

تأثیر نیتروژن و سیلیسیم بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک دانه‌های پسته در شرایط شور

وحید مظفری*^۱، مهدی سلاجقه^۲

تاریخ دریافت: ۹۵/۵/۷ تاریخ پذیرش: ۹۶/۳/۳۱

۱- دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه ولی عصر رفسنجان

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

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

چکیده

برای بررسی تأثیر نیتروژن و سیلیسیم در شرایط شور برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک دانه‌های پسته (*Pistacia vera* L.) رقم بادامی ریز زرد، یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط گلخانه‌ای انجام شد. تیمارها شامل نیتروژن (۰، ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک از منبع نترات آمونیم)، سیلیسیم (۰، ۱ و ۲ میلی‌مولار از منبع اسید سیلیسیک) و شوری (۰، ۱۵۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم و کلرید کلسیم در کیلوگرم خاک به ترتیب به نسبت دو به یک) بودند که در انتهای آزمایش میانگین شوری‌هایی به ترتیب برابر با ۳/۰، ۹/۷ و ۲۰/۹ دسی زیمنس بر متر ایجاد نمودند. نتایج نشان داد که تنش شوری موجب کاهش مقدار نسبی آب برگ و افزایش نشت یونی گردید، اما کاربرد دو میلی‌مولار سیلیسیم باعث افزایش ۲۸ درصدی مقدار نسبی آب برگ و کاهش نشت یونی گردید. همچنین مصرف توآمان ۶۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک و دو میلی‌مولار سیلیسیم غلظت پرولین را ۳۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. بیشترین مقدار قندهای محلول برگ در شرایط شور با مصرف دو میلی‌مولار سیلیسیم حاصل شد که نسبت به شاهد، بیش از دو برابر افزایش یافت. همچنین به‌رغم این که تنش شوری غلظت عناصر آهن، منگنز و روی شاخساره را کاهش معنادار داد، ولی با مصرف نیتروژن و سیلیسیم غلظت این عناصر افزایش معنادار یافتند. براساس نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط شور، مصرف توآمان نیتروژن و سیلیسیم از طریق بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیک، توانایی دانه‌های پسته را در تحمل تنش شوری افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، عناصر کم‌مصرف، قندهای محلول، کلرید کلسیم، نشت یونی

Effect of Nitrogen and Silicon on Some Physiological Properties of the Pistachio Seedlings in Saline Conditions

V Mozafari^{1*}, M Salajegheh²

Received: 28 July 2016

Accepted: 21 June 2017

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 effect of nitrogen and silicon on some physiological Properties of the pistachio seedlings (*Pistacia vera* L. cv. Badami Zarand) in saline conditions, a factorial experiment was carried out in a completely randomized design with three replications under greenhouse conditions. Treatments consisted of nitrogen (0, 60 and 120 mg N kg⁻¹ soil as NH₄NO₃), silicon (0, 1 and 2 mM as H₄SiO₄) and salinity (0, 1500 and 3000 mg NaCl and CaCl₂ kg⁻¹ soil with the ratio of two to one respectively) that at the end of the experiment created average salinity of 0.3, 9.7 and 20.9 dSm⁻¹, respectively. Results showed that the salinity stress decreased the leaf relative water content and increased the electrolyte leakage, but application of 2 mM silicon increased the leaf relative water content by 28 percent and decreased the electrolyte leakage. Also combined application of 60 mg N kg⁻¹ soil and 2 mM silicon increased the concentration of proline 36 percent compared to the control. The highest amount of soluble sugars in saline conditions was achieved with the application of 2 mM Silicon that increased more than 2 folds compared to the control. Although salinity stress decreased the shoot Fe, Mn and Zn concentrations significantly, but application of the nitrogen and silicon increased the concentration of these elements significantly. According to the results of this experiment, it is concluded that the combined application of nitrogen and silicon in saline conditions through improving the physiological Properties increased the ability of pistachio seedlings in tolerance to salinity stress.

Keywords: Calcium chloride, Electrolyte leakage, Micronutrients, Proline, Soluble sugars

مقدمه

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 (حجتی‌نوقی و مظفری ۲۰۱۲). شوری یکی از مهم‌ترین مشکلات تولید محصول در برخی از قسمت‌های جهان و به‌ویژه در اراضی تحت آبیاری مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. تحت شرایط شور، بروز تغییرات در میزان مهیا بودن عناصر غذایی در جذب، انتقال و توزیع در بخش‌های مختلف گیاه و یا غیرفعال شدن فیزیولوژیکی بخش‌هایی از گیاه که در

پسته به‌عنوان یک محصول استراتژیک، جایگاه خاصی در تولیدات کشاورزی دارد و بخش عمده‌ای از صادرات غیرنفتی را تشکیل می‌دهد. سازگاری این محصول با شرایط نامساعد محیطی از جمله شوری آب و خاک و مقاومت به خشکی و کم‌آبی سبب گردیده تا جایگاه ویژه‌ای در مناطقی که دارای شرایط نامناسب کشت برای سایر محصولات (زراعی و باغی) هستند پیدا نماید (سلیمان‌زاده و همکاران ۲۰۱۳). با وجود این‌که درخت پسته مقاوم به شوری است، اما به دلیل

مانند گلوکز، فروکتوز و ساکارز نیز که در تنش شوری تجمع می‌یابند عمل محافظت اسمزی و از بین بردن رادیکال‌های آزاد را به‌عهده دارند (مانه و همکاران ۲۰۱۱). همچنین به خوبی ثابت شده است که در اثر تنش‌های غیر زیستی از جمله شوری، مقدار نسبی آب برگ (LRWC)، پتانسیل آب برگ و پتانسیل اسمزی سلول‌ها کاهش می‌یابد (یودا و همکاران ۲۰۰۳). از آنجایی که پژوهش‌های بسیار اندکی در مورد عنصر نیتروژن و سیلیسیم در شرایط شور بر روی پسته انجام شده است، هدف اصلی این پژوهش، بررسی تأثیر عناصر سیلیسیم و نیتروژن در شرایط شور بر برخی پارامترهای فیزیولوژی دانه‌های پسته رقم بادامی ریز زرد بود.

مواد و روش‌ها

خاک کافی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری از یکی از مناطق پسته خیز استان کرمان که از نظر شوری و نیتروژن کل در حد پایینی بود تهیه و پس از هوا خشک کردن و عبور از الک دو میلی‌متری، بعضی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن از جمله pH در خمیر اشباع به‌وسیله الکترود شیشه‌ای (۷/۹۴)، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج (۱/۹ دسی‌زیمنس بر متر)، ظرفیت مزرعه‌ای (۱۹/۵ درصد) سیلت (۱۸ درصد)، رس (۲۰ درصد)، نیتروژن کل توسط دستگاه کج‌دال (۰/۱۸)، کربن آلی (۰/۴ درصد) به روش جکسون (۱۹۷۵)، کربنات کلسیم معادل (۱۵ درصد) به روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک (آلیسون و مودی ۱۹۶۵)، فسفر قابل استفاده (۹/۹ میلی گرم بر کیلوگرم) به روش اولسن و همکاران (۱۹۵۴)، غلظت پتاسیم (۳۸۱ میلی گرم بر کیلوگرم)، عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم (کنودسون و همکاران ۱۹۸۲) و غلظت مس، روی، آهن و منگنز قابل استفاده به ترتیب ۰/۸۸، ۰/۵، ۲/۶۵ و ۴/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک، به روش عصاره‌گیری با DTPA (لیندسی و نورول ۱۹۷۸) به وسیله دستگاه جذب اتمی

جذب عناصر غذایی دخالت دارند، می‌توانند باعث به‌هم خوردن تعادل غذایی گیاه شوند (گراتان و گریو ۱۹۹۹). سیلیسیم به‌عنوان عنصری که باعث کاهش انواع تنش‌ها از جمله سمیت عناصر، شوری، خشکی و سرمازدگی می‌شود، شناخته شده است. این عنصر با تحریک سیستم آنتی‌اکسیداتیو، باعث کاهش اثرات تنش در گیاهان می‌شود (لیانگ و همکاران ۲۰۰۵). همچنین سیلیسیم ضمن شرکت در فعالیت‌های متابولیکی، فیزیولوژیکی و ساختاری گیاهان در مواجهه با تنش‌های زیستی و غیرزیستی (کایا و همکاران ۲۰۰۶)، از طریق افزایش حجم و وزن ریشه‌ها، جذب آب را در شرایط تنش آبی افزایش می‌دهد (سونوب و همکاران ۲۰۱۱). پژوهشگران گزارش کردند که مصرف سیلیسیم در شرایط شور باعث کاهش جذب سدیم در گیاه سورگم شد (یین و همکاران ۲۰۱۳). همچنین این عنصر با افزایش استقامت مکانیکی ساقه و برگ‌های خیار که منجر به بهبود جذب نور و در نتیجه افزایش ظرفیت فتوسنتزی گردید، رشد و عملکرد این گیاه را بهبود بخشید (واشیدا و همکاران ۱۹۶۹). با انجام پژوهشی روی دانه‌های پسته رقم احمدآقایی مشخص گردید که با مصرف سیلیسیم در شرایط شور، وزن خشک برگ و ریشه، غلظت پتاسیم ریشه و کلسیم برگ و فعالیت آنزیم سوپراکسید دسموتاز افزایش یافت، لیکن غلظت سدیم در برگ و ریشه کاهش یافت (حبیبی و همکاران ۲۰۱۴).

نیتروژن از اجزای تشکیل‌دهنده اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و آنزیم‌ها می‌باشد و نقش عمده‌ای در فیزیولوژی گیاه، رشد رویشی، تشکیل کلروفیل و تولید میوه و دانه دارد (رضوی‌نسب و همکاران ۲۰۱۴). امروزه استفاده از کودهای نیتروژنه به‌عنوان روشی در کاهش اثرات مضر شوری مطرح شده است (رحمان و همکاران ۲۰۰۷). محققان در آزمایشی بر روی پسته به این نتیجه رسیدند که شوری میزان پرولین و قندهای محلول را افزایش داد (بن‌حسینی و همکاران ۲۰۱۲). احتمالاً پرولین در سلول‌های تحت تنش شوری، نقش آنتی‌اکسیدانی و تنظیم‌کننده پتانسیل اسمزی دارد (آخا و همکاران ۲۰۱۱). قندهای محلول

¹ Leaf relative water content

شوری نیز در هفته ششم پس از کشت، به سه قسمت مساوی تقسیم و به فاصله زمانی یک هفته به صورت محلول همراه با آب آبیاری به گلدان‌ها اضافه گردید. در انتهای دوره آزمایش (هفته بیست و دوم پس از کاشت)، به منظور بررسی تعیین مقدار نسبی آب برگ در شرایط شور، از برگ تازه دانه‌ها استفاده شد (ودرلی ۱۹۵۰). همچنین به منظور تعیین پایداری غشای سلولی در برگ، از اندازه‌گیری میزان نشت الکترولیتی آن‌ها استفاده شد (بستام و همکاران ۲۰۱۲). برای اندازه‌گیری پرولین به روش پاکوین و لچاسر (۱۹۷۹) و قندهای محلول به روش ایریگوئن و همکاران (۱۹۹۲) از برگ‌های توسعه یافته استفاده گردید. برای تعیین عناصر غذایی موجود در اندام هوایی دانه‌ها، نمونه‌های خشک شده (برگ و ساقه) پودر و یک گرم از آنها توزین و پس از خشک سوزانی و عصاره‌گیری با اسید کلریدریک، غلظت منگنز، آهن و روی به وسیله دستگاه جذب اتمی مدل GBC Avanta ver.1.33 اندازه‌گیری گردید (کوئینی ۱۹۸۰). داده‌های به دست 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 Excel و Word رسم گردید.

نتایج و بحث

مقدار نسبی آب برگ

همان‌گونه که در جدول ۱ دیده می‌شود، مقدار نسبی آب برگ در بالاترین سطح شوری (۳۰۰۰ میلی-گرم نمک در کیلوگرم خاک) نسبت به شرایط غیرشور با کاهش معناداری روبه‌رو شد. به‌رغم این‌که در شرایط غیرشور کاربرد هر دو سطح نیتروژن اختلاف معنا-داری با شاهد حاصل نکرد، اما با افزایش شوری، کاربرد نیتروژن باعث افزایش مقدار نسبی آب برگ گردید، به طوری که در سطوح شوری ۱۵۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم نمک در کیلوگرم خاک، کاربرد بالاترین سطح نیتروژن، مقدار نسبی آب برگ را به ترتیب ۲۸ و ۳۸ درصد نسبت به شرایط عدم مصرف، افزایش داد. هم-چنین مقایسه میانگین برهم‌کنش شوری و سیلیسیم

تعیین گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان انجام شد. از آنجا که اهم شوری آب‌های آبیاری در منطقه رفسنجان ناشی از کلرید سدیم و کمی هم کلرید کلسیم می‌باشد، لذا در این تحقیق برای شور نمودن خاک‌های تحت تیمار، از این دو نمک به ترتیب به نسبت دو به یک استفاده گردید (میرزایی و همکاران ۱۳۸۱). تیمارها شامل نیتروژن (صفر، ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک از منبع نترات آمونیوم)، سیلیسیم (صفر، ۱ و ۲ میلی‌مولار از منبع اسید سیلیسیک) و شوری (صفر، ۱۵۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم از نمک‌های کلرید سدیم و کلرید کلسیم در کیلوگرم خاک به ترتیب به نسبت دو به یک) بودند. در پایان آزمایش، از خاک گلدان‌های تحت تیمار، عصاره اشباع تهیه و شوری آنها مورد آزمایش قرار گرفت، که به ترتیب سطوح شوری بکار برده شده، میانگین شوری‌ها برابر با ۳، ۹/۷ و ۲۰/۹ دسی زیمنس بر متر بود. 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.

بذرهای پسته رقم بادامی ریز زرد pistachio (cultivars Badami-e-Zarand) از مؤسسه تحقیقات پسته کشور تهیه و در هر گلدان تعداد ۵ بذر جوانه‌زده در عمق ۳ سانتی‌متری کشت گردید. آبیاری گلدان‌ها تا پایان آزمایش به وسیله آب مقطر تا رسیدن به ظرفیت مزرعای همراه با توزین مرتب آن‌ها صورت گرفت. تیمار نیتروژن در هفته پنجم پس از کشت، در مرحله ۱۰ برگ‌گی به صورت محلول به خاک اضافه شد. همچنین از هفته پنجم تا پایان دوره رشد (هفته بیست و سوم) سیلیسیم با هر دوره آبیاری به صورت محلول در آب به گلدان‌های مورد آزمایش اضافه گردید. تیمارهای

نشان داد، مصرف سیلیسیم باعث افزایش مقدار نسبی آب برگ در هر دو شرایط شور و غیرشور شد. به طوری که در سطح شوری ۱۵۰۰ میلی‌گرم نمک در کیلوگرم خاک، کاربرد دو میلی‌مولار سیلیسیم، مقدار نسبی آب برگ را ۲۸ درصد نسبت به عدم مصرف آن، افزایش داد (جدول ۲).

جدول ۱- اثر متقابل شوری و نیتروژن بر درصد نسبی آب برگ دانه‌های پسته رقم بادامی ریز زرنده.

نیتروژن (mg kg ⁻¹ soil)			شوری* (mg NaCl and CaCl ₂ kg ⁻¹ soil)
۱۲۰	۶۰	.	
۸۲/۱a	۸۱/۸a	۷۸/۱a	.
۶۸/۶b	۶۵/۸b	۵۳/۶d	۱۵۰۰
۵۹/۴c	۵۴/۸d	۴۲/۹e	۳۰۰۰

*: شوری حاصل، متشکل از دو قسمت کلرید سدیم و یک قسمت کلرید کلسیم می‌باشد. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ردیف یا ستون در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون دانکن، تفاوت معناداری ندارند.

جدول ۲- اثر متقابل شوری و سیلیسیم بر درصد نسبی آب برگ دانه‌های پسته رقم بادامی ریز زرنده.

سیلیسیم (mM)			شوری* (mg NaCl and CaCl ₂ kg ⁻¹ soil)
۲	۱	.	
۸۳/۹a	۸۳/۸a	۷۴/۳b	.
۷۰/۶b	۶۲/۳c	۵۵/۱d	۱۵۰۰
۵۸/۸cd	۵۶/۸d	۴۱/۵e	۳۰۰۰

*: شوری حاصل، متشکل از دو قسمت کلرید سدیم و یک قسمت کلرید کلسیم می‌باشد. میانگین‌های دارای حروف لاتین مشترک در هر ردیف یا ستون در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون دانکن تفاوت معناداری ندارند.

نشت الکترولیت

جدول ۴ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، با افزایش شوری به ۳۰۰۰ میلی‌گرم نمک در کیلوگرم خاک، ۴۸ درصد نشت الکترولیت افزایش یافت (از ۷/۴۷ به ۷۰/۴ درصد)، لیکن با مصرف دو میلی‌مولار سیلیسیم، این افزایش به ۲۰ درصد رسید. به عبارت دیگر، مصرف دو میلی‌مولار سیلیسیم ۲۸ درصد از نشت الکترولیت جلوگیری نمود.

نتایج حاصل از برهم‌کنش نیتروژن و سیلیسیم نشان داد، با مصرف به‌تنهایی نیتروژن و یا سیلیسیم نشت الکترولیت با کاهش معناداری روبرو شد، لیکن این کاهش با کاربرد سیلیسیم چشم‌گیرتر بود. به طوری که با مصرف فقط دو میلی‌مولار سیلیسیم، نزدیک به ۴۶ درصد از نشت الکترولیت یا یونی جلوگیری به عمل آمد (جدول ۳). برهم‌کنش شوری و سیلیسیم در

جدول ۳- اثر متقابل نیتروژن و سیلیسیم بر درصد نشت الکترولیت دانه‌های پسته رقم بادامی ریز زرنده.

سیلیسیم (mM)			نیتروژن (mg kg ⁻¹ soil)
۲	۱	.	
۴۶/۸d	۴۰/۷c	۶۸/۳a	.
۴۲/۲c	۴۴/۴c	۵۲/۹b	۶۰
۴۴/۲c	۴۳/۵c	۵۶/۲b	۱۲۰

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

جدول ۴- اثر متقابل شوری و سیلیسیم بر درصد نشت الکترولیت دانه‌های پسته رقم بادامی ریز زرنده.

سیلیسیم (mM)			شوری*
۲	۱	۰	(mg NaCl and CaCl ₂ kg ⁻¹ soil)
۲۵/۲f	۲۷/۷f	۴۷/۷d	۰
۴۳/۴e	۴۳/۷e	۵۹/۲b	۱۵۰۰
۵۴/۶c	۵۷/۱bc	۷۰/۴a	۳۰۰۰

*: شوری حاصل، متشکل از دو قسمت کلرید سدیم و یک قسمت کلرید کلسیم می‌باشد.

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

نتیجه رسیدند که کاربرد سیلیسیم سبب سیلیسی و سخت شدن غشای سلولی، کاهش معنادار میزان نشت الکترولیتی و افزایش شاخص پایداری غشای سلول می‌شود. همچنین عنوان نمودند که سیلیسیم در درون گیاه یک عنصر غیرمتحرک است که پس از رسوب در داخل سلول، به صورت ژل سیلیکای پلیمر شده در آمده و دیگر برای گیاه غیرقابل استفاده می‌شود و تنها نقش استحکام و پایداری را خواهد داشت (لیانگ و همکاران ۲۰۰۷).

پرولین

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد، در شرایط غیرشور، مصرف نیتروژن و سیلیسیم هریک به‌طور جداگانه مقدار پرولین برگ را افزایش داد. در شوری ۱۵۰۰ میلی‌گرم نمک در کیلوگرم خاک، کمترین مقدار پرولین در شرایط عدم مصرف نیتروژن و سیلیسیم حاصل شد، اما نسبت به شاهد (غیرشور) یک افزایش ۱۳۵ درصدی مقدار پرولین را به‌همراه داشت. همچنین بررسی مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد، با افزایش شوری به بالاترین سطح (۳۰۰۰ میلی‌گرم نمک در کیلوگرم خاک) بیشترین مقدار پرولین با مصرف توامان ۶۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک و دو میلی مولار سیلیسیم حاصل شد که نسبت شاهد (عدم مصرف نیتروژن و سیلیسیم) و در همان سطح شوری، یک افزایش ۲۶ درصدی را نشان داد (جدول ۵).

در زمان تنش از جمله تنش شوری، میزان تعرق بیش از جذب آب توسط گیاه بوده و در نتیجه با به‌هم خوردن تعادل آبی گیاه، محتوای نسبی آب برگ‌ها کاهش می‌یابد (لاولور و کورنیک ۲۰۰۲). پژوهشگران نشان دادند، با مصرف ۲/۵ میلی‌مولار سیلیسیم در نمونه‌های گیاهی که در معرض نمک کلرید سدیم قرار گرفته بودند، محتوای نسبی آب ۴۰ درصد افزایش یافت. این محققین عنوان نمودند که سیلیسیم در شرایط شور باعث نگه‌داری آب سلول شده و در نتیجه تحمل گیاه را به تنش بالا برده و باعث افزایش رشد گیاه شده است (رامرو و همکاران ۲۰۰۶). از طرف دیگر مشخص شده است که سیلیسیم با رسوب در دیواره خارجی سلول-های اپیدرم برگ، میزان کاهش آب از طریق روزنه‌ها را پائین آورد و باعث افزایش محتوای آب نسبی برگ می‌شود (کایا و همکاران ۲۰۰۶). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تنش شوری باعث افزایش میزان نشت الکترولیت از برگ پسته شد و سیلیسیم باعث کاهش این پارامتر گردید. افزایش نشت الکترولیتی مواد نشانه‌ای از آسیب غشاهای و کاهش پایداری غشاهای می‌باشد که احتمالاً نتیجه تنش اکسیداتیو منتج از شوری است (بسما و دندن ۲۰۱۲). سیلیسیم در شرایط تنش شوری، نشت الکترولیت‌ها از برگ را کاهش می‌دهد این کاهش اول به دلیل کاهش جذب نمک و دوم به خاطر رسوب سیلیسیم در غشای سلولی و افزایش پایداری غشای سلولی می‌باشد (کایا و همکاران ۲۰۰۶). محققین به این

جدول ۵- اثر متقابل نیتروژن، سیلیسیم و شوری بر غلظت پرولین* برگ دانه‌های پسته رقم بادامی ریز زرنده.

شوری** (mg NaCl and CaCl ₂ kg ⁻¹ soil)			سیلیسیم (mM)	نیتروژن (mg kg ⁻¹ soil)
۳۰۰۰	۱۵۰۰	.		
۰/۲۲۵df	۰/۱۶۹h	۰/۰۷۲z	۰	۰
۰/۲۵۴bd	۰/۲۱۳eg	۰/۰۹۰ij	۱	۰
۰/۲۳۷cf	۰/۲۱۵eg	۰/۰۹۱ij	۲	۰
۰/۲۰۹eg	۰/۱۹۶gh	۰/۱۰۴jz	۰	۶۰
۰/۲۶۱bc	۰/۲۳۵cf	۰/۱۰۴jz	۱	۶۰
۰/۳۰۷a	۰/۲۲۳bc	۰/۱۰۵jz	۲	۶۰
۰/۲۴۰cf	۰/۲۰۶fg	۰/۱۰۲jz	۰	۱۲۰
۰/۲۸۱ab	۰/۲۲۴dg	۰/۰۹۵ij	۱	۱۲۰
۰/۲۸۴ab	۰/۲۴۲ce	۰/۱۱۵i	۲	۱۲۰

* غلظت پرولین بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ می‌باشد.

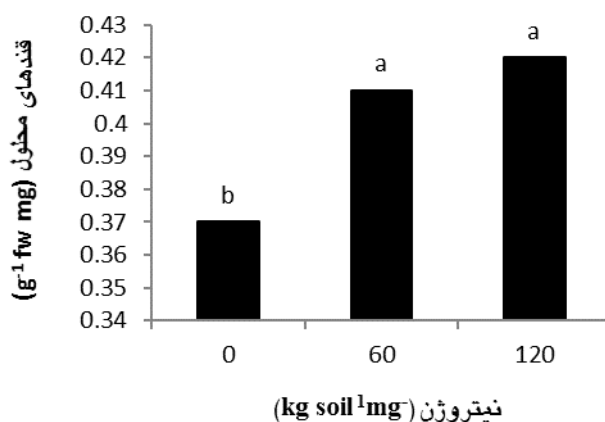
** شوری حاصل، متشکل از دو قسمت کلرید سدیم و یک قسمت کلرید کلسیم می‌باشد.

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

قندهای محلول

همانگونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، با مصرف ۶۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، مقدار قندهای محلول با یک افزایش هشت درصدی روبه‌رو شد. همچنین همانگونه که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، در شرایط غیرشور، با مصرف سیلیسیم، غلظت قندهای محلول نسبت به شاهد (غیرشور) با تغییر

معناداری روبرو نگردید، اما در شرایط شور این پارامتر با افزایش چشم‌گیری روبرو شد، به طوری که بیشترین مقدار غلظت قندهای محلول در شوری ۳۰۰۰ میلی‌گرم نمک در کیلوگرم، با کاربرد تیمار دو میلی‌مولار سیلیسیم حاصل شد، که نسبت به شاهد، بیش از دو برابر افزایش یافت.



شکل ۱- تأثیر نیتروژن بر غلظت قندهای محلول برگ دانه‌های پسته رقم بادامی ریز زرنده.

جدول ۶- اثر متقابل شوری و سیلیسیم بر غلظت قندهای محلول* برگ دانه‌های پسته رقم بادامی ریز زرنده.

سیلیسیم (mM)			شوری**
۲	۱	۰	(mg NaCl and CaCl ₂ kg ⁻¹ soil)
۰/۲۲۸d	۰/۲۱۵d	۰/۱۸۵d	۰
۰/۴۶۲b	۰/۴۵۸b	۰/۳۴۲c	۱۵۰۰
۰/۶۶۱a	۰/۶۳۵a	۰/۴۴۰b	۳۰۰۰

*: غلظت قندهای محلول بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ می‌باشد.

** : شوری حاصل، متشکل از دو قسمت کلرید سدیم و یک قسمت کلرید کلسیم می‌باشد.

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

محلول و ساکارز با افزایش تنش شوری را کاهش میزان فتوسنتز، تبدیل نشاسته به قند و یا مصرف کمتر کربوهیدرات توسط گیاه در شرایط شور عنوان نمودند (کریمی و همکاران ۲۰۰۹). محققین گزارش کردند که در گیاه سورگوم، کاربرد سیلیسیم در شرایط شور باعث افزایش میزان قندهای محلول از جمله ساکاروز و فروکتوز گردید. در نتیجه سیلیسیم از این طریق تحمل گیاه به تنش شوری را افزایش داد (بین و همکاران ۲۰۱۳).

آهن

همان‌گونه که در جدول ۷ مشاهده می‌شود، مصرف توامان ۱۲۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک و یک میلی‌مولار سیلیسیم باعث افزایش ۷۳ درصدی آهن شاخساره شد، اما با افزایش غلظت سیلیسیم اختلاف معناداری مشاهده نگردید. همچنین با شور شدن محیط، غلظت آهن شاخساره کاهش یافت، اما با افزایش شوری به ۳۰۰۰ میلی‌گرم نمک در کیلوگرم خاک، مصرف ۶۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، غلظت آهن شاخساره را نسبت به شاهد (در همان سطح شوری) بیش از ۲۳ درصد افزایش داد (جدول ۸).

پرویلین یکی از مهمترین محلول‌های سازگار بوده و در تعدیل پتانسیل اسمزی بسیار موثر بوده و حفاظت گیاه را در برابر صدمات رادیکال‌های آزاد انجام می‌دهد (فرخنده و همکاران ۲۰۱۲). در پژوهشی بر روی پسته گزارش شد، با افزایش شوری میزان پرویلین برگ تازه پسته افزایش یافت (عباس‌پور و همکاران ۲۰۱۲). همچنین سیلیسیم از طریق افزایش محتوای آب نسبی برگ و جذب نیتروژن و در نتیجه تامین کربن مورد نیاز برای ساخت پرویلین، باعث افزایش میزان پرویلین گیاه شد (مارشور ۱۹۹۵). نتایج یک پژوهش روی پسته نشان داد که تا سطح ۱۲۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، غلظت پرویلین تحت تأثیر شوری قرار نگرفت، ولی در سطح ۱۸۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، با افزایش شوری، میزان پرویلین به‌طور معناداری افزایش پیدا کرد. این محققین مقابله با کاهش پتانسیل اسمزی خاک را علت این افزایش عنوان نمودند و گزارش کردند که افزایش پرویلین یک پاسخ عمومی گیاه پسته به تنش شوری است (رضوی‌نسب و همکاران ۲۰۱۴).

در پژوهشی اثر شوری بر دو رقم پسته (قزوینی و بادامی) بررسی و مشخص گردید که غلظت قندهای احیا کننده در برگ‌های هر دو پایه در شرایط شور افزایش یافت. در این گزارش، علت افزایش قندهای

جدول ۷- اثر متقابل نیتروژن و سیلیسیم بر غلظت آهن* شاخساره دانه‌های پسته رقم بادامی ریز زرنده.

سیلیسیم (mM)			نیتروژن (mg kg ⁻¹ soil)
۲	۱	۰	
۵۲/۱bc	۴۸/۷cd	۴۰/۱e	۰
۵۵/۳bc	۵۸/۲b	۵۱/۶bd	۶۰
۶۶/۷a	۶۹/۷a	۴۶/۴de	۱۲۰

*: غلظت آهن بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک برگ می‌باشد.

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

جدول ۸- اثر متقابل شوری و نیتروژن بر غلظت آهن اندام هوایی* دانه‌های پسته رقم بادامی ریز زرنده.

نیتروژن (mg kg ⁻¹ soil)			شوری** (mg NaCl and CaCl ₂ kg ⁻¹ soil)
۱۲۰	۶۰	.	
۸۱/۴a	۷۰/۸b	۵۷/۱c	.
۵۵/۶c	۴۸/۸cd	۴۵/۲de	۱۵۰۰
۴۵/۷de	۴۵/۴de	۳۹/۶e	۳۰۰۰

*غلظت آهن بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک برگ می‌باشد.

** شوری حاصل، متشکل از دو قسمت کلرید سدیم و یک قسمت کلرید کلسیم می‌باشد.

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

منگنز

شاخساره افزایش یافت، اما بیشترین افزایش در غلظت منگنز شاخساره در همان سطح شوری با کاربرد توامان ۶۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک و دو میلی‌مولار سیلیسیم حاصل شد.

همان‌گونه که در جدول ۹ مشاهده می‌شود، زمانی که محیط با ۱۵۰۰ میلی‌گرم نمک در کیلوگرم خاک شور شد، با کاربرد فقط یک میلی‌مولار سیلیسیم نسبت به شرایط عدم مصرف، ۹۳ درصد، غلظت منگنز

جدول ۹- اثر متقابل نیتروژن، سیلیسیم و شوری بر غلظت منگنز* شاخساره دانه‌های پسته رقم بادامی ریز زرنده.

شوری** (mg NaCl and CaCl ₂ kg ⁻¹ soil)			سیلیسیم (mM)	نیتروژن (mg kg ⁻¹ soil)
۳۰۰۰	۱۵۰۰	.		
۱۴/۸m	۲۳/۹l	۵۰/۱fj	.	.
۳۸/۴k	۴۶/۱j	۵۵/۶dh	۱	.
۴۶/۱z	۴۹/۴gj	۵۸/۶de	۲	.
۴۵/۷z	۴۸/۴jz	۵۴/۲ei	.	۶۰
۴۶/۲z	۵۳/۱ei	۶۳/۱ac	۱	۶۰
۵۱/۲fj	۵۵/۹dg	۶۱/۲dc	۲	۶۰
۳۹/۲k	۴۹/۱hj	۵۶/۵df	.	۱۲۰
۴۸/۴ij	۵۰/۷fj	۶۵/۲ab	۱	۱۲۰
۴۷/۷ij	۵۱/۷fj	۶۷/۴a	۲	۱۲۰

*غلظت آهن بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک برگ می‌باشد.

** شوری حاصل، متشکل از دو قسمت کلرید سدیم و یک قسمت کلرید کلسیم می‌باشد.

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

روی

نیتروژن و سیلیسیم انجام شد و غلظت روی را نسبت به شاهد ۸۷ درصد افزایش داد. همچنین نتایج مقایسه میانگین‌های جدول ۱۱ نشان داد، با مصرف ۳۰۰۰ میلی‌گرم نمک در کیلوگرم خاک و شور شدن محیط کشت، مصرف دو میلی‌مولار سیلیسیم غلظت روی شاخساره را نسبت به شرایط عدم مصرف بیش از ۳۳ درصد افزایش داد.

همان‌گونه که نتایج مقایسه میانگین‌های جدول ۱۰ مشاهده می‌شود، مصرف نیتروژن و سیلیسیم هریک به تنهایی باعث افزایش غلظت روی شاخساره شد. تاثیر مثبت تیمار ۱۲۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، مشابه کاربرد تیمار دو میلی‌مولار سیلیسیم بود، اما بالاترین غلظت روی شاخساره هنگامی حاصل شد که مصرف توامان بالاترین سطح

جدول ۱۰- اثر متقابل نیتروژن و سیلیسیم بر غلظت روی* شاخساره دانهالهای پسته رقم بادامی ریز زرنده.

سطوح سیلیسیم (mM)			سطوح نیتروژن (mg kg ⁻¹ soil)
۲	۱	۰	
۲۲/۳bd	۲۰/۲d	۱۴/۹e	۰
۲۳/۹bc	۲۷/۷b	۲۳/۷bc	۶۰
۲۸/۰a	۲۴/۶bc	۲۲/۰cd	۱۲۰

*غلظت روی بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک برگ می باشد.

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

جدول ۱۱- اثر متقابل شوری و سیلیسیم بر غلظت روی* شاخساره دانهالهای پسته رقم بادامی ریز زرنده.

سطوح سیلیسیم (mM)			سطوح شوری** (mg NaCl and CaCl ₂ kg ⁻¹ soil)
۲	۱	۰	
۲۹/۶a	۳۰/۰a	۲۴/۴b	۰
۲۳/۶bc	۲۱/۵cd	۲۰/۳d	۱۵۰۰
۲۱/۱d	۱۸/۱e	۱۵/۸f	۳۰۰۰

*غلظت روی بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک برگ می باشد.

**شوری حاصل، متشکل از دو قسمت کلرید سدیم و یک قسمت کلرید کلسیم می باشد.

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

ناشی از جذب بیشتر عناصری مانند سدیم می باشد (مظفری و همکاران ۱۳۹۲).

این گونه به نظر می آید که نیتروژن باعث افزایش گستردگی ریشه شده و در نتیجه جذب منگنز افزایش می یابد. در تحقیقی که بر روی پسته انجام شد، مشخص گردید که با کاربرد ۲۰۰۰ میلی گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، غلظت روی برگ و ساقه به ترتیب ۱۵ و ۲۴ درصد کاهش یافت (شهریاری پور و همکاران ۲۰۱۰). پژوهشگران گزارش کردند که محلول پاشی سیلیسیم، غلظت روی گیاه برنج را ۲۱ درصد افزایش داد (قاسمی و همکاران ۲۰۱۳). نتایج یک تحقیق نشان داد که مصرف ۵۰ میلی گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، باعث افزایش معنادار غلظت روی اسفناج نسبت به شاهد گردید (شیخی و رونقی ۲۰۱۲). در پژوهشی بر روی پسته مشخص شد که با افزایش شوری به ۲۴۰۰ میلی گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک همراه با افزایش نیتروژن (۱۲۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک) ریشه های دانهال های پسته گسترش و در نتیجه غلظت روی در اندام هوایی و ریشه افزایش پیدا کرد (رضوی نسب و همکاران ۲۰۱۴).

مقادیر بالای کلرید سدیم در محیط، می تواند جذب آهن را تحت تأثیر قرار داده و کمبود یا سمیت آن را تشدید کند (یوسفی و همکاران ۲۰۰۷). محققین با انجام پژوهشی بر روی پسته گزارش کردند که با افزایش شوری به ۱۶۰۰ و ۳۲۰۰ میلی گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، میزان جذب آهن در اندام هوایی به ترتیب ۴۱ و ۵۸ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (اسکندری و مظفری ۱۳۹۱). در گزارشی آمده است که کاربرد سیلیسیم منجر به افزایش کمپلکس لیگنین- کربوهیدرات در دیواره سلولی سلول های اپیدرمی برنج گردید و در نتیجه جایگاه های جذب فراوانی برای آهن ایجاد نمود. بنابراین با کاربرد سیلیسیم در گیاهان این جایگاه ها افزایش پیدا کرده و سیلیسیم از این طریق باعث افزایش میزان آهن شاخساره و ریشه می شود (داسون ها و دوناسیمنتو ۲۰۰۹). پژوهشگران با انجام پژوهشی بر روی پسته گزارش کردند که در سطوح شوری ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی مولار کلرید سدیم، جذب کل منگنز بخش هوایی به ترتیب ۵۰ و ۵۸ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. این محققین همچنین گزارش کردند که کاهش جذب عناصر کم مصرف در شرایط شور،

نتیجه‌گیری کلی

کیلوگرم خاک و دو میلی‌مولار سیلیسیم) سبب بهبود شرایط رشد گیاه از جمله افزایش غلظت عناصر غذایی کم‌مصرف و مقدار نسبی آب برگ گردید و اثرات ناشی از تنش شوری را کاهش داد.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد، علی‌رغم اینکه تنش شوری دانه‌های پسته را از نظر فیزیولوژیکی با مشکلاتی روبرو ساخت، لیکن کاربرد به تنهایی و یا توأمان نیتروژن و سیلیسیم (۶۰ میلی‌گرم نیتروژن در

منابع مورد استفاده

- Abbaspour H, Afshari H and AbdelWahhab MH, 2012. Influence of salt stress on growth, pigment, soluble sugars and ion accumulation in three pistachio cultivars. *Journal of Medicinal Plants Research* 12: 2468-2473.
- 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.
- Allison LE. and Moodie CD, 1965. Carbonate. In: Black C A. (ed.), *Methods of Soil Analysis. Part II*, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, PP: 1379-1396.
- 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, 2011. 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.
- Besma BD and Denden M, 2012. Effect of salt stress on growth, anthocyanins, membrane permeability and chlorophyll fluorescence of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) seedlings. *American Journal of Plant Physiology* 7: 174-183.
- Cottenie, A. 1980. *Methods of Plant Analysis*. In: *Soil and Plant Testing*. FAO Soils Bulletin 38: 64-100.
- Da Cunha KPV and Do Nascimento CWA, 2009. Silicon effects on metal tolerance and structural changes in maize (*Zea mays* L.) grown on cadmium and zinc enriched soil. *Water Air and Soil Pollution* 197: 323-330.
- 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).
- Farkhondeh R, Nabizadeh E and Jalilnezhad N, 2012. Effect of salinity stress on proline content, membrane stability and water relations in two sugarbeet cultivars. *International Journal of Agricultural Sciences* 2(5): 385-392.
- Ghasemi M, Mobasser H, Ghanbari-Malidarreh A and Asadimanesh H, 2013. Zinc, silicon and potassium application on rice. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 54: 936-942.
- Grattan SR and Grieve CM, 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae* 78: 127-157.
- Habibi G, Norouzi F and Hajiboland R, 2014. Silicon alleviates salt stress in pistachio plants. *Progress in Biological Sciences* 4: 189-202.
- 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 prolin and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiologia Plantarum* 84: 55-60.
- Jackson ML, 1975. *Soil chemical analysis, Advance course*. University of Wisconsin., College Agriculture, Department of Soils, Madison, WI, USA.
- 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.

- Kaya C, Tuna L and Higgs D, 2006. Effect of silicon on plant growth and mineral nutrition of maize grown under water-stress condition. *Journal of Plant Nutrition* 29: 1469-1480.
- Knudsen D, Peterson GA. and Pratt PF, 1982. Lithium, sodium and potassium, PP: 225-246. In: Page AJ. (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological. Properties. Agronomy Series Number 9 (Part 2).* American Society of Agronomy. Inc. Soil Science Society of America. Inc. Madison, Wisconsin. USA.
- Lawlor DW and Cornic G, 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficit in higher plants. *Plant Cell and Environment* 25: 255-294.
- Liang Y, Sun W, Zhu YG and Christie P, 2007. Mechanisms of silicon-mediated alleviation of abiotic stress in higher plants, a review. *Environ. Pollution* 147: 422-428.
- Liang YC, Wong JWC and Long W, 2005. Silicon-mediated enhancement of cadmium tolerance in maize (*Zea mays* L.) grown in cadmium contaminated soil. *Chemosphere* 58: 475-483.
- Lindsay WL. and Norwell WA, 1978. Department of a DTPA soil test for zinc, iron and manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal* 42: 421-428.
- 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.
- Marschner H, 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2nd Edn. Academic Press, London.
- Mirzai F, Heidarinezhad A and Khairmand S, 2002. Rafsanjan Water Theme. Written report of Agricultural Jihad Organization of the Kerman Province of Kerman province. Pressure irrigation. Management of Agricultural Jihad in Rafsanjan. (In Farsi).
- Mozafari, V., Asadollahi, Z., Tajabadi Pour, A., and Akhgar, A. 2013. Effects of Salinity and Manganese on Physiological and Ecophysiological Characteristics of Pistachio (*Pistacia vera* L.). *J. Soil Water Res.* 44: 1. 81-94. (In Farsi).
- Olsen SR, Cole CV, Watnab FS. and Decan LA, 1954. Estimation of Available Phosphorous in Soil By extra Action with Sodium Bicarbonate U.S. Department of Agric., 939p.
- Paquin R and Lechasseur P, 1979. Observations sur une methode de dosage de la proline libre dans les extraits de plantes. *Canadian Journal of Botany* 57: 1851-1854.
- Rahman MJ, Mondol AT, Rahman AI, Bgume MN and Alam MK, 2007. Effect of irrigation and nitrogen on tomato yield in the grey terrace soil of Bangladesh. *Journal of Soil and Nature* 1: 1-4.
- Razavi Nasab A, Tajabadi Pour A and Shirani H, 2014. Effect of salinity and nitrogen application on growth, chemical composition and some biochemical indices of pistachio seedlings (*Pistacia vera* L.). *Journal of Plant Nutrition* 37: 1612-1626.
- Romero-Aranda MR, Jurado O and Cuartero J, 2006. Alleviates the deleterious salt effect on tomato plant growth by improving plant water status. *Plant Physiology* 163: 847-855.
- 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.
- Sheikhi J and Rhonagui A, 2012. Growth and macro and micronutrients concentration in spinach (*Spinacia oleracea* L.) as influenced by salinity and nitrogen rates. *International Journal of Applied Research and Basic Sciences* 3(4): 770-777.
- Solimanzadeh A, Mozafari V, Tajabadi pour A and Akhgar A, 2013. Effect of Zn, Cu and Fe foliar application on fruit set and some quality and quantity characteristics of pistachio trees. *South-Western Journal of Horticulture, Biology and Environment* 4(1): 19-34.
- Sonobe K, Hattori T, An P, Tsuji W, Eneji AE, Kobayashi S, Kawamura Y, Tanaka K and Inanaga S, 2011. Effect of silicon application on sorghum root responses to water stress. *Journal of Plant Nutrition* 34: 71-82.
- Ueda A, Kanechi M, Uno Y and Inagaki N, 2003. Photosynthetic limitations of a halophyte sea aster (*Aster tripolium* L.) under water stress and NaCl stress. *Journal of Plant Research* 116: 65-70.
- Voshida S, Nsaveri SA and Ramirez EA, 1969. Effect of silica and nitrogen supply on some leaf characters of the rice plant. *Plant and Soil* 31: 48-56.
- Weatherley P, 1950. Studies in the water relations of the cotton plant. *New Phytologist* 49: 81-97.

- Yin L, Wang S, Li J, Tanaka K. and Oka M 2013. Application of silicon improves salt tolerance through ameliorating osmotic and ionic stresses in the seedling of *Sorghum bicolor*. *Acta Physiologiae Plantarum* 35: 3099-3107.
- 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.