غذایی گیاه، برقراری تعادل یونی، حفاظت از آنزیم‌ها و تسهیل جذب آب می‌باشد (۳۴). سایر مکانیسم‌های حفاظتی میکوریز آربسکولار ممکن است شامل تنظیم فشار اسمزی و در نتیجه حفظ فشار تورژسانس برگ، حفظ هدایت روزنه‌ای و در نتیجه ادامه فتوسنتز و تعرق در گیاه و همچنین افزایش کارایی استفاده از آب در گیاهان میزبان باشد (۴). قارچ‌های میکوریز باعث افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش شوری می‌شوند به‌طوری که در برخی موارد قارچ میکوریز را به عنوان یک اصلاح کننده‌ی خاک‌های شور در نظر می‌گیرند (۲۹). در آزمایشی که به منظور بررسی اثر قارچ میکوریز آربسکولار *G. mosseae* بر مقاومت به شوری (۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) دانهال‌های نارنگی صورت گرفت نتایج نشان داد که با تلقیح دانهال‌ها با قارچ میکوریز میزان کارایی مصرف آب (WUE) به طور قابل توجهی نسبت به دانهال‌هایی که با میکوریز تلقیح نشده بودند افزایش یافت که این ممکن است به دلیل بهبود روابط آبی به وسیله‌ی قارچ میکوریز آربسکولار باشد. (۴۳). بسیاری از محققان گزارش داده‌اند که گیاهان تلقیح شده با میکوریز، محتوای آب نسبی بالاتری در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده دارند (۶،۱۷،۳۵). کولا و همکاران (۶) بهبود وضعیت آبی گیاهان میکوریزی کدومسمایی تحت تنش شوری را گزارش دادند که به علت بهبود هدایت هیدرولیکی ریشه بوده است.

پسته (*Pistacia vera* L.) یکی از محصولات مهم اقتصادی در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران می‌باشد که بزرگترین مرکز تولید آن، منطقه رفسنجان واقع در استان کرمان است (۵). استفاده بی‌رویه از منابع آب زیر زمینی در این منطقه و کاهش نزولات آسمانی، طی دهه‌های گذشته سبب افزایش شدید شوری آب و خاک گردیده است. با توجه به موارد ذکر شده، هدف از انجام این پژوهش، مقایسه روابط آبی و تجمع برخی از ترکیبات اسمولیت در سه پایه میکوریزی پسته (سرخس، بنه باغی و ابارقی) تحت سطوح مختلف تنش شوری بود.

Downloaded from pistachioj.ir at 19:15 +0330 on Sunday February 25th 2018

مواد و روش‌ها

این آزمایش بر روی پایه‌های پسته سرخس، ابارقی و بنه‌باغی انجام و از یک گونه‌ی قارچ میکوریز آربسکولار به نام *Glomus mosseae* استفاده گردید. قارچ مورد نظر با استفاده از ذرت به عنوان گیاه تله به مدت ۴ ماه در گلخانه تکثیر گردید سپس اندام هوایی ذرت قطع شد، ریشه‌ها قطعه قطعه و با خاک گلدان مخلوط گردید که در نهایت مخلوط یکنواختی از قطعات ریشه آلوده، اسپور و خاک ناحیه ریشه تهیه شد که در مراحل بعد از آن به عنوان مایه قارچ استفاده گردید. خاک مورد استفاده به نسبت دو به یک به ترتیب خاک مزرعه و ماسه مخلوط گردید. برای استریل کردن خاک، نمونه‌های خاک به مدت یک ساعت در دمای ۱۲۰ درجه و فشار ۱/۵ اتمسفر قرار گرفتند. خاک شنی‌لومی اتوکلاو شده دارای ۱۵/۲ درصد رس، ۱۴/۶ درصد سیلت، ۷۰/۲ درصد شن، پ‌هاش ۷/۲ و قابلیت هدایت الکتریکی ۱/۷ دسی‌زیمنس بر متر بود. از آنجا که بذور بنه باغی دارای رکود فیزیولوژیکی می باشند، برای شکسته شدن این رکود، بذرهای بنه باغی قبل از کشت به مدت ۶۵ روز در شرایط چینه سرمایی قرار گرفتند و بذرهای دو پایه سرخس و ابارقی پس از ضدعفونی با هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد در پارچه مرطوب و در دمای مناسب برای جوانه زنی در انکوباتور با دمای ۲۵ درجه سلسیوس به مدت یک هفته قرار داده شدند. در مرحله بعد، شش عدد از بذرهای جوانه دار در گلدان‌های حاوی ۳/۵ کیلوگرم خاک اتوکلاو شده کشت و همزمان مایه کوبی با افزودن صد گرم از مایه قارچ به گلدان انجام شد و پس از گذشت سه هفته، تعداد نهال‌ها در هر گلدان به چهار عدد کاهش داده شد. نهال‌ها به مدت ۱۵۰ روز تا آغاز تیمار شوری رشد کردند و طی این مدت هر دو روز یک‌بار تا حد ظرفیت مزرعه (FC) آبیاری شدند. قبل از آغاز تنش شوری و به منظور اطمینان از آلودگی ریشه‌ها به میکوریز، نمونه‌هایی به‌صورت تصادفی از ریشه گیاهان گرفته شد و پس از رنگ‌آمیزی و مشاهده‌ی میکروسکوپی، میزان آلودگی ریشه‌ها به قارچ میکوریز مورد استفاده در پایه سرخس، ابارقی و بنه‌باغی به ترتیب ۸۵، ۸۰ و ۹۰ درصد ثبت گردید. تیمار شوری در چهار سطح بر اساس قابلیت هدایت الکتریکی آب آبیاری (۰/۵، ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر) و با استفاده از نمک کلرید سدیم انجام شد. در طول انجام تیمار شوری، دمای گلخانه ۵± ۳۲ درجه سلسیوس و میانگین رطوبت نسبی ۳۰/۱ درصد و شدت نور میانه روز ۱۰± ۵۰ کیلولوکس ثبت شد. گیاهان به مدت ۷۵ روز تحت تنش شوری قرار داشتند و طی این مدت گلدان‌ها به فاصله هر سه روز یک‌بار تا ۳۰ درصد بیش از ظرفیت مزرعه جهت ممانعت از تجمع نمک در خاک به صورت وزنی آبیاری شدند.

Downloaded from pistachioj.ir at 19:15 +0330 on Sunday February 25th 2018

پارامترهای مربوط به روابط آبی گیاه

محتوای آب نسبی برگ (RWC)

برای اندازه‌گیری میزان آب نسبی برگ، ابتدا ۱۰ عدد دیسک به قطر ۰/۵ سانتی‌متر از پهنک برگ بالغ و جوان به‌صورت تصادفی گرفته شد و پس از توزین وزن تازه (FW) داخل شیشه‌های حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت ۴ ساعت در دمای صفر تا چهار درجه سلسیوس در تاریکی قرار داده شدند تا سلول‌های برگ به حالت تورژسانس کامل درآیند. سپس آن‌ها را بر روی کاغذ صافی قرار داده تا رطوبت آن‌ها گرفته شد، سپس وزن تورژسانس (TW) ثبت و نمونه‌ها در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و وزن خشک دیسک‌ها (DW) نیز اندازه گیری شد. RWC با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید (۵):

$$RWC = [(FW - DW) / (TW - DW)] \times 100 \qquad (۱)$$

کارایی استفاده از آب (WUE)

برای محاسبه کارایی استفاده از آب (میلی‌گرم بر میلی‌لیتر)، مجموع میزان آب مصرفی برای هر گلدان در مدت زمان رشد گیاه و وزن خشک کل گیاه ثبت و با استفاده از رابطه ۲ محاسبه گردید (۳۹):

$$WUE = DW/UW \qquad (۲)$$

DW = کل ماده خشک تولید شده در پایان فصل رشد (گرم)

UW = میزان آب مصرف شده در طول دوره رشد (میلی‌لیتر)

پتانسیل فشار آوندهای چوبی ساقه

پتانسیل فشار آوندهای چوبی ساقه توسط دستگاه محفظه فشار اندازه‌گیری شد. به این منظور ۵ سانتی‌متر از انتهای شاخه همراه با برگ در دستگاه محفظه فشار قرار داده شد و میزان فشار آوندهای چوب ساقه بر حسب بار به‌دست آمد (۳۳).

Downloaded from pistachioj.ir at 19:15 +0330 on Sunday February 25th 2018

پتانسیل اسمزی سلول

برای اندازه‌گیری پتانسیل اسمزی سلول، یک گرم از بافت برگ بالغ را در ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر همگن کرده و سپس در دمای ۲۵ درجه سلسیوس قابلیت هدایت الکتریکی محلول اندازه‌گیری شد. یک گرم از بافت برگ بالغ در آون قرار داده شد و مقدار رطوبت آن به‌دست آمد. سپس با استفاده از روابط زیر میزان پتانسیل اسمزی (بار) محاسبه گردید (۱۹):

$$OP\ (bars) = EC\ (at\ 25^{\circ}C) \times 0.36 \times df / 0.987 \qquad (۳)$$

df= حجم آب مقطر×(g) وزن نمونه/ (g) میزان رطوبت موجود در نمونه

OP= پتانسیل اسمزی

EC = قابلیت هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) در دمای ۲۵ درجه سلسیوس

0.36 = ثابتی برای تبدیل EC به OP

0.987 = ثابتی برای تبدیل واحد اتمسفر به بار

df= فاکتور رقت

تنظیم‌کننده‌های اسمزی

پرولین

برای استخراج پرولین، ۰/۵ گرم بافت (برگ و ریشه) را با ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد در هاون چینی کوبیده و عمل استخراج دو بار و هر بار با ۵ میلی‌لیتر اتانول ۷۰٪ تکرار گردید. محلول به‌دست آمده به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۳۵۰۰ rpm سانتریفیوژ شد. پس از جداسازی فاز مایع از جامد، قسمت مایع برای استخراج پرولین مورد استفاده قرار گرفت. برای تعیین غلظت پرولین یک میلی‌لیتر از عصاره الکلی فوق را با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر رقیق کرده و ۵ میلی‌لیتر معرف ناین‌هیدرین (مخلوط ۱/۲۵ گرم ناین‌هیدرین در ۳۰ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال و ۲۰ میلی‌لیتر اسید فسفریک ۶ مولار) و ۵ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال به آن اضافه کرده سپس این محلول به مدت ۴۵ دقیقه در حمام آب گرم (۹۵ درجه سلسیوس) قرار گرفت. پس از خارج کردن نمونه‌ها از حمام آب گرم و خنک کردن آن‌ها، ۱۰ میلی‌لیتر بنزن به آن‌ها اضافه کرده و با همزن مکانیکی مخلوط شدند تا پرولین وارد فاز بنزن شود. نمونه‌ها ۳۰ دقیقه به حال سکون رها شده، سپس میزان جذب با اسپکتروفتومتر (*PG Instruments, T80 UV/VIS*) در طول موج ۵۱۵

Downloaded from pistachioj.ir at 19:15 +0330 on Sunday February 25th 2018

نانومتر اندازه‌گیری شد (۲۷). استانداردهای پرولین با استفاده از ال‌پرولین در غلظت‌های ۰، ۳۱/۲۵، ۶۲/۵، ۱۲۵، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر تهیه و جذب آن‌ها اندازه‌گیری شد.

قندهای محلول

به‌منظور تعیین قندهای محلول، ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره تهیه شده در اتانول (عصاره الکلی تهیه شده برای پرولین) با ۳ میلی‌لیتر از آنترون تازه تهیه شده (۲۰۰ میلی‌گرم آنترون به علاوه ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۷۲ درصد) مخلوط شد. سپس به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم قرار داده شد و پس از خنک شدن، جذب آن در طول موج ۶۲۵ نانومتر قرائت گردید. (۱۶).

گلایسین بتائین

برای اندازه‌گیری میزان گلایسین بتائین، ابتدا نمونه‌های گیاهی در دمای ۵۵ تا ۶۵ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت خشک شدند. سپس ۰/۵ گرم از بافت (برگ و ریشه) توزین شد و ۲۰ میلی لیتر آب مقطر به آن اضافه گردید و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۲۵ درجه سلسیوس روی شیکر قرار داده شد. پس از تهیه اسید سولفوریک ۲ نرمال، یک میلی‌لیتر از عصاره گیاهی را با یک میلی‌لیتر اسید مخلوط (نسبت ۱:۱) و سپس مقدار ۰/۵ میلی‌لیتر از ترکیب حاصله را در لوله آزمایش ریخته و روی یخ به مدت ۱ ساعت قرار داده و در نهایت پس از تهیه مخلوط ید در یدید پتاسیم (۱۵/۷ گرم ید خالص به‌علاوه ۲۰ گرم یدید پتاسیم) مقدار ۰/۲ میلی‌لیتر از ید در یدید پتاسیم را به لوله آزمایش اضافه کرده و ورتکس شد. در این مرحله نمونه‌ها به مدت ۱۶ ساعت در دمای ۰ تا ۴ درجه سلسیوس نگهداری و بعد از آن نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در دمای صفر درجه سلسیوس با دور ۱۰۰۰۰rpm سانتریفیوژ شد. در هر لوله آزمایش فاز محلول رویی جدا و فقط کریستال موجود در کف لوله نگهداشته شد. این مراحل روی یخ انجام شد تا خطا کاهش پیدا کند. سپس کریستال‌های موجود را در ۹ میلی‌لیتر از محلول ۱ و ۲ دی‌کلرواتان حل کرده و پس از همزدن و گذشت ۲ تا ۲/۵ ساعت مقدار جذب آن در ۳۶۵ نانومتر قرائت گردید (۱۴). استانداردهای گلایسین بتائین با استفاده از گلایسین بتائین در غلظت‌های ۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰، ۲۰۰۰ و ۲۵۰۰ میکرو گرم در میلی‌لیتر تهیه و اندازه‌گیری گردید.

آزمایش حاضر به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با تیمارهای میکوریز (با میکوریز و بدون میکوریز) شوری آب آبیاری (۰/۵، ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر) و پایه (سرخس، ابارقی و بنه‌باغی) در سه تکرار انجام شد. تجزیه

Downloaded from pistachioj.ir at 19:15 +0330 on Sunday February 25th 2018

آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار MSTATC و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد صورت گرفت.

نتایج

همان گونه که از نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) مشخص است، کارایی مصرف آب تحت تاثیر اثرات مستقل تیمارها قرار گرفت در حالی که اثرات متقابل تیمارها تاثیر معنی داری بر این پارامتر نداشت. با افزایش سطوح شوری کارایی مصرف آب گیاه کاهش پیدا کرد و گیاهانی که تحت تنش نبودند (شاهد) بیشترین کارایی استفاده از آب را داشتند و همچنین کمترین کارایی استفاده از آب مربوط به گیاهان تحت تنش شدید شوری (EC_{15}) بود. کارایی مصرف آب در سطح EC_1 نسبت به شاهد ۴۶ درصد کاهش پیدا کرد (شکل۱- الف). اثر پایه بر کارایی استفاده از آب معنی‌دار بود به‌طوری که حداکثر کارایی استفاده از آب در پایه ابارقی (۵/۸ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) به‌دست آمد (شکل۱- ب). استفاده از میکوریز در این آزمایش کارایی استفاده از آب را نسبت به گیاهان بدون میکوریز افزایش داد (۱۵/۲ درصد) که این افزایش با احتمال ۹۹٪ معنی‌دار بود (شکل۱- ج، جدول ۱).

میزان فشار آوند چوب ساقه در پایه‌های مختلف با هم متفاوت بود و با افزایش در غلظت شوری آب آبیاری مقدار آن نیز افزایش پیدا کرد. بیشترین میزان افزایش در پایه ابارقی دیده شد که این افزایش نسبت به شاهد ۱۷۳ درصد بود. در کل صرف نظر از سطوح شوری فشار آوند چوب در پایه ابارقی به‌ویژه در سطح EC_{15} بیشتر از پایه‌های سرخس و بنه‌باغی بود (شکل۲-الف). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها در گیاهان میکوریز و بدون میکوریز نشان داد که در هر دو تیمار با افزایش سطوح شوری میزان پتانسیل فشار آوند چوب بیشتر شد. در سطوح شوری $EC_{0.5}$ (شاهد)، EC_5 و EC_{10} از نظر آماری تفاوتی بین گیاهان میکوریزی و غیرمیکوریزی مشاهده نشد اما شوری EC_{15} باعث ایجاد تفاوتی معنی‌دار از نظر آماری در گیاهان میکوریز و غیرمیکوریز در سطح احتمال ۱٪ گردید (شکل۲- ب).

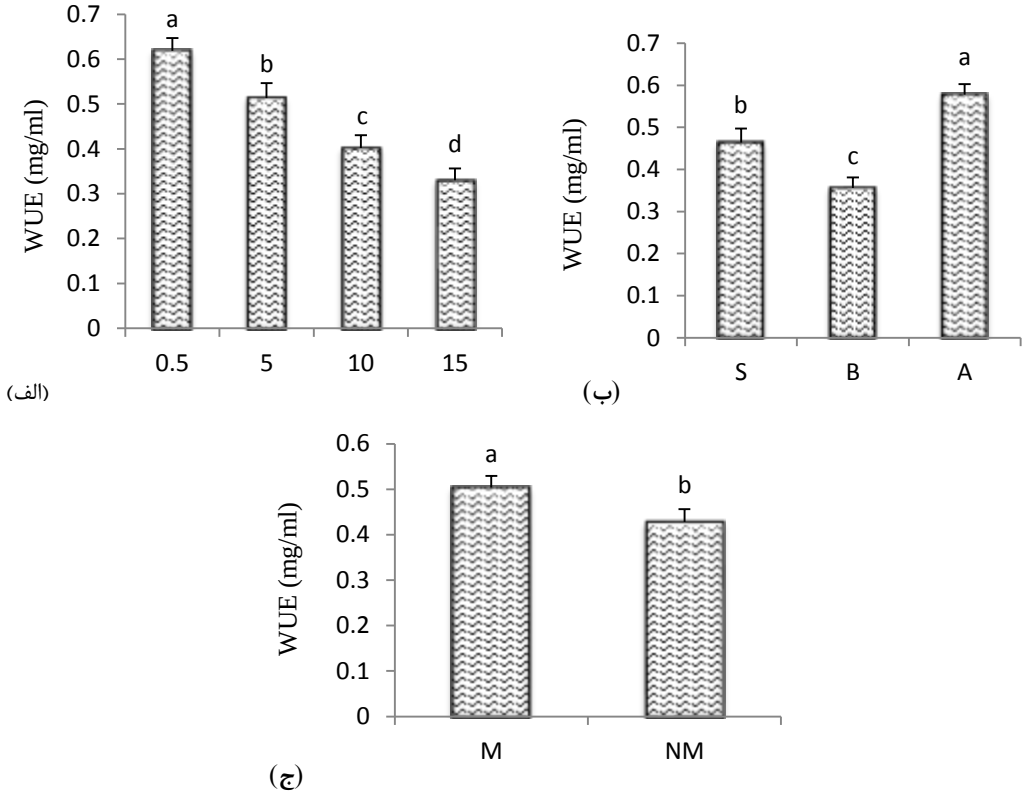
Downloaded from pistachioj.ir at 19:15 +0330 on Sunday February 25th 2018

جدول ۱: تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در سه پایه پسته سرخس، ابارقی و بنه باغی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		RSSh	LSSh	RGB	LGB	RP	LP	OP	P	RWC	WUE
رقم	۲	۱۸۰۲۰۶/۶**	۹۸۹۷/۱ns	۱۴۶۴۴/۳**	۲۳۸۵۲۳۷/۸**	۵۵۰۴/۵**	۴۴۳۴۳/۴**	۸۴/۷۹**	۲۴۲/۰۳**	۱۰۰۵/۶**	۰/۵۹**
میکوریز	۱	۴۰۴۸۵۰/۱**	۵۱۱۱۰۲/۶**	۱۱۱۹۸/۳**	۶۱۰۵۲۴۱/۲**	۱۲۳/۹ns	۲۰۷۵۵۱/۶**	۳۳/۱۵**	۲/۰۰ns	۷۱۲/۷۹**	۰/۱۰۴**
رقم×میکوریز	۲	۷۷۵۳۴/۱**	۷۰۹۶۱/۶ns	۲۱۵۲/۴ns	۳۱۶۱۱۹/۹ns	۶۵/۴ns	۸۶۷/۷ns	۸/۳۳ns	۱۹/۰۸ns	۱۹۵/۱۸ns	۰/۰۰۳ns
شوری	۳	۱۰۵۱۱۵۹/۱**	۴۳۳۵۱۹۶/۶**	۵۴۱۷۸/۵**	۸۹۷۸۵۲۰۴/۹**	۳۵۸۸۱/۶**	۲۵۹۶۳۳/۶**	۳۱۹/۳۷**	۱۱۹۰/۵۰**	۱۴۸۳۸/۶**	۰/۸۶۲**
رقم×شوری	۶	۶۱۳۷۰/۷ns	۵۷۱۴۳۹/۴*	۳۹۹۲/۷ns	۷۱۱۹۲۷۸/.۱**	۱۰۹۵/۴*	۲۰۴۶۳/۶**	۷۱/۳۳**	۱۳۹/۰۸**	۲۵۶۱/۰۳**	۰/۰۱۸ns
میکوریز×شوری	۳	۲۱۷۸۶۸/۸**	۱۶۵۹۹۹/۴ns	۵۳۶۸/۶**	۳۲۵۲۲۳۵۷/۱**	۱۱۰۶/۶**	۱۳۳۲۵/۹**	۲۴/۶۶**	۲۹/۸۹ns	۱۶۵/۹۹ns	۰/۰۰۴ns
رقم×میکوریز×شوری	۶	۲۵۳۷۲۵/۱**	۱۸۷۳۶۰/۶ns	۹۳۴۳/۴**	۱۳۳۳۴۵۴/۶*	۹۵۴/۴*	۴۷۳۱/۵**	۲۱/۰۰*	۲۰/۰۳ns	۲۱۰/۷۸ns	۰/۰۲۶ns
خطا	۴۸	۳۷۵۵۰۱/۵	۱۸۳۰۱۹/۶	۱۹۲۲۷/۲	۴۱۶۷۸۰۰/۹	۳۸۴۷/۷	۱۲۵۷۳/۸	۶۶/۶۰	۱۸۷/۳۳	۱۷۰۲/۶۳	۰/۳۲
Cv		۱۹/۴	۱۷/۷۱	۱۶/۵۱	۱۴/۸۶	۱۷/۰۵	۱۶/۹۱	۱۸/۸۹	۱۵/۸۴	۱۰/۳۹	۱۷/۶۱

* و ** به ترتیب معنی‌دار درسطح ۵ و ۱ درصد آزمون دانکن و ns: غیر معنی‌دار می‌باشد. WUE : کارایی استفاده از آب، RWC: محتوای نسبی آب برگ، P: فشار آوند چوبی ساقه OP: پتانسیل اسمزی برگ، LP: پرولین برگ، RP: پرولین ریشه، LGB: گلایسین بتائین برگ، RGB: گلایسین بتائین ریشه، LSSh : قندهای محلول برگ و RSSh: قندهای محلول ریشه

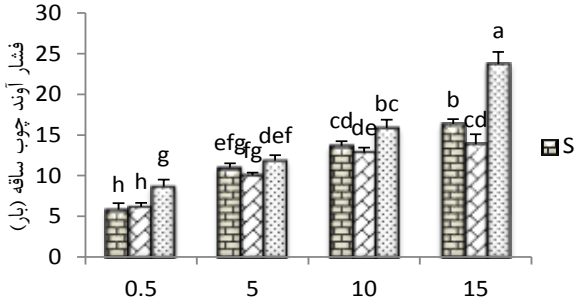
Downloaded from pistachioj.ir at 19:15 +0330 on Sunday February 25th 2018



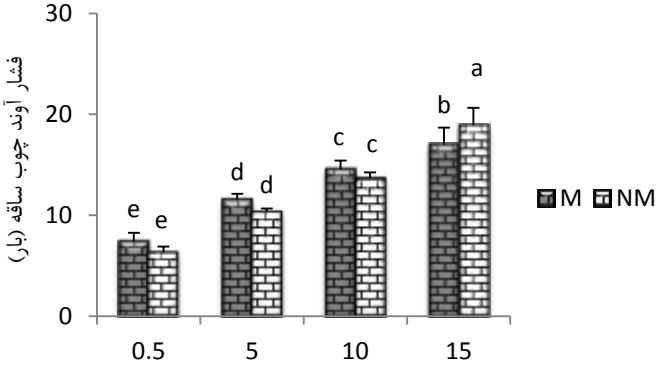
شکل ۱- تاثیر شوری آب آبیاری بر اساس قابلیت هدایت الکتریکی (۰/۵، ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر)، میکوریز (M: با میکوریز و NM: بدون میکوریز) و پایه (S: سرخس، B: بنه‌باغی، A: ابارقی) بر کارایی استفاده از آب

در پایه‌های مختلف از نظر محتوای آب نسبی برگ تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت (جدول ۱). چنانچه واضح است تیمار شوری باعث کاهش در محتوای آب نسبی برگ نسبت به شاهد گردید به‌طوری که با افزایش سطوح تیمار شوری محتوای آب نسبی برگ به شدت کاهش پیدا کرد، سطح EC_{15} شوری نسبت به شاهد در پایه سرخس، بنه‌باغی و ابارقی به ترتیب ۴۲/۳، ۳۷/۸ و ۷۱/۵ درصد محتوای آب نسبی برگ را کاهش داد. تیمار میکوریز جدا از فاکتورهای پایه و شوری تاثیر معنی‌داری بر این پارامتر داشت به‌طوری که محتوای آب نسبی برگ در گیاهان میکوریزی حدود ۱۱ درصد بیشتر از گیاهان غیرمیکوریز بود (شکل۳- ب).

Downloaded from pistachioj.ir at 19:15 +0330 on Sunday February 25th 2018

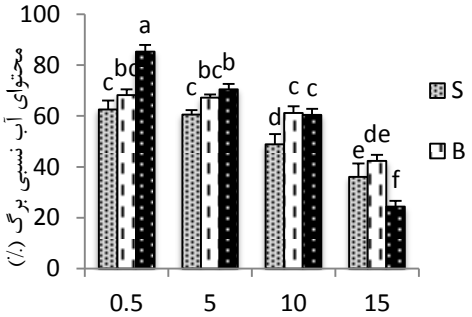


(الف)

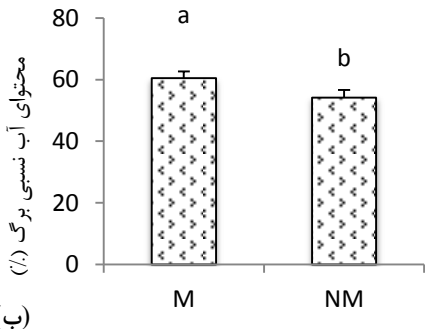


(ب)

شکل ۲- تاثیر شوری آب آبیاری بر اساس قابلیت هدایت الکتریکی (۰/۵، ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر)، میکوریز (M: با میکوریز و NM: بدون میکوریز) و پایه (S: سرخس، B: بنه‌باغی، A: ابارقی) بر فشار آوند چوبی ساقه (بار)



(الف)



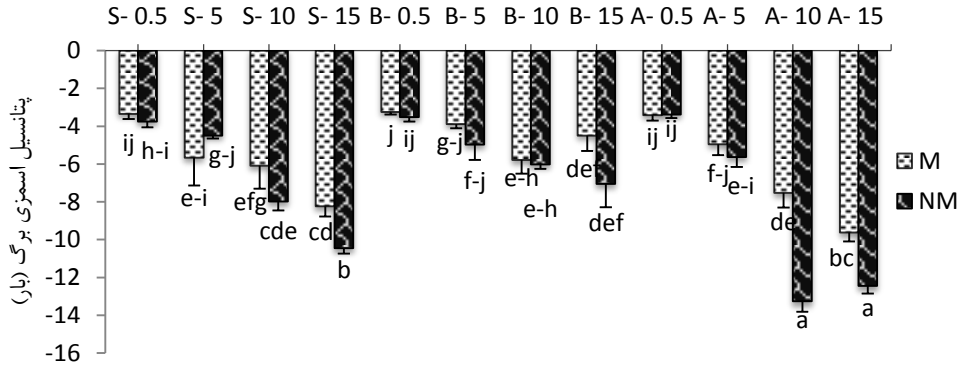
(ب)

شکل ۳- تاثیر شوری آب آبیاری بر اساس قابلیت هدایت الکتریکی (۰/۵، ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر)، میکوریز (M: بامیکوریز و NM: بدون میکوریز) و پایه (S: سرخس، B: بنه‌باغی، A: ابارقی) بر محتوای آب نسبی برگ

با افزایش سطوح شوری پتانسیل اسمزی برگ کاهش یافت که باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار بین سطوح مختلف شوری با شاهد گردید که بیشترین میزان کاهش در پتانسیل اسمزی برگ در پایه ابارقی (به‌خصوص سطح EC_{10} و

Downloaded from pistachioj.ir at 19:15 +0330 on Sunday February 25th 2018

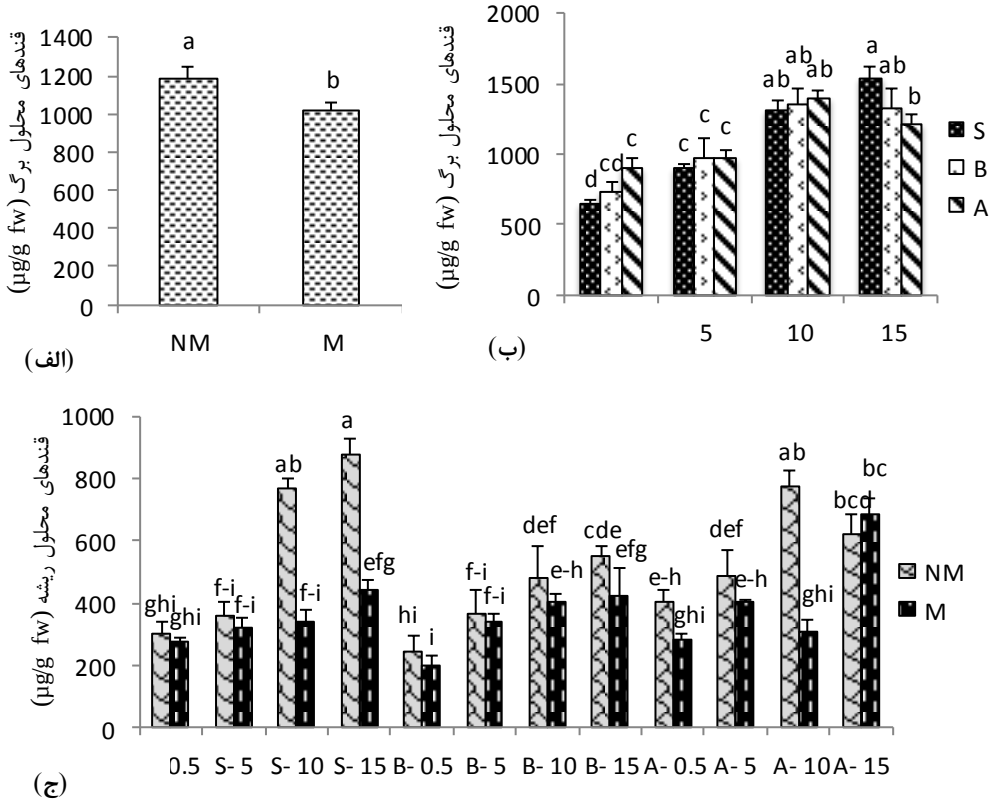
EC_{15} شوری) مشاهده شد. کاربرد میکوریز باعث افزایش پتانسیل اسمزی برگ در مقایسه با گیاهان بدون میکوریز گردید به‌طوری که بیشترین پتانسیل اسمزی مربوط به گیاهان میکوریزی و در سطح شاهد بود. در مقایسه پایه‌ها، در سطوح مختلف شوری بنه‌باغی بیشترین پتانسیل اسمزی را نسبت به سرخس و ابارقی دارا بود اما در سطح شاهد هر سه پایه استفاده شده تفاوت معنی‌داری از نظر پتانسیل اسمزی نداشتند (شکل ۴).



شکل ۴- تاثیر شوری آب آبیاری بر اساس قابلیت هدایت الکتریکی (۰/۵، ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر)، میکوریز (M: بامیکوریز و NM: بدون میکوریز) و پایه (S: سرخس، B: بنه‌باغی، A: ابارقی) بر پتانسیل اسمزی برگ

همان‌طور که در شکل (۵- الف) مشخص شده است نتایج نشان داد میزان قندهای محلول در دانهال‌های بدون میکوریز (۱/۱۹ میلی‌گرم در گرم) تحت تنش نسبت به دانهال‌های میکوریزی (۱/۰۲ میلی‌گرم در گرم) بیشتر بود که سبب ایجاد اختلافی معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ شد. همچنین شوری در سه پایه استفاده شده منجر به افزایش در قندهای محلول شد به‌طوری‌که در پایه سرخس با افزایش تنش شوری قندهای محلول برگ نیز افزایش پیدا کرد و بیشترین میزان آن در بالاترین سطح شوری مشاهده شد که این میزان نسبت به شاهد ۱۳۶ درصد افزایش نشان داد. در بنه‌باغی و ابارقی با افزایش شوری ابتدا افزایش در قندهای محلول برگ مشاهده شد ولی در ادامه، افزایش شوری سبب کاهش در مقدار قندهای محلول آن‌ها گردید (شکل ۵- ب). تجمع قندهای محلول در ریشه نیز تحت تاثیر برهمکنش تیمارهای آزمایش قرار گرفت (شکل۵- ج). در ریشه نیز همانند برگ تنش شوری باعث افزایش قندهای محلول گردید که این افزایش در گیاهان غیرمیکوریز بسیار بیشتر از گیاهان میکوریزی بود که این امر در سطوح بالای شوری و به‌ویژه در پایه سرخس کاملا واضح بود و همچنین سبب ایجاد اختلافی بسیار زیاد با گیاهان شاهد شد. در

Downloaded from pistachioj.ir at 19:15 +0330 on Sunday February 25th 2018

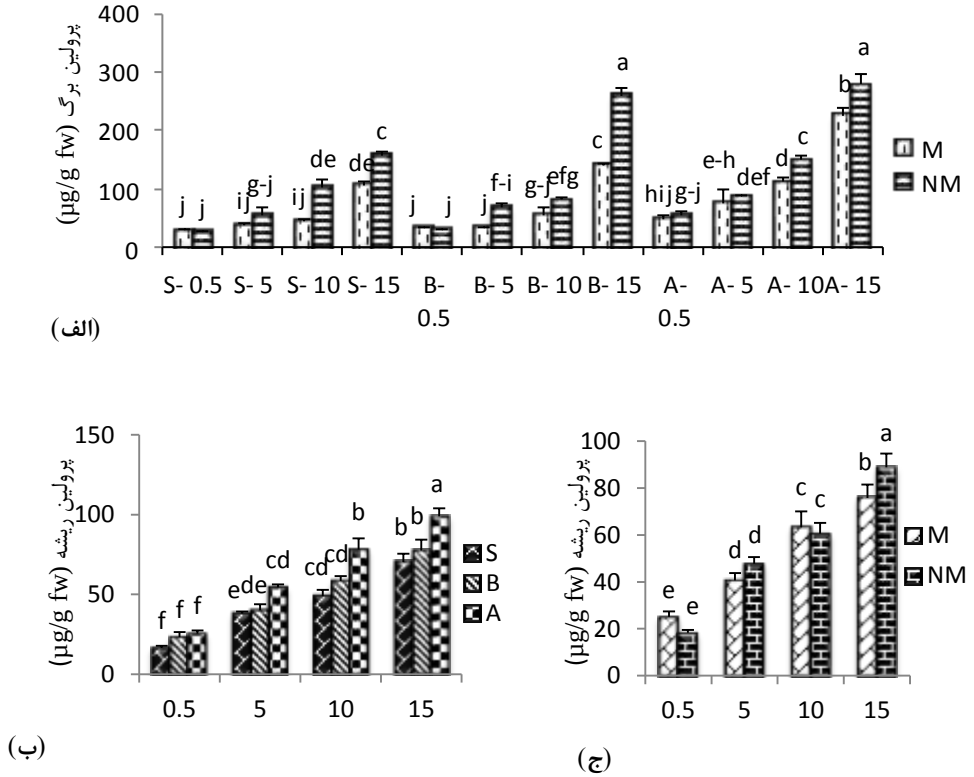


شکل ۵- تاثیر شوری آب آبیاری بر اساس قابلیت هدایت الکتریکی (۰/۵، ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌ریمس بر متر)، میکوریز (M: با میکوریز و NM: بدون میکوریز) و پایه (S: سرخس، B: بنه‌باغی، A: ابارقی) بر قندهای محلول برگ و ریشه

گیاهان شاهد و هم‌چنین پایین‌ترین سطح شوری تفاوتی بین گیاهان میکوریزی و غیرمیکوریز از نظر فاکتور مورد بحث وجود نداشت (شکل ۵- ج). تنش شوری سبب افزایش میزان پرولین در برگ دانهال‌های پسته گردید. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد بین سطوح شاهد و EC_5 تفاوتی از این نظر وجود نداشت در صورتی که در تنش شدید شوری (EC_{15}) میزان پرولین به‌طور چشم‌گیری افزایش پیدا کرد. با کاربرد میکوریز هرچند که با افزایش سطوح شوری پرولین نیز افزایش پیدا کرد اما این افزایش نسبت به گیاهان بدون میکوریز به‌ویژه در بیشترین سطح شوری (EC_{15}) به‌طور قابل توجهی کمتر بود. هم‌چنین میزان پرولین تولید شده تحت تنش شوری در پایه بدون میکوریز ابارقی نسبت به سرخس و بنه باغی به‌ویژه درسطح EC_{15} شوری (به‌ترتیب ۴۳/۷ و ۷ درصد) بیشتر بود. در رابطه با پرولین ریشه نتایج برهمکنش پایه و شوری (شکل۶- ب) نشان داد که شوری، مقدار پرولین را در هر سه پایه مورد استفاده نسبت به شاهد افزایش داد که این افزایش در تمام سطوح شوری با شاهد اختلاف معنی‌دار داشت. از نظر نوع پایه، تفاوت معنی داری بین سرخس و بنه باغی در سطوح شوری و شاهد وجود نداشت اما در پایه ابارقی شرایط متفاوت بود

Downloaded from pistachioj.ir at 19:15 +0330 on Sunday February 25th 2018

به‌طوری که با سرخس و بنه‌باغی در تمام سطوح شوری اختلافی معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ داشت اما در سطح شاهد بین این پایه و دو پایه دیگر از نظر آماری اختلافی مشاهده نشد. میزان افزایش در مقدار پرولین ریشه در سطح EC_{15} شوری نسبت به شاهد در پایه ابارقی، سرخس و بنه‌باغی به ترتیب ۷۴/۳، ۷۶/۷ و ۷۰/۱ میکروگرم در گرم وزن تر بود. در تقابل میکوریز با شوری تاثیر میکوریز در بالاترین سطح شوری آشکار شد، همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد میکوریز میزان پرولین ریشه را نسبت به گیاهان غیرمیکوریز کاهش داد. در سایر سطوح تفاوتی بین گیاهان میکوریزی و بدون میکوریزی مشاهده نشد (شکل۶- ج).

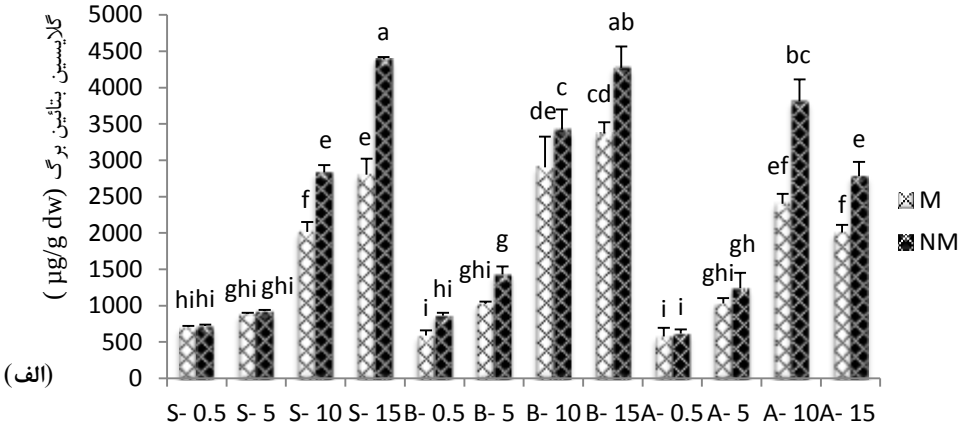


شکل ۶- تاثیر شوری آب آبیاری بر اساس قابلیت هدایت الکتریکی (۰/۵، ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر)، میکوریز (M: با میکوریز و NM: بدون میکوریز) و پایه (S: سرخس، B: بنه‌باغی، A: ابارقی) بر محتوای پرولین برگ و ریشه

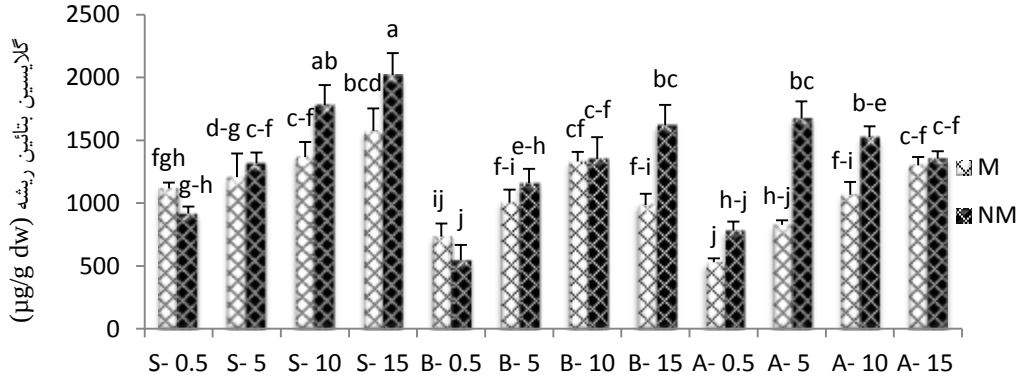
در ارتباط مقدار گلایسین بتائین برگ بین تیمار شوری در سطح اول (EC_5) و شاهد با وجود افزایش در میزان گلایسین بتائین نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. همانطور که در شکل (۷-الف) مشخص می‌باشد نتایج نشان داد صرف نظر از اثر میکوریز و پایه پسته تنش شوری موجب افزایش مقدار گلایسین بتائین در برگ دانهال‌های پسته شد. همچنین نتایج بیان کننده این بود که میکوریز در سطوح EC_{10} و EC_{15} شوری و همچنین در هر سه پایه

Downloaded from pistachioj.ir at 19:15 +0330 on Sunday February 25th 2018

استفاده شده در این آزمایش باعث شد که میزان گلایسین بتائین کمتری نسبت به دانهال‌های پسته غیرمیکوریزی تولید شود. در پایه سرخس و بنه‌باغی با افزایش شوری میزان گلایسین بتائین نیز افزایش پیدا کرد که بیشترین مقدار آن در بالاترین سطح شوری (۴۳۹۱/۳۹ و ۴۲۶۹/۶۶ میکروگرم در گرم وزن خشک) مشاهده شد اما در پایه ابارقی با افزایش شوری میزان گلایسین بتائین افزایش و در ادامه در بالاترین سطح شوری کاهش پیدا کرد که در این پایه بیشترین گلایسین بتائین تولید شده در شوری EC_{15} و در گیاهان بدون میکوریز مشاهده شد (شکل۷- الف).



(الف)



(ب)

شکل ۷- تاثیر شوری آب آبیاری بر اساس قابلیت هدایت الکتریکی (۰/۵، ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر)، میکوریز (M: با میکوریز و NM: بدون میکوریز) و پایه (S: سرخس، B: بنه‌باغی، A: ابارقی) بر محتوای گلایسین بتائین برگ و ریشه

در ارتباط با تغییرات گلایسین بتائین در ریشه پایه‌های استفاده شده، برهمکنش میکوریز، شوری و پایه معنی‌دار بود. بر اساس نتایج به دست آمده با افزایش تنش شوری به‌طورکلی میزان گلایسین بتائین افزایش پیدا کرد که این

Downloaded from pistachioj.ir at 19:15 +0330 on Sunday February 25th 2018

افزایش در سطوح بالای تنش بیشتر بود. میزان گلایسین بتائین تولید شده در پایه‌های مختلف متفاوت بود بـه طـوری که بیشترین گلایسین بتائین تولید شده در پایه سرخس و شوری EC_{15} بود. میکوریز نیز باعث کاهش تولیـد گلایسـین بتائین در گیاهان تحت تنش نسبت به گیاهان غیرمیکوریزی شد. در بنـه‌بـاغی تـا شـوری EC_{10} تفـاوتی بـین گیاهـان میکوریز و غیرمیکوریز مشاهده نشد و در پایه ابارقی با وجود اینکه در سطوح EC_5 و EC_{10} این تفاوت معنی‌دار بـود امـا در بالاترین سطح شوری اختلافی مشاهده نشد (شکل۷- ب).

بحث:

نتایج به‌دست آمده از این آزمایش نشان داد که وضعیت آبی دانهال‌های پسته به شـدت تحـت تـاثیر شـوری قـرار گرفت به‌طوری که شوری سبب کاهش محتوای آب نسبی برگ، پتانسیل اسمزی برگ و همچنـین کـارایی اسـتفاده از آب گردید و فشار آوند چوبی ساقه در اثر شوری افزایش یافت. گیاهان میکوریز نسبت به گیاهان بدون میکوریز کـارایی استفاده از آب و محتوای آب نسبی برگ بالاتری داشتند. همچنین در هر سـه پایـه پسـته، شـوری باعـث کـاهش ایـن پارامترها در گیاهان میکوریز و بدون میکوریز گردید هرچند که پاسخ پایه‌ها نیز در ارتباط با روابط آبـی گیـاه متفـاوت بود.گیاهان در خاک‌های شور با خشکی فیزیولوژیکی درونی مواجه مـی‌شـوند، یـون‌هـای سـدیم و کلـر آب را محصـور می‌کنند در نتیجه، بسته به غلظت این یون‌ها، آب موجود از دسترس گیاه خارج می‌شود (۱۳). مطالعات نشـان داده‌انـد که تلقیح گیاه توسط قارچ میکوریز می‌تواند در چنین شرایطی به گیاه کمک کند. بسیاری از محققان گـزارش داده‌انـد که گیاهان تلقیح شده با میکوریز، محتوای آب نسبی بـالاتری در مقایسـه بـا گیاهـان تلقـیح نشـده دارنـد (۶،۱۷،۳۰)، همچنین کولا و همکاران (۶) بهبود وضعیت آبی گیاهان میکوریزی کدومسمایی تحت تنش شوری را گزارش دادند کـه به علت بهبود هدایت هیدرولیکی ریشه می‌باشد. بر طبق گزارشات، هدایت پذیری ریشه با افزایش طول ریشـه و تغییـر مرفولوژی سیستم ریشه‌ای به‌وسیله قارچ میکوریز بهبود یافته است (۷،۲۲). گیاهان میکـوریزی بـه علـت بـالاتر بـودن هدایت روزنه‌ای تعرق بیشتری دارند (۸،۱۰،۱۷،۳۱،۳۶). در گیاهان میکوریزی نشان داده شده که بـه علـت جمـع‌آوری املاح در ریسه‌های درونی قارچ، پتانسیل اسمزی کاهش می‌یابد و در نتیجه تنظیم اسمزی سلول‌های ریشه نسـبت بـه محیط به‌خوبی صورت می‌گیرد و فشار تورژسانس بالاتر در این گیاهان میکوریز وضعیت ریشـه‌ای را بهبـود مـی‌بخشـد (۲،۳۶). همزیستی میکوریز گیاهان میزبان را قادر می‌سازد تا از آب به‌طور موثرتری استفاده کنند و کـارایی اسـتفاده از آب بالاتر رود (۱۱). هم‌چنین نتایج آزمایش پیش‌رو نشان داد که شوری آب آبیاری سبب کـاهش محتـوای آب نسـبی برگ در دانهال‌های میکوریز و بدون میکوریز شد. اورعی و همکاران (۲۶) نیز کاهش در محتوای آب نسـبی بـرگ را در

Downloaded from pistachioj.ir at 19:15 +0330 on Sunday February 25th 2018

دو پایه بادام تحت تنش شوری گزارش کردند. برخی محققین کاهش محتوای آب نسبی برگ در اثر شوری را ناشی از کاهش رشد ریشه، بسته شدن روزنه‌های هوایی و کاهش جذب و انتقال آب توسط ریشه می‌دانند و تیمار میکوریز با افزایش طول ریشه و بهبود جذب آب باعث افزایش محتوی نسبی آب می‌گردد (۱۵،۳۷،۳۸).

تفاوت بین پایه‌ها از نظر وضعیت آبی ممکن است به دلیل تفاوت در میزان همزیستی با میکوریز باشد به‌طوری که در پایه ابارقی، با افزایش شوری از میزان همزیستی میکوریزی به شدت کاسته شد و همچنین در این پایه، تنش شوری باعث شد که محتوای آب نسبی برگ نیز کاهش یابد. ممکن است یکی از دلایل برتری این دو پایه نسبت به ابارقی از نظر وضعیت آبی تجمع بیشتر اسمولیت‌ها در برگ‌های این گیاهان باشد.

نتایج این آزمایش نشان داد که تنش شوری سبب افزایش میزان قندهای محلول شد که این افزایش در دانهال‌های بدون میکوریز نسبت به دانهال‌های میکوریزی بیشتر بود و پایه‌های استفاده شده در این آزمایش نیز از نظر محتوای قند متفاوت بودند. در سطح EC_{15}، بیشترین میزان قند محلول در پایه سرخس و بنه‌باغی و کمترین میزان آن در پایه ابارقی مشاهده شد. علت تجمع قندهای محلول در طی تنش شوری این است که قندهای نامحلول (نشاسته) تجزیه و به قندهای محلول تبدیل می‌شود (۲۹). گروه‌های هیدروکسیل قندها ممکن است به منظور حفظ و ادامه واکنش‌های موجود در غشاها و نیز پروتئین‌های موجود در گیاه طی دهیدراسیون جایگزین آب شوند. از این رو قندها، از طریق پیوندهای هیدروژنی با پروتئین‌ها و غشاها واکنش نشان داده و از این طریق از تغییر پروتئین‌ها جلوگیری می‌کنند (۲۵). نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تنش شوری باعث افزایش در میزان پرولین برگ و ریشه در دانهال‌های میکوریز و بدون میکوریز گردید که میزان افزایش در محتوای پرولین در دانهال‌های میکوریز نسبت به دانهال‌های بدون میکوریز کمتر بود. همچنین میزان پرولین در پایه‌های پسته باهم متفاوت و میزان آن در پایه ابارقی به‌ویژه در ریشه بیشتر از سرخس و بنه‌باغی بود. برای افزایش پرولین در شرایط تنش دلایل مختلفی ارائه شده است، برخی آن را به علت اثر تنظیمی ABA بر فرایندهای نوری (فتوسنتز) در متابولیسم پرولین می‌دانند (۲۱)، یوشیبا و همکاران (۴۵) آن را به دلیل افزایش رونوشت mRNA مسئول سنتز آنزیم P5CS (پرولین ۵-کربوکسیلاز سنتتاز) که اولین آنزیم در مسیر بیوسنتز پرولین است (گلوتامیک اسید را به گلوتامیک-۵- سمی‌آلدئید تبدیل می‌کند)، می‌دانند (۲۰). پرولین در بسیاری از گیاهان تحت شرایط تنش شوری به عنوان یک اسمولیت غیر سمی و حفاظتی برای حفظ پتانسیل اسمزی در شرایطی که پتانسیل آب کم می‌باشد تجمع می‌یابد (۳،۱۸،۲۳،۲۷،۳۲،۳۷) که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. رابی و المدنی (۲۹) گزارش دادند که میزان انباشتگی پرولین در گیاهان بدون میکوریز باقلا در سطوح مختلف شوری (۰ و ۶ دسی‌زیمنس برمتر) بالاتر از گیاهان میکوریزی بود که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت

Downloaded from pistachioj.ir at 19:15 +0330 on Sunday February 25th 2018

داشت. ونگ و همکاران (۴۲) پیشنهاد کردند که تجمع پرولین در گیاهان ممکن است از علائم بروز تنش در گیاهانی باشد که تحمل کمتری به شوری دارند و بنابراین در سازگاری اسمزی شرکت می‌کنند. تفاوت بین پایه‌ها از نظر میزان پرولین ممکن است نشان‌دهنده‌ی متفاوت بودن مقاومت پایه‌های مختلف پسته به شوری باشد به طوری‌که هر چقدر شدت تنش بیشتر باشد میزان تجمع پرولین برای بهتر شدن تنظیم اسمزی بیشتر می‌شود. نتایج نشان داد که تنش شوری باعث افزایش گلایسین بتائین در برگ و ریشه دانهال‌های پسته شد که میزان افزایش آن در دانهال‌های میکوریز کمتر از دانهال‌های بدون میکوریز بود. هم‌چنین واکنش پایه‌های مختلف از نظر محتوای گلایسین بتائین متفاوت بود به‌طوری که در پایه سرخس و بنه‌باغی با افزایش شوری محتوای گلایسین بتائین افزایش یافت اما در پایه ابارقی بعد از افزایش در نهایت کاهش پیدا کرد. ترکیبات با وزن مولکولی کم مانند گلایسین بتائین در شرایط تنش شوری به میزان زیادی تجمع می‌یابند. چندین گزارش وجود دارد که نشان می‌دهد تجمع گلایسین بتائین در برگ‌ها ممکن است باعث مقاومت به تنش اسمزی شود و تجمع گلایسین‌بتائین را در برگ‌های بالغ سه گونه آمارانتوس گزارش کرده‌اند. این مطالعات نشان داد که سطوح گلایسین بتائین در برگ‌ها وقتی که در معرض تنش شوری و کمبود آب قرار بگیرند افزایش می‌یابد (۴۲،۴۶) که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت داشت. گلایسین بتائین نقش مهمی در تنظیم پتانسیل اسمزی بازی می‌کنند، اما پیشنهاد شده که گلایسین بتائین می‌تواند باعث پایداری فعالیت ماکرومولکولی و تمامیت غشا سلولی شود و اثر حفاظتی بیشتری نسبت به اثر اسمزی داشته باشد (۴۶). سطوح بالای شوری سبب شد تا محتوای گلایسین بتائین در گیاهان بدون میکوریز بیشتر از گیاهان میکوریزی باشد. احتمالا قارچ میکوریز سبب شده که در دانهال‌های پسته همزیست، آسیب‌های ناشی از تنش شوری کاهش پیداکند، که به نوبه خود باعث تولید کمتر گلایسین‌بتائین در گیاهان میکوریزی می‌گردد.

به‌طورکلی نتایج نشان داد با کاهش محتوای آب گیاه (پتانسیل اسمزی برگ و محتوای نسبی آب برگ) غلظت تنظیم‌کننده‌های اسمزی (قندهای محلول، پرولین و گلایسین بتائین) افزایش یافت. محتوای پرولین با افزایش سطوح شوری در هرسه پایه افزایش یافت و بیشترین میزان آن در EC_{15} وجود داشت که می‌تواند شاخص مناسبی برای ارزیابی مقاومت به شوری باشد. تفاوت بین پایه‌های استفاده شده در این آزمایش از نظر میزان گلایسین بتائین ممکن است به دلیل متفاوت بودن آستانه تحمل پایه‌های مختلف در برابر تنش شوری و تفاوت در همزیستی آن‌ها با قارچ میکوریز آربسکولار (*G. mosseae*) باشد.پایه بنه‌باغی نسبت به دو پایه دیگر دارای محتوای آب نسبی برگ بالاتر و پتانسیل اسمزی بیشتری (کمتر منفی) بود و از نظر تحمل به شوری آب آبیاری در وضعیت بهتری قرار داشت.

منابع

Downloaded from pistachioj.ir at 19:15 +0330 on Sunday February 25th 2018

۱- حکم‌آبادی، ح.، ارزانی، ک.، دهقانی شورکی، ی.، و پناهی، ب. ۱۳۸۲. پاسخ پایه‌های درختان پسته بادامی زرند، سرخس و قزوینی به زیادی بر و سدیم کلراید در آب آبیاری. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۷، شماره ۴، ۴۲-۳۶.

2- Adams, P. 1991. Effect of increasing salinity of the nutrient solution with major nutrients or sodium chloride on the yield quality and composition of tomato growth in Rockwool. Journal of Horticulture Science, 66:201-207.

3- Al-Garni, S.M.S. 2006. Increasing NaCl-salt tolerance of a halophytic plant Phragmites australis by mycorrhizal symbiosis. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science, 1:119-126.

4- Ashraf, M. and M.R. Foolad. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany, 59:207-216.

5- Asrar, A.W.A., Abdel-Fattah, G.M., Elhindi, K.M. and E.M. Abdel-Salam. 2014. The impact of arbuscular mychorrhizal fungi in improving growth, flower yield and tolerance of kalanchoe (Kalanchoe blossfeldiana Poelin) plants grown in NaCl-stress conditions. Journal of Food, Agriculture & Environment.12 (1): 1 0 5 - 1 1 2.

6- Bastam, N., Baninasab, B. and C. Ghobadi. 2012. Improving salt tolerance by exogenous application of salicylic acid in seedlings of pistachio. Plant Growth Regular. 18: 206-211.

7- Colla, G., Rouphael, Y., Cardarelli, M., Tullio, M., Rivera, C.M. and E. Rea. 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.

8- Dehne, H.W. 1982. Interaction between vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and plant pathogens. Phytopathology, 72:1115-1119.

9- Dell'Amico, J., Torrecillas, A., Rodriguez, P., Morte, A. and M. Sanchez-Blanco. 2002. Responses of tomato plants associated with the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus clarum* during drought and recovery. Journal of Agricultural Science, 138: 387-393.

10- Desingh, R. and G. Kanagaraj. 2007. Influence of Salinity stress on photoeynthesis and antioxid ative system in two cotton varieties. Plant Physiology, 33: 221-234.

11- Duan, X., Newman, D.S., Reibee, J. M., Green, C. D., Saxton, A. M. and R. M. Auge. 1996. Mycorrhizal influence on hydraulic and hormonal factors implicated in the control of stomatal conductance during drought. Journal of Experimental Botany, 47:1541-1550.

12- Evelin, H., Kapoor, R. and B. Giri. 2009. Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: a review. Anatomy and Botany. 42:154-159.

13- Feng, G., Zhang, F.S., Li, X.L., Tian, C.Y., Tang, C. and Z. 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.

Downloaded from pistachioj.ir at 19:15 +0330 on Sunday February 25th 2018

14- Fuzy, A., Biro, B., Toth, T., Hildebrandt, U. and H. Bothe. 2008. Drought, but not salinity, determines the apparent effectiveness of halophytes colonized by arbuscular mycorrhizal fungi. Journal of Plant Physiology, 165:1181–1192.

15- Grattan, S.R. and C.M. Grieve. 1985. Betaine status in wheat in relation to nitrogen stress and to transient salinity stress. Plant and Soil. 85:3–9.

16- Hajiboland, R., Aliasgharzade, N., Farsad, S.H. and C.H. Poschenrieder. 2009. Colonization with arbuscular mycorrhizal fungi improves salinity tolerance of tomato plants. Plant Soil, 11:249-255.

17- Irigoyen, J.J., Emerich D.W. and M.D. Sanchie. 1992. Water stress induced changeing concentrations of prolin and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. Physiologia plant Arum, 84: 67-72.

18- Jahromi, F., Aroca, R., Porcel, R. and J.M. Ruiz-Lozano. 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.

19- Jain, M., Mathur, G., Koul, S. and N.B. Sarin. 2001. Ameliorative effects of proline on salt stress-induced lipid peroxidation in cell lines of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). Plant Cell Reports, 20:463–468.

20- Janardhan. K.V. and Krishnamoorthy. 1975. A rapid method for determination of osmotic potential of plant cell sap. Current Science. 44(1): 390-391.

21- Jogaiah, S., Ramteke, S.D., Sharma, J. and A. Kumar Upadhyay. 2014. Moisture and salinity stress induced changes in biochemical constituents and water relations of different grape rootstock cultivars.Journal of Agronomy, 10:1-8.

22- Kavi Kishor P.B., Sangam, S.R., Amrutha, N., Sri Laxmi, P., Naidu, K.R., Reddy, K.J., Theriappan, P. and N. Sreenivasulu. 2005. Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: Its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. Current Science, 88: 424-438.

23- Koide, R. 1993. Physiology of the mycorrhizal plant. Advanced Plant Puthel, 9: 23-54.

24- Maiale, S., Sanchez, D.H., Guirado, A., Vidal, A. and O.A. Ruiz. 2004. Spermine accumulation under salt stress. Journal of Plant Physiology. 161:35-42.

25- Najafzadeh, S. and A. Ehsanpour. 2012. Effect of drought stress on some physiological parameters of two potato cultivars (Kenebec and Concord) under in vitro culture condition. Arid Biome Scientific and Research Journal, 2: 10-12.

26- Oraei, M., Tabatabaei, S.J., Fallahi, E. and A. Imani. 2009. The effects of salinity stress and rootstock on the growth, photosynthetic rate, nutrient and sodium concentation of almond (*Prunus dulcis* Mill). Jornal of Horticultural Sciences, 157: 131-140.

Downloaded from pistachioj.ir at 19:15 +0330 on Sunday February 25th 2018

27-Paquin, R. and P. Lechasseur. 1979. Observations sur une method dosage de la prolin libre dans les extraits de plantes. Can Journal Botany. 57: 1851-1854.

28-Parida, A., Das, A.B. and P. Das. 2002. NaCl stress causes changes in photo-synthetic pigments, proteins and other metabolic components in the leaves of a tree mangrove, *Bruguiera parviflora*, in hydroponic cultures. Journal of Plant Biology, 45:28-36.

29-Parvaiz, A. and S. Satyawati. 2008. Salt stress and phyto-blochemical responses of plants. Plant Soil Environ, 54: 89-99.

30-Rabie, G.H. and A.M. Almmadani. 2005. Role of bioinoculants in development of salt tolerance of *Vicia faba* plants under salinity stress. Africancs Journal of Biotechnology, 4: 210- 222.

31-Read, D.J. 1991. Mycorrhizal ecosistems. Experientia, 47: 376- 391.

32-Ruiz-Lozano, J.M., Azcon, R. and M. Gomez, 1996. Alleviation of salt stress by arbuscular-mycorrhizal *Glomus species* in *Lactuca sativa* plants. Physiologia Plantarum, 98:767–772.

33-Sannazzaro, A.I, Echeverria, M., Alberto, E.O. and Ruiz, O.A, 2007. Menendez AB. Modulation of polyamine balance in *Lotus glaber* by salinity and arbuscular mycorrhiza. Plant Physiology and Biochemistry, 45:39-46.

34-Scholander, P.E., Hammel, H.T., Bradstreet, E.D. and Hemmingsen, E.A. 1965. Sap pressure in vascular plants. Science. 148: 339-346.

35-Shamshiri, M.H. and M. Fattahi. 2014. Evaluation of Two Biochemical Markers for Salt Stress in Three Pistachio Rootstocks Inoculated with Arbuscular Mycorrhiza (Glomus mosseae). Journal of Stress Physiology & Biochemistry, 10:335-346.

36-Sheng, M., tang, M., Chen, H., Yang, B., Zang, F. and Y. Huang. 2008. Influence of Arbuscular mycorrhizal on photosynthesis and water status of maize plants under salt stress. Mycorrhiza, 18: 287- 296.

37-Sheng, W. and Z. Ying-Ning. 2009. Arbuscular mycorrhizal symbiosis growth and root nutrient status of Citrus subjected to salt stress. Science Asia, 35: 388-391.

38-Sheng, Q., Ying-Ning, Z. and H.H.H. Xin. 2009. Contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to growth, photosynthesis, root morphology and ionic balance of Citrus seedlings under salt stress. Acta Physiologiae Plantarum.

39-Stewart, C.R. and J.A. Lee. 1974. The rate of proline accumulation in halophytes Planta, 120:279-289.

40-Tahar, B., Abdellah, A., Abdulkhaliq, A. Al-Shoaibi, A. and M. Alhejeli. 2010. Effect of water stress on growth and water use efficiency (WUE) of some wheat cultivars (Triticum durum) grown in Saudi Arabia. Journal of Taibah University for Science. 3: 39-48.

41-Walker, R.R. Torokfalvy, E. and M.H. Behboudian. 1988. Photosynthesis rate and solute partitioning in relation to growth of salt treated pistachio plants. Australian Journal of Plant Physiology, 15: 787-798.

42-Wang, S., Wan, C.Y. Wang, H. Chen Zhou, Z. and H.E. Fu. 2004. Sosebee. The characteristics of Na, K and free proline distribution in several drought- resistant plants of the Alxa Desert, China. Journal of Arid Environments, 56: 525- 539.

43-Wang, S., Wan, C. and Y. Wang. 2004. The characteristics of Na^+, K^+ and free proline distribution in several drought-resistance plants of the *Alxa Desert*, China. In: Journal of Arid Environment, 56:525–539.

44-Wu, Q.S. and Y.N. Zou. 2009. Arbuscular mycorrhizal symbiosis improves growth and root nutrient status of citrus subjected to salt stress. Science Asia, 35: 388–391.

45-Yildiztugay, E., Ozfidan-Konakci, C., Kucukoduk, M. and Y. Duran. 2014. Variations in osmotic adjustment and water relations of Sphaerophysa kotschyana: Glycine betaine, proline and choline accumulation in response to salinity. Botanical Studies. 55:2-9

46-Yoshiba, Y., Kiyosue, T., Nakashima, K., Yamaguchi-Shinozaki, K., K. Shinozaki. 1997. Regulation of levels of proline as an osmolyte in plants under water stress. Plant Cell Physiology, 38: 1095-1102.

47-Zhang, H., Dong, H., W. Li., Yi, S. Chen, S. and X. Kong. 2009. Increased glycine betaine synthesis and salinity tolerance in AhCMO transgenic cotton lines. Molecular Breeding, 23:289–298.

Downloaded from pistachioj.ir at 19:15 +0330 on Sunday February 25th 2018