Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 48, No 1, Spring 2017 (175-189)
DOI: 10.22059/ijhs.2017.46981.506

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۴۸، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۶ (ص ۱۸۹-۱۷۵)

تأثیر قارچ قارچریشهٔ آربسکولار (*Glomus mosseae*) برجذب و توزیع برخی عنصرهای غذایی (فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سدیم، کلر، روی و مس) در دانهال‌های پستهٔ سرخس، ابارقی و بنه‌باغی در شرایط تنش شوری

مسعود فتاحی[۱]، محمد حسین شمشیری[۲*] و شیرین نصراله پورمقدم[۱]
۱ و ۲. دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر(عج)، رفسنجان، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۳/۱۸ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۹/٤)

چکیده

این پژوهش برای تعیین اثر همزیستی قارچ میکوریز آربسکولار (*Glomus mosseae*) و مقایسهٔ سه پایه پسته از نظر جذب و توزیع عنصرهای غذایی فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سدیم، کلر، روی و مس در تنش شوری انجام شد. بدین منظور آزمایشی گلخانه‌ای در قالب طرح کامل تصادفی به‌صورت فاکتوریل با سه عامل: میکوریز (میکوریز و بدون میکوریز)، شوری آب آبیاری (۰/۵، ۵، ۱۰ و ۱۵ ds/m) و پایه (سرخس، ابارقی و بنه باغی) اجرا شد. نتایج نشان داد، سطوح مختلف شوری موجب کاهش همزیستی و جذب عناصر (فسفر، پتاسیم، کلسیم، روی و مس) در پایه‌ها شد و با افزایش سطح شوری تجمع سدیم و کلر در ریشه و شاخساره افزایش یافت. توزیع عنصرها تحت تأثیر تیمار میکوریز قرار گرفت به‌طوری‌که میزان عنصرهای فسفر، پتاسیم، سدیم و کلر در ریشه کمتر از شاخساره بود. گیاهان دارای میکوریز در مقایسه با گیاهان بدون میکوریز غلظت بالاتری از فسفر، پتاسیم، کلسیم و روی داشتند همچنین غلظت سدیم و کلر در گیاهان میکوریزی کمتر از گیاهان بدون میکوریز بود. در مجموع همزیستی پایه‌های پسته با میکوریز سبب افزایش مقاومت به تنش شوری شد که دست‌کم می‌توان بخشی از آن را به افزایش جذب برخی از یون‌های کانی کم‌تحرک مانند فسفر و روی و فراهم نمودن تنظیم اسمزی بیشتر نسبت داد. پایهٔ بنه‌باغی نسبت به دو پایهٔ دیگر محتوای سدیم و کلر کمتری در ریشه و شاخساره داشت که می‌تواند دلیلی برای مقاومت بیشتر این پایه در مقایسه با دو پایهٔ دیگر در برابر شوری آب آبیاری باشد.

واژه‌های کلیدی: **پسته، تنش شوری، عنصرهای غذایی، میکوریز.**

Effect of arbuscular mycorrhizal (*Glomus mosseae*) on the uptake and distribution of elements (P, K, Ca, Mg, Na, Cl, Cu and Zn) in Pistachio seedlings ‘Sarakhs’, ‘Abareghi’ and ‘Bane Baqi’ (*P. eurycarpa* × *P. mutica*) in salinity conditions

Masoud Fattahi[1], Mohammad Hossein Shamshiri[2*] and Shirin Naslolahpourmoghadam[1]
1, 2. M.Sc. Student and Associate Professor, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran
(Received: Jun. 8, 2015 - Accepted: Nov. 25, 2015)

ABSTRACT

This study was planed to determine the effect of arbuscular mycorrhiza (*G. mosseae*) symbiosis and three pistachio rootstocks of ‘Sarakhs’, ‘Abareqi’ and ‘Bane Baqi’ on elements uptake and distribution under salt stress. A greenhouse experiment was conducted as factorial with three factors of mycorrhizae by two levels (with or without mycorrhizae), saltiness of irrigation water by four levels (EC of 0.5, 5 10 and 15 dS.m-1) and rootstock by three levels (Sarakhs, Abareghi and Bane Baqi). Different levels of salt stress caused reduction in mycorrhizal colonization as well as elements uptake in all rootstocks while Na^+ and Cl^- accumulation in shoot and roots were increased as the effect of salt stress intensity. Elements distribution was affected by arbuscular mycorrhizal fungi as their accumulation (P, K, Na, Cl) were lower in roots than shoot. Mycorrhizal plants had higher concentrations of P, K, Ca and Zn and lower of Na and Cl in comparison to non-mycorrhizal plants. Symbiosis relations of pistachio rootstocks with arbuscular mycorrhizal fungus led to increase salt stress resistance, which can be attributed, at least partially, to improve uptake of some low mobile elements like P and Zn and better osmosis regulation. Bane Baqi had lower content of Na and Cl in shoot and roots in comparison with two other which can be reason for its more resistance to salt stress.

Keywords: Mycorrhizae, nutrient elements, pistachio, salt.

* Corresponding author E-mail: shamshiri88@gmail.com Tel: +98 913 1937313

مقدمه

پسته یکی از محصولات مهم تجاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران است. ایران با حدود ۴۳۱۰۰۰ هکتار سطح زیر کشت پسته (۸۸ درصد آن درختان بارور و ۱۲ درصد نهال) و تولید سالانه ۱۹۲۰۰۰ تن محصول، بزرگ‌ترین کشور تولیدکنندهٔ پسته و رفسنجان بزرگ‌ترین مرکز تولید پسته در جهان است که در شمال غرب استان کرمان واقع شده است (Radmehr, 2010; Bagheri *et al*., 2012). ارزش محصول تولیدشده حدود ۱۰ درصد از مجموع درآمدهای غیرنفتی کشور است (Radmehr, 2010).

شوری خاک یک از چالش‌های جدی و رو به افزایش در بسیاری از قسمت‌های جهان به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است (Giri *et al*., 2003; Al-Karaki, 2006). خاک‌های شور حدود ۷درصد از خشکی‌های زمین را به خود اختصاص داده است (Ruiz-Lozano *et al*., 2001). سطوح بالای شوری (بیش از ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر یا بیش از ۰/۱درصد) در خاک بیشتر ناشی از تجمع نمک‌های محلول در آب آبیاری، کاربرد کودهای شیمیایی (Copeman *et al*., 1996; Al-Karaki, 2000)، کمبود بارندگی و دمای بالا در این مناطق است (Cantrell & Linderman, 2001; Al-Karaki, 2006; Ishii, 2006 Mouk &). شوری خاک برای تولید محصولات کشاورزی بسیار زیان‌آور است (Tester & Davenport, 2003) زیرا شوری بر استقرار، رشد و نمو و باروری بیشتر گیاهان تأثیر منفی دارد (Giri *et al*., 2003; Mathur *et al*., 2007). Karimi *et al*. (2011) در بررسی تأثیر شوری آب آبیاری بر پایه‌های پستهٔ بادامی‌ریز زرند (A و B)، قزوینی و سرخس اظهار داشتند که محتوای سدیم در شاخساره و ریشهٔ همهٔ پایه‌ها با افزایش شوری افزایش یافت و میزان تجمع سدیم به‌جز در پایهٔ سرخس در ریشه بیشتر از شاخساره بود همچنین میزان پتاسیم و کلسیم با افزایش شوری به‌طور شایان‌توجهی افزایش یافت.

قارچ‌های قارچریشهٔ آربسکولار باعث افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش شوری می‌شوند به‌طوری‌که برخی، همزیستی قارچریشه‌ای را به‌عنوان یکی از راهکارهای اصلاح خاک‌های شور پیشنهاد کرده‌اند (Rabi & Almmadani, 2005). اثر قارچ قارچریشهٔ آربسکولار (*Glumos mosseae*) بر مقاومت به شوری (۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) دانهال‌های نارنگی نشان داد که با تلقیح دانهال‌ها با قارچ قارچریشه، میزان سدیم ریشه در نهال‌های بدون قارچریشه نسبت به دانهال‌های قارچریشه‌ای بیشتر بود و غلظت K^+، Ca^{2+} و Mg^{2+} در ریشهٔ دانهال‌های قارچریشه‌ای بیشتر بود اگرچه تفاوت غلظت Mg^{2+} در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار با نهال‌های غیر قارچریشه‌ای معنی‌دار نبود (Wu & Zou, 2009). در بررسی تأثیر همزیستی پایهٔ نارنج سه برگ (*Poncirus tribaliata*) با قارچ قارچریشهٔ آربسکولار (*Glumos mosseae*) در تنش شوری (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم)، نتایج گویای آن بود که همزیستی نارنج سه برگ با قارچریشه باعث شد که میزان منیزیم، کلسیم و فسفر بیشتری در شاخساره تجمع یابد (Murkute *et al*., 2006). در آزمایشی که تأثیر قارچ *Glomus etunicatum* بر رشد گیاه پسته در شرایط شوری (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ میلی مولار نمک کلرید سدیم) بررسی شد، نتایج نشان داد که غلظت عنصرهای روی، فسفر و مس در تیمار شاهد، شوری پایین و متوسط در گیاهان قارچریشه‌ای بالاتر از گیاهان بدون قارچریشه بود که این افزایش ممکن است به دلیل افزایش سطح جذب ریشه یا انتقال مواد توسط هیف قارچ باشد (Falahian *et al*., 2006).

این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر شوری آب آبیاری و همزیستی قارچریشه‌ای بر سه پایهٔ پستهٔ سرخس، ابارقی و بنه‌باغی از نظر جذب و توزیع عنصرهای غذایی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش روی پایه‌های پستهٔ سرخس، ابارقی و بنه‌باغی انجام شد. در این آزمایش از یک گونهٔ قارچ قارچریشهٔ آربسکولار به نام *Glomus mosseae* استفاده شد. قارچ مورد نظر با استفاده از ذرت به‌عنوان گیاه تله به مدت چهار ماه در گلخانه افزایش شد آنگاه اندام‌های هوایی ذرت قطع شد، ریشه‌ها قطعه‌قطعه و

با خاک گلدان مخلوط شد که در نهایت مخلوط یکنواختی از قطعه‌های ریشهٔ آلوده، اسپور و خاک ناحیهٔ ریشه تهیه شد که در مراحل پس‌ازآن به‌عنوان مایهٔ قارچ استفاده شد (Bagheri *et al*., 2012). خاک مورد استفاده به نسبت دوبه‌یک به ترتیب خاک مزرعه و ماسه مخلوط شد که برخی ویژگی‌های آن در جدول ۱ آورده شده است. برای سترون (استریل) کردن خاک، نمونه‌های خاک به مدت یک ساعت در دمای ۱۲۰ درجهٔ سلسیوس و فشار ۱/۵ اتمسفر قرار گرفتند.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک استفاده‌شده
Table 1. Physical and chemical characteristics the soil use

Property	Amount
Clay %	15.2
Silt %	14.6
Sand %	7.02
Class structure	Sandy loam
PH	7.2
The electrical conductivity (dS/m)	1.7

بذرهای مورد نیاز در این آزمایش از مؤسسهٔ تحقیقات پستهٔ رفسنجان تهیه و آنگاه بذرهای بنه باغی پیش از کشت به مدت ۶۵ روز در شرایط چینهٔ سرمایی قرار گرفتند و بذرهای دو پایهٔ سرخس و ابارقی پس از ضدعفونی با هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد در پارچهٔ مرطوب و در اتاقک رشد (انکوباتور) با دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس به مدت یک هفته قرار داده شدند. در مرحلهٔ بعد، شش عدد از بذرهای جوانه‌دار در گلدان‌های حاوی ۳/۵ کیلوگرم خاک اتوکلاوشده کشت و همزمان مایه‌کوبی با افزودن ۱۰۰ گرم از مایهٔ قارچ به گلدان انجام شد و پس از گذشت سه هفته، شمار نهال‌ها در هر گلدان به چهار عدد کاهش داده شد. نهال‌ها به مدت ۱۵۰ روز تا آغاز تیمار شوری رشد کردند و در این مدت هر دو روز یک‌بار تا حد ظرفیت مزرعه (FC) آبیاری شدند. پیش از آغاز تنش شوری و به‌منظور اطمینان از آلودگی ریشه‌ها به قارچریشه، نمونه‌هایی به‌صورت تصادفی از ریشهٔ گیاهان گرفته شد و پس از رنگ‌آمیزی و مشاهدهٔ میکروسکوپی، میزان آلودگی ریشه‌ها به قارچ قارچریشهٔ مورد استفاده در پایهٔ سرخس، ابارقی و بنه‌باغی به ترتیب ۸۵، ۸۰ و ۹۰ درصد ثبت شد (Giovanetti & Mosse, 1980). تیمار شوری در چهار سطح بر پایهٔ قابلیت هدایت الکتریکی آب آبیاری (۰/۵، ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر) و با استفاده از نمک کلرید سدیم انجام شد. دامنهٔ سطوح شوری به‌گونه‌ای در این پژوهش تنظیم شد که هم اثرگذاری تنش شوری دیده شود و هم اینکه سطوح بالا موجب از بین رفتن دانهال‌های پسته و از دست رفتن بخشی از اطلاعات نشود. در طول انجام تیمار شوری، دمای گلخانه ۵±۳۲ درجهٔ سلسیوس و میانگین رطوبت نسبی ۳۰/۱ درصد و شدت نور میانه روز ۱۰±۵۰ کیلولوکس ثبت شد. گیاهان به مدت ۷۵ روز با نمک محلول در آب آبیاری (با EC ۰/۵، ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی زیمنس بر متر) تحت تنش شوری قرار داشتند و در این مدت گلدان‌ها به فاصلهٔ هر سه روز یک‌بار تا ۳۰ درصد بیش از ظرفیت مزرعه برای جلوگیری از تجمع نمک در خاک به‌صورت وزنی آبیاری شدند.

در پایان آزمایش برای ارزیابی میزان همزیستی قارچریشه، نمونه‌های ریشه‌ای جدا و به قطعه‌های ۱ سانتی‌متری تقسیم و رنگ‌آمیزی به روش Schenck & Perez (1990) انجام شد. ریشه‌ها پس از شستشو در آغاز در محلول هیدروکسید پتاسیم ۱۵ درصد، به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۱۲۱ درجهٔ سلسیوس و فشار ۱/۵ اتمسفر اتوکلاو شدند، سپس ۲۰ دقیقه در محلول پراکسید هیدروژن قرار داده شده و پس از شستشو، چهار دقیقه در محلول اسیدکلریدریک ۱ درصد قرار داده شدند. برای رنگ‌آمیزی، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در معرف تریپان بلو قرار گرفتند. در پایان، نمونه‌ها به‌منظور از بین رفتن رنگ اضافی در محلول حاوی ۵۷۵ میلی‌لیتر اسیدلاکتیک+ ۶۳ میلی‌لیتر گلیسیرین+ ۶۳ میلی‌لیتر آب مقطر قرار داده شدند. در مرحلهٔ پس از هر تکرار چهل نمونه ریشهٔ ۱ سانتی‌متری تهیه و زیر میکروسکوپ با بزرگ‌نمایی ۴۰× مشاهده شدند و درصد آلودگی از رابطهٔ ۱ محاسبه شد:

$$\text{درصد آلودگی ریشه} = \frac{\text{شمار ریشهٔ آلوده}}{\text{شمار ریشهٔ مشاهده‌شده}} \times ۱۰۰ \quad (۱)$$

برای اندازه‌گیری عنصرهای غذایی در آغاز ۰/۵ گرم نمونه خشک‌شدهٔ ریشه و شاخساره را آسیاب کرده و در کوره به مدت یک ساعت در دمای ۲۵۰ درجهٔ سلسیوس و سه ساعت در دمای ۵۵۰ درجهٔ سلسیوس قرار داده شد تا نمونه‌ها خاکستر شدند. پس از خنک شدن، ۵

میلی‌لیتر اسیدکلریدریک ۲ نرمال به هر نمونه اضافه و با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانیده شد. این عصاره به‌طور مستقیم برای اندازه‌گیری پتاسیم، منیزیم، کلسیم، آهن، مس، روی و سدیم استفاده شد. عنصرهای منیزیم، کلسیم، مس، روی و آهن با استفاده از دستگاه جذب اتمیک (GBA, Avanta, USA) و سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه شعله‌سنج نوری (فلیم‌فتومتر) (Flame photometer, PFP7, USA) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری فسفر، ۵ میلی‌لیتر از عصارهٔ تهیه‌شده را با ۱۰ میلی‌لیتر از محلول آمونیوم مولیبدات مخلوط کرده و با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانیده شد. پس از صاف کردن میزان فسفر با استفاده از طیف‌سنج نوری (اسپکتروفتومتر، LAM; Leaf Area Meter-C1-2002, USA) در طول‌موج ۴۷۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (Olsen *et al*., 1954).

برای اندازه‌گیری کلر در ریشه و شاخساره با استفاده از روش Chapman & Praht (1961)، ۱ گرم از نمونهٔ خشک‌شده را آسیاب کرده، ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۰/۰۱ مولار به آن افزوده و پس از گذشت یک شب، ph محلول با کربنات سدیم ۱ نرمال روی ۷/۵-۸ تنظیم شد. در مرحلهٔ بعد چند قطره معرف کرومات پتاسیم به آن اضافه کرده و محلول با نیترات نقرهٔ ۰/۰۵ نرمال تیتر شد و برای اندازه‌گیری میزان کلر از رابطهٔ ۲ استفاده شد:

$$Cl\ (mg\ g^{-1}\ dw) = \frac{[(ml.AgNO_3^- - ml.Blank) \times N\ AgNO_3 \times 35.5]}{w \times 1000} \quad (۲)$$

در این رابطه:

N: نرمالیتهٔ نیترات نقره، ml: میلی‌لیتر نیترات نقرهٔ تیتر شده، W: وزن نمونه و Blank: شاهد می‌باشد.

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با تیمارهای قارچ قارچریشه (با و بدون قارچریشه) شوری آب آبیاری (۰/۵، ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر) و پایه (سرخس، ابارقی و بنه‌باغی) در سه تکرار انجام شد. تجزیهٔ آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTATC و مقایسهٔ میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد صورت گرفت.

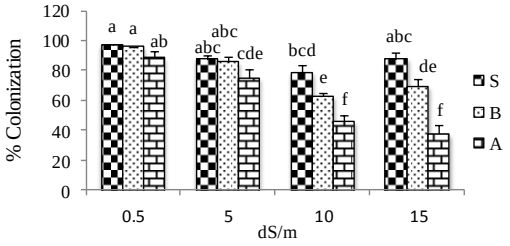
نتایج

درصد همزیستی قارچریشه

بر پایهٔ نتایج به‌دست‌آمده (شکل ۱) تنش شوری باعث کاهش درصد همزیستی در هر سه پایه شد. شوری در سطح ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر سبب شد که بین پایه‌های مورد استفاده، اختلاف معنی‌داری از نظر میزان همزیستی مشاهده شود. در همهٔ سطوح شوری بیشترین درصد همزیستی مربوط به رقم سرخس و کمترین درصد همزیستی مربوط به رقم ابارقی بود. بیشترین درصد همزیستی در هر سه پایه در تیمار شاهد با میانگین ۹۷/۲۸، ۹۶ و ۸۸/۴۳ درصد به ترتیب در پایهٔ سرخس، بنه‌باغی و ابارقی بود درحالی‌که میزان آلودگی با افزایش سطح شوری آب آبیاری و در سطح ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر به ۸۷/۷۰، ۶۹/۴۵ و ۳۷/۵۸ درصد کاهش یافت (شکل ۱).

جذب و توزیع عنصرهای کانی

در جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) تاثیر تیمارها بر میزان جذب عناصر مختلف در ریشه و شاخساره نمایان است. نتایج نشان داد همزیستی قارچریشه‌ای تا سطح شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر تأثیری بر کاهش سدیم شاخساره نداشت ولی در EC_{10} و EC_{15} گیاهان قارچریشه‌ای سدیم کمتری را نسبت به گیاهان بدون قارچریشه داشتند (شکل a-۲). سدیم ریشه و شاخساره با افزایش تنش شوری افزایش یافت که این افزایش در شاخساره و به‌ویژه در سطح EC_{10} و EC_{15} قابل توجه بود (شکل b-۲). تجمع سدیم در شاخسارهٔ پایه‌های پسته تا سطح EC_5 تفاوتی نداشت اما در سطوح EC_{10} و EC_{15} به‌شدت افزایش‌یافته و تفاوت‌های معنی‌داری از نظر آماری ظاهر شد به‌طوری‌که پایهٔ بنه‌باغی نسبت به دو پایهٔ دیگر در سطوح شوری یادشده، سدیم کمتری داشت (شکل b-۲). به‌طورکلی تجمع سدیم در ریشهٔ پایه‌های سرخس و بنه‌باغی و در سطوح EC_{10} و EC_{15} بسیار کمتر از شاخساره بود اما در پایهٔ ابارقی و به‌ویژه در گیاهان بدون قارچریشه، غلظت سدیم در سطوح شوری یادشدهٔ بالا و در حد غلظت آن در شاخساره بود (شکل c-۲).



شکل ۱. تأثیر تیمار شوری آب آبیاری بر پایهٔ قابلیت هدایت الکتریکی (۰/۵، ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر)، بر درصد همزیستی میکوریز در پایه‌های سرخس (S)، بنه‌باغی (B) و ابارقی (A).

Figure 1. Effect of Irrigation water Salinity on the basis of the electrical conductivity (0.5, 5, 10 and 15 dS m), on percentage of mycorrhizal symbiosis in rootstocks Sarakhs (S), Bane Baghi (B) and Abareghi (A).

جدول ۲. تجزیهٔ واریانس عنصرهای شاخساره و ریشهٔ دانهال‌های پسته

Table 2. ANOVA of shoots and roots elements of pistachio seedlings

Shoot	df	Mean Square								
S.O.V.		Na	Cl	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe
Cultivar	2	84.89**	13.55**	0.26*	74.95**	1.08**	1.83**	0.131**	0.0001**	0.002**
Mycorrhizal	1	110.74**	14.04**	1.94**	9.56**	0.64**	1.10**	0.014**	0.0001**	0.001^{ns}
Cultivar*Mycorrhizal	2	6.73**	3.07^{ns}	0.10^{ns}	2.95^{ns}	0.57*	0.45^{ns}	0.020**	0.0001**	0.003**
Salinity	3	8477.09**	259.56**	7.04**	104.67**	1.13**	4.92**	0.333**	0.0001**	0.036**
Cultivar*Salinity	6	65.97**	6.94^{ns}	0.28^{ns}	69.08**	1.03^{ns}	1.51**	0.047**	0.0001**	0.005**
Mycorrhizal*Salinity	3	91.28^{ns}	4.53^{ns}	0.52**	1.50^{ns}	0.16^{ns}	0.54^{ns}	0.32**	0.0001**	0.001^{ns}
Cultivar*Mycorrhizal*Salinity	6	11.94^{ns}	2.96^{ns}	0.31^{ns}	1.37^{ns}	0.82^{ns}	0.72^{ns}	0.24**	0.0001**	0.007**
Error	48	113.32	44.25	1.80	29.83	4.57	4.06	0.33	0.0001	0.011
C.V. (%)		9.32	9.77	15.48	8.61	10.55	18.68	14.58	15.50	15.97

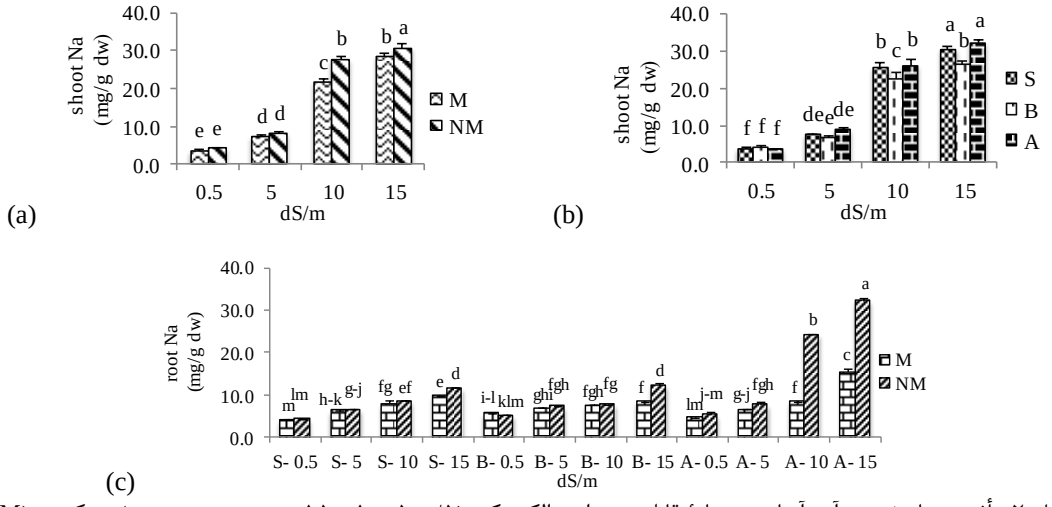
ادامه جدول ۲. تجزیهٔ واریانس عنصرهای شاخساره و ریشهٔ دانهال‌های پسته

Continued table 2. ANOVA of shoots and roots elements of pistachio seedlings

Root	df	Mean Square							
Sources of changes		Na	Cl	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu
Cultivar	2	491.49**	2.350^{ns}	1.48**	2.38^{ns}	0.45^{ns}	0.24^{ns}	0.001**	0.0001^{ns}
Mycorrhizal	1	214.19**	13.014**	0.41**	2.47*	2.32**	0.70**	0.001**	0.0001*
Cultivar*Mycorrhizal	2	238.92**	4.024^{ns}	0.03^{ns}	0.90^{ns}	1.32**	0.10^{ns}	0.0001^{ns}	0.0001*
Salinity	3	1067.54**	126.36**	6.68**	29.70**	4.21**	3.71**	0.003**	0.001**
Cultivar*Salinity	6	499.80**	2.645^{ns}	0.66*	1.36^{ns}	0.68^{ns}	0.4^{ns}	0.0001**	0.0001**
Mycorrhizal*Salinity	3	182.79**	7.904*	0.43*	0.26^{ns}	0.29^{ns}	0.14^{ns}	0.0001^{ns}	0.0001*
Cultivar*Mycorrhizal*Salinity	6	198.08**	4.973^{ns}	0.10^{ns}	0.21^{ns}	0.74^{ns}	0.95**	0.00001^{ns}	0.0001**
Error	48	26.32	47.19	2.31	22.84	4.08	2.57	0.0001	0.0001
C.V. (%)		7.89	14.70	16.62	10.22	13.34	14.58	17.11	15.50

ns، * و **: عدم وجود اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد..

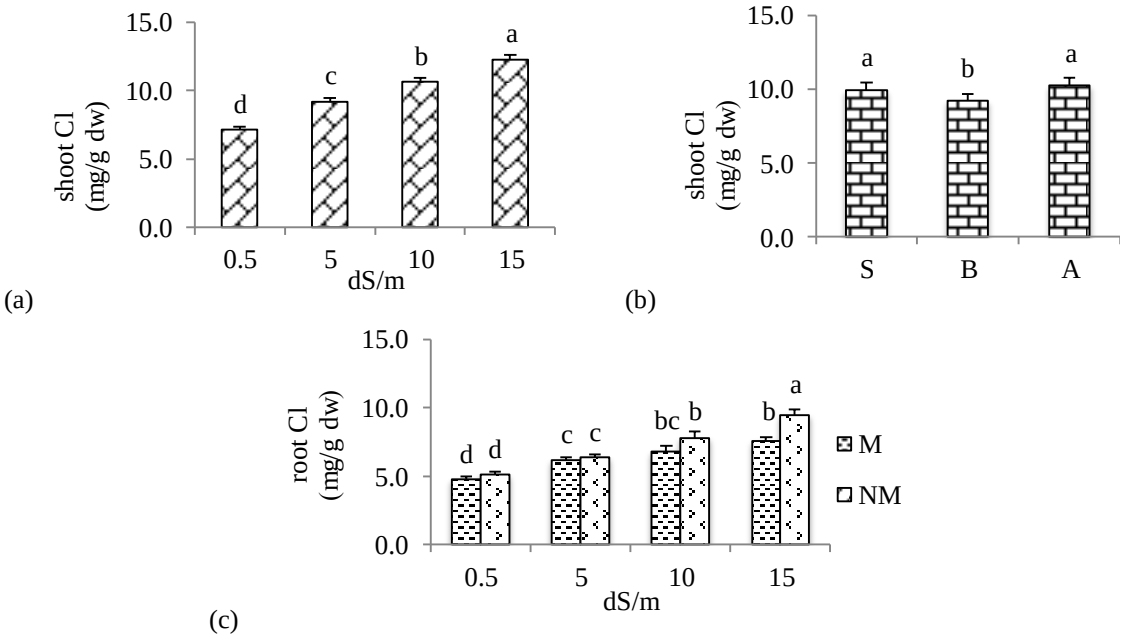
ns, *, **: Non-significant differences and significantly differences on 5% and 1% probability level, respictevely.



شکل ۲. تأثیر تیمار شوری آب آبیاری بر پایهٔ 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 غلظت سدیم ریشه و شاخساره

Figure 2. Effect of Irrigation water Salinity on the basis of the electrical conductivity (0.5, 5, 10 and 15 dS m), Mycorrhizal (M: with mycorrhizal and NM: without inoculation) and rootstock (S: Sarakhs, B: Bane Baghi, A: Abareghi) on Na concentration of roots and shoots.

میزان کلر شاخساره با افزایش تنش شوری افزایش یافت به‌طوری‌که بیشترین میزان کلر شاخساره در EC_{15} و کمترین میزان آن در شاهد مشاهده شد (شکل a-۳). تجمع کلر در شاخسارهٔ پایه‌های مختلف با یکدیگر متفاوت بود به‌طوری‌که تجمع کلر در شاخسارهٔ پایهٔ ابارقی و سرخس بیشتر از بنه‌باغی بود (شکل b-۳). همزیستی قارچریشه تا سطح EC_{10} تأثیری بر کاهش کلر ریشه نداشت درحالی‌که در سطح EC_{15} شوری گیاهان قارچریشه‌ای کلر کمتری را نسبت به گیاهان بدون قارچریشه داشتند (شکل c-۳).



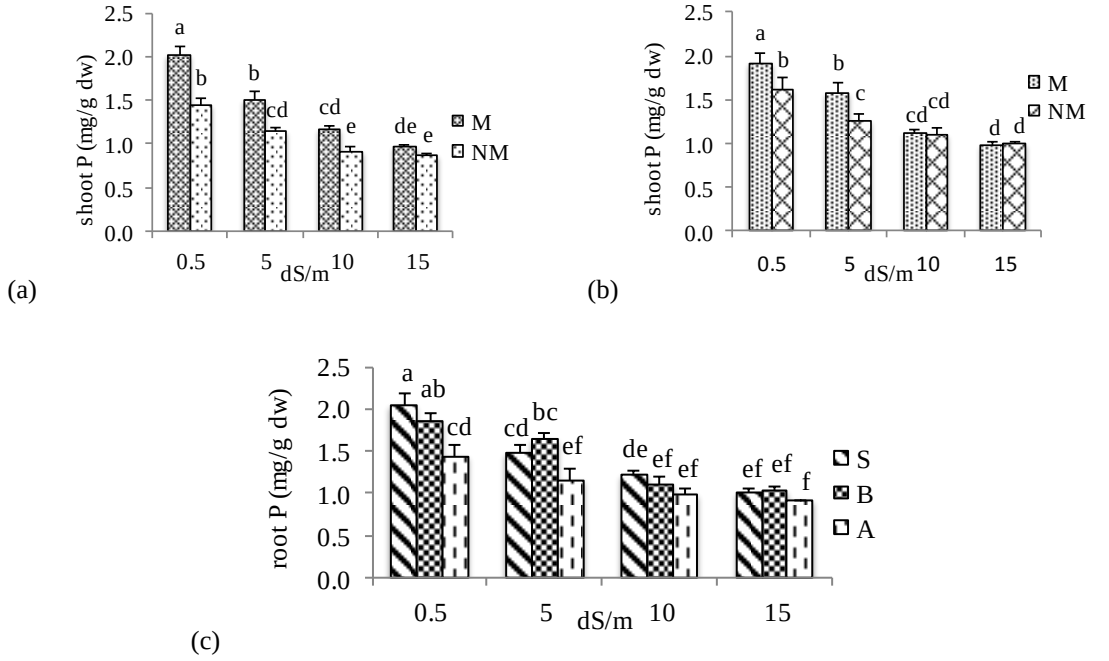
شکل ۳. تأثیر تیمار شوری آب آبیاری بر پایهٔ قابلیت هدایت الکتریکی (۰/۵، ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر)، میکوریز (M: با میکوریز و NM: بدون میکوریز) و پایه (S: سرخس، B: بنه‌باغی، A: ابارقی) بر غلظت کلر ریشه و شاخساره

Figure 3. Effect of Irrigation water Salinity on the basis of the electrical conductivity (0.5, 5, 10 and 15 dS m), Mycorrhizal (M: with mycorrhizal and NM: without inoculation) and rootstock (S: Sarakhs, B: Bane Baghi, A: Abareghi) on Cl concentration of roots and shoots.

صرف‌نظر از تأثیر قارچریشه و پایه، شوری باعث کاهش غلظت فسفر در شاخساره و ریشه شد و این کاهش در همهٔ سطوح شوری با شاهد معنی‌دار بود (شکل a, b-۴). غلظت فسفر ریشه و شاخساره در گیاهان قارچریشه‌ای و بدون قارچریشه در رویارویی با شوری کاهش یافت اما کاهش میزان فسفر شاخساره در گیاهان قارچریشه‌ای تا سطح EC_{10} شوری آب آبیاری نسبت به دانهال‌های بدون قارچریشه کمتر بود اما با افزایش شوری (EC_{15}) بین دانهال‌های قارچریشه‌ای و بدون قارچریشهٔ تفاوتی مشاهده نشد (شکل b-۴). میزان فسفر ریشهٔ گیاهان قارچریشه‌ای در سطح EC_5 و شاهد بیشتر از دانهال‌های بدون قارچریشه بود و تفاوتی بین دانهال‌های قارچریشه‌ای و بدون قارچریشه در EC_{10} و EC_{15} مشاهده نشد (شکل c-۴).

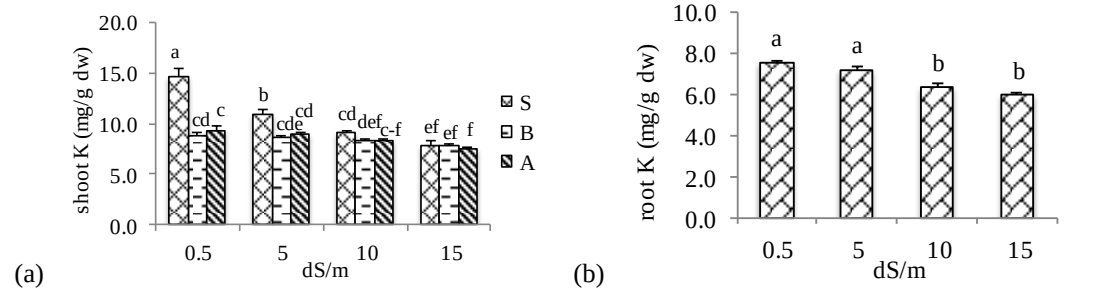
نتایج آزمایش نشان داد، غلظت پتاسیم شاخساره در پایهٔ سرخس با افزایش شوری کاهش یافت اما در پایه‌ها بنه‌باغی و ابارقی تنها در سطح EC_{15} با شاهد تفاوت معنی‌دار داشت (شکل a-۵). غلظت پتاسیم ریشه نیز در سطوح شوری EC_{10} و EC_{15} نسبت به شاهد کاهش معنی‌دار داشت (شکل b-۵). پتاسیم شاخساره در دانهال‌های قارچریشه‌ای با میانگین ۹/۵ میلی‌گرم در گرم بیشتر از دانهال‌های بدون قارچریشه با میانگین ۸/۷ میلی‌گرم در گرم بود و اختلاف ۷/۶ درصدی آن‌ها از نظر آماری در سطح ۱درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). همچنین میزان پتاسیم ریشهٔ

دانهال‌های قارچریشه به میزان ۵/۳ درصد بیشتر از دانهال‌های بدون قارچریشه بود (جدول ۳). نتایج نشان داد، تیمار شوری سبب افزایش نسبت سدیم به پتاسیم در شاخساره و ریشه شد (شکل ۶). تنش شوری باعث افزایش نسبت سدیم به پتاسیم نسبت به شاهد شد و این افزایش در سطح EC_{10} و EC_{15} به‌طور شایان‌توجهی بیشتر بود درحالی‌که این نسبت در گیاهان قارچریشه نسبت به گیاهان بدون قارچریشه به‌طور معنی‌داری کمتر بود (شکل a-۶). نسبت سدیم به پتاسیم درنتیجهٔ اعمال تنش شوری در هر سه پایهٔ استفاده‌شده افزایش یافت و میزان آن در پایهٔ بنه‌باغی نسبت به دو پایهٔ دیگر کمتر بود (شکل b-۶). نسبت سدیم به پتاسیم در ریشهٔ هر سه پایه تحت تأثیر شوری افزایش یافت و بیشترین میزان آن در سطح EC_{10} و EC_{15} در دانهال‌های بدون قارچریشه پایهٔ ابارقی مشاهده شد (شکل c-۶).



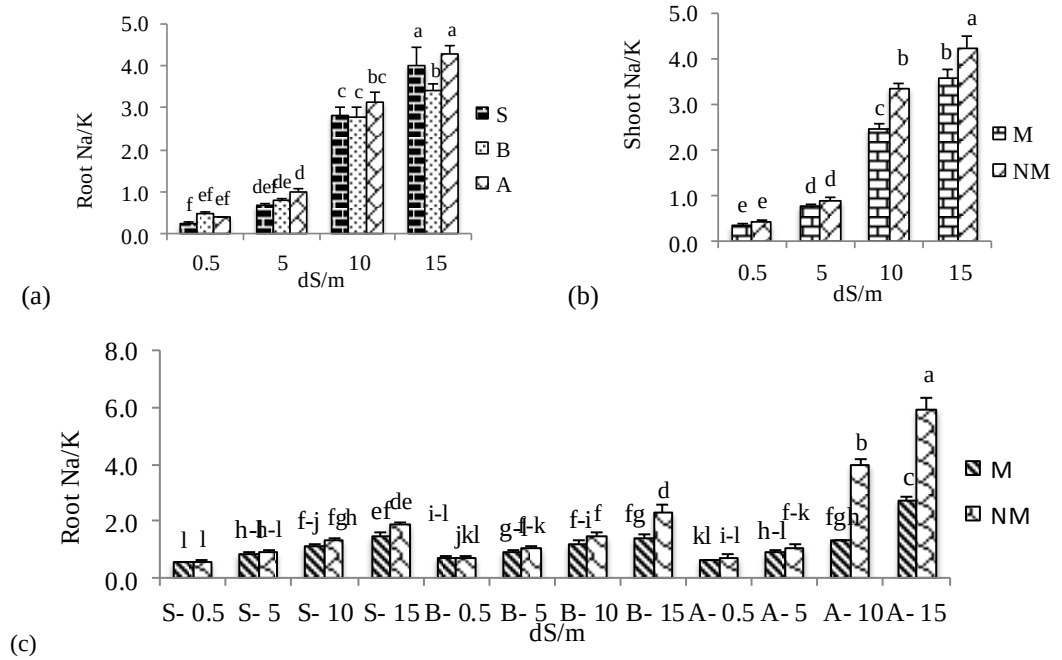
شکل ۴. تأثیر تیمار شوری آب آبیاری بر پایهٔ قابلیت هدایت الکتریکی (۰/۵، ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر)، میکوریز (M: با میکوریز و NM: بدون میکوریز) و پایه (S: سرخس، B: بنه‌باغی، A: ابارقی) بر غلظت فسفر ریشه و شاخساره

Figure 4. Effect of Irrigation water Salinity on the basis of the electrical conductivity (0.5, 5, 10 and 15 dS m), Mycorrhizal (M: with mycorrhizal and NM: without inoculation) and rootstock (S: Sarakhs, B: Bane Baghi, A: Abareghi) on P concentration of roots and shoots.



شکل ۵. تأثیر تیمار شوری آب آبیاری بر پایهٔ 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 غلظت پتاسیم ریشه و شاخساره

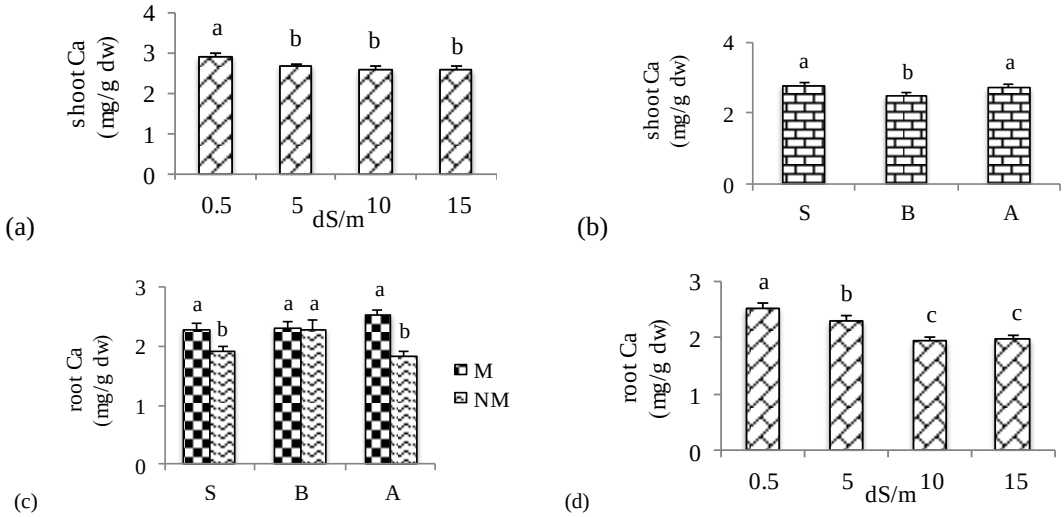
Figure 5. Effect of Irrigation water Salinity on the basis of the electrical conductivity (0.5, 5, 10 and 15 dS m), Mycorrhizal (M: with mycorrhizal and NM: without inoculation) and rootstock (S: Sarakhs, B: Bane Baghi, A: Abareghi) on K concentration of roots and shoots.



شکل ۶. تأثیر تیمار شوری آب آبیاری بر پایهٔ 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 نسبت سدیم به پتاسیم ریشه و شاخساره

Figure 6. Effect of Irrigation water Salinity on the basis of the electrical conductivity (0.5, 5, 10 and 15 dS m), Mycorrhizal (M: with mycorrhizal and NM: without inoculation) and rootstock (S: Sarakhs, B: Bane Baghi, A: Abareghi) on Na/K concentration of roots and shoots.

غلظت کلسیم ریشه و شاخساره در اثر تنش شوری آب آبیاری نسبت به شاهد کاهش پیدا کرد. بین سطوح شوری از نظر میزان کلسیم شاخساره تفاوتی مشاهده نشد (شکل a-۷) درحالی‌که غلظت کلسیم ریشه با افزایش شوری به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافت (شکل d-۷). قارچریشه باعث شد که غلظت کلسیم ریشه و شاخساره در دانهال‌های قارچریشه‌ای بیشتر از دانهال‌های بدون قارچریشه باشد (جدول ۳). در مقایسه پایه‌های استفاده‌شده نتایج نشان داد، میزان کلسیم شاخساره در پایهٔ ابارقی و سرخس بیشتر از بنه‌باغی بود (شکل b-۷).

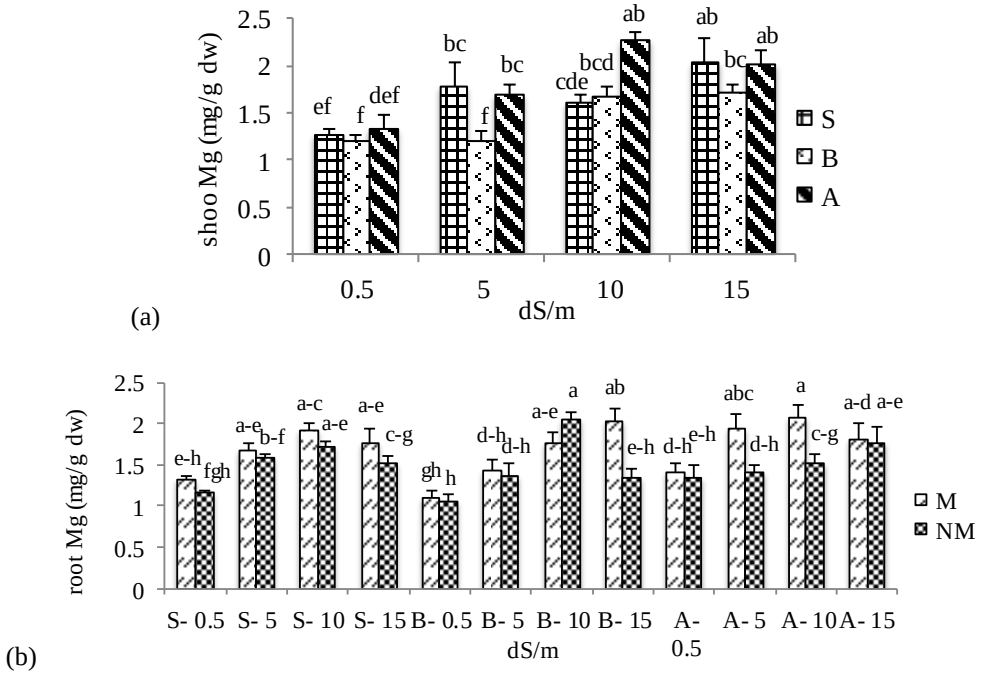


شکل ۷. تأثیر تیمار شوری آب آبیاری بر پایهٔ قابلیت هدایت الکتریکی (۰/۵، ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر)، میکوریز (M: با میکوریز و NM: بدون میکوریز) و پایه (S: سرخس، B: بنه‌باغی، A: ابارقی) بر غلظت کلسیم ریشه و شاخساره

Figure 7. Effect of Irrigation water Salinity on the basis of the electrical conductivity (0.5, 5, 10 and 15 dS m), Mycorrhizal (M: with mycorrhizal and NM: without inoculation) and rootstock (S: Sarakhs, B: Bane Baghi, A: Abareghi) on Ca concentration of roots and shoots.

صرف‌نظر از تأثیر قارچریشه و پایه، شوری باعث شد که میزان منیزیم در شاخساره و ریشه افزایش پیدا کند (شکل a, b-۸). همچنین در مقایسهٔ گیاهان قارچریشه و بدون قارچریشه، بیشترین میزان منیزیم شاخساره مربوط به گیاهان قارچریشه‌ای بود (جدول۳). پایه‌ها از نظر غلظت منیزیم شاخساره در سطح شاهد و EC_{15} تفاوتی نداشتند اما در سطوح دیگر شوری تفاوت‌هایی مشاهده شد (شکل a-۸).

صرف‌نظر از اثر قارچریشه و پایه، شوری باعث کاهش روی در شاخساره (شکل b-۹) و همچنین مس و روی در ریشه شد (شکل a, c-۹)، درصد تجمع مس در ریشه نسبت به شاخساره بیشتر بود درحالی‌که درصد روی ریشه خیلی پایین‌تر از شاخساره بود (شکل a-۱۰). تلقیح با قارچریشهٔ آربسکولار تأثیر شایان‌توجهی بر غلظت عنصرهای غذایی کم‌مصرف دانهال‌های پسته داشت. غلظت روی در ریشه گیاهان قارچریشه‌ای به‌طور معنی‌داری بیشتر از گیاهان بدون قارچریشه بود (جدول۳). غلظت روی در ریشهٔ ابارقی و سرخس بیشتر از بنه‌باغی بود (شکل a-۹).



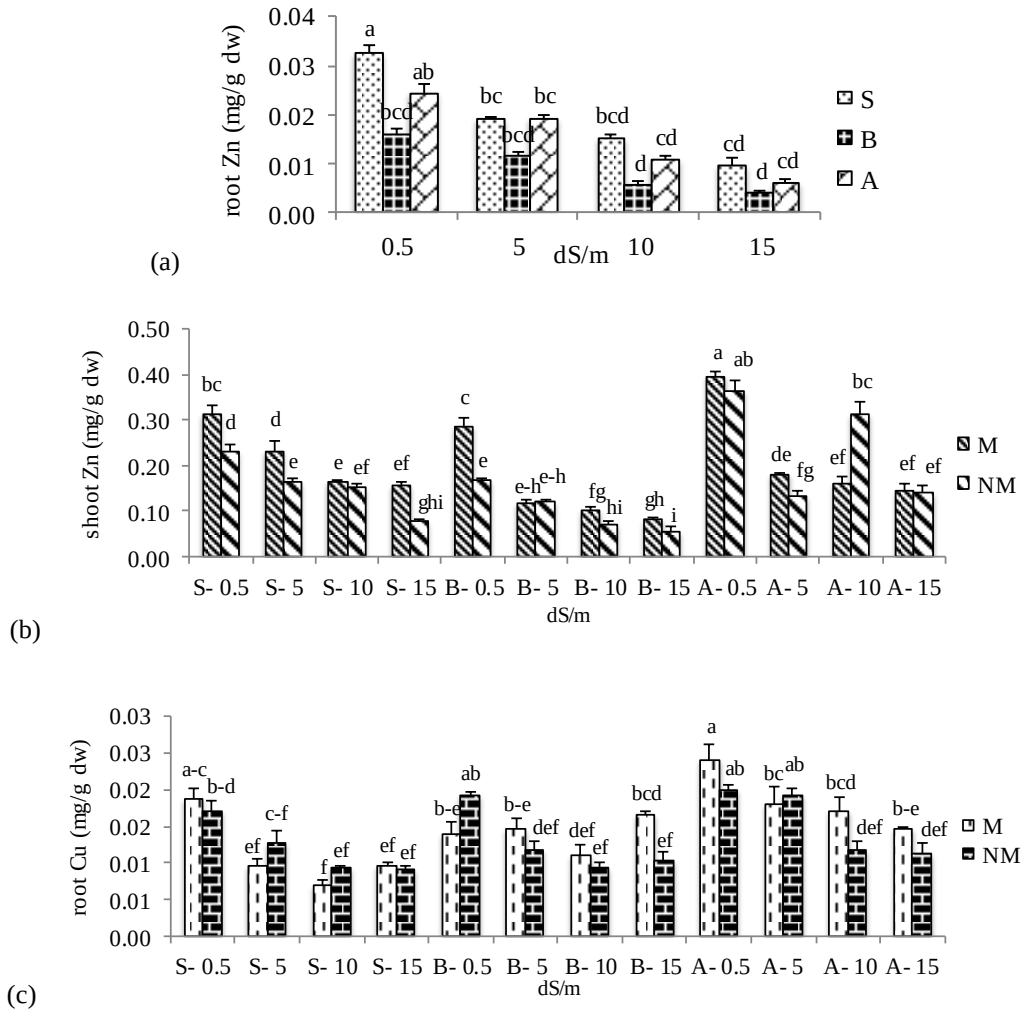
شکل ۸. تأثیر تیمار شوری آب آبیاری بر پایهٔ قابلیت هدایت الکتریکی (۰/۵، ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر)، میکوریز (M: با میکوریز و NM: بدون میکوریز) و پایه (S: سرخس، B: بنه‌باغی، A: ابارقی) بر غلظت منیزیم ریشه و شاخساره

Figure 8. Effect of Irrigation water Salinity on the basis of the electrical conductivity (5/0, 5, 10 and 15 dS m), Mycorrhizal (M: with mycorrhizal and NM: without inoculation) and rootstock (S: Sarakhs, B: Bane Baghi, A: Abareghi) on Mg concentration of roots and shoots.

جدول ۳. اثر تیمار میکوریز (M: با میکوریز و NM: بدون میکوریز) بر غلظت Cl، K، Mg و Ca (mgg^{-1}) شاخساره و K و Zn (mgg^{-1}) ریشه

Table 3. The effect of mycorrhizal treatments (M: with mycorrhiza and NM: without mycorrhiza) on the concentration of Cl, K, Mg and Ca (mgg^{-1}) of shoots and K and Zn (mgg^{-1}) of root

Mycorrhizal	Shoot				Root	
	Cl	K	Mg	Ca	K	Zn
Without Mycorrhizal	10.27^{a}	4.78^{b}	1.52^{b}	2.58^{b}	6.65^{b}	0.013^{b}
With mycorrhizal	9.38^{b}	9.52^{a}	1.77^{a}	2.78^{a}	6.94^{a}	0.016^{a}

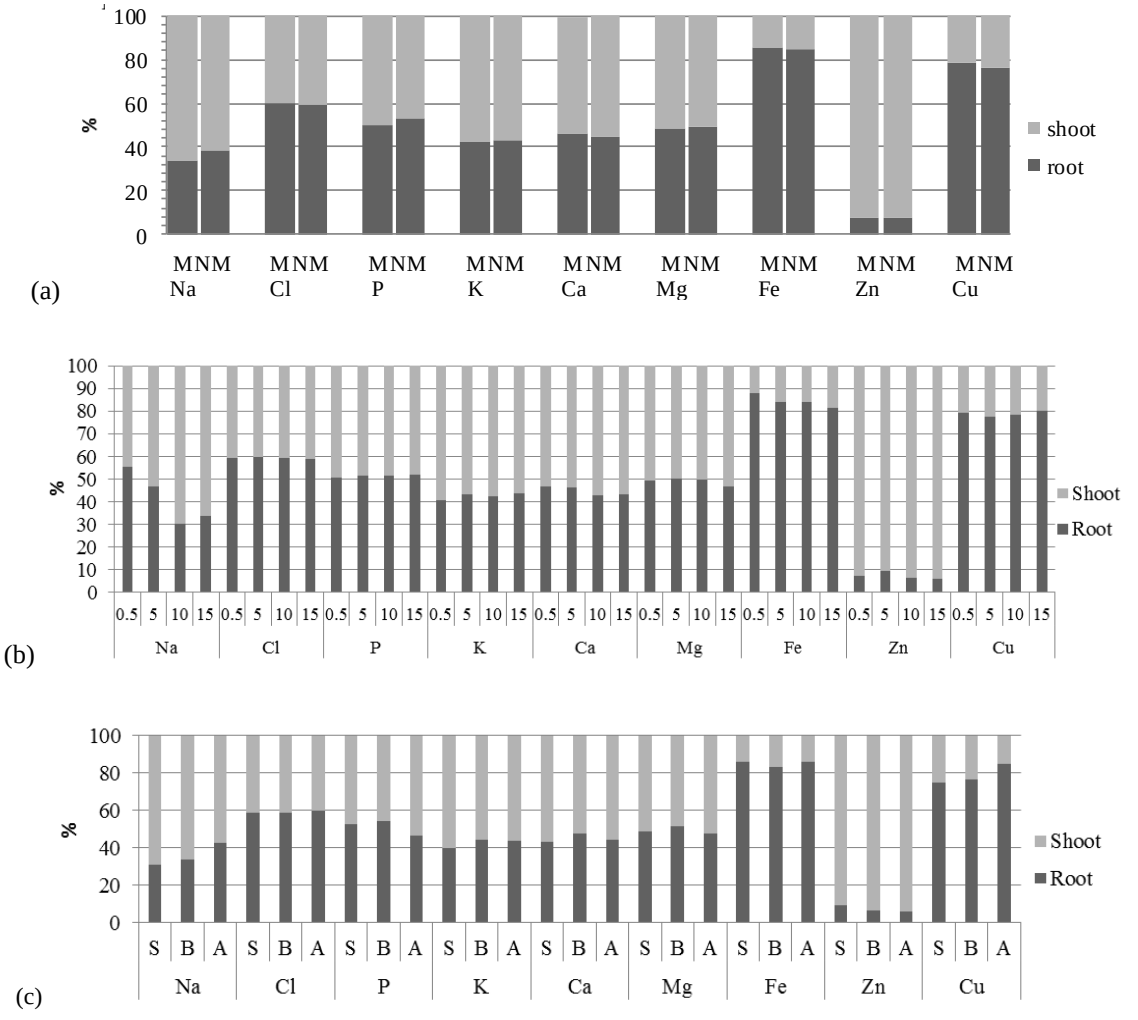


شکل ۹. تأثیر تیمار شوری آب آبیاری بر پایهٔ قابلیت هدایت الکتریکی (۰/۵، ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر)، میکوریز (M: با میکوریز و NM: بدون میکوریز) و پایه (S: سرخس، B: بنه‌باغی، A: ابارقی) بر غلظت منیزیم ریشه و شاخساره و مس ریشه

Figure 9. Effect of Irrigation water Salinity on the basis of the electrical conductivity (0.5, 5, 10 and 15 dS m), Mycorrhizal (M: with mycorrhizal and NM: without inoculation) and rootstock (S: Sarakhs, B: Bane Baghi, A: Abareghi) on Mg concentration of roots and shoots and Cu of roots.

در بررسی نسبت توزیع عنصرها بین شاخساره و ریشه نتایج نشان داد، با افزایش شوری انتقال سدیم ریشه به شاخساره افزایش یافت (شکل ۱۰-b)، انتقال سدیم از ریشه به شاخساره در گیاهان بدون قارچریشه‌ای بیشتر از گیاهان قارچریشه‌ای بود (شکل ۱۰-a) و در مقایسه بین پایه‌ها بیشترین انتقال سدیم در پایهٔ سرخس و کمترین آن در پایهٔ ابارقی بود (شکل ۱۰-c). در بررسی نسبت توزیع کلر بین ریشه و شاخساره، نتایج نشان داد که با افزایش سطح شوری اختلافی در انتقال کلر از ریشه به شاخساره مشاهده نشد (شکل ۱۰-b) و در مقایسه بین تیمار قارچریشه و پایه‌ها نیز تفاوتی از نظر انتقال کلر مشاهده نشد (شکل ۱۰-a, c). همچنین تنش شوری سبب کاهش غلظت فسفر ریشه در هر سه پایه شد و کمترین غلظت فسفر ریشه مربوط به ابارقی بود. محتوای فسفر شاخساره در پایهٔ ابارقی (۵۳/۶ درصد) بیشتر از سرخس (۴۷ درصد) و بنه‌باغی (۴۵ درصد) بود (شکل ۱۰-c). به‌طورکلی توزیع فسفر در ریشه و شاخساره تحت تأثیر سطوح مختلف شوری یکسان بود (شکل ۱۰-b) و همزیستی قارچریشه‌ای باعث افزایش فسفر شاخساره نسبت به ریشه شد (شکل ۱۰-a) درحالی‌که پایه‌های سرخس و بنه‌باغی نسبت به ابارقی فسفر بیشتری در شبکهٔ ریشه‌ای خود داشتند (شکل ۱۰-c). درصد بیشتری از پتاسیم جذب‌شده توسط

دانهال‌های پسته در شاخساره مشاهده شد و سطوح شوری بر درصد توزیع آن بین ریشه و شاخساره تأثیر زیادی نداشت هرچند که با افزایش شوری نسبت پتاسیم ریشه به شاخساره بیشتر شد (شکل ۱۰-b). پتاسیم شاخسارهٔ پایهٔ سرخس بیشتر از ابارقی و بنه‌باغی بود اما تفاوتی بین ابارقی و بنه‌باغی از نظر محتوای پتاسیم شاخساره و همچنین تفاوتی بین دانهال‌های قارچریشه و بدون قارچریشه از نظر میزان انتقال پتاسیم مشاهده نشد (شکل ۱۰-a, c). بررسی چگونگی توزیع کلسیم بین ریشه و شاخساره نشان داد، با افزایش شوری، تجمع کلسیم در شاخساره بیشتر شد و پایهٔ بنه‌باغی کلسیم بیشتری نسبت به دو پایهٔ دیگر در ریشه داشت (شکل ۱۰-b, c). توزیع عنصر منیزیم در ریشه و شاخساره نشان داد، در سطح EC_{15} تجمع منیزیم در شاخساره بیشتر شد (شکل ۱۰-b) درحالی‌که تفاوتی بین دانهال‌های قارچریشه و بدون قارچریشه مشاهده نشد (شکل ۱۰-a). همچنین درصد مس ریشهٔ ابارقی ۸۵ درصد بود که این میزان بالاتر از سرخس و بنه‌باغی بود و از نظر روی و آهن تفاوت زیادی بین سه پایهٔ استفاده‌شده مشاهده نشد (شکل ۱۰-c).



شکل ۱۰. توزیع عناصر در ریشه و شاخسارهٔ پایه‌های میکوریزی (M) و بدون میکوریز (NM) پستهٔ سرخس (S)، بنه باغی (B) و ابارقی (A) در شرایط تنش شوری آب آبیاری (۰/۵، ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر).

Figure 10. Distribution of elements in the root and shoot of rootstocks Symbiosis with mycorrhizal (M) and non-mycorrhizal symbiosis (NM), Sarakhs (S), Bane Baghi (B) and Abareghi (A) Pistachio in irrigation water salinity (5.0, 5, 10 and 15 dS m).

بحث

جذب آب و عنصرهای کانی مختلف در گیاه ارتباط نزدیکی با یکدیگر دارند و عامل‌هایی که جذب آب را محدود می‌کند ممکن است سبب بروز تنش در جذب عنصرهای غذایی نیز شوند. جذب یون‌های کانی توسط گیاه به‌صورت محلول بوده و میزان آن به جریان آب از راه زنجیرهٔ خاک- ریشه- شاخساره بستگی دارد (Keller, 2005). تعرق برگی شیب لازم را برای جذب آب و عنصرهای محلول فراهم می‌آورد (Keller, 2005). به‌طورکلی گیاهان در مناطق شور با سه مشکل اساسی روبه‌رو هستند: اول تنظیم اسمزی به‌منظور جذب آب از خاکی که پتانسیل آب منفی دارد. دوم، غلظت بالای یون‌های نمکی در خاک و در نتیجه افزایش تجمع یون‌های سمی در گیاه. سوم، تغییر در تعادل عنصرهای گیاهی ناشی از رقابت در جذب که باعث کاهش جذب برخی از عنصرها در گیاه شده و فرایندهای طبیعی رشد را مختل می‌کند (Kafi & Mahdavidamghani, 2001). نتایج این آزمایش نشان داد که میزان سدیم و کلر ریشه و شاخساره در نتیجهٔ تنش شوری افزایش یافت درحالی‌که میزان فسفر و پتاسیم کاهش پیدا کرد. تیمار شوری باعث افزایش میزان کلر و سدیم گیاه شده درحالی‌که گیاهان قارچریشه‌ای میزان کمتری از این عنصرها را در خود داشتند که این یافته در بررسی برخی پژوهشگران پیشین نیز به اثبات رسیده است (Ghazi & Al-Karaki, 2000; Al-Karaki & Hammad, 2001; Sheng *et al.*, 2009). بررسی‌ها نشان داده، هنگامی‌که غلظت نمک کلرید سدیم در خاک بالا باشد گیاهان بیشتر به جذب سدیم گرایش دارند که در نتیجه باعث کاهش جذب پتاسیم می‌شود. یون‌های سدیم و پتاسیم برای اتصال به محل‌های جذب با همدیگر رقابت می‌کنند (Blaha *et al.*, 2000). Sepaskhah & Maftoon، (1981) گزارش کردند، در شرایط تنش شوری غلظت سدیم در برگ پسته کمتر از کلر بوده درحالی‌که سدیم بیشتر در ریشه‌ها انباشته می‌شود. یاخته‌های ریشه Cl^- را از محلول خاک از راه سیمپورت‌های H^+/Cl^- و همچنین از راه مسیرهای آنیونی در شرایط شوری جذب می‌کنند (White & Broadley, 2002). شوری خاک به‌طور شایان‌توجهی باعث کاهش جذب مواد کانی به‌ویژه فسفر می‌شود، زیرا یون‌های فسفات با Ca^{2+}، Mg^{2+} و Zn^{2+} در شرایط تنش شوری رسوب کرده و تثبیت می‌شوند و بنابراین برای گیاه غیرقابل‌دسترس می‌شوند (Evelin *et al.*, 2009). همچنین نتایج نشان داد، غلظت عنصرهای کم‌مصرف نیز تحت تأثیر شوری قرار می‌گیرد. Frans، (2006) گزارش کرد، جذب یون‌های مس، روی و آهن تحت تأثیر تنش شوری کم می‌شود. محققان کاهش در جذب عنصرهای غذایی را ناشی از کاهش کارایی شبکهٔ ریشه‌ای در جذب عنصرهای غذایی در شرایط تنش شوری و رقابت بین یون‌های سدیم و کلر با عنصرهایی همچون کلسیم و پتاسیم می‌دانند (Asghari, 2008).

نتایج این آزمایش نشان داد که افزایش سطوح شوری باعث کاهش درصد همزیستی قارچریشه در دانهال‌های پسته شد (شکل ۱). کاهش همزیستی قارچریشه در نتیجهٔ وجود نمک کلرید سدیم بیشتر ناشی از اثر بازدارندگی آن بر رشد ریشه است و بنابر یافته‌های Millen *et al.* (1998)، کاهش رشد ریشه نیز ناشی از سمیت یونی یا تنش اسمزی به‌دست‌آمده از غلظت بالای این یون‌ها در محلول خاک است. همزیستی گیاهان با قارچریشهٔ آربسکولار از اثرگذاری زیان‌آور تنش شوری در گیاهان جلوگیری می‌کند. در این آزمایش دانهال‌های قارچریشه‌ای میزان سدیم کمتر و پتاسیم بیشتری نسبت به دانهال‌های بدون قارچریشه داشتند. بالا بودن نسبت سدیم به پتاسیم به علت شوری باعث به هم زدن تعادل یونی در سیتوپلاسم و در نتیجه اختلال در مسیرهای مختلف سوخت‌وسازی (متابولیکی) می‌شود (Giri *et al.*, 2007). همزیستی گیاهان با قارچریشه باعث می‌شود که تأثیر شوری بر عنصرهای پتاسیم و سدیم معکوس شود. همزیستی قارچریشه می‌تواند جذب پتاسیم را در شرایط شور افزایش دهد، این در حالی است که از انتقال سدیم به شاخساره جلوگیری می‌کند (Alguacil *et al.*, 2003; Giri *et al.*, 2007; Sharifi *et al.*, 2007; Zuccarini & Okurowska, 2008). قارچریشهٔ آربسکولار می‌تواند جذب یون‌های کلر را کاهش دهد

(Zuccarini & Okurowska, 2008) به این صورت که یون‌های کلر را می‌توانند در یاختهٔ دارای آربسکول تجمع دهند در نتیجه بازدارندهٔ دخالت در مسیرهای سوخت‌وسازی گیاهان می‌شوند (Cantrell & Lindermann, 2001). همچنین نتایج نشان داد، میزان فسفر در گیاهان قارچریشهٔ آکاسیا تا حدی از شوری، بیشتر از دانهال‌های بدون قارچریشه بود و پس‌ازآن با افزایش شوری تفاوتی بین دانهال‌های قارچریشه و بدون قارچریشه وجود نداشت. تحقیقات نشان داده که با توجه به اثر سمی سدیم بر رشد و نمو قارچ، جذب فسفر به‌وسیلهٔ گیاهان قارچریشه‌ای آکاسیا در غلظت بالای نمک (۹/۵ dSm^{-1}) کاهش پیدا کرد (Giri *et al.*, 2007) که نشان می‌دهد، تأثیر قارچریشه تنها تا سطح خاصی از شوری است. تلقیح با قارچریشه می‌تواند به‌وسیلهٔ افزایش جذب فسفر غلظت فسفر را در گیاه افزایش دهد. قارچریشه فرآیند جذب را با گسترش ریسه‌ها آسان می‌کند و در مقایسه با گیاهان بدون قارچریشه باعث می‌شود حجم بیشتری از خاک در دسترس گیاه قرار گیرد (Ruiz-Lozano & Azcón, 2000). بهبود جذب فسفر توسط قارچریشه آربسکولار در گیاهان رشد کرده در شرایط شور می‌تواند اثر منفی Na^+ و Cl^- را به‌وسیلهٔ حفظ تمامیت غشا واکوئل و تسهیل در نفوذپذیری انتخابی غشا کاهش دهد (Rinaldelli & Mancuso, 1996). نتایج نشان داد که تنش شوری سبب افزایش منیزیم در ریشه و شاخساره شد همچنین میزان منیزیم در گیاهان قارچریشه بیشتر از گیاهان بدون قارچریشه بود.

Walker *et al* (1983) گزارش کردند، با افزایش شوری غلظت منیزیم برگ مرکبات افزایش می‌یابد که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. بر پایهٔ نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش‌های پیشین روی رقم‌های دیگر پسته، رقم قزوینی سازگاری بهتری نسبت به بادامی‌ریز زرند در شرایط تنش شوری از خود نشان داده است (Karimi *et al.*, 2009). نتایج این آزمایش نیز نشان داد بین پایه‌های ابارقی، سرخس و بنه‌باغی از نظر جذب عنصرهای در شرایط تنش شوری تفاوت وجود دارد و پایهٔ سرخس از نظر جذب فسفر و پتاسیم بهتر از بنه‌باغی بود و پایهٔ بنه‌باغی در مقایسه با دو پایهٔ دیگر غلظت کمتری از سدیم و کلر در شاخساره داشت. با توجه به یکسان بودن شرایط رشد گیاهان در گلخانه، ممکن است تفاوت بین پایه‌ها در سازگاری به تنش شوری ناشی از کنترل ژنتیکی باشد. Karimi *et al.*، (2011) نیز اظهار داشتند که تفاوت بین پایه‌های پسته ممکن است به دلیل دگرگرده‌افشانی و سازوکار دو پایه بودن آن‌ها باشد.

به‌طورکلی نتایج این بررسی نشان داد، تلقیح با قارچریشهٔ آربسکولار بر جذب عنصرهای غذایی توسط پایه‌های مورد استفاده در شرایط تنش شوری مؤثر بود به‌طوری‌که جذب عنصرهای کم‌تحرک در خاک همچون فسفر و روی را افزایش داد اما این تأثیر همزیستی قارچریشه‌ای تا سطح EC_{10} مشاهده شد و در سطح EC_{15} چنین تأثیری مشاهده نشد. همچنین همزیستی قارچریشه‌ای با افزایش جذب پتاسیم باعث کاهش نسبت سدیم به پتاسیم در ریشه و شاخساره پایه‌های پسته شد. بااین‌حال تأثیر قارچریشهٔ آربسکولار بر افزایش مقاومت به شوری در دانهال‌های پسته تنها یک فرایند تغذیه‌ای نیست و برخی سازوکارهای دیگر نیز در آن تأثیر دارد (داده‌ها آورده نشده است). پایهٔ بنه‌باغی نسبت به دو پایهٔ دیگر محتوای سدیم و کلر کمتری در ریشه و شاخساره داشت که می‌تواند دلیلی برای مقاومت این پایه در مقایسه با دو پایهٔ دیگر در برابر شوری آب آبیاری باشد.

REFERENCES

1. Al-Karaki, G. N. (2006). Nursery inoculation of tomato with arbuscular mycorrhizal fungi and subsequent performance under irrigation with saline water. *Scientia Horticulturae*, 109, 1-7.
2. Al-Karaki, G. N. (2000). Growth of mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress. *Mycorrhiza*, 10, 51-54.
3. Cantrell, I. C. & Linderman, R. G. (2001). Preinoculation of lettuce and onion with VA mycorrhizal fungi reduces deleterious effects of soil salinity. *Plant and Soil*, 233, 269-281.

1. *Acacia nilotica*

4. Al-Karaki, G. N. & Hammad, R. (2001). Mycorrhiza influence on fruit yield and mineral content of tomato grown under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, 24, 1311-1323.
5. Alguacil, M. M., Hernandez, J. A., Caravaca, F., Portillo, B. & Roldan, A. (2003). Antioxidant enzyme activities in shoots from three mycorrhizal shrub species afforested in a degraded semi-arid soil. *Physiologia Plantarum*, 118, 562-570.
6. Azcon-Aguilar, C., Azcon, R. & Barea, J. M. (1979). Endomycorrhizal fungi and Rhizobium as biological fertilizers for Medicago sativa in normal cultivation. *Nature*, 279, 325-327.
7. Asghari, H. R. (2008). Vesicular-arbuscular mycorrhiza improves salinity tolerance in pre- inoculation subterranean clover seedling. *International Journal of Plant Production*, 2(3), 243-256.
8. Bagheri, V., Shamshiri, M., Shirani, H. & Roosta, H. (2012). Nutrient uptake and distribution in mycorrhizal pistachio seedlings under drought stress. *Journal of Agriculture Science Biotechemistry*, 14, 1591-1604.
9. Brin, M., Aliasgharzade, N. & Nphammadi, A. (2005). Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on yield and nutrient uptake of tomato under NaCl salinity and mixed salts. *Journal of Soil and Water Sciences*, 20(1), 104-95. (in Farsi)
10. Blaha, G., Stelzl, U., Spahn, C. M. T., Agrawal, R. K., Frank, J. & Nierhaus, K. H. (2000). Preparation of functional ribosomal complexes and effect of buffer conditions on tRNA positions observed by cryoelectron microscopy. *Methods in Enzymology*, 317, 292-309.
11. Cantrell, I. C. & Linderman, R. G. (2001). Preinoculation of lettuce and onion with VA mycorrhizal fungi reduces deleterious effects of soil salinity. *Plant and Soil*, 233, 269-281.
12. Chapman, H. D. & Prah, D. F. (1961). *Metods of analysis for soil, plant and water*. University of California Agriculture Sciense, pp, 60-62.
13. Chapman, H. D. & Pratt, P. F. (1982). Methods of Analysis for Soils, Plants and Waters. Division of Agriculture, University of California, Berkeley, CA, 4034 p.
14. Evelin, H., Kapoor, R. & Giri, B. (2009). Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress. a review. *Anatomy and Botany*, 42, 154-159.
15. Falahian, F., Abaspour, H., Fahimi, H. & Khavarinezhad, R. (2004). Examine the effect of endo-mycorrhiza fungi on plant growth and mineral nutrition of pistachio salt conditions. *Research and development in agriculture and horticulture*, 82-86. (in Farsi)
16. Ghazi, N., AL-Karaki, R. H. & Rusan, M. (2001). Response of two tomato cultivars differing in salt tolerance to inoculation with Mycorrhiza fungi under salt stress. *Mycorrhiza*, 11, 43-47.
17. Ghazi, N. & AL-Karaki. (2000). Growth of mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress. *Mycorrhiza*, 10, 51-54.
18. Giovannetti, M. & Mosse, B. (1980). An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytoology*, 84, 489-500.
19. Giri, B., Kapoor, R. & Mukerji, K. G. (2007). Improved tolerance of Acacia nilotica to salt stress by arbuscular mycorrhiza, Glomus fasciculatum, may be partly related to elevated K+/Na+ ratios in root and shoot tissues. *Microbial Ecology*, 54, 753-760.
20. Giri, B., Kapoor, R. & 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.
21. Kafi, M. & Mahdavidamghani, A. (2001). *Resistance mechanisms of plants to environmental stresses* (translation). Ferdowsi University of Mashhad. 107-137. (in Farsi)
22. Karimi, S., Rahemi, M., Maftoun, M., Eshghi, M. & Tavallali, V. (2009). Effect of long-term salinity on growth and performance of two pistachio (*Pistacia vera* L.) rootstocks. *Australian journal of Crop Science*, 3, 1630-1639.
23. Karimi, H. R., Ebadi, A., Zamani, Z. & Fatahi, R. (2011). Effect of water salinity on growth indeces and physiological parameters in some pistachio rootstocks. *Journal of Plant Nutrition*, 34, 935-944.
24. Keller, M. (2005). Deficit Irrigation and Vine Mineral Nutrition. Am. *J. Enol.Vitic*, 56(3), 267-283.
25. Mathur, N., Singh, J., Bohra, S. & Vyas, A. (2007). Arbuscular mycorrhizal status of medicinal halophytes in saline areas of Indian Thar Desert. *International Journal of Soil Science*, 2, 119-127.
26. Mouk, B. O. and Ishii, T. (2006). Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on tree growth and nutrient uptake of Sclerocarya birrea under water stress, salt stress and flooding. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 75, 26-31.
27. Murkute. A. A., Sharma, S. & Singh, S. K. (2006). Studues on salt stress to lerance of Citrus rootstock genotypes with arbuscular mycorrhizal fungi. *Horticulture Science*, 33, 70-76.
28. Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanable, F. S. & Dean, L. A. (1954). *Estimation of available phosphorous in soil by extraction with sodium bicarbonate*. USDA Circ. 939, U. S. Govern. Prin. Office, Washington, D. C., U. S. A.

29. Radmehr, A. (2010). *The results of a sample survey design horticultural products in 1387*. Ministry of Agriculture, Tehran. (in Farsi)
30. Rinaldelli, E. & Mancuso, S. (1996). Response of young mycorrhizal and non mycorrhizal plants of olive tree (*Olea europaea* L.) to saline conditions. Short term electro physiological and long term vegetative salt effects. *Advances in Horticultural Science*, 10, 126-134.
31. Rabie, G. H. & Almmadani, A. M. (2005). Role of bioinoculants in development of salt tolerance of *Vicia faba* plants under salinity stress. *Africa Journal of Biotechnology*, 4(3), 210- 222.
32. Sepaskhah, A. R. & Maftoun, M. (1981). Growth and chemical composition of pistachio cultivars as influenced by irrigation regimes and salinity levels of irrigation water. *Journal of Horticultural Science*, 56, 277-284.
33. Schenck, N. C. & Perez, K. (1990). *Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi*. Synerdistic, Publishing, Gainesville, Florida, USA.
34. Sharifi, M., Ghorbanli, M. & Ebrahimzadeh, H. (2007). Improved growth of salinity-stressed soybean after inoculation with pre-treated mycorrhizal fungi. *Journal of Plant Physiology*, 164, 1144-1151.
35. Tester, M. & Davenport, R. (2003). Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants. *Annals of Botany*, 91, 503-527.
36. Walker, R. R., Torokflavy, E., Grive, A. M. & Prior, L. D. (1983). Water relations and ion consentration of leaves on salt stressed citrus plants. *Australian Journal of Plant Physiology*, 10, 265-277.
37. Wu, Q. S & Zou, Y. N. (2009). Arbuscular mycorrhizal symbiosis improves growth and root nutrient status of citrus subjected to salt stress. *Science Asia*, 35, 388-391.
38. Zuccarini, P. & Okurowska, P. (2008). Effects of mycorrhizal colonization and fertilization on growth and photosynthesis of sweet basil under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, 31, 497-513.