

تأثیر منگنز و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر تنظیم‌کننده‌های اسمزی، روابط آبی و ترکیب شیمیایی دانه‌های پسته در شرایط شور

وحید مظفری*^۱، محمد مرادزهی روز

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۶/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۱/۱۹

۱- دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه ولی عصر رفسنجان

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم خاک، دانشگاه ولی عصر رفسنجان

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: vmozafari@yahoo.com

چکیده

برای بررسی تأثیر منگنز و سالیسیلیک اسید در شرایط شور بر ترکیب شیمیایی، تنظیم‌کننده‌های اسمزی و روابط آبی دانه‌های پسته (*Pistacia vera* L.) رقم بادامی ریز زرد، یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه انجام شد. تیمارها شامل منگنز (۰، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم منگنز بر کیلوگرم خاک از منبع سولفات منگنز)، محلول‌پاشی هورمون سالیسیلیک اسید سه بار با غلظت صفر، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار و شوری (۰، ۱۲۰۰ و ۲۴۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم بر کیلوگرم خاک) بودند که در انتهای آزمایش میانگین شوری‌هایی به ترتیب برابر با ۲/۹، ۷/۸ و ۱۶/۱ دسی زیمنس بر متر ایجاد نمودند. نتایج نشان داد که شوری موجب کاهش مقدار نسبی آب برگ و افزایش نشت یونی گردید، لیکن مصرف توآمان منگنز و سالیسیلیک اسید باعث افزایش ۴۶ درصدی مقدار نسبی آب برگ و کاهش نشت الکترولیت گردید. تنش شوری غلظت آهن، روی و منگنز شاخساره را کاهش، ولی مصرف توآمان ۲۰ میلی‌گرم منگنز و ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید غلظت این عناصر را به ترتیب ۲۶، ۸۹ و ۸۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. با افزایش شوری غلظت پرولین و قندهای محلول افزایش یافت و مصرف توآمان منگنز و سالیسیلیک اسید نیز غلظت این پارامترها را به ترتیب ۱۰۰ و ۸۸ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. براساس نتایج به دست آمده از این پژوهش، می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط شور، مصرف توآمان منگنز و سالیسیلیک اسید از طریق بهبود پارامترهای فیزیولوژی و همچنین افزایش غلظت عناصر غذایی کم مصرف، توانایی گیاه پسته را در مقابله با تنش شوری بهبود بخشید.

واژه‌های کلیدی: آهن، پرولین، روی، قندهای محلول، نشت الکترولیت

The Effect of Manganese and Foliar Application of Salicylic Acid on Osmotic Regulators, Water Relations and Chemical Composition of Pistachio Seedlings in Saline Conditions

V Mozafari^{1*}, M Moradzehi rooz²

Received: 2015.09.16

Accepted: 2015.04.08

¹-Assoc. Prof., Dept. of Soil Sciences, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran

²-M.Sc. Graduate of Soil Science, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran

*Corresponding Author, Email: vmozafary@yahoo.com

Abstract

In order to investigate the effects of manganese and salicylic acid on chemical composition, osmotic regulators and water relations of pistachio seedlings (*Pistacia vera* L. cv. Badami Zarand) under saline conditions, a factorial experiment was carried out in a completely randomized design with three replications under greenhouse condition. Treatments consisted of manganese with concentrations of 0, 10 and 20 Mn²⁺ kg⁻¹ soil as MnSO₄, H₂O, and foliar application of salicylic acid hormone at three times with concentrations of 0, 0/5 and 1 mM and three levels of salinity (0, 1200 and 2400 mg NaCl kg⁻¹ soil) that at the end of the experiment created average salinity of 2.9, 7.8 and 16.1 dSm⁻¹, respectively. The results showed that the salinity decreased the leaf relative water content and increased the electrolyte leakage, but the combined application of the manganese and salicylic acid increased the leaf relative water content 46 percent and decreased the electrolyte leakage. Salinity stress decreased the shoot Fe, Zn and Mn concentrations, but the combined application of 20 mg Mn²⁺ and 1 mM salicylic acid increased the concentration of these elements by 26, 89 and 80 percent compared to control, respectively. The concentration of proline and soluble sugars increased with increasing the salinity and also the combined application of manganese and salicylic acid increased the concentration of these parameters by 100 and 88 percent, respectively. According to the results of this experiment, it was concluded that the combined application of manganese and salicylic acid in saline conditions through improving the physiological parameters and also increasing the micronutrients concentration, improved the pistachio plant ability against the salinity stress.

Keywords: Electrolyte leakage, Iron, Proline, Soluble sugars, Zinc

مقدمه

انتقال و توزیع در بخش‌های مختلف گیاه و یا غیر فعال شدن فیزیولوژیکی بخش‌هایی از گیاه که در جذب عناصر غذایی دخالت دارند، می‌توانند باعث به هم خوردن تعادل غذایی گیاه شوند (گراتان و گریو ۱۹۹۹). تغذیه متعادل، یکی از راهبردهای مهم برای بهبود کیفیت و افزایش عملکرد درختان پسته است. عدم کاربرد کودهای حاوی عناصر کم‌مصرف و عدم رعایت تعادل در مصرف کودهای دارای عناصر پرمصرف در بیشتر مناطق پسته‌کاری استان

شوری یکی از مهم‌ترین مشکلاتی است که کشت محصولات کشاورزی را در مناطق خشک و نیمه‌خشک محدود می‌کند. گرچه ایران مهم‌ترین تولیدکننده پسته در دنیاست، اما عملکرد آن در خیلی از مناطق پائین است. اکثر باغ‌های پسته با آب‌های شور و با کیفیت پائین آبیاری می‌شوند (حجت‌نوقی و مظفری ۲۰۱۲). تحت شرایط شور، بروز تغییرات در میزان مهیا بودن عناصر غذایی در جذب،

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی، گیاه را از صدمات به‌دست آمده از واکنش‌های اکسیداتیو حفظ می‌کند. همچنین کاربرد سالیسیلیک اسید میزان پلی‌آمین‌های پوترسین، اسپرمیدین و اسپرمین را در گیاه افزایش می‌دهد که می‌تواند به یکپارچگی و حفظ غشاء کمک کند (نمت و همکاران ۲۰۰۲).

پرولین احتمالاً در سلول‌های تحت تنش شوری، نقش آنتی‌اکسیدانی و تنظیم‌کننده پتانسیل اسمزی دارد و با تجمع در سیتوپلاسم سلول‌ها از طریق کاهش پتانسیل اسمزی درون سلولی تجمع نمک در واکوئل را تنظیم می‌کند (آخا و همکاران ۲۰۱۱). قندهای محلول مانند گلوکز، فروکتوز و ساکارز نیز در تنش شوری تجمع می‌یابند که عمل مهم آن‌ها محافظت اسمزی و از بین بردن رادیکال‌های آزاد است (مانه و همکاران ۲۰۱۱). از آنجایی که پژوهش‌های بسیار اندکی در مورد عنصر منگنز و سالیسیلیک اسید در شرایط شور بر روی پسته انجام شده است، هدف اصلی این پژوهش، بررسی تأثیر منگنز و سالیسیلیک اسید بر تنظیم‌کننده‌های اسمزی، روابط آبی و ترکیب شیمیایی دانه‌های پسته در شرایط شور است.

مواد و روش‌ها

خاک کافی (Coarse Loamy, Mixed, Semi Active, Calcareous, Thermic, Typic Torrifluvents) از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری از یکی از مناطق پسته خیز استان کرمان که از نظر شوری و منگنز در حد پایینی بود، تهیه و بعضی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن از جمله pH در خمیر اشباع به‌وسیله الکتروود شیشه‌ای (ریچاردز ۱۹۵۴)، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج (ریچاردز ۱۹۵۴)، ظرفیت مزرعه‌ای با استفاده از دستگاه صفحات فشاری در ۰/۳ بار (کلوت ۱۹۸۶)، میزان رس و سیلت به روش هیدرومتر (بایکاس ۱۹۵۱)، چگالی ظاهری خاک (تولنر و همکاران ۱۹۸۴) نیتروژن کل توسط دستگاه کج‌دال (برمنر ۱۹۶۵)، کربن آلی به روش جکسون (۱۹۷۵)، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک (آلیسون و مودی ۱۹۶۵)، فسفر قابل استفاده به روش اولسن و همکاران (۱۹۵۴)، غلظت پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم

کرمان، باعث کاهش عملکرد این محصول به مقادیری پائین‌تر از پتانسیل آن شده است (مظفری و همکاران ۱۳۹۲). با وجود این که درخت پسته مقاوم به شوری است، اما به دلیل وجود خاک‌های آهکی و شور و آب آبیاری با کیفیت پایین، مشکلات تغذیه‌ای فراوانی را به وجود آورده که باعث کاهش تولید این محصول در سال‌های اخیر شده است.

میزان منگنز قابل دسترس با افزایش pH خاک، کاهش می‌یابد. اغلب خاک‌های ایران دارای pH بالا و آهکی هستند، در این نوع خاک‌ها حلالیت عناصر کم‌مصرف پایین بوده و به دلیل کاهش جذب عناصر غذایی، نیاز گیاه به این عناصر افزایش می‌یابد (مظفری و ملکوتی ۲۰۰۶). منگنز در فعالیت‌های آنزیمی، انتقال الکترون، تشکیل کلروفیل، فرآیندهای اکسایش-کاهش و جلوگیری از بیماری‌های گیاهی شرکت می‌کند. نقش این عنصر در فتوسنتز، تنفس، سنتز چربی‌ها، لیگنین، فنول‌ها و هورمون‌ها بسیار بارز است (برنلی ۱۹۸۸). برای از بین بردن رادیکال‌های اکسیژن فعال ناشی از تنش اکسیداتیو منگنز باعث فعال شدن آنزیم سوپراکسیددسموتاز می‌شود که یکی از آنتی‌اکسیدان‌های اصلی در از بین بردن رادیکال‌های سوپراکسید است. بسیاری از مطالعات نشان می‌دهند که بر اثر کمبود منگنز در گیاه، متابولیسم سلول نمی‌تواند تشکیل زیاد رادیکال‌های اکسیژن و زیان حاصل از آن‌ها را به‌طور مناسب کنترل کند (شالات و تال ۱۹۹۸).

سالیسیلیک اسید یکی از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی است. پیش تیمار گیاهان با این ترکیب باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گردیده که خود منجر به افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌ها از جمله تنش شوری می‌گردد (اشرف و همکاران ۲۰۱۰). سالیسیلیک اسید به‌وسیله سلول‌های ریشه تولید و در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیک مختلف مثل رشد و نمو گیاه، جذب یون، فتوسنتز و جوانه‌زنی نقش محوری ایفا می‌کند (راسکین ۱۹۹۲). پژوهشگران بیان داشته‌اند که اثرات بهبود رشد ناشی از کاربرد سالیسیلیک اسید در شرایط تنش‌های محیطی، ناشی از نقش آن در روابط آبی، تنظیم‌کننده‌های اسمزی و تنظیم باز و بسته شدن روزنه‌ها می‌باشد (کایدان و همکاران ۲۰۰۷). سالیسیلیک اسید از طریق افزایش فعالیت

رفسنجان انجام شد. تیمارها شامل سه سطح منگنز (۰، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم منگنز بر کیلوگرم خاک از منبع سولفات منگنز $(\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O})$ ، سه سطح سالیسیلیک اسید (۰، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) و سه سطح شوری (۰، ۱۲۰۰ و ۲۴۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم بر کیلوگرم خاک) بودند. قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک گلدان‌ها در پایان آزمایش به ترتیب به ۲/۹، ۷/۸ و ۱۶/۱ دسی‌زیمنس بر متر رسید.

(کنودسون و همکاران ۱۹۸۲) و غلظت مس، روی، آهن و منگنز قابل استفاده به روش عصاره‌گیری با DTPA (لیندسی و نورول ۱۹۷۸) به وسیله دستگاه جذب اتمی تعیین گردید (جدول ۱). بذره‌های پسته (*Pistacia vera* L.) رقم بادامی ریز زرد (رقم غالب منطقه) از مؤسسه تحقیقات پسته کشور تهیه گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر (عج)

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه در پژوهش

مقدار	ویژگی
۲۰	رس (%)
۱۸	سیلت (%)
۱/۳۵	چگالی ظاهری خاک (g cm^{-3})
۰/۴	ماده آلی (%)
۱۵	کربنات کلسیم معادل (%)
۷/۹۴	پ هاش
۱/۹	هدایت الکتریکی عصاره اشباع (dS m^{-1})
۱۸	ظرفیت زراعی (درصد)
۹/۹	فسفر به روش اولسن (mg kg^{-1})
۲۸۱	پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم (mg kg^{-1})
۰/۵۸	مس عصاره‌گیری شده با DTPA (mg kg^{-1})
۰/۸۶	روی عصاره‌گیری شده با DTPA (mg kg^{-1})
۱/۸۲	آهن عصاره‌گیری شده با DTPA (mg kg^{-1})
۲/۴	منگنز عصاره‌گیری شده با DTPA (mg kg^{-1})

مخلوط و به گلدان‌های پلاستیکی چهار لیتری منتقل گردید. در هر گلدان تعداد ۵ بذر در عمق ۳ سانتی‌متری کشت گردید. آبیاری گلدان‌ها به وسیله آب مقطر تا رسیدن به ظرفیت مزرعه همراه با توزین روزانه آن‌ها صورت گرفت. تیمارهای سالیسیلیک اسید تهیه و از هفته چهارم، سه بار به فاصله زمانی یک هفته و به صورت محلول‌پاشی بر روی دانه‌ها اعمال شد. تیمارهای شوری نیز به صورت محلول تهیه و به سه قسمت مساوی تقسیم گردید و پس از استقرار کامل دانه‌ها (هفته ششم پس از کشت)، طی سه هفته متوالی همراه با آب آبیاری به گلدان‌ها اضافه شد. به منظور بررسی تعیین مقدار نسبی آب برگ (Leaf

مقدار چهار کیلوگرم خاک مورد نظر داخل کیسه‌های پلاستیکی ریخته و بر اساس نتایج آزمون خاک، عناصر غذایی فسفر و پتاسیم از منبع پتاسیم دی‌هیدروژن فسفات (KH_2PO_4) به میزان ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و عناصر روی، مس و آهن به ترتیب از منابع سولفات روی، سولفات مس و کلات آهن (سکوسترین ۱۳۸) با غلظت ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم به صورت محلول تهیه و به خاک تمام کیسه‌های پلاستیکی اضافه گردید. هم‌چنین طبق نقشه طرح، سطوح مختلف منگنز به صورت محلول تهیه و به خاک داخل کیسه‌ها اضافه گردید. پس از رساندن رطوبت خاک به ظرفیت مزرعه، خاک موجود در هر کیسه به خوبی

به‌دست آمد و نسبت به شاهد حدود ۱۴ درصد افزایش یافت، اما با شورش شدن محیط (۲۴۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم) و بدون مصرف منگنز و سالیسیلیک اسید، مقدار نسبی آب برگ از ۶۴ درصد به ۴۴/۷ درصد رسید، اما در همان سطح شوری با مصرف توأمان ۱۰ میلی‌گرم منگنز و محلول پاشی ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید محتوای نسبی آب برگ حدود ۴۶ درصد افزایش پیدا کرد.

نشت یونی

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، با افزایش شوری میزان نشت یونی افزایش یافت، به‌طوری که در شوری ۲۴۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم بر کیلوگرم خاک، بیشترین میزان نشت یونی مشاهده شد. اما مصرف سالیسیلیک اسید باعث کاهش این پارامتر گردید، به‌طوری که در شوری ۱۲۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم و با مصرف ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید، میزان نشت یونی حدود ۳۵ درصد نسبت به شرایط عدم کاربرد سالیسیلیک اسید و در همان سطح شوری، کاهش پیدا کرد.

شوری دو فرآیند مهم گیاهی یعنی روابط آبی و روابط یونی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. گیاهان در ابتدای قرار گرفتن در معرض شوری، تنش آبی را تجربه می‌کنند که به نوبه‌ی خود باعث پایین آمدن پتانسیل آب و کاهش تورژسانس در بافت‌های گیاهی می‌شود (سالتانا و همکاران ۱۹۹۹). کاهش RWC تحت تنش شوری با نتایج تحقیقات سیسک و کاکرلار (۲۰۰۲) مطابقت دارد. در تنش شوری، پتانسیل اسمزی کاهش می‌یابد و تیمار سالیسیلیک اسید این اثر را تعدیل می‌کند. تأثیر مثبت سالیسیلیک اسید روی مقدار نسبی آب برگ تحت تنش‌های مختلف در گیاهان جو گزارش شده است (ال-طیب ۲۰۰۵).

Relative Water Content) در انتهای دوره آزمایش (هفته بیست و دوم پس از کاشت) از برگ تازه دانهال‌های موجود در هر گلدان استفاده و با استفاده از فرمول زیر مقدار نسبی آب برگ به‌دست آمد (ودرلی ۱۹۵۰):

$$\text{نسبی آب برگ} = \frac{\text{وزن خشک-وزن تر}}{\text{وزن خشک-وزن تورژسانس}}$$

هم‌چنین به‌منظور تعیین پایداری غشای سلولی در برگ، از اندازه‌گیری میزان نشت الکترولیتی آن‌ها استفاده شد (بستام و همکاران ۲۰۱۲). برای اندازه‌گیری پرولین به‌روش پاکوین و لچاسر (۱۹۷۹) و قندهای محلول به‌روش ایریگوئن و همکاران (۱۹۹۲) از برگ‌های توسعه یافته استفاده گردید. برای تعیین عناصر غذایی موجود در اندام هوایی دانهال‌ها، نمونه‌های خشک شده در آن با آسیاب برقی پودر گردیدند. یک گرم از نمونه‌های پودر شده اندام هوایی (برگ و ساقه) توزین و پس از خشک سوزانی و عصاره‌گیری با اسید کلریدریک، غلظت منگنز، آهن و روی به‌وسیله دستگاه جذب اتمی مدل GBC Avanta ver.1.33 اندازه‌گیری گردید (امامی، ۱۳۷۵). داده‌های به‌دست آمده از اندازه‌گیری‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS و با استفاده از آزمون دانکن مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. هم‌چنین نمودارها و جداول مربوطه با استفاده از برنامه Word و Excel رسم گردید.

نتایج و بحث

مقدار نسبی آب برگ

همان‌گونه که در جدول ۲ دیده می‌شود، بیشترین مقدار نسبی آب برگ در شرایط غیرشور و تنها با مصرف ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید (بدون مصرف منگنز)

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های مقدار نسبی آب (درصد) برگ دانه‌های پسته برای اثر متقابل شوری، منگنز و سالیسیلیک اسید .

سالیسیلیک اسید (mM)			سطوح منگنز (mg kg ⁻¹ soil)	سطوح شوری (mg NaCl kg ⁻¹ soil)
۱	۰/۵	.		
۷۳/۳a	۷۲/0a-c	۶۴/0d-f	.	.
۶۵/۳b-f	۶۴/0d-f	۶۳/0d-f	۱۰	.
۶۵/۷b-f	۶۳/۹d-f	۶۵/۳b-f	۲۰	.
۷۲/۳ab	۷۰/0a-d	۵۲/۳h	.	۱۲۰۰
۵۳/0h	۶۴/0d-f	۶۰/۳e-g	۱۰	۱۲۰۰
۶۴/۵c-f	۶۲/۳d-f	۶۳/0d-f	۲۰	۱۲۰۰
۶۵/۳b-f	۶۸/0a-e	۴۴/۷i	.	۲۴۰۰
۶۵/۷b-f	۶۳/۳d-f	۵۵/0gh	۱۰	۲۴۰۰
۶۰/0g-f	۶۵/۶c-f	۶۱/۷e-g	۲۰	۲۴۰۰

میانگین‌های دارای حروف لاتین مشترک در هر ردیف یا ستون در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن، تفاوت معناداری ندارند.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های میزان نشت یونی (درصد) دانه‌های پسته برای اثر متقابل شوری و سالیسیلیک اسید.

سالیسیلیک اسید (mM)			سطوح شوری (mg NaCl kg ⁻¹ soil)
۱	۰/۵	.	
۲۳/۳e	۲۳/۹e	۲۵/۶e	.
۳۸/۷d	۴۸/۸c	۶۰/۴ab	۱۲۰۰
۶۱/۵ab	۵۸/۶b	۶۶/۲a	۲۴۰۰

میانگین‌های دارای حروف لاتین مشترک در هر ردیف یا ستون در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن، تفاوت معناداری ندارند.

(۲۰۰۷) نیز چنین تغییری را در میزان نشت یونی برگ-های خربزه که با غلظت ۱ میلی‌مولار استیل سالیسیلیک اسید تیمار کرده بودند، مشاهده کردند.

پرولین

برهم‌کنش شوری و منگنز نشان داد، در شرایط غیرشور، کاربرد ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم منگنز بر کیلوگرم خاک، باعث افزایش به ترتیب ۶۹ و ۸۸ درصد غلظت پرولین برگ نسبت به شاهد گردید. لیکن هنگامی که محیط کشت با مصرف کلرید سدیم شور گردید، این افزایش در هر دو سطح شوری معنی‌دار نگردید، به عبارت دیگر مصرف به تنهایی کلرید سدیم (۲۴۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم بر کیلوگرم خاک) باعث افزایش ۸۴ درصدی میزان پرولین گردید و افزودن منگنز تأثیر معنی‌داری در این سطوح شوری بر روی این پارامتر نداشت (جدول ۴).

در پژوهش حاضر نیز تنش شوری باعث کاهش مقدار نسبی آب برگ گردید اما سالیسیلیک اسید اثرات ناشی از تنش را کاهش داد. درجات مختلف نشت یونی یک شاخص خوب از شدت تنش در گیاهان می‌باشد. حفظ ثبات و سلامتی غشاء تحت تنش شوری یکی از مکانیسم‌های سازگاری به شوری است. تیمار گیاهان با سالیسیلیک اسید در شرایط تنش شوری باعث کاهش میزان نشت یونی غشاء سلول می‌شود. در آزمایش حاضر، با افزایش شوری میزان نشت یونی افزایش یافت، اما کاربرد سالیسیلیک اسید باعث کاهش میزان نشت یونی گردید. کانگ و سالتویت (۲۰۰۲) با انجام پژوهشی بر روی ذرت و ستیونس و همکاران (۲۰۰۶) با انجام پژوهشی بر روی گوجه فرنگی نشان دادند که کاربرد سالیسیلیک اسید باعث کاهش میزان نشت یونی گردید. همچنین مطابق با آزمایش حاضر، کورکماز و همکاران

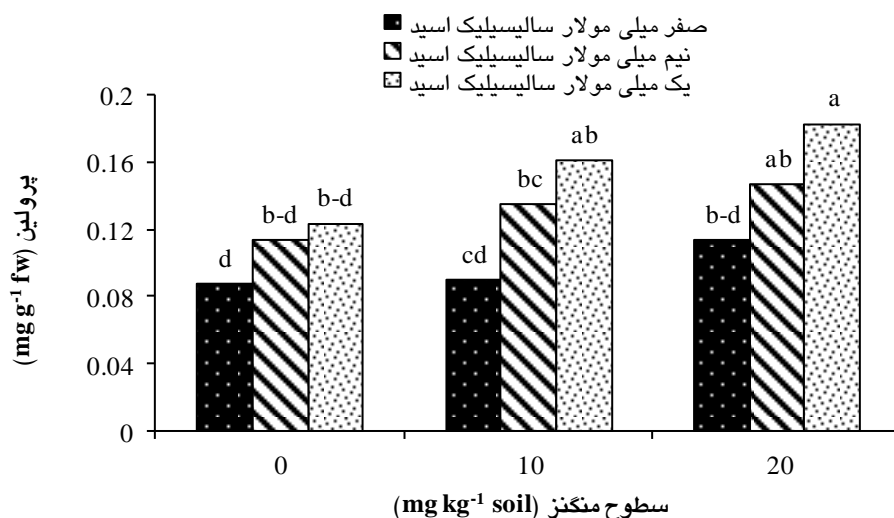
جدول ۴- مقایسه میانگین های میزان پرولین ($\text{mg g}^{-1} \text{fw}$) برگ دانهال های پسته برای اثر متقابل شوری و منگنز.

سطوح منگنز ($\text{mg kg}^{-1} \text{soil}$)			سطوح شوری
۲۰	۱۰	.	($\text{mg NaCl kg}^{-1} \text{soil}$)
۰/۱۴۱ab	۰/۱۲۷b	۰/۰۷۵c	.
۰/۱۵۱ab	۰/۱۲۷b	۰/۱۱۱bc	۱۲۰۰
۰/۱۷۵a	۰/۱۴۳ab	۰/۱۳۸ab	۲۴۰۰

میانگین های دارای حروف لاتین مشترک در هر ردیف یا ستون در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن، تفاوت معناداری ندارند.

گردید، بدین صورت که بیشترین غلظت پرولین برگ در بالاترین سطح سالیسیلیک اسید و منگنز به دست آمد و نسبت به شاهد از رشد ۱۰۸ درصدی برخوردار گردید (شکل ۱).

نتایج برهم کنش تیمارهای منگنز و سالیسیلیک اسید نیز نشان داد، اگرچه با افزایش سالیسیلیک اسید و منگنز هر کدام به تنهایی میزان، پرولین برگ افزایش معنی داری پیدا نکرد، ولی مصرف توأمان منگنز و سالیسیلیک اسید باعث افزایش معنی دار پرولین برگ

شکل ۱- تأثیر کاربرد منگنز و سالیسیلیک اسید بر میزان پرولین ($\text{mg g}^{-1} \text{fw}$) برگ دانهال های پسته

همان طور که مشخص گردید، با افزایش شوری، میزان پرولین برگ پسته افزایش یافت. بن حسنی و همکاران (۲۰۱۲) در آزمایشی بر روی پسته به این نتیجه رسیدند که شوری میزان پرولین و قند محلول را افزایش داد. در گزارشی که اثر سالیسیلیک اسید و شوری بر روی گیاه گندم مورد بررسی قرار گرفت چنین استنباط شده که سالیسیلیک اسید به دلیل القای تولید آبسزیک اسید، گیاه را نسبت به تنش شوری سازگار کرده و همچنین گیاه را به سنتز پروتئین های تنش، وادار می کند.

قندهای محلول برگ

نتایج برهم کنش منگنز و سالیسیلیک اسید بر محتوای قند محلول نشان داد، اگرچه هم بالاترین سطوح سالیسیلیک اسید و هم منگنز به تنهایی باعث افزایش معنی دار محتوای قند محلول شدند، ولی بالاترین محتوای قند محلول تحت تأثیر توأمان بالاترین سطوح سالیسیلیک اسید و منگنز قرار گرفت و نسبت به شاهد حدود ۸۸ درصد حاصل نمود (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های میزان محتوای قند محلول ($\text{mg g}^{-1} \text{fw}$) برگ دانه‌های پسته برای اثر متقابل منگنز و سالیسیلیک اسید.

سطوح منگنز ($\text{mg kg}^{-1} \text{soil}$)		سطوح سالیسیلیک اسید (mM)	
۲۰	۱۰	.	.
۱/۰۰۹b	۰/۷۳۱cd	۰/۶۶۹d	.
۱/۰۱۹b	۰/۸۴۷b-d	۰/۷۳۵cd	۰/۵
۱/۲۶۲a	۰/۹۲۱bc	۱/۰۱۱b	۱

میانگین‌های دارای حروف لاتین مشترک در هر ردیف یا ستون در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن، تفاوت معناداری ندارند.

ساختار و فعالیت روبیسکو باعث افزایش مقدار قندها میشود (خداری ۲۰۰۴).

منگنز

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد، افزایش شوری سبب کاهش معنی‌دار غلظت منگنز شاخساره گردید، به طوری که غلظت منگنز شاخساره در سطوح شوری ۱۲۰۰ و ۲۴۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم بر کیلوگرم خاک، به ترتیب ۳۴ و ۳۸ نسبت به شاهد کاهش یافت. تأثیر سطوح مختلف منگنز بر غلظت منگنز شاخساره نشان داد، در شرایط غیرشور، با کاربرد ۱۰ میلی‌گرم منگنز بر کیلوگرم خاک، غلظت منگنز شاخساره ۴۳ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت و بین ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم منگنز اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، لیکن در شوری ۱۲۰۰ و ۲۴۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم بر کیلوگرم خاک، مصرف ۲۰ میلی‌گرم منگنز به تنهایی باعث افزایش به ترتیب ۴۵ و ۳۲ درصدی افزایش غلظت منگنز گردید. در شوری ۱۲۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم بر کیلوگرم خاک، مصرف توأمان ۲۰ میلی‌گرم منگنز و ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید، باعث افزایش ۸۰ درصدی غلظت منگنز شاخساره در همان سطح شوری شد. در شرایط غیرشور، اثر سالیسیلیک اسید بر غلظت منگنز شاخساره معنی‌دار نشد. لیکن هنگامی که محیط کشت با کلرید سدیم شور شد، غلظت منگنز با افزایش سالیسیلیک اسید افزایش معنی‌داری یافت (جدول ۶).

یکی از دلایل افزایش پرولین نیز احتمالاً افزایش آپسزیک اسید درون‌زا می‌باشد که باعث القای تولید پرولین می‌شود و در نتیجه واکنش محافظت را ایجاد کرده و آسیب شوری را در گیاه کاهش می‌دهد (شاکروا و همکاران ۲۰۰۳). کاربرد سالیسیلیک اسید و منگنز در این پژوهش، باعث افزایش سازگاری گیاه در برابر تنش شده است، زیرا در تنش شوری، اسمولیت‌ها (موادی که باعث حفظ تورژسانس می‌شوند) زیاد شده‌اند. پژوهشگران بیان نموده‌اند که با افزایش Na^+ و Cl^- تولید پرولین القاء و همراه با آن فعالیت آنزیم تجزیه‌کننده پرولین کاهش می‌یابد. هم‌چنین قندها که یک نوع اسمولیت می‌باشند باعث منفی‌تر کردن پتانسیل اسمزی در سیتوپلاسم شده، به جداسازی Na^+ در واکوئل کمک کرده و موجب تنظیم اسمزی می‌شوند (اورکات و نیلسن ۲۰۰۰). به طور کلی پذیرفته شده که شوری باعث تجمع اسمولیت‌ها و مواد محلول سازگار می‌شود. در نتیجه آب وارد سلول شده و منجر به ایجاد فشار تورگر گردیده و سبب رشد سلول می‌شود. در پژوهشی اثر شوری بر دو پایه پسته (قزوینی و بادامی ریز) بررسی و گزارش شد که غلظت قندهای احیاکننده در برگ‌های هر دو پایه با افزایش شوری افزایش یافت (کریمی و همکاران ۲۰۰۹). در پژوهش حاضر تنش شوری باعث افزایش قندهای محلول شد و تیمار سالیسیلیک اسید و منگنز نیز میزان قند محلول را افزایش داد. اسید سالیسیلیک به علت تعدیل در کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی و احتمالاً با حفظ

جدول ۶- مقایسه میانگین‌های غلظت منگنز ($\text{mg kg}^{-1}\text{dw}$) شاخساره دانه‌های پسته برای اثر متقابل شوری، منگنز و سالیسیلیک اسید.

سالیسیلیک اسید (mM)		سطوح منگنز ($\text{mg kg}^{-1}\text{ soil}$)	سطوح شوری ($\text{mg NaCl kg}^{-1}\text{ soil}$)
۱	۰/۵		
۲۵/۰b-g	۲۹/۲b	۲۴/۴b-h	۰
۲۵/۲b-g	۲۵/۱b-g	۳۶/۰a	۰
۲۵/۶a	۲۹/۵b	۳۵/۰a	۰
۲۳/۷c-h	۲۱/۳f-h	۱۶/۰i-j	۱۲۰۰
۲۶/۰b-f	۲۳/۷c-h	۱۹/۲h-j	۱۲۰۰
۲۸/۸bc	۲۷/۰b-e	۲۳/۲d-h	۱۲۰۰
۲۲/۲e-h	۲۳/۲d-h	۱۵/۰j	۲۴۰۰
۲۸/۳b-d	۲۳/۴d-h	۱۹/۲h-j	۲۴۰۰
۲۲/۰e-h	۲۴/۵b-h	۲۰/۰g-i	۲۴۰۰

میانگین‌های دارای حروف لاتین مشترک در هر ردیف یا ستون در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن، تفاوت معناداری ندارند.

کلرید سدیم بر کیلوگرم خاک) نیز کاربرد توأمان تیمارها (۲۰ میلی‌گرم منگنز و ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید) باعث افزایش ۲۶ درصدی غلظت آهن شاخساره نسبت به شاهد شد.

مقادیر بالای کلرید سدیم در محیط، می‌تواند جذب آهن را تحت تأثیر قرار داده و کمبود یا سمیت آن را تشدید نماید (یوسفی و همکاران ۲۰۰۷). اسکندری و مظفری (۱۳۹۱) با انجام پژوهشی بر روی پسته گزارش کردند که با افزایش شوری به ۱۶۰۰ و ۳۲۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، میزان جذب آهن در اندام هوایی به ترتیب ۴۱ و ۵۸ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. گانس و همکاران (۲۰۰۷) در آزمایشی بر روی ذرت نتیجه گرفتند که با افزایش شوری، غلظت آهن شاخساره و ریشه کاهش پیدا کرد، اما کاربرد سالیسیلیک اسید به‌طور معنی‌داری سبب افزایش غلظت آهن، مس و منگنز شد. در پژوهش حاضر نیز شوری باعث کاهش غلظت آهن شاخساره گردید، اما کاربرد تنهایی هر کدام از تیمارهای منگنز و سالیسیلیک اسید و همچنین مصرف توأمان این دو تیمار باعث افزایش غلظت آهن شاخساره در شرایط شور و غیرشور شد.

در پژوهش حاضر غلظت منگنز شاخساره با افزایش شوری کاهش یافت، این کاهش ممکن است به دلیل کاهش حجم ریشه و رابطه ناهمسازی بین عناصر غذایی و یون‌های سمی باشد. همچنین کاهش جذب عناصر کم‌مصرف در شرایط شور، ناشی از جذب بیشتر عناصری مانند سدیم می‌باشد که با نتایج مظفری و همکاران (۱۳۹۲) بر روی گیاه پسته مطابقت دارد. گانس و همکاران (۲۰۰۷) در آزمایشی بر روی ذرت دریافتند که افزایش شوری باعث کاهش غلظت منگنز شاخساره و ریشه شد، اما کاربرد ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید در شرایط شور، باعث افزایش غلظت منگنز شاخساره و ریشه گردید.

آهن

با توجه به جدول ۷ نتایج مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن نشان داد، غلظت آهن شاخساره با افزایش شوری کاهش یافت، به طوری که با افزایش شوری به ۱۲۰۰ و ۲۴۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم بر کیلوگرم خاک، میزان غلظت آهن شاخساره به ترتیب ۲۱ و ۴۷ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. کاربرد منگنز و سالیسیلیک اسید در شرایط غیرشور باعث افزایش غلظت آهن شاخساره گردید. در شرایط شور (۱۲۰۰ میلی‌گرم

جدول ۷- مقایسه میانگین‌های غلظت آهن ($\text{mg kg}^{-1}\text{dw}$) شاخساره دانه‌های پسته برای اثر متقابل شوری، منگنز و سالیسیلیک اسید.

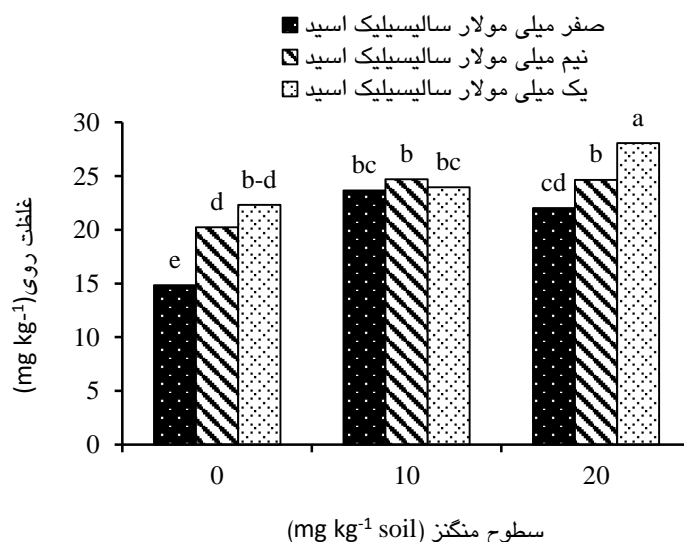
سالیسیلیک اسید (mM)			سطوح منگنز ($\text{mg kg}^{-1}\text{ soil}$)	سطوح شوری ($\text{mg NaCl kg}^{-1}\text{ soil}$)
۱	۰/۵	.		
۹۹/۲a-d	۸۹/۰e-i	۸۲/۷g-i	.	.
۱۰۳/۰ab	۸۱/۶g-i	۹۶/۹a-e	۱۰	.
۱۰۳/۰ab	۹۷/۰a-e	۱۰۱/۷ab	۲۰	.
۶۴/۰j	۹۰/۰d-h	۶۵/۰j	.	۱۲۰۰
۹۱/۰c-g	۹۰/۶d-g	۸۴/۶f-i	۱۰	۱۲۰۰
۱۰۴/۳a	۱۰۰/۷a-c	۹۳/۰b-f	۲۰	۱۲۰۰
۹۳/۷b-f	۸۹/۰e-i	۴۳/۴k	.	۲۴۰۰
۸۰/۱hi	۷۹/۳i	۶۳/۶j	۱۰	۲۴۰۰
۶۶/۰j	۸۲/۷g-i	۸۰/۰hi	۲۰	۲۴۰۰

میانگین‌های دارای حروف لاتین مشترک در هر ردیف یا ستون در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن، تفاوت معناداری ندارند.

روی

گردید، اما با مصرف توأمان منگنز و سالیسیلیک اسید، بیشترین غلظت روی شاخساره حاصل شد، به طوری که با مصرف توأمان ۲۰ میلی‌گرم منگنز بر کیلوگرم خاک و ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید، غلظت روی شاخساره ۸۹ درصد نسبت به شاهد افزایش پیدا کرد (شکل ۲).

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اگرچه کاربرد به تنهایی هر کدام از تیمارهای منگنز و سالیسیلیک اسید باعث افزایش غلظت روی شاخساره



شکل ۲- تأثیر کاربرد شوری و منگنز بر غلظت روی ($\text{mg kg}^{-1}\text{dw}$) شاخساره برگ دانه‌های پسته

(۲۰۰۸) بیان داشتند که غلظت‌های نسبتاً زیاد سدیم و یا قابلیت دسترسی محدود آب برای گیاه که به واسطه مقادیر بالای نمک‌های محلول ایجاد می‌گردد. احتمالاً مسئول کاهش غلظت روی تحت تنش شوری است. در

شهریاری‌پور و همکاران (۲۰۱۰) طی تحقیقی بر روی پسته نشان دادند که با کاربرد ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، غلظت روی برگ و ساقه به ترتیب ۱۵ و ۲۴ درصد کاهش یافت. توللی و همکاران

نتیجه‌گیری کلی

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تنش شوری سبب کاهش غلظت عناصر غذایی از جمله آهن، منگنز و روی و محتوای نسبی آب برگ گردید، اما کاربرد توأمان منگنز و سالیسیلیک اسید سبب افزایش غلظت این عناصر و محتوای نسبی آب برگ شد و اثرات ناشی از تنش شوری را کاهش داد. همچنین کاربرد منگنز و سالیسیلیک اسید سبب افزایش تنظیم‌کننده‌های اسمزی از جمله پرولین و قندهای محلول گردید و در نهایت مقاومت گیاه را به تنش شوری افزایش داد.

گیاه انبه نیز غلظت روی در ریشه و ساقه با افزایش شوری کاهش پیدا کرد (دوران زازو و همکاران ۲۰۰۴). جنس و همکاران (۲۰۰۷)، عنوان نمودند، اثرات زیان‌آور کمبود روی تحت تنش شوری ممکن است به عنوان عامل محدودکننده مهم‌تری نسبت به سمیت کلرید سدیم در کاهش رشد عمل کند. در پژوهش حاضر نیز افزایش شوری سبب کاهش غلظت روی اندام هوایی گردید، اما کاربرد منگنز باعث افزایش غلظت روی و بهبود اثرات ناشی از تنش شوری شد.

منابع مورد استفاده

- Akhkha A, Boutraa T and Alhejely A, 2011. The rates of photosynthesis, chlorophyll content, dark respiration, proline and abscisic acid (ABA) in wheat (*Triticum durum*) under water deficit conditions. *International Journal of Agriculture and Biology* 13: 215–221.
- Ashraf M, Akram NA, Arteca RN and Foolad MR, 2010. The physiological, biochemical and molecular roles of brassinosteroids and salicylic acid in plant processes and salt tolerance. *Critical Reviews in Plant Sciences* 29: 162-190.
- Bastam N, Baninasab B and Ghobadi C, 2012. Improving salt tolerance by exogenous application of salicylic acid in seedling of pistachio. *Plant Growth Regular* 18: 206-218.
- Benhassaini H, Fetati A, Hocine AK and Belkhodja M, 2012. Effect of salt stress on growth and accumulation of proline and soluble sugars on plantlets of *Pistacia atlantica* Desf. subsp. *atlantica* used as rootstocks. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment* 16: 159-165.
- Bouyoucos GJ, 1951. A recalibration of hydrometer method for making mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal* 43: 434-438.
- Bremner JM and Keeney DR, 1965. Steam distillation methods for determination of ammonium nitrate and nitrate. *Analytica Chimica Acta* 32: 465-495.
- Burneli JN, 1988. The biochemistry of manganese in plants. Pp 125-137. In: Graham RD, Hannam J and C. Uren N (eds). *Manganese in Soils and Plants*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. the Netherlands.
- Cicek N and Cakirlar H, 2002. The effect of salinity on some physiological parameters in two maize cultivars. *Bulgarian Journal of Plant Physiology* 28: 66-74.
- Duran Zuazo VH, Martinez-Raya A, Aguila Ruiz J and Franco Tarifa D, 2004. Impact of salinity on macro- and micronutrient uptake in mango (*Mangifera indica* L. cv. *Osteen*) with different rootstocks. *Spanish Journal of Agricultural Research* 2: 121-133.
- El-Tayeb M, 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation* 45: 215-224.
- Emami A, 1995. *Methods of plant analysis (Part 1)*. Technical Journal No. 982. Water and Soil Research Institute. Tehran.
- Eskandari S. and Mozaffari V, 2013. Effects of salinity and Cu on total uptake of micronutrient in shoot and root of pistachio cultivars (*Pistacia vera* L.) in greenhouse conditions. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture Soilless Culture Research Center* 3 (4): 29-43. (In Farsi).
- Grattan SR and Grieve CM, 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae* 78: 127-157.
- Gunes A, Inal A, Alpaslan M, Eraslan F, Bagci EG and Cicek N, 2007. Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. *Journal of Plant Physiology* 164: 728-736.

- Hojjat Nooghi F and Mozafari V, 2012. Effects of calcium on eliminating the negative effects of salinity in pistachio (*Pistacia vera* L.) seedlings. Australian Journal of Crop Science 6: 711-716.
- Irigoyen JJ, Emerich DW and Sanchez-Diaz MD, 1992. Water stress induced changes concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. Physiologia Plantarum 84: 55-60.
- Kang HM and Saltveit ME, 2002. Chilling tolerance of maize, cucumber and rice seedling leaves and roots are differentially affected by salicylic acid. Physiologia Plantarum 115: 571-576.
- Karimi S, Rahemi M, Maftoun M, Eshghi S and Tavallali V, 2009. Effects of long-term salinity on growth and performance of two pistachio (*Pistacia vera* L.) rootstocks. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 3: 1630-1639.
- Kaydan D, Yagmur M and Okt N, 2007. Effects of salicylic acid on the growth and some physiological characters in salt stressed wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Plant Physiology 13: 114-119.
- Khodary SEA, 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt-stressed maize plants. International Journal of Agriculture and Biology 6: 5-8.
- Klute A, 1986. Water retention: Laboratory methods. In: Klute A. (ed.), Methods of Soil Analysis. Part 1, Physical and Mineralogical Methods, American Society Agronomy. 9: 635-662.
- Korkmaz A, Uzunlu M and Demirkiran AR, 2007. Treatment with acetyl salicylic acid protects muskmelon seedlings against drought stress. Acta Physiologiae Plantarum 29(6): 503-508.
- Mane AV, Deshpande TV, Wagh VB, Karadge BA and Samant JS, 2011. A critical review on physiological changes associated with reference to salinity. International Journal of Environmental Science 1: 1192-1216.
- Mozafari, V., Asadollahi, Z., Tajabadi Pour, A., and Akhgar, A. 2013. Effects of Salinity and Manganese on Physiological and Echophysiological Characteristics of Pistachio (*Pistacia vera* L.). J. Soil Water Res. 44: 1. 81-94. (In Farsi).
- Mozaffari V and Malakouti MJ, 2006. An investigation of some cause of Dieback disorder of pistachio tree and its control through balance fertilization in Iran. Acta Horticulture 22: 301-305.
- Nemeth M, Janda T, Horvath E, Paldi E and Szalai G, 2002. Exogenous salicylic acid increases polyamine content but may decrease drought tolerance in maize. Plant Science 162: 569-574.
- Orcutt DM and Nilsen ET, 2000. The physiology of plants under stress: soil and biotic factors. John Wiley and Sons, New York.
- Paquin R and Lechasseur P, 1979. Observations on a method for the determination of free proline in plant extracts. Canadian Journal of Botany 57: 1851-1854.
- Raskin I, 1992. Role of salicylic acid in plants. Annual. Review in Plant Physiology and Plant Molecular Biology 43: 439-463.
- Richards LA, 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. U. S. D. A. Handbook No.60., Washington, DC, U. S. A.
- Shahriaripour R, Tajabadi Pour A, Mozaffari V, Dashti H and Adhami. E, 2010. Effects of salinity and soil zinc application on growth and chemical composition of pistachio seedlings. Journal of Plant Nutrition 33: 1166-1179.
- Shakirova FM, Sakhabutdinova AR, Bezrukova MV, Fatkhutdinova RA and Fatkhutdinova DR, 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. Plant Science 164: 317-322.
- Shalata A and Tal M, 1998. The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in the leaf of the cultivated tomato and its wild salt-tolerant relative *Lycopersicon pennellii*. Journal of Plant Physiology 104: 167-174.
- Stevens J, Senaratna T and Sivasithamparam K, 2006. Salicylic acid induces salinity tolerance in tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Roma): associated changes in gas exchange, water relations and membrane stabilisation. Plant Growth Regulation 49: 77-83.
- Sultana N, Ikeda T and Itoh R, 1999. Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. Environmental and Experimental Botany 42: 211-220.
- Tavallali V, Rahemi M and Panahi B, 2008. Calcium induces salinity tolerance in pistachio rootstocks. Fruits 63: 201-208.

- Tollner EW, Hagrove EL and Langdal GW, 1984. Influence of conventional and no-tillage practices on soil physical properties in the southern Piedmont. *Journal of Soil and Water Conservation* **38**: 73-76.
- Weatherley PE, 1950. Studies in the water relations of the cotton plant. *New Phytologist* **49**: 81-97.
- Yousfi S, Mahmoudi H, Abdelly C and Gharsalli M, 2007. Effect of salt on physiological responses of barley to iron deficiency. *Plant Physiology and Biochemistry* **45**: 309-314.