

تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و سولفات روی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک دو رقم انگور در شرایط تنش شوری

حسین عزیزی^۱، عباس حسنی^{۲*}، میرحسن رسولی صدقیانی^۳، ناصر عباسپور^۴ و حامد دولتی بانه^۵
۱ و ۲. دانشجوی دکتری، استاد و دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
۳. دانشیار، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه
۴. دانشیار پژوهشی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، ارومیه
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۵/۳۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۸/۹)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر تنش شوری بر برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیک انگور و تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و سولفات روی در تعدیل اثرگذاری‌های شوری، یک آزمایش گلخانه‌ای در شرایط گلخانه انجام گرفت. برای این منظور نهال‌های ریشه‌دار رقم‌های انگور رشه (متحمل به شوری) و بی‌دانه قرمز (نیمه حساس به شوری) تحت تیمارهای شوری (۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرور سدیم)، محلول پاشی سیلیکات پتاسیم (۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و سولفات روی (۰، ۲ و ۴ گرم در لیتر) در شرایط آبکشی (هیدروپونیک) قرار گرفتند. این پژوهش به صورت یک آزمایش فاکتوریل (رقم، سطوح شوری و تیمار محلول پاشی) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد با افزایش شدت تنش شوری، محتوای نسبی آب برگ، نورساخت (فتوسنتز)، تعرق، هدایت روزنه‌ای و میزان سبزینه (کلروفیل) کاهش پیدا کرد و میزان کاهش این فراسنجه‌ها در رقم رشه کمتر از رقم بی‌دانه قرمز بود. اما محلول پاشی با سطوح مختلف سیلیکات پتاسیم و سولفات روی موجب افزایش محتوای نسبی آب برگ، نورساخت، تعرق، هدایت روزنه‌ای و میزان سبزینه در هر دو رقم شد. مؤثرترین تیمار محلول پاشی از بین تیمارهای مورد استفاده، تیمار سیلیکات پتاسیم ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر به همراه سولفات روی ۲ گرم در لیتر بود به طوری که در بالاترین سطح شوری (۱۰۰ میلی‌مولار)، محتوای نسبی آب برگ، هدایت روزنه‌ای و نورساخت در این تیمار به ترتیب ۱۳/۷۵، ۹۱/۱۴ و ۴۷/۵۶ درصد بیشتر از تیمار بدون محلول پاشی بود. بنابر نتایج این پژوهش می‌توان از محلول پاشی همزمان سیلیکات پتاسیم و سولفات روی برای کاهش اثرگذاری‌های شوری در انگور استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: انگور، تنش شوری، روی، سیلیکون، محتوای نسبی آب برگ، نورساخت.

Effect of foliar application of potassium silicate and zinc sulphate on some physiological parameters of two grapevine cultivars under salt stress conditions

Hossein Azizi¹, Abbas Hassani^{2*}, Mir Hassan Rasouli Sadaghiani³, Naser Abbaspour⁴ and Hamed Doulati Baneh⁵

1, 2, 3. Ph.D. Student, Professor and Associate Professor, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran

4. Associate Professor, Faculty of Sciences, Urmia University, Iran

5. Associate Professor, Agricultural and Natural Resource Research Center, West Azerbaijan, Urmia, Iran

(Received: Aug. 22, 2015 - Accepted: Oct. 31, 2015)

ABSTRACT

To study the effects of salt stress on some physiological parameters of grapevine and the effect of foliar application of potassium silicate and zinc sulphate in alleviating saline effects, a pot experiment was conducted under greenhouse condition. Rooted sapling of two grapevine cultivars, 'Rasha' (salt-tolerant cultivar) and 'Bidaneh ghermez' (salt-semi sensitive cultivar) were subjected to different NaCl concentrations (0, 50 and 100 mM) and foliar application of potassium silicate (0, 150 and 300 mg/l) and zinc sulphate (0, 2 and 4 g/l) in hydroponic conditions. The experiment was conducted using a factorial design (cultivar, salinity levels and foliar application as factors) based on randomized complete block design with three replications. The results showed that relative water content, photosynthesis, stomatal conductance, transpiration and chlorophyll content decreased with increasing salinity level. The reduction of physiological parameters in 'Rasha' was less than 'Bidaneh ghermez'. Foliar application of different concentrations of potassium silicate and zinc sulphate increased relative water content, photosynthesis, stomatal conductance, transpiration and chlorophyll content in both cultivars. The most effective treatment was potassium silicate 300 mg/l + zinc sulphate 2 g/l, so that at the highest salinity level (100 mM) relative water content, stomatal conductance and photosynthesis in this treatment was 13.75%, 91.14% and 47.56% more than no foliar application treatment, respectively. According to the results of this study foliar application of potassium silicate and zinc sulphate can be used to alleviate salinity effects in grapevine.

Keywords: Grapevine, photosynthesis, relative water content, salinity stress, silicon, zinc.

مقدمه

تنش شوری یکی از تنش‌های غیرزنده محیطی است که رشد و تولید محصولات کشاورزی را در بسیاری از مناطق جهان دچار رکود کرده است (Flowers, 2004). شوری خاک افزون بر اختلال و کاهش قابلیت جذب آب توسط ریشه‌ها، گیاهان را از نظر تغذیه‌ای و فرآیندهای سوخت‌وسازی (متابولیکی) نیز دچار مشکل می‌کند و در موجودیت، رفتار، پراکنش، رشد و عملکرد گیاهان تأثیر بسزایی دارد. تأثیر نامطلوب شوری بر رشد و عملکرد گیاهان مربوط به اثر اسمزی، سمیت یونی، تعادل نداشتن مواد غذایی و یا ترکیبی از این عامل‌ها است (Levitt, 1980). کشور ما از نظر اقلیمی در منطقه خشک و نیمه‌خشک جهان قرار دارد، از این رو شوری خاک و آب آبیاری یکی از چالش‌های عمده پیش روی کشاورزی کشور است.

همچنین ایران به علت برخورداری از شرایط جغرافیایی و اقلیمی مناسب، یکی از مهم‌ترین مناطق پرورش انگور در جهان به شمار می‌آید. کشور ایران با سطح زیرکشت ۲۱۵۰۰۰ هکتار و تولید ۲۱۵۰۰۰ تن در سال نهمین کشور تولیدکننده این محصول در جهان بوده است (FAO, 2012). آذربایجان غربی از حیث سطح زیرکشت در سال ۱۳۹۲ (۱۸۴۰۳ هکتار) مقام پنجم و از نظر میزان تولید آن (۱۶۸۵۶۹ تن) مقام هفتم را در کشور داشته است (Anonymous, 2013). انگور از جمله گیاهان به نسبت مقاوم به تنش شوری شناخته شده است و آسیب و زیان‌های شوری در این گیاه با تجمع یون‌های کلر ایجاد می‌شود. Hatami *et al.* (2010) در بررسی تأثیر شوری بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی دو رقم انگور 'ریش‌بابا' و 'صاحبی' گزارش کردند که با افزایش شوری، میزان نورساخت (فتوسنتز)، هدایت روزنه‌ای و تعرق کاهش پیدا کرده و میزان کاهش این ویژگی‌ها در رقم ریش‌بابا کمتر از صاحبی بود. Bybordi (2012) نیز ضمن بررسی تأثیر شوری بر دو رقم انگور 'سلطانی' و 'فخری' مشاهده کرد که با افزایش سطح شوری سرعت نورساخت، میزان تعرق و هدایت روزنه‌ای کاهش پیدا کرد. Amiri *et al.* (2014) در بررسی تأثیر شوری بر رقم‌های 'شاهانی' و 'تامپسون بیدانه

(سیدلس) گزارش کردند که افزایش میزان شوری، باعث کاهش میزان نورساخت، هدایت روزنه‌ای، تعرق و میزان سبزینه (کلروفیل) در هر دو رقم شد. سیلیسیم عنصری کانی است که به میزان زیاد در بیشتر خاک‌های جهان وجود دارد و دومین عنصر فراوان در خاک پس از اکسیژن است (Richmond & Sussman, 2003). میزان سیلیسیم در خاک از ۱ تا ۴۵ درصد (Sommer *et al.*, 2006) و در ماده خشک گیاهی از ۰/۱ تا ۱۰ درصد متغیر است (Epestin & Bloom, 2005). سیلیسیم در گیاهان عالی موجب افزایش رشد می‌شود و تأثیر آن در کاهش تنش‌های محیطی از جمله شوری گزارش شده است (Ma, 2004). بنابر گزارش Liang *et al.* (2003)، تأثیر زیانبار تنش اکسایشی (اکسیداتیو) ناشی از شوری در صورت استفاده از سیلیسیم ممکن است کاهش پیدا کند. در صورت کمبود سیلیسیم، میزان سبزینه و در نتیجه نورساخت در گیاه کاهش می‌یابد که علت آن می‌تواند با نقش سیلیسیم در زنجیره نورساختی و جلوگیری از تخریب سبزینه مرتبط باشد (Agarie *et al.*, 1996).

روی یکی از عنصرهای کم‌مصرف است که بیشترین نقش را در بین آن‌ها دارد. از مهم‌ترین نقش‌ها و اثرگذاری‌های روی می‌توان به افزایش هدایت روزنه‌ای و نورساخت (Cakmak & Engels, 1999)، سوخت‌وساز (متابولیسم) RNA و پروتئین‌ها (Kitagishi & Obata, 1986)، سوخت‌وساز کربوهیدرات‌ها (Marschner, 1995)، حفظ تمامیت و یکپارچگی غشاء (Cakmak & Marschner, 1988)، سوخت‌وساز و جلوگیری از اکسایش (اکسیداسیون) هورمون رشد ایندول استیک اسید (Cakmak *et al.*, 1989)، تنظیم بیان ژن (Marschner, 1995) و کنترل تولید و تصفیه گونه‌های فعال اکسیژن (Luo *et al.*, 2010) اشاره کرد. اگرچه نیاز گیاهان به روی اندک است، ولی اگر میزان کافی از این عنصر در دسترس نباشد گیاهان از تنش‌های فیزیولوژیکی ناشی از ناکارایی سامانه‌های پرشمار آنزیمی و دیگر اعمال سوخت‌وسازی مرتبط با روی

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار، در گلخانه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه و در سال ۱۳۹۳ انجام گرفت. عامل‌های آزمایشی شامل رقم در دو سطح (رقم‌های بی‌دانه قرمز و رشه)، تیمار شوری در سه سطح (غلظت‌های ۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار نمک کلرور سدیم) و کاربرد همزمان سیلیکات پتاسیم در غلظت‌های ۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر و سولفات روی در غلظت‌های ۰، ۲ و ۴ گرم در لیتر (به صورت تیمار ترکیبی) در نه سطح صورت گرفت. نهال‌های یک‌ساله دو رقم انگور بی‌دانه قرمز (به عنوان یک رقم نیمه حساس به شوری) و رشه (به عنوان یک رقم متحمل به شوری)، در گلدان‌های ۱۵ لیتری حاوی مخلوط پرلیت و کوکوپیت (به نسبت حجمی یک‌به‌یک) کشت شده و در گلخانه به نسبت یکسان با محلول نیم هوگلدن و به صورت یک روز در میان آبیاری شدند. در هر بار آبیاری، میزان محلول مورد استفاده برای هر گلدان در فصل بهار ۱/۵ لیتر و در فصل تابستان ۳ لیتر بود. در طول دوره اعمال تیمارها، دمای روزانه و شبانه گلخانه به ترتیب ۲۷-۳۰ و ۲۲-۲۰ درجه سلسیوس و میانگین رطوبت نسبی گلخانه نیز ۵۰-۴۰ درصد بود.

تیمارهای مورد استفاده

به منظور اعمال تنش شوری از نمک کلرور سدیم آزمایشگاهی در سه غلظت ۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار استفاده شد. اعمال تیمارهای شوری، دو ماه پس از استقرار کامل نهال‌ها آغاز شد. هفته‌ای یک‌بار شستشوی کامل محیط ریشه گیاهان با آب مقطر صورت گرفت تا تغییر EC و pH ناشی از تجمع نمک‌ها در بستر کاشت در اثر انجام عمل آبیاری به کمترین حد ممکن برسد. همزمان با آغاز تیمارهای شوری، محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و سولفات روی به صورت نه تیمار ترکیبی و به شرح جدول ۱ آغاز شده و در مراحل ۳، ۶، ۹ و ۱۲ هفته پس از محلول پاشی اول (در مجموع پنج بار) نیز تکرار شد.

رنج می‌برند (Bybordi, 2006). در شرایط تنش شوری، افزایش غلظت روی در محیط رشد ریشه می‌تواند تأثیر منفی کلرید سدیم را به واسطه جلوگیری از جذب و یا انتقال سدیم و کلر کاهش دهد (Tinker & Lauchli, 1984). محلول پاشی سولفات روی موجب بهبود رشد و عملکرد توت‌فرنگی در شرایط تنش شوری شده است (Sadati & Moalemi, 2011).

تغذیه مناسب می‌تواند تا حدی به گیاه در تحمل تنش‌های مختلف کمک کند. البته جبران کمبود عنصرها از راه کوددهی در خاک‌های شور مشکل است و در بسیاری از درختان حتی پس از اضافه کردن کود به خاک بسیاری از عنصرهای ضروری در حد پائین باقی می‌مانند (Grattan & Grieve, 1999). در سال‌های اخیر محلول پاشی عنصرهای غذایی به دلیل برتری و سودمندی‌های زیاد از جمله جذب سریع و بیشتر کود، کاهش کاربرد کود، اقتصادی بودن، آلوده نکردن محیط زیست، جلوگیری از تخریب ساختمان خاک و به هم خوردن تعادل مواد غذایی و افزایش عملکرد و کیفیت محصولات، مورد توجه زیادی قرار گرفته است. در شرایط تنش شوری، اشکال در جذب عنصرها به دلیل رقابت یون‌های سدیم و کلر باعث می‌شود که کاربرد خاکی کودها تأثیر مناسبی را در رفع کمبودها نداشته و بدین ترتیب مؤثرترین روش در کاربرد کودها روش محلول پاشی خواهد بود. با توجه به گسترش روزافزون اراضی شور و لزوم کاهش اثرگذاری شوری در تاکستان‌های آذربایجان غربی و با توجه به تأثیر مثبت یون‌های پتاسیم، سیلیسیم و روی در تعدیل تأثیر منفی تنش‌ها و از جمله شوری در گیاهان، این پژوهش باهدف بررسی تأثیر محلول پاشی سولفات روی و سیلیکات پتاسیم بر دو رقم انگور در تنش شوری انجام شد تا ضمن بررسی اثرگذاری شوری بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی رقم‌های انگور مورد بررسی، تأثیر محلول پاشی ترکیب‌های یادشده نیز در کاهش اثرگذاری شوری بررسی شود و در صورت دستیابی به نتایج مطلوب بتوان از این منابع کودی ارزان قیمت در مناطق شور به منظور حفظ کمیت و کیفیت محصول استفاده کرد.

$$= \text{سبزینه } a \text{ (گرم در لیتر)}$$

$$(0.0127 \times OD_{663}) - (0.00269 \times OD_{645})$$

$$= \text{سبزینه } b \text{ (گرم در لیتر)}$$

$$(0.0229 \times OD_{645}) - (0.00468 \times OD_{663})$$

محتوای نسبی آب برگ (RWC) نیز با تهیه قطعه (دیسک)های برگ (از برگهای به طور کامل گسترش یافته انتهایی) و با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Turner, 1981):

$$= \text{میزان نسبی آب برگ}$$

$$\frac{\text{وزن خشک قطعه های برگی} - \text{وزن تر قطعه های برگی}}{\text{وزن خشک قطعه های برگی} - \text{وزن آماس قطعه های برگی}}$$

داده های به دست آمده از آزمایش با نرم افزار MSTAT-C تجزیه و تحلیل آماری شده و مقایسه میانگین ها با آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

محتوای نسبی آب برگ

نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس (جدول ۲) بیانگر معنی دار بودن تأثیر رقم، شوری، محلول پاشی و اثر متقابل شوری و محلول پاشی در سطح احتمال ۱ درصد و نیز اثر متقابل رقم و محلول پاشی در سطح احتمال ۵ درصد بر محتوای نسبی آب برگ است. در مقایسه میانگین مربوط به اثر متقابل رقم و محلول پاشی بر محتوای نسبی آب برگ، بیشترین میزان این ویژگی (۷۶/۵۶ درصد) در رقم رشه با سطح محلول پاشی سیلیکات پتاسیم ۳۰۰ میلی گرم در لیتر + سولفات روی ۴ گرم در لیتر و کمترین میزان آن (۶۶/۷۶ درصد) در رقم بی دانه قرمز و بدون محلول پاشی مشاهده شد. در همه سطوح محلول پاشی، رقم رشه محتوای نسبی آب بیشتری داشت. همچنین اگرچه در هر دو رقم با افزایش غلظت محلول های مورد استفاده محتوای نسبی آب برگ افزایش یافت اما در رقم رشه اختلاف بین سطوح محلول پاشی معنی دار نبود (شکل ۱).

جدول ۱. تیمارهای محلول پاشی مورد استفاده در پژوهش
Table 1. Foliar application treatments used in the research

Treatment Code	Potassium silicate (mg/l)	Zinc sulphate (g/l)
F ₁	0	0
F ₂	0	2
F ₃	0	4
F ₄	150	0
F ₅	150	2
F ₆	150	4
F ₇	300	0
F ₈	300	2
F ₉	300	4

ویژگی های اندازه گیری شده

سه ماه پس از آغاز تیمارهای تنشی، ویژگی های فیزیولوژیک شامل محتوای نسبی آب برگ، نورساخت، تعرق، هدایت روزنه ای و مقادیر سبزینه به شرح زیر اندازه گیری شدند:

برای ارزیابی نورساخت خالص، تعرق و هدایت روزنه ای، پس از اعمال آخرین محلول پاشی در ساعت ۱۰ الی ۱۴ از هر کدام از تیمارها یک برگ سالم و گسترش یافته از قسمت میانی شاخه انتخاب کرده و با دستگاه اندازه گیری نورساخت (HCM-1000 WALZ) در شرایط شدت ثابت نور CO₂ GERMANY (۱۴۰۰-۱۲۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه) و با نرم افزار DA-1000 خوانده شدند.

برای اندازه گیری میزان سبزینه a، b و کل، ۰/۲۵ گرم از بافت تازه برگ را توزین و خرد کرده و آن را در یک هاون چینی با ۵ میلی لیتر آب مقطر سائیده تا به صورت توده یکنواختی درآید. مخلوط به دست آمده را در یک بالن ژوژه ۲۵ میلی لیتری ریخته و به حجم رسانیده شد. ۰/۵ میلی لیتر از مخلوط به دست آمده را برداشته و با ۴/۵ میلی لیتر استون ۸۰ درصد مخلوط کرده و به مدت ده دقیقه و با دور ۳۰۰۰ سانتریفیوژ شد. پس از سانتریفیوژ کردن، محلول رویی را برداشته و با استفاده از دستگاه طیف سنج نوری (اسپکتروفوتومتر) در طول موج های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر، میزان جذب نمونه ها خوانده شد و در نهایت میزان سبزینه با استفاده از رابطه های زیر محاسبه شد (Gross, 1991):

$$= \text{سبزینه کل (گرم در لیتر)}$$

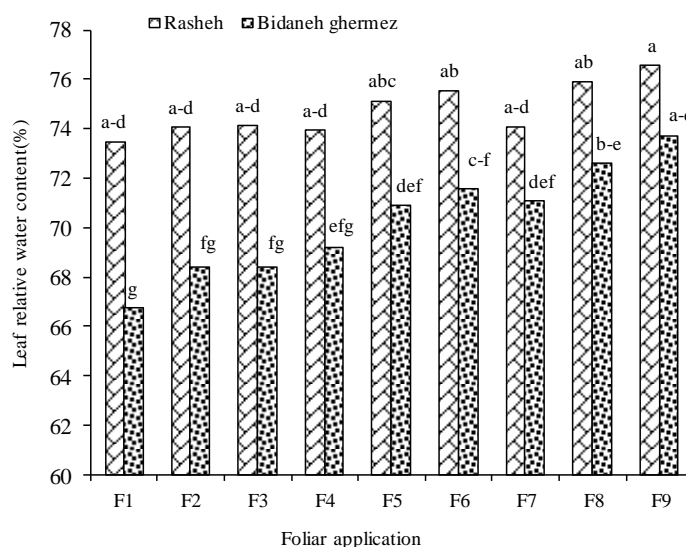
$$(0.0202 \times OD_{645}) + (0.00802 \times OD_{663})$$

جدول ۲. تجزیه واریانس مربوط به تأثیر رقم، سطوح شوری و محلول پاشی بر ویژگی های فیزیولوژیک

S.O.V	df	MS						
		Relative water content	Stomatal conductance	Transpiration rate	Net photosynthesis	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total chlorophyll
Block	2	2.068 ^{ns}	35.31 ^{ns}	0.664 ^{ns}	0.518*	0.166 ^{ns}	0.027 ^{ns}	0.281*
Cultivar (A)	1	808.914**	3584.78**	47.30**	52.247**	32.32**	0.655**	42.617**
Salinity (B)	2	8190.96**	54658.08**	187.65**	378.15**	21.290**	22.886**	85.793**
A × B	2	505.26 ^{ns}	46.90**	14.77**	15.19**	2.173**	1.854**	7.912**
Foliar application (C)	8	381.83**	75.88**	1.77**	2.225**	0.427**	0.129*	0.522**
A × C	8	65.77*	1.32 ^{ns}	0.227**	0.075 ^{ns}	0.031 ^{ns}	0.050 ^{ns}	0.027 ^{ns}
B × C	16	236.54**	14.183**	0.321**	0.279**	0.135**	0.085 ^{ns}	0.144**
A × B × C	16	60.65 ^{ns}	0.491 ^{ns}	0.049*	0.046 ^{ns}	0.095 ^{ns}	0.143**	0.044*
Error	106	404.73	2.938	0.028	0.059	0.035	0.053	0.024
C.V. (%)		2.69	3.73	3.10	3.65	4.14	10.28	2.29

ns, * and **: non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

ns, * and **: non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و محلول پاشی بر محتوای نسبی آب برگ.

میانگین های دارای حرف های همسان، بدون اختلاف معنی دار با استفاده از آزمون دانکن هستند.

Figure 1. Mean comparison of cultivar and foliar application interaction on leaf relative water content. Means with similar letter(s) are not significantly different using Duncan's multiple range test.

برگ در تیمار محلول پاشی سیلیکات پتاسیم ۳۰۰ میلی گرم در لیتر + سولفات روی ۴ گرم در لیتر تفاوت معنی داری با همه سطوح محلول پاشی در شوری ۵۰ میلی مولار نداشت. کاهش محتوای نسبی آب برگ در اثر تنش شوری توسط *Habibi et al.* (2014) در رقم های انگور بی دانه سفید و حسینی و *Sivritepe et al.* (2010) در رقم سلطانی پیوند شده بر پایه های انگور راپستریس^۱ و ۱۱۰R نیز گزارش شده است.

مقایسه میانگین های مربوط به اثر متقابل شوری و محلول پاشی (جدول ۳) نیز نشان می دهد که بیشترین محتوای نسبی آب برگ (۸۲/۷۷ درصد) در شوری ۰ میلی مولار با سطح محلول پاشی سیلیکات پتاسیم ۳۰۰ میلی گرم در لیتر + سولفات روی ۴ گرم در لیتر و کمترین میزان آن (۶۰/۲۰ درصد) در شوری ۱۰۰ میلی مولار و بدون محلول پاشی مشاهده شد. با افزایش سطح تنش، محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت و تیمار محلول پاشی به ویژه در شوری ۱۰۰ میلی مولار باعث جلوگیری از کاهش شایان توجه آن شد به طوری که در این سطح از شوری، محتوای نسبی آب

و کاهش تعرق باشد (Pascal *et al.*, 1995). در اثر محلول پاشی، دانه‌های بلور (کریستال) سیلیسیم روی یاخته‌های روپوست (اپیدرم) تجمع پیدا کرده و موجب جلوگیری از هدر رفت آب از سطح برگ می‌شوند (Romero-Aranda *et al.*, 2006). با کاربرد سیلیسیم در توت‌فرنگی در شرایط شوری محتوای نسبی آب برگ افزایش پیدا کرد (Saidlar-Fatemi *et al.*, 2009).

کاهش میزان نسبی آب برگ نشان‌دهنده کاهش آماس یاخته‌ای در نتیجه کاهش دسترسی به آب برای فرآیند گسترش یاخته‌ای است. در نتیجه شوری میزان آب مصرفی گیاه کاهش می‌یابد که می‌تواند مربوط به کاهش پتانسیل آب محیط ریشه و کاهش توان گیاه در جذب آب (Levitt, 1980)، افزایش مقاومت در مسیر جریان آب در گیاه و یا افزایش مقاومت روزنه‌ای

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و محلول پاشی بر برخی فراسنجه‌های فیزیولوژیک اندازه‌گیری شده

Table 3. Mean comparison of salinity and foliar application interaction on some measured physiological parameters

Treatment	Leaf relative water content (%)	Stomatal conductance (mmol m ⁻² s ⁻¹)	Net photosynthesis (μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)	Chlorophyll a (mg/g fw)
NaCl ₀ ×F ₁	82.13 a	75.66 a	9.43 ab	5.18 a
NaCl ₀ ×F ₂	82.15 a	76.43 a	9.56 ab	5.02 a
NaCl ₀ ×F ₃	81.63 a	76.53 a	9.59 ab	5.04 a
NaCl ₀ ×F ₄	80.89 a	76.40 a	9.24 b	5.36 a
NaCl ₀ ×F ₅	82.27 a	76.52 a	9.60 ab	5.20 a
NaCl ₀ ×F ₆	82.18 a	76.53 a	9.57 ab	5.14 a
NaCl ₀ ×F ₇	82.29 a	76.40 a	9.43 ab	5.06 a
NaCl ₀ ×F ₈	81.82 a	76.92 a	9.68 ab	5.18 a
NaCl ₀ ×F ₉	82.77 a	76.97 a	9.80 a	5.20 a
NaCl ₅₀ ×F ₁	68.02 cde	44.29 f	5.33 e	4.20 de
NaCl ₅₀ ×F ₂	69.63 bcd	46.37 ef	5.73 d	4.19 de
NaCl ₅₀ ×F ₃	69.82 bcd	47.39 de	5.89 d	4.37 b-e
NaCl ₅₀ ×F ₄	70.45 bcd	45.94 ef	5.77 d	4.33 cde
NaCl ₅₀ ×F ₅	71.10 bc	48.90 de	6.08 d	4.37 b-e
NaCl ₅₀ ×F ₆	71.57 bc	49.61 cd	6.14 d	4.33 cde
NaCl ₅₀ ×F ₇	70.16 bcd	47.75 de	5.96 d	4.49 bcd
NaCl ₅₀ ×F ₈	72.52 b	52.15 bc	6.64 c	4.62 bc
NaCl ₅₀ ×F ₉	72.73 b	52.74 b	6.63 c	4.70 b
NaCl ₁₀₀ ×F ₁	60.20 h	9.26 i	3.49 h	3.51 g
NaCl ₁₀₀ ×F ₂	61.88 gh	11.24 hi	4.06 g	3.58 g
NaCl ₁₀₀ ×F ₃	63.37 fgh	11.24 hi	4.26 fg	3.78 fg
NaCl ₁₀₀ ×F ₄	62.30 fgh	10.79 hi	4.07 g	3.78 fg
NaCl ₁₀₀ ×F ₅	65.70 ef	12.25 hi	4.40 fg	3.85 fg
NaCl ₁₀₀ ×F ₆	66.97 de	13.60 hi	4.51 f	4.08 ef
NaCl ₁₀₀ ×F ₇	65.28 efg	12.31 hi	4.30 fg	4.08 ef
NaCl ₁₀₀ ×F ₈	68.48 cde	17.70 g	5.15 e	4.26 de
NaCl ₁₀₀ ×F ₉	69.88 bcd	18.21 g	5.05 e	4.24 de

میانگین‌های دارای حرف‌های همسان در هر ستون، بدون اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون دانکن هستند.

The means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different using Duncan's multiple range test.

محتوای نسبی آب برگ‌های انگور توجیه کند. روی نیز به‌عنوان یک عنصر حیاتی در تکامل، حفظ تمامیت و یکپارچگی غشاهای یاخته‌ای نقش تعیین‌کننده‌ای دارد (Cakmak & Marschner, 1988). در گیاهان دچار کمبود روی، کاهش تکامل غشاء یاخته‌ای و افزایش نفوذپذیری غشاء نیز ممکن است بر میزان جذب و یا خروج آب از گیاه تأثیر بگذارد (Cakmak, 2000). توانایی حفظ محتوای نسبی آب بالاتر در

وجود پتاسیم در نگهداری آب بافت‌ها نقش خاصی دارد. با افزایش شدت شوری، میزان جذب پتاسیم کاهش پیدا کرده و در اثر آن باز و بسته شدن روزنه‌ها نیز دچار اختلال می‌شود. بنابراین حفظ و رساندن میزان کافی پتاسیم به بافت برگ‌ها موجب کاهش تأثیر شوری از جمله افزایش محتوای نسبی آب برگ می‌شود (Marschner, 1995). دلایل یادشده می‌تواند نقش مؤثر کاربرد سیلیکات پتاسیم را در حفظ

یا کاهش هدایت روزنه‌ای و حتی بستن کلی روزنه‌ها از انجام پدیدهٔ تعرق جلوگیری می‌کنند (Levitt, 1980). بنابر گزارش Khan et al. (1998)، گیاه در شرایط شوری به‌منظور حفظ وضعیت آبی خود اقدام به افزایش مقاومت روزنه‌ای می‌کند. نقش کلیدی پتاسیم به‌عنوان تنظیم‌کنندهٔ اسمزی در آماس یاخته‌ها و به‌ویژه در روزنه‌ها شناخته شده است. افزایش غلظت پتاسیم در یاخته‌های روزنه باعث جذب آب از یاخته‌های پیرامون شده و با افزایش فشار آماس (تورژسانس) یاخته‌های روزنه، به باز شدن روزنه‌ها و انجام تبادل‌های گازی و نورساخت بیشتر منجر می‌شود (Marschner, 1995). Sharma et al. (1995) یکی از نقش‌های مهم عنصر روی را در تنظیم هدایت روزنه‌ای گزارش کرده و نقش روی را برای حفظ غلظت بالای پتاسیم در یاخته‌های محافظ روزنه، توضیح دادند. وجود روی در یاخته‌ها، بافت‌ها و اندام‌ها باعث افزایش فعالیت آنزیم کربنیک آنهیدراز می‌شود. کربنیک آنهیدراز از آنزیم‌های دارای روی است که نقش مهمی در آسانگری انتقال دی‌اکسید کربن و پروتون‌ها در فضاهای درون و برون یاخته‌ای و غشاهای زنده (بیولوژیک) دارد (Tavallali et al., 2009).

تعرق

نتایج تجزیهٔ واریانس (جدول ۲) بیانگر معنی‌دار بودن تأثیر رقم، شوری، محلول پاشی، اثر متقابل رقم و شوری، اثر متقابل رقم و محلول پاشی، اثر متقابل شوری و محلول پاشی (در سطح احتمال ۱ درصد) و اثر متقابل سه‌گانهٔ رقم، شوری و محلول پاشی (در سطح ۵ درصد) بر میزان تعرق است. بنا بر نتایج مقایسهٔ میانگین‌های مربوط به اثر متقابل رقم، شوری و محلول پاشی، در شرایط بدون تنش رقم بی‌دانهٔ قرمز میزان تعرق بیشتری دارد. اما در سطوح شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار، میزان تعرق رقم رشه بیشتر از بی‌دانهٔ قرمز بود. همچنین در بررسی تأثیر محلول پاشی‌ها مشخص شد، در هر دو رقم با افزایش غلظت محلول‌های مورد استفاده، میزان تعرق به‌ویژه در سطوح شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار افزایش یافت (جدول ۴).

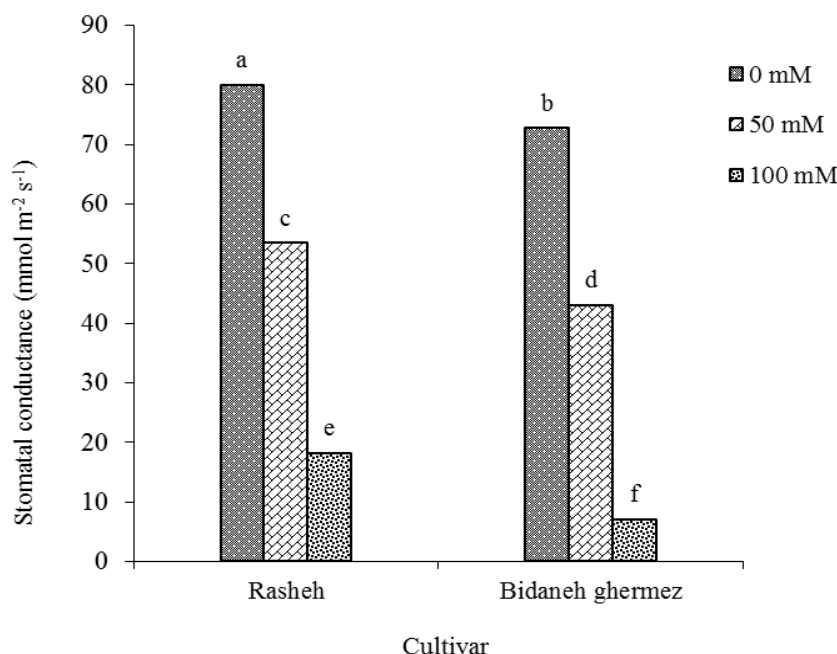
پتانسیل‌های آب پایین، بیانگر استحکام دیوارهٔ یاخته‌ها و تحمل آن‌ها در برابر فروپاشی ناشی از اثر تنش است (Khan et al., 1998) و این می‌تواند نقش عنصر روی را در تنظیم فعالیت سامانه‌های پاداکسندگی (آنتی‌اکسیدانی) گیاه در رویارویی با تأثیر تخریبی تنش اکسایشی بر غشاهای یاخته‌ای و در نتیجه حفظ سلامت و کارکرد طبیعی غشاها تأیید کند. از سوی دیگر روی به‌دلیل تأثیر بر افزایش جذب پتاسیم و در نتیجه کنترل فعالیت روزنه‌ها، باعث حفظ محتوای نسبی آب برگ می‌شود (Ronaghi et al., 1998).

هدایت روزنه‌ای

بر پایهٔ نتایج تجزیهٔ واریانس (جدول ۲) تأثیر رقم، شوری، محلول پاشی، اثر متقابل رقم و شوری و نیز اثر متقابل شوری و محلول پاشی بر هدایت روزنه‌ای معنی‌دار (در سطح احتمال ۱ درصد) بوده است. مقایسهٔ میانگین‌های مربوط به اثر متقابل رقم و شوری (شکل ۲) نشان می‌دهد که اگرچه با افزایش سطح شوری میزان هدایت روزنه‌ای در هر دو رقم کاهش معنی‌داری یافته است، اما رقم رشه در همهٔ سطوح شوری هدایت روزنه‌ای بالاتری دارد. کاهش بیشتر هدایت روزنه‌ای در رقم بی‌دانهٔ قرمز احتمال دارد به دلیل تجمع بیشتر یون‌های سمی از جمله سدیم و کلر در برگ‌ها باشد. تجمع یون‌های سمی در برگ‌ها موجب اختلال در عملکرد باز و بسته شدن روزنه‌ها و تبادل‌های گازی بین برگ و فضای اطراف آن می‌شود (Shanon & Grieve, 1999). بر پایهٔ نتایج مقایسهٔ میانگین‌های مربوط به اثر متقابل شوری و محلول پاشی (جدول ۳)، در شرایط بدون تنش تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف محلول پاشی از نظر تأثیر بر هدایت روزنه‌ای وجود نداشت. اما در تیمارهای تنشی با افزایش غلظت محلول‌های به‌کاررفته میزان هدایت روزنه‌ای افزایش یافت و این افزایش در تیمارهای ترکیبی سیلیکات پتاسیم و سولفات روی بیشتر بود. یکی از مهم‌ترین پاسخ‌های گیاه به تنش شوری کاهش هدایت روزنه‌ای است. در شرایط کاهش پتانسیل آب خاک (در اثر خشکی یا شوری)، گیاهان با سازوکارهای مختلفی مانند افزایش مقاومت روزنه‌ای

تشکیل بلورهای آن روی یاخته‌های روپوستی موجب حفظ رطوبت شده و در نتیجه میزان تعرق در شرایط شوری افزایش پیدا می‌کند (Romero-Aranda *et al.*, 2006). پتاسیم نیز با نقشی که در باز و بسته‌شدن روزنه‌ها دارد می‌تواند به تنظیم تعرق و افزایش ماندگاری آب در گیاهان کمک کند (Marschner, 1995).

کاهش تعرق در انگور تحت تأثیر شوری توسط Sivritepe *et al.* (2010) نیز گزارش شده است. بسته‌شدن روزنه‌ها و به دنبال آن کاهش تعرق در شرایط تنش شوری، سازوکار مؤثری در صرفه‌جویی آب مصرفی و محدود کردن جذب یون‌های زیانبار است (Levitt, 1980). نقش سیلیسیم در پایداری آوندهای چوبی و



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و شوری بر میزان هدایت روزنه‌ای.

میانگین‌های دارای حرف‌های همسان، بدون اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون دانکن هستند.

Figure 2. Mean comparison of cultivar and salinity interaction on stomatal conductance
Means with similar letter(s) are not significantly different using Duncan's multiple range test.

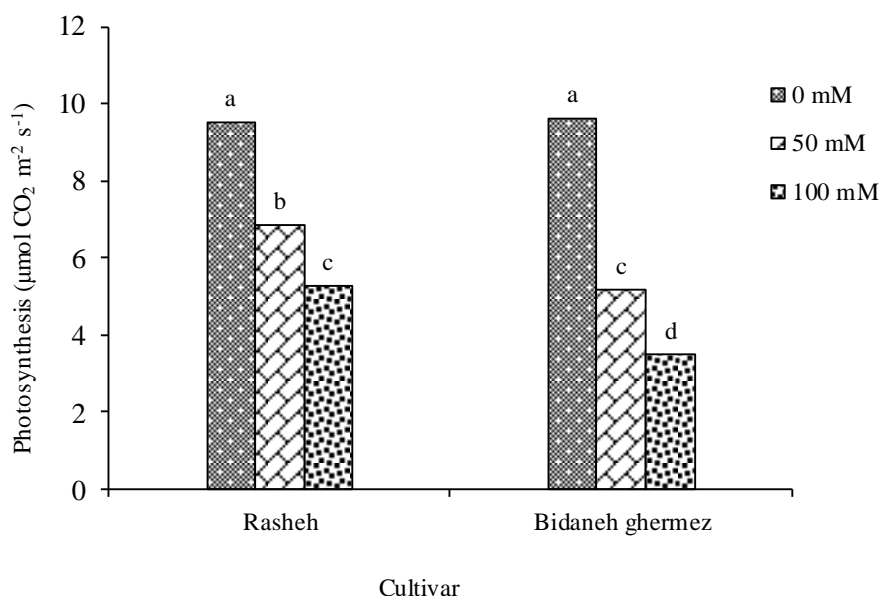
• میلی‌مولار با سطح محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر + سولفات روی ۴ گرم در لیتر و کمترین میزان آن در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار و بدون محلول‌پاشی مشاهده شد (جدول ۳). در همه سطوح شوری با افزایش غلظت محلول‌های مورد استفاده میزان نورساخت افزایش یافت به‌طوری‌که در تنش شدید (۱۰۰ میلی‌مولار)، میزان نورساخت در سطح محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر + سولفات روی ۴ گرم در لیتر، ۳۰/۸۹ درصد نسبت به تیمار بدون محلول‌پاشی افزایش پیدا کرد. کاهش نورساخت در نتیجه شوری توسط Hatami *et al.* (2010) در رقم‌های صاحبی و ریش‌بابا و Bybordi (2012) در رقم‌های سلطانی و فخری نیز گزارش شده

نورساخت خالص

بر پایه نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس (جدول ۲) تأثیر رقم، شوری و محلول‌پاشی، اثر متقابل رقم و شوری و نیز اثر متقابل شوری و محلول‌پاشی در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان نورساخت معنی‌دار بوده است. در بررسی مقایسه میانگین‌های اثر متقابل رقم و شوری مشخص شد که در هر دو رقم با افزایش سطح شوری میزان نورساخت کاهش یافت به‌طوری‌که میزان کاهش نورساخت در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار نسبت به شوری ۰ میلی‌مولار در رقم بی‌دانه قرمز ۶۳/۶۷ درصد و در رقم رشه ۴۴/۷۲ درصد بود (شکل ۳). همچنین نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و محلول‌پاشی نشان می‌دهد که بیشترین میزان نورساخت در شوری

تسریع در فرآیند پیری برگ‌ها در نتیجه انباشت نمک و تغییر فعالیت آنزیم‌ها در سیتوپلاسم است (Tabatabaei, 2006). شواهد و مدارک چندی نشان می‌دهند، کاهش نورساخت در گیاهان تحت تنش شوری نه تنها به کاهش دی‌اکسیدکربن قابل دسترس در اثر بسته‌شدن روزنه‌ها بلکه به اثرگذاری تجمع پتانسیل اسمزی و آبی برگ، هدایت روزنه‌ای، میزان تعرق، میزان نسبی آب برگ و نیز ترکیب‌های بیوشیمیایی مانند رنگ‌دانه‌های نورساختی، کربوهیدرات‌های محلول و پروتئین بستگی دارد (Sultana *et al.*, 1999).

است. در تحقیق Doulati Baneh *et al.* (2014) نیز بین رقم‌های مورد بررسی از نظر میزان کاهش نورساخت در شرایط شوری تفاوت وجود داشت به طوری که میزان کاهش نورساخت در شوری ۱۲۰ میلی‌مولار نسبت به شرایط بدون تنش در رقم رشه ۸۰ درصد، در رقم سرقله ۸۳ درصد و در رقم‌های عسکری و یاقوتی ۹۳ درصد بود. کاهش شدت نورساخت ناشی از تنش شوری به دلیل عامل‌های چندی مانند آب‌زدایی (دهیدراسیون) غشاء یاخته و در نتیجه کاهش نفوذپذیری CO_2 ، سمیت ناشی از نمک، کاهش میزان CO_2 به دلیل بسته‌شدن روزنه‌ها،



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و شوری بر میزان نورساخت خالص.

میانگین‌های دارای حرف‌های همسان، بدون اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون دانکن هستند.

Figure 3. Mean comparison of cultivar and salinity interaction on net photosynthesis. Means with similar letter(s) are not significantly different using Duncan's multiple range test.

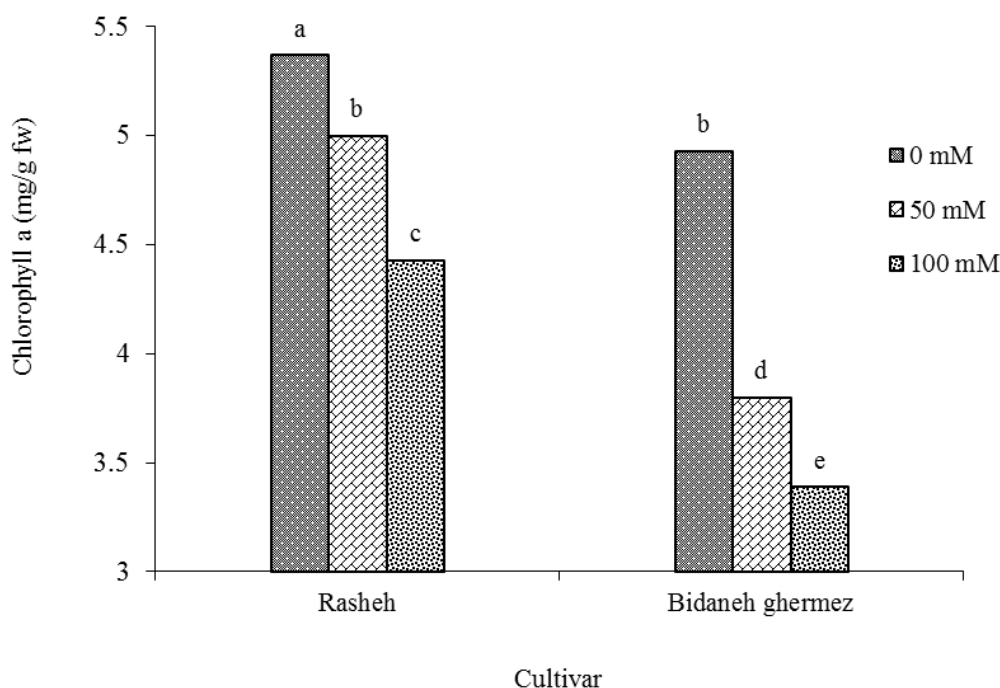
(2002) Cakmak (Yeo *et al.*, 1999) (K^+/Na^+) بیان داشت که پتاسیم در انتقال قندهای ساخته (سنتز) شده در نورساخت نقش دارد. در شرایط شوری به دلیل رقابت یون‌های سدیم با پتاسیم گیاه دچار کمبود پتاسیم شده و در اثر این کمبود قندهای با وزن مولکولی کم در برگ‌ها تجمع پیدا کرده و در نتیجه ساخت کربوهیدرات‌ها کاهش پیدا می‌کند و انرژی به دست آمده از الکترون‌های برانگیخته شده صرف تشکیل رادیکال‌های آزاد می‌شود. افزایش رادیکال‌های آزاد در تنش شوری

در این تحقیق محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و سولفات روی باعث کاهش تأثیر شوری و افزایش میزان نورساخت شد. سازوکارهایی که سیلیسیم از راه آن‌ها باعث افزایش مقاومت به شوری می‌شود عبارت‌اند از: کمک به افزایش میزان آب گیاه (Romero-Aranda *et al.*, 2006)، رویارویی با رادیکال‌های آزاد به واسطه تحریک فعالیت آنزیم‌های پاداکسندگی (Zhu *et al.*, 2004)، جلوگیری از تحرک یون‌های Na^+ (Liang *et al.*, 2003)، کاهش جذب سدیم و افزایش جذب پتاسیم (افزایش نسبت

مقادیر سبزینه

نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس (جدول ۲) بیانگر معنی دار بودن تأثیر رقم، شوری، محلول پاشی و اثر متقابل رقم و شوری بر مقادیر سبزینه a، b و کل است. همچنین اثر متقابل شوری و محلول پاشی بر مقادیر سبزینه a و کل و اثر متقابل رقم، شوری و محلول پاشی بر مقادیر سبزینه b و کل معنی دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل رقم و شوری نشان می‌دهد که در هر دو رقم با افزایش سطح شوری میزان سبزینه a کاهش می‌یابد و این کاهش در مورد رقم بی‌دانه قرمز به مراتب بیشتر بود (شکل ۴).

موجب اثرگذاری تخریبی روی نظام‌های نوری (فتوسیستم‌های) گیاه می‌شود (Munns, 2002). آنزیم NADPH اکسیداز از آنزیم‌هایی است که در اثر تنش‌های محیطی مانند شوری فعال می‌شود و در واقع یکی از منابع مهم تولید رادیکال‌های آزاد است. در شرایط شوری عنصرهای پتاسیم و روی این آنزیم را مهار کرده و در نتیجه موجب کاهش تولید رادیکال‌های آزاد و کاهش تأثیر شوری می‌شوند (Cakmak, 2000; 2002). کمبود روی با کاهش سبزینه و تخریب کلروپلاست در پسته، منجر به کاهش نورساخت شده است (Tavalleli *et al.*, 2009).



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و شوری بر میزان سبزینه a.

میانگین‌های دارای حرف‌های همسان، بدون اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون دانکن هستند.

Figure 4. Mean comparison of cultivar and salinity interaction on chlorophyll a
Means with similar letter(s) are not significantly different using Duncan's multiple range test.

متقابل رقم، شوری و محلول پاشی (جدول ۴) مشخص می‌شود، با افزایش سطح شوری مقادیر سبزینه‌های b و کل کاهش یافته است. رقم رشه در بیشتر سطوح شوری و محلول پاشی‌ها میزان سبزینه‌های b و کل بیشتری داشته است ولی با افزایش سطوح محلول پاشی‌ها میزان سبزینه‌های b و کل نیز افزایش یافته است.

همچنین نتایج مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر متقابل شوری و محلول پاشی مؤید آن است که در سطح شوری ۰، تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف محلول پاشی‌ها وجود ندارد اما در سطوح شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار با افزایش سطح محلول پاشی‌ها میزان سبزینه a افزایش یافته است (جدول ۳).
بر پایه نتایج مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل رقم، شوری و محلول پاشی بر میزان تعرق و سبزینه

Treatment	Transpiration rate (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	chlorophyll b (mg/g fw)	Total chlorophyll (mg/g fw)
Rasheh ×NaCl ₀ ×F ₁	7.55 a-d	2.61 b-k	8.07 abc
Rasheh ×NaCl ₀ ×F ₂	7.37 bcd	2.73 a-h	7.85 b-g
Rasheh ×NaCl ₀ ×F ₃	7.42 a-d	2.82 a-g	8.05 a-d
Rasheh ×NaCl ₀ ×F ₄	7.35 cd	1.97 m-p	7.78 c-h
Rasheh ×NaCl ₀ ×F ₅	7.33 cd	2.68 b-i	8.19 a
Rasheh ×NaCl ₀ ×F ₆	7.33 cd	2.91 a-e	8.16 ab
Rasheh ×NaCl ₀ ×F ₇	7.29 d	2.63 b-k	7.87 b-f
Rasheh ×NaCl ₀ ×F ₈	7.51 a-d	2.75 a-h	8.09 abc
Rasheh ×NaCl ₀ ×F ₉	7.48 a-d	2.77 a-h	8.20 a
Rasheh ×NaCl ₅₀ ×F ₁	5.34 ghi	2.60 b-k	7.35 j
Rasheh ×NaCl ₅₀ ×F ₂	5.54 fg	2.49 e-l	7.45 ij
Rasheh ×NaCl ₅₀ ×F ₃	5.64 f	2.34 h-m	7.48 hij
Rasheh ×NaCl ₅₀ ×F ₄	5.45 fgh	2.58 c-k	7.52 g-j
Rasheh ×NaCl ₅₀ ×F ₅	5.59 f	2.81 a-g	7.61 e-j
Rasheh ×NaCl ₅₀ ×F ₆	6.03 e	2.66 b-j	7.64 e-j
Rasheh ×NaCl ₅₀ ×F ₇	5.73 f	2.63 b-k	7.60 f-j
Rasheh ×NaCl ₅₀ ×F ₈	6.15 e	2.52 d-k	7.73 d-i
Rasheh ×NaCl ₅₀ ×F ₉	6.12 e	2.34 h-m	7.64 e-j
Rasheh ×NaCl ₁₀₀ ×F ₁	4.17 op	1.76 opq	5.64 p
Rasheh ×NaCl ₁₀₀ ×F ₂	4.48 mn	1.95 m-p	5.88 nop
Rasheh ×NaCl ₁₀₀ ×F ₃	4.73 lm	1.88 nop	6.16 mn
Rasheh ×NaCl ₁₀₀ ×F ₄	4.48 l	1.72 opq	6.03 no
Rasheh ×NaCl ₁₀₀ ×F ₅	4.76 lm	1.73 opq	6.12 mno
Rasheh ×NaCl ₁₀₀ ×F ₆	4.83 l	1.69 o-r	6.31 klm
Rasheh ×NaCl ₁₀₀ ×F ₇	4.68 lm	1.43 q-t	6.19 lmn
Rasheh ×NaCl ₁₀₀ ×F ₈	5.19 hij	1.72 opq	6.53 k
Rasheh ×NaCl ₁₀₀ ×F ₉	5.13 ijk	1.67 o-r	6.49 kl
Bidaneh ×NaCl ₀ ×F ₁	7.14 a-d	2.93 a-e	7.85 b-g
Bidaneh ×NaCl ₀ ×F ₂	7.36 bcd	3.00 abc	7.94 a-e
Bidaneh ×NaCl ₀ ×F ₃	7.53 a-d	3.17 a	8.04 a-d
Bidaneh ×NaCl ₀ ×F ₄	7.40 a-d	2.92 a-e	7.83 b-h
Bidaneh ×NaCl ₀ ×F ₅	7.68 ab	2.96 a-d	7.86 b-f
Bidaneh ×NaCl ₀ ×F ₆	7.55 a-d	2.78 a-h	7.81 c-g
Bidaneh ×NaCl ₀ ×F ₇	7.48 a-d	3.04 ab	7.93 a-e
Bidaneh ×NaCl ₀ ×F ₈	7.65 abc	2.87 a-f	7.90 a-f
Bidaneh ×NaCl ₀ ×F ₉	7.71 a	2.84 a-f	7.82 c-g
Bidaneh ×NaCl ₅₀ ×F ₁	3.60 r	2.06 l-o	5.71 p
Bidaneh ×NaCl ₅₀ ×F ₂	3.75 rst	2.65 b-j	6.08 mno
Bidaneh ×NaCl ₅₀ ×F ₃	3.79 q-t	2.21 j-n	5.82 op
Bidaneh ×NaCl ₅₀ ×F ₄	3.64 st	2.20 k-n	5.91 nop
Bidaneh ×NaCl ₅₀ ×F ₅	4.14 op	2.37 g-m	6.17 mn
Bidaneh ×NaCl ₅₀ ×F ₆	4.26 no	2.42 f-l	6.11 mno
Bidaneh ×NaCl ₅₀ ×F ₇	4.08 opq	1.88 nop	5.91 nop
Bidaneh ×NaCl ₅₀ ×F ₈	4.93 jkl	2.33 h-m	6.37 klm
Bidaneh ×NaCl ₅₀ ×F ₉	4.85 kl	2.27 i-n	6.37 klm
Bidaneh ×NaCl ₁₀₀ ×F ₁	2.01 z	1.07 t	4.22 t
Bidaneh ×NaCl ₁₀₀ ×F ₂	2.55 xy	1.18 st	4.41 st
Bidaneh ×NaCl ₁₀₀ ×F ₃	2.72 wx	1.32 q-t	4.60 rs
Bidaneh ×NaCl ₁₀₀ ×F ₄	2.28 yz	1.26 rst	4.52 rs
Bidaneh ×NaCl ₁₀₀ ×F ₅	2.93 vw	1.41 q-t	4.72 r
Bidaneh ×NaCl ₁₀₀ ×F ₆	3.30 u	1.33 q-t	4.81 r
Bidaneh ×NaCl ₁₀₀ ×F ₇	3.09 uv	1.25 rst	4.67 rs
Bidaneh ×NaCl ₁₀₀ ×F ₈	3.92 p-s	1.59 p-s	5.29 q
Bidaneh ×NaCl ₁₀₀ ×F ₉	3.97 o-r	1.59 p-s	5.27 q

میانگین‌های دارای حرف‌های همسان در هر ستون، بدون اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون دانکن هستند.

The means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different using Duncan's multiple range test.

کلروپلاست‌ها و کاهش میزان سبزینه می‌شود. کاهش سبزینه باعث کاهش میزان نورساخت می‌شود و گیاهانی که در شرایط تنش میزان سبزینه بیشتری را حفظ کنند، کارایی نورساخت بالاتری دارند و در برابر تنش مقاوم‌تر هستند (Dubey, 2005). کاهش میزان

کاهش میزان سبزینه در شرایط تنش شوری توسط (2010) Sivritepe *et al.*، (2012) Bybordi و (2013) Khalil در دیگر رقم‌های انگور نیز گزارش شده است. تحقیقات نشان داده است که تنش شوری باعث پیری زودرس برگ‌ها، شکسته شدن

نتیجه کاهش تنش اکسایش، از تخریب و کاهش سبزینه جلوگیری کند.

نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد، با افزایش شدت تنش شوری، میزان فراسنجه‌های فیزیولوژیکی مورد بررسی در هر دو رقم مورد آزمایش کاهش پیدا کرده، ولی میزان کاهش این فراسنجه‌ها در رقم رقم کمتر از بی‌دانه قرمز بود. پایداری محتوای نسبی آب برگ، حفظ و پایداری سبزینه، تداوم هدایت روزنه‌ای و در نتیجه نورساخت بیشتر رقم رقم شریط شوری نشان از مقاومت بیشتر آن در مقایسه با رقم بی‌دانه قرمز دارد. محلول پاشی همزمان گیاه با سه عنصر ضد تنش (سیلیسیم، پتاسیم و روی) می‌تواند به دلیل افزایش آماس یاخته‌ای و حفظ محتوای نسبی آب برگ، افزایش کارایی باز و بسته شدن روزنه‌ها و تبادل‌های گازی، فعال کردن سازوکارهای حذف رادیکال‌های آزاد، افزایش پایداری سبزینه، انتقال کربوهیدرات‌ها و در نهایت افزایش نورساخت در شرایط تنش شوری، موجب تعدیل تأثیر شوری در هر دو رقم شود. با افزایش غلظت محلول پاشی، میزان فراسنجه‌های فیزیولوژیک افزایش بیشتری را نشان دادند. بیشترین تأثیر محلول پاشی مربوط به تیمار سیلیکات پتاسیم ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر همراه با سولفات روی ۴ گرم در لیتر بود. اما چون در مورد بیشتر ویژگی‌های، اختلاف آن با تیمار سیلیکات پتاسیم ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر همراه با سولفات روی ۲ گرم در لیتر معنی‌دار نبود لذا می‌توان در عمل تیمار ترکیبی اخیر را برای کاهش تأثیر شوری در تاکستان‌ها توصیه کرد.

سبزینه در شرایط تنش شوری به دلیل فعالیت بیشتر کلروفیل‌ها گزارش شده است. بعضی از مواد تنظیم‌کننده رشد مانند اسید آبسازیک و اتیلن که میزان آن‌ها در شرایط تنش می‌باید موجب تحریک فعالیت این آنزیم می‌شوند (Dubey, 2005). همچنین کاهش میزان سبزینه می‌تواند به دلیل تغییر سوخت‌وساز نیتروژن در رابطه با ساخت ترکیب‌هایی مانند اسید آمینه پرولین باشد که در شرایط تنش برای تحقق تنظیم اسمزی تولید می‌شود (De La Rosa-Ibara & Maiti, 1995). در ارتباط با تأثیر سیلیسیم، Liang (1999) اظهار داشت که سیلیسیم موجب کاهش نفوذپذیری غشاء یاخته‌ای برگ‌ها به یون‌های سدیم و کلر شده و موجب بهبود ساختمان سبزینه در گیاهی که به وسیله یون‌های سدیم و کلر آسیب دیده است می‌شود. بنا بر گزارش Shafeek et al. (2005) و El-Tohamy et al. (2006) نیز محلول پاشی پتاسیم باعث افزایش میزان سبزینه به ترتیب در گیاهان فلفل و نخودفرنگی شده است. محلول پاشی با پتاسیم باعث جلوگیری از نشت الکترولیتی شده و در نتیجه افزایش میزان سبزینه کل شد (El-Tohamy et al., 2006). عنصر روی به طور مستقیم بر تشکیل سبزینه تأثیر ندارد اما می‌تواند بر غلظت عنصرهای غذایی درگیر در تشکیل سبزینه یا عنصرهایی که بخشی از سبزینه هستند مانند آهن و منیزیم مؤثر باشد (Kaya and Higgs, 2002). با توجه به اینکه مولکول سبزینه یکی از هدف‌های مورد حمله رادیکال‌های آزاد است لذا به احتمال عنصر روی می‌تواند با فعال کردن سامانه‌های پاداکسندگی و در

REFERENCES

1. Agarie, S., Agata, W., Uchida, H., Kubota, F. & Kaufman, P. B. (1996). Function of silica bodies in epidermal system of rice (*Oryza sativa* L.): testing the window hypothesis. *Journal of Experimental Botany*, 47(5), 655-660.
2. Amiri, J., Eshgi, S., Tafazzoli, A., Rahimi, M. & Abaspour, N. (2014). Growth and photosynthesis response of two grapevine cultivars to Nitric Oxide foliar application under salinity conditions. *Journal of Horticultural Sciences and Technology*, 15(3), 287-296. (in Farsi)
3. Anonymous. (2013). *Annual Agricultural statistics*. Vol. 3, Horticultural crops. 2011-2012 cropping cycle. Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran. Retrieved in: <http://maj.ir/Portal/Home/Default.aspx>. (in Farsi)
4. Bybordi, A. (2012). Study effect of salinity on some physiological and morphological properties of two grape cultivars. *Life Science Journal*, 9(4), 1092-1101.
5. Bybordi, A. (2006). *Zinc in soils and crop nutrition*. (1st ed.). Parivar Press. 179 p. (in Farsi)
6. Cakmak, I. (2000). Possible role of zinc in protecting plant cells from reactive oxygen species. *New Phytologist*, 146, 185-205.

7. Cakmak, I. (2002). The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. In: Proceedings of the IPI Congress on 'Feed the soil to feed the people': the role of potash in sustainable agriculture, October 8-10, Basel, Switzerland.
8. Cakmak, I. & Marschner, H. (1988). Increase in membrane permeability and exudation in roots of zinc deficient plants. *Journal of Plant Physiology*, 132, 356-361.
9. Cakmak, I., Marschner, H. & Bangerth, F. (1989). Effect of zinc nutritional status on growth, protein metabolism and levels of Indole-3-acetic acid and other phytohormones in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Experimental Botany*, 40, 405-412.
10. Cakmak, I. & Engels, C. (1999). Role of mineral nutrients in photosynthesis and yield formation. In: Z. Rengel (Ed.), *Mineral nutrition of crops*. (pp. 141-168). Haworth Press, New York.
11. De La Rosa-Ibarra, M. & Maiti, R. K. (1995). Biochemical mechanism in glossy sorgum lines for resistance to salinity stress. *Journal of Plant Physiology*, 146, 515-519.
12. Doulati Baneh, H., Attari, H., Hassani, A., Abdollahi, R., Taheri, M. & Ghani Shayesteh, F. (2014). Genotypic variation in plant growth and physiological response to salt stress in grapevine. *The Philippine Agricultural Scientist*, 97(2), 113-121.
13. Dubey, R. S. (2005). Photosynthesis in plants under stressful conditions. In: M. Pessarakli (Ed), *Handbook of photosynthesis*. (pp. 717-718.), Second Ed., CRC Press, New York.
14. El-Tohamy, W. A., Ghoname, A. A. & Abou-Hussein, S. D. (2006). Improvement of pepper growth and productivity in sandy soil by different fertilization treatments under protected cultivation. *Journal of Applied Sciences Research*, 2(1), 8-12.
15. Epstein, E. & Bloom, A. J. (2005). *Mineral nutrition of plants: principles and perspectives*. 2nd Edition. Sinauer Associates, Sunderland, MA, 405 p.
16. FAO. (2012). FAOSTAT. Retrieved in: <http://faostat.fao.org>.
17. Flowers, T. J. (2004). Improving crop salt tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 55, 307-319.
18. Grattan, S. R. & Grieve, C. M. (1999). Salinity- mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 78, 127-157.
19. Gross, J. (1991). *Pigments in vegetables*. Van Nostrand Reinhold, New York. 351 p.
20. Habibi, G., Bagherzadeh, L. & Sarvari, S. (2014). Iodine alleviates salt stress in two cultivars of grape plants. *Plant Stress Physiology*, 1(1), 11-24.
21. Hatami, E., Esna-Ashari, M. & Javadi, T. (2010). Effect of salinity on some gas exchange characteristics of grape (*Vitis vinifera*) cultivars. *International Journal of Agriculture & Biology*, 12(2), 308-310.
22. Kaya, C. & Higgs, D. (2002). Response of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) cultivars to foliar application of zinc when grown in sand culture at low zinc. *Scientia Horticulturae*, 93(1), 53-64.
23. Khalil, H. A. (2013). Influence of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomus* spp.) on the response of grapevine rootstocks to salt stress. *Asian Journal of Crop Science*, 5(4), 393-404.
24. Khan, M. G., Silberbush, M. & Lips, S. H. (1998). Response of alfalfa to potassium, calcium and nitrogen under stress induced by sodium chloride. *Biologia Plantarum*, 40, 251-259.
25. Kitagishi, K. & Obata, H. (1986). Effects of zinc deficiency on the nitrogen metabolism of meristematic tissues of rice plants with reference to protein synthesis. *Soil Science and Plant Nutrition*, 32, 397-405.
26. Levitt, J. (1980). *Responses of plants to environmental stresses*. Vol. 2, Academic Press, New York.
27. Liang, Y. (1999). Effects of silicon on enzyme activity, and sodium, potassium and calcium concentration in barley under salt stress. *Plant and Soil*, 209, 217-224.
28. Liang, Y. C., Chen, Q., Liu, Q., Zhang, W. H. & Ding, R. X. (2003). Exogenous silicon increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots of salt-stressed barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Plant Physiology*, 160, 1157-1164.
29. Luo, Z-B., He, X-J., Chen, L., Tang, L., Gao, S. & Chen, F. (2010). Effects of zinc on growth and antioxidant responses in *Jatropha curcas* seedlings. *International Journal of Agricultural Biology*, 12, 119-124.
30. Ma, J. F. (2004). Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. *Soil Science and Plant Nutrition*, 50(1), 11-18.
31. Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press. San Diego, CA.
32. Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell and Environment*, 25, 239-250.
33. Pascal, S. D., Barbieri, G., Sifola, M. I., Ruggiero, C. & DePascal, S. (1995). Gas exchange, water relation and growth of eggplant (*Solanum melongena* L.) as affected by salinity of irrigation water. *Acta Horticulturae*, 412, 388-395.
34. Richmond, R. E. & Sussman, M. (2003). Got silicon? The non-essential beneficial plant nutrient. *Current Opinion in Plant Biology*, 6, 268-272.

35. Romero-Aranda, M. R. Jourado, O. & Cuartero, J. (2006). Silicon alleviates the deleterious salt effects on tomato plant growth by improving plant water status. *Journal of Plant Physiology*, 163, 847-855.
36. Ronaghi, A., Adhami, A. & Karimian, N. A. (1998). The effect of phosphorus and zinc on the growth and chemical composition of corn (*Zea Mays* L.). *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science*, 6(1), 105-118.
37. Sadati, S. & Moalemi, N. (2011). A study of the effect of zinc foliar application on the growth and yield of strawberry plant under saline conditions. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 42(3), 267-275. (in Farsi)
38. Saidlar-Fatemi, L., TabaTabaie, S. J. & Fallahi, E. (2009). The effect of Silicon on growth and yield of strawberry under salinity. *Journal of Horticultural Sciences*, 23(1), 88-95.
39. Shafeek, M. R., El-Zeiny, A. H. & Ahmed, M. E. (2005). Effect of natural phosphate and potassium fertilizer on growth, yield and seed composition of pea plants in new reclaimed soil. *Asian Journal of Plant Science*, 4, 608-612.
40. Shannon, M. C. & Grieve, C. M. (1999). Tolerance of vegetable crops to salinity. *Scientia Horticulturae*, 78, 5-38.
41. Sharma, P. N., Tripathi, A. & Bisht, S. S. (1995). Zinc requirement for stomatal opening in cauliflower. *Plant Physiology*, 107, 751-756.
42. Sivritepe, N., Sivritepe, O., Celik, H. & Katkat, A. (2010). Salinity responses of grafted grapevines: Effects of scion and rootstock genotypes. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici*, 38(3), 193-201.
43. Sommer, M., Kaczorek, D., Kuzyakov, Y. & Breuer, J. (2006). Silicon pools and fluxes in soils and landscapes. a review. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 169(3), 310-329.
44. Sultana, N., Ikeda, T. & Itoh, R. (1999). Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. *Environmental and Experimental Botany*, 42(3), 211-220.
45. Tabatabaei, S.J. (2006). Effects of salinity and N on the growth, photosynthesis and N status of olive (*Olea europaea* L.) trees. *Scientia Horticulturae*, 108, 432- 438.
46. Tavallali, V., Rahemi, M., Maftoun, M., Panahi, B., Karimi, S., Ramazanian, A. & Vaezpour, M. (2009). Zinc influence and salt stress on photosynthesis, water relations and carbonic anhydrase activity in pistachio. *Scientia Horticulturae*, 123, 272-279.
47. Tinker, P. B. & Lauchli, A. (1984). *Advances in plant nutrition*. Academic Publishers. San Diego, CA.
48. Turner, N. C. (1981). Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. *Plant and Soil*, 58, 339-366.
49. Yeo, A. R., Flowers, S. A., Rao, G., Welfare, K., Senanayake, N. & Flowers, T. J. (1999). Silicon reduces sodium uptake in rice (*Oryza sativa* L.) in saline conditions and this is accounted for by a reduction in the transpirational bypass flow. *Plant Cell and Environment*, 22, 559-565.
50. Zhu, Z. G., Wei, G. Q., Li, J., Qian, Q. Q. & Yu, J. Q. (2004). Silicon alleviates salt stress and increases antioxidant enzymes activity in leaves of salt-stressed cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Plant Science*, 167, 527-533.