

## بررسی تأثیر محلول پاشی عنصر روی بر رشد و عملکرد گیاه توت‌فرنگی در شرایط تنش شوری

صفورا سعادت<sup>۱</sup> و نور اله معلمی<sup>۲\*</sup>

۱، دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران، اهواز  
(تاریخ دریافت: ۸۹/۱۰/۲ - تاریخ تصویب: ۹۰/۳/۲۲)

### چکیده

به منظور بررسی اثرات محلول پاشی روی بر خصوصیات رویشی، عملکرد و کیفیت میوه توت‌فرنگی (*Fragaria × ananassa* Duch) رقم کردستان، تحت شرایط تنش شوری، آزمایشی در سال ۸۹-۱۳۸۸ در شرایط کنترل شده گلخانه‌ای به صورت آبکشت اجرا گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی، با سه سطح کلرید سدیم (۳۰ و ۱۵، ۰) و سه سطح سولفات روی (۳g/L و ۱/۵، ۰)، با سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر و خشک برگ و ریشه، شاخص‌های عملکرد، شاخص کلروفیل و میزان نسبی آب برگ در شرایط شوری کاهش و با محلول پاشی روی، به طور معنی‌داری افزایش یافت. میزان پرولین در برگ‌ها تحت تأثیر شوری و اثرات متقابل روی و شوری افزایش یافت، اما کاربرد روی بر آن بی‌تأثیر بود. نشت الکترولیت با افزایش غلظت کلرید سدیم، افزایش و با کاربرد روی، کاهش یافت. افزایش غلظت روی و کلرید سدیم، اسیدیته قابل تیتراسیون را افزایش داد، ولی دیگر خصوصیات کیفی میوه، تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفتند. بر اساس نتایج حاصل می‌توان استفاده از روی را در شرایط شوری، توصیه نمود.

**واژه‌های کلیدی:** تنش کلرید سدیم، تغذیه برگ، سولفات روی، اجزای عملکرد.

### مقدمه

به کارگیری روش‌هایی برای احیاء اراضی شور و تولید غذای کافی، الزامی است (Dargan et al., 1982). در شرایط شور، غلظت سدیم معمولاً بیش از غلظت عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف بوده و این امر موجب عدم تعادل تغذیه‌ای در گیاهان تحت تنش می‌شود (Marschner, 1995; El-Arquan et al., 2002). عناصر کم مصرف نقش‌های پیچیده‌ای در تغذیه و تولید گیاه ایفا می‌کنند، به عنوان مثال روی و منگنز در برخی سیستم‌های آنزیمی نقش کاتالیزوری، فعال کننده و یا ساختمانی دارند (Parker et al., 1992). از بین عناصر کم مصرف، کمبود روی بیشترین مشکل را برای تولید

توت‌فرنگی (*Fragaria × ananassa* Duch) گیاهی علفی است، که به دلیل عطر و طعم مطلوب و میزان بالای ویتامین ث، در سراسر مناطق قابل کشت کره زمین از نواحی شمالی تا گرمسیری پرورش می‌یابد (Hancock, 1999). توت‌فرنگی گیاهی حساس به شوری با آستانه‌ی تحمل ۱ dS/m می‌باشد (Mass et al., 1977). با افزایش غلظت کلرید سدیم از عملکرد آن به شدت کاسته می‌شود (Kaya et al., 2002; Casierre-posada & Garcia, 2005). در عصر حاضر، با توجه به رشد روز افزون جمعیت،

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه اهواز انجام شد. نشاهای توت‌فرنگی رقم کردستان پس از ضد عفونی کردن با محلول قارچ‌کش بنومیل ۱/۵ در هزار، در اوایل دی ماه سال ۸۸ به بستر کاشت انتقال یافتند. بستر کاشت مورد استفاده، گلدان‌های پلاستیکی سیاه حاوی ماسه شسته شده بود. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه سطح کلرید سدیم (۳۰، ۱۵، ۰) و سه سطح سولفات روی (۳g/L و ۱/۵، ۰) با سه تکرار و سه گیاه در هر تکرار انجام شد. از محلول هوگلند کامل به عنوان محلول غذایی استفاده گردید و pH آن با اسید کلریدریک، در حد ۶/۵ تنظیم شد (Hoagland & Arnon, 1938). نیاز غذایی گیاهان توت‌فرنگی، با کاربرد دو بار در هفته محلول هوگلند (۲۰۰ میلی‌لیتر در هر گلدان)، تأمین گردید. سه هفته بعد از کاشت نشا (اواخر دی ماه)، اعمال تیمارهای کلرید سدیم، شروع شد، بدین صورت که گلدان‌ها، چهار بار در هفته، ۱۰۰ میلی‌لیتر، محلول کلرید سدیم (۳۰، ۱۵، ۰ mM) دریافت کردند. به منظور جلوگیری از تجمع نمک در محیط اطراف ریشه، گلدان‌ها هفته‌ای یک بار با ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر آبیاری شدند. محلول پاشی بوته‌ها، با سولفات روی (۳g/L و ۱/۵، ۰) در شروع گلدهی (اوایل اسفند) طی دو نوبت و با فواصل زمانی یک هفته‌ای انجام گرفت. تعداد گل و میوه در طول دوره رشد ثبت و درصد تشکیل میوه محاسبه شد. پس از به میوه نشستن گیاهان، میوه‌های رسیده به طور منظم برداشت شده و وزن تر آن‌ها در طول دوره‌ی رشد گیاهان، به عنوان عملکرد ثبت شد. اسیدیته قابل تیتراسیون<sup>۱</sup> (TA) و محتوای ویتامین ث به روش تیتراسیون اندازه‌گیری شد (Goromy & Sharples, 1985). مواد جامد محلول<sup>۲</sup> (TSS) نیز با استفاده از رفرکتومتر دیجیتالی مدل (A.PAL-1) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری سفتی بافت میوه‌ها از پنترومتر مدل (FG-5020) استفاده شد. بعد از رشد گیاهان و در مرحله‌ی تمام گل<sup>۳</sup>، شاخص کلروفیل<sup>۴</sup> با

محصول ایجاد می‌کند (Cakmak, 1999). روی نقش اساسی را در سنتز پروتئین‌ها، RNA و DNA ایفا می‌کند (Welch, 2001). اگرچه نیاز گیاهان به روی اندک ( $100-50 \text{ mg kg}^{-1}$ ) است، ولی اگر مقدار کافی از این عنصر در دسترس نباشد گیاهان از تنش‌های فیزیولوژیکی حاصل از ناکارایی سیستم‌های متعدد آنزیمی و دیگر اعمال متابولیکی مرتبط با روی رنج خواهند برد (Baybordi, 2006).

روی برای حفظ تمامیت غشای سلول‌های ریشه ضروری است (Welch et al., 1982). در شرایط کمبود روی نفوذ پذیری غشای سلول‌های ریشه افزایش می‌یابد که ممکن است مرتبط با نقش روی در پایداری غشای سلول‌ها باشد (Marschner & Cakmak, 1986; Parker et al. 1992). در شرایط تنش شوری، غلظت روی در محیط رشد ریشه می‌تواند اثرات منفی کلرید سدیم را به واسطه‌ی جلوگیری از جذب و یا انتقال سدیم و کلر کاهش دهد (Alpaslan et al., 1999). در خاک‌های شور، جذب روی به علت رقابت کاتیونی قوی تر سدیم در سطح ریشه کاهش می‌یابد (Tinker & Lauchli, 1984). محلول پاشی با سولفات روی در شرایط شوری موجب بهبود عملکرد جو گردید (Abd El-Hady, 2007).

روی در افزایش کارایی مصرف آب نیز بسیار موثر است. کاربرد روی اثرات تنش آبی را تعدیل و رشد گیاه را افزایش می‌دهد. در آزمایش Sheykhbagloo et al. (2009) بر روی ذرت دانه‌ای، محلول پاشی سولفات روی در شرایط تنش آبی منجر به افزایش تعداد دانه در بلال، درصد پروتئین و روغن دانه گردید.

تا کنون مطالعات زیادی در مورد کاربرد روی، در کاهش اثرات نامطلوب شوری در گیاهان مختلف از جمله گوجه فرنگی، گندم، جو، برنج و ذرت، (Alpaslan et al., 1999; Seilsepour, 2006; Abd El-Hady, 2007; Iqbal & Aslam, 1999; Abou El-Nour, 2002) انجام گرفته است. لذا با توجه به شور بودن آب و خاک در منطقه خوزستان و همچنین حساسیت بالای گیاه توت‌فرنگی به شوری، تأثیر محلول پاشی سولفات روی، بر عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه توت‌فرنگی در شرایط شوری کلرید سدیم و در محیط آبکشت مورد بررسی قرار گرفت.

1. Titratable Acidity  
2. Total Soluble Solids  
3. Full Bloom  
4. Chlorophyll Index

فالكون‌های حاوی ۲۰ ml آب مقطر منتقل شدند و پس از ۳۰ ثانیه ورتکس نمونه‌ها،  $EC_0$  هر نمونه اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری و سپس  $EC_1$  اندازه‌گیری شد. پس از آن نمونه‌ها ۱۵ دقیقه در اتوکلاو قرار داده شدند و بعد از خنک شدن در دمای اتاق،  $EC_2$  برای سومین بار اندازه‌گیری شد سپس درصد نشت الکترولیت از رابطه‌ی زیر محاسبه گردید (Zhao, et al., 1992):

$$\text{نشت الکترولیت (\%)} = \frac{EC_1 - EC_0}{EC_2 - EC_0} \times 100$$

داده‌ها با استفاده از برنامه آماری MSTATC، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD با هم مقایسه شدند.

### نتایج و بحث

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، کلرید سدیم، اثر معنی‌داری بر رشد و نمو گیاه داشت. مقایسه میانگین داده‌ها، شکل ۱ نشان می‌دهد که با افزایش شوری، سطح برگ کاهش یافت. کاهش رشد برگ، اولین واکنش گیاه به پتانسیل بسیار منفی محلول غلیظ شده در ریشه می‌باشد (Munns, 1993). محلول پاشی روی در شرایط شوری، سطح برگ را به طور معنی‌داری افزایش داد. مقایسه میانگین داده‌ها، بیانگر کاهش معنی‌دار تعداد برگ‌ها، در شرایط شوری می‌باشد و کاربرد روی، منجر به افزایش تعداد برگ‌ها شد (جدول ۱). احتمالاً شوری میزان انرژی لازم برای حفظ حالت طبیعی سلول را افزایش داده، بنابراین انرژی کمتری برای تأمین نیازهای رشدی باقی می‌ماند (Munns, 1993). نتایج نشان داد که با افزایش غلظت کلرید سدیم، درصد نکروز شدن برگ نیز افزایش یافت (جدول ۱). بعضی از علائم ویژه خسارت شوری در سطح برگ‌ها، به صورت تغییر رنگ، سوختگی نوک برگ، از بین رفتن نسوج حاشیه‌ای و پیچش برگ، نمایان می‌شود. بنابراین برگ‌ها در سطوح زیاد نمک نمی‌توانند خود را بدون آسیب محافظت نمایند (Flowers et al., 1986). اثرات اختصاصی نمک، به پیری زودرس و قبل از موعد برگ‌های مسن منجر می‌شود، که نشان‌دهنده مرحله دوم واکنش به شوری است (Munns, 1993).

استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج<sup>۱</sup> مدل (Minolta 502) در برگ‌های جوان توسعه یافته اندازه‌گیری شد. میزان نسبی آب برگ<sup>۲</sup> (RWC) نیز با اندازه‌گیری وزن تر ( $W_t$ )، تورژسانس ( $W_t$ ) و وزن خشک ( $W_d$ ) برگ‌ها محاسبه شد (Ritchie & Nguyen, 1990):

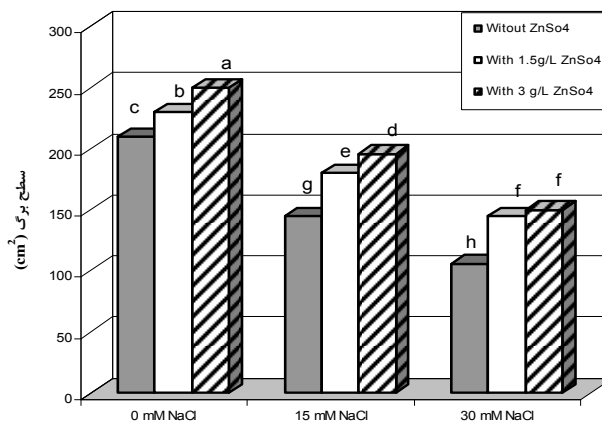
$$\%RWC = \frac{W_t - W_d}{W_t - W_d} \times 100$$

بعد از گذشت ۴ ماه، از هر تیمار ۳ گیاه به طور تصادفی انتخاب و از قسمت طوقه بریده و تعداد برگ‌ها شمارش و سطح برگ<sup>۳</sup> و سطح نکروزه‌ی برگ نیز در دستگاه سطح برگ سنج مدل (Delta-T) اندازه‌گیری شد. وزن تر برگ‌ها نیز بلافاصله با استفاده از ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری و سپس به مدت ۴۸ ساعت در آون ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا وزن خشک آنها نیز به دست آید. سطح ویژه برگ<sup>۴</sup> از نسبت سطح برگ به وزن خشک آن محاسبه شد. درصد نکروزه شدن برگ نیز از رابطه زیر به دست آمد:

$$\text{درصد نکروزه شدن} = \frac{\text{سطح نکروزه شده}}{\text{سطح کل برگ}} \times 100$$

وزن تر و خشک ریشه‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتالی و آون اندازه‌گیری شد. محتوای پرولین بافت گیاهی از طریق سنجش مقدار محصول رنگی واکنش پرولین با اسید نین هیدرین به دست آمد (Bates et al., 1973). میزان جذب در طول موج ۵۲۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد و مقدار پرولین به کمک منحنی استاندارد از پیش آماده شده محاسبه و بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر بیان گردید. نشت الکترولیت<sup>۵</sup> با اندازه‌گیری قابلیت هدایت الکتریکی که به عنوان معیار اندازه‌گیری پایداری غشای سلول می‌باشد، ارزیابی شد. برای این منظور قطعات برگ‌گی به اندازه ۱-۲ cm (وزن تازه برگ ۰/۵-۰/۸ گرم) جدا کرده و به منظور شستشو چند دقیقه به پتری‌دیش حاوی آب مقطر انتقال داده شد. سپس قطعات به

1. Spad
2. Relative Water Content
3. Total Leaf Area
4. Specific Leaf Area
5. Electrolyte leakage



سطوح شوری (mM NaCl)

شکل ۱- اثر سطوح مختلف کلرید سدیم و سولفات روی بر سطح برگ

جدول ۱- اثر سطوح مختلف کلرید سدیم و سولفات روی بر تعداد و وزن تر و خشک برگ و نکروزه شدن برگ

سولفات روی (g/L)	NaCl (mM)	وزن خشک برگ (g plant <sup>-1</sup> )	وزن تر برگ (g plant <sup>-1</sup> )	تعداد برگ	نکروزه شدن برگ (%)
0	0	۲/۶۰ <sup>bc</sup>	۱۳/۵۶ <sup>c</sup>	۲۳/۶۶ <sup>b</sup>	۰/۰۷ <sup>e</sup>
0	۱۵	۲/۳۵ <sup>de</sup>	۱۱/۱۳ <sup>d</sup>	۹/۶۶ <sup>e</sup>	۱۳/۵۰ <sup>b</sup>
0	۳۰	۱/۸۳ <sup>f</sup>	۸/۳۰ <sup>e</sup>	۱۰ <sup>e</sup>	۱۵/۶۳ <sup>a</sup>
1/5	0	۳/۵۴ <sup>a</sup>	۲۱/۳۳ <sup>a</sup>	۲۵/۶۶ <sup>a</sup>	۰/۲۳ <sup>e</sup>
1/5	۱۵	۲/۶۳ <sup>bc</sup>	۱۱/۳۱ <sup>d</sup>	۱۵/۳۳ <sup>d</sup>	۵/۵۳ <sup>d</sup>
1/5	۳۰	۲/۱۸ <sup>e</sup>	۸/۹۶ <sup>e</sup>	۱۶/۳۳ <sup>d</sup>	۱۵/۵۷ <sup>a</sup>
3	0	۲/۸۳ <sup>b</sup>	۱۸/۵۴ <sup>b</sup>	۱۸/۶۶ <sup>c</sup>	۰/۴۰ <sup>e</sup>
3	۱۵	۲/۶۵ <sup>bc</sup>	۱۱/۶۶ <sup>d</sup>	۱۶/۳۳ <sup>d</sup>	۶/۹۷ <sup>c</sup>
3	۳۰	۲/۵۳ <sup>cd</sup>	۱۰/۷۸ <sup>d</sup>	۱۰ <sup>e</sup>	۱۲/۸۰ <sup>b</sup>
					ضریب تغییرات (%)
					منابع تغییرات
					معنی‌داری
					**
					**
					**

حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم معنی‌داری است. \*\* و \* معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد و ns غیر معنی‌دار.

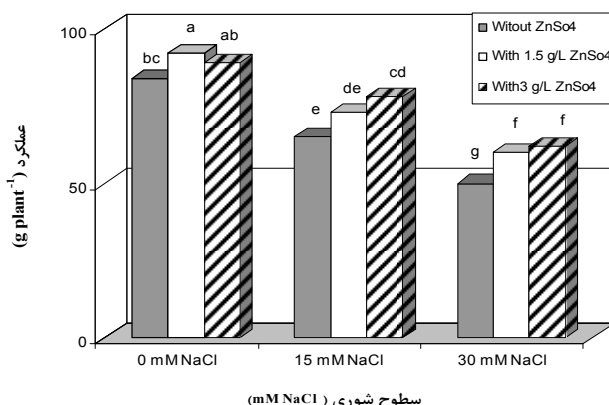
جدول ۲- اثر سطوح مختلف کلرید سدیم و سولفات روی بر وزن تر و خشک میوه و ریشه

سولفات روی (g/L)	NaCl (mM)	وزن تر میوه (g)	وزن خشک میوه (g)	وزن تر ریشه (g)	وزن خشک ریشه (g)
0	0	۵/۰۳ <sup>a</sup>	۰/۴ <sup>b</sup>	۹/۲۰ <sup>b</sup>	۱/۸۲ <sup>bcd</sup>
0	۱۵	۳/۱۳ <sup>c</sup>	۰/۳۳ <sup>c</sup>	۷/۷۸ <sup>c</sup>	۱/۴۵ <sup>de</sup>
0	۳۰	۱/۵۷ <sup>e</sup>	۰/۱۷ <sup>e</sup>	۷/۷۰ <sup>cd</sup>	۰/۹ <sup>f</sup>
1/5	0	۴/۹۳ <sup>a</sup>	۰/۴۱ <sup>ab</sup>	۱۰/۶۳ <sup>a</sup>	۲/۳۳ <sup>a</sup>
1/5	۱۵	۳/۶۷ <sup>b</sup>	۰/۴۰ <sup>ab</sup>	۱۰/۱۳ <sup>a</sup>	۱/۹۳ <sup>ab</sup>
1/5	۳۰	۲/۷۳ <sup>c</sup>	۰/۲۶ <sup>d</sup>	۹/۳۷ <sup>b</sup>	۱/۴۷ <sup>cde</sup>
3	0	۳/۹۳ <sup>b</sup>	۰/۴۴ <sup>a</sup>	۱۰/۱۲ <sup>a</sup>	۱/۹۰ <sup>abc</sup>
3	۱۵	۳/۶۵ <sup>b</sup>	۰/۴۰ <sup>ab</sup>	۹/۲۰ <sup>b</sup>	۱/۷۰ <sup>bcde</sup>
3	۳۰	۲/۰۸ <sup>d</sup>	۰/۱۶ <sup>e</sup>	۷/۱۷ <sup>d</sup>	۱/۳۰ <sup>ef</sup>
					ضریب تغییرات (%)
					منابع تغییرات
					معنی‌داری
					**
					**
					**

حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم معنی‌داری است. \*\* و \* معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد و ns غیر معنی‌دار.

این یافته‌ها با نتایج آزمایشات روی جو و ذرت مطابقت دارد (Abou El-Nour, 2002; Abd El-Hady, 2007). اثرات مثبت روی در رشد گیاه، ممکن است به علت نقش آن به عنوان اجزاء سازنده آنزیم‌ها یا تنظیم‌کننده‌ها باشد. این عنصر نقش ضروری در متابولیسم گیاه دارد (Romheld & Marschner, 1991). وزن تر تک میوه که یکی از اجزای عملکرد است تحت تأثیر شوری کاهش یافت (جدول ۳). نتایج یافته‌های Kaya et al. (2002) نیز نشان داد که در شرایط شوری کلرید سدیم، تعداد و وزن میوه و در نهایت عملکرد کاهش یافت. در این آزمایش، کاربرد روی با افزایش خصوصیات رشد و نمو گیاه، شاخص‌های عملکرد را افزایش می‌دهد. بیشترین عملکرد در تیمار ۱/۵ g/L سولفات روی، بدون وجود کلرید سدیم مشاهده شد.

درصد سوختگی برگ با محلول پاشی روی کاهش یافت (جدول ۱)، که ممکن است به واسطه‌ی نقش روی در جلوگیری از جذب و یا انتقال سدیم و کلر به برگ‌ها باشد (Alpaslan et al., 1999). وزن تر و خشک برگ، ریشه و میوه به طور معنی‌داری تحت تأثیر شوری قرار گرفت (جدول‌های ۱ و ۲). افزایش غلظت نمک، موجب کاهش پتانسیل محلول خاک می‌شود. کاهش ناگهانی در فشار تورژسانس می‌تواند از رشد جلوگیری کند، از طرف دیگر، با کاهش سطح برگ، جذب نور و ظرفیت کل فتوسنتزی گیاه، کاهش می‌یابد که باعث کاهش تأمین آسمیلات لازم برای رشد می‌گردد (Zekri & Parsons, 1990). محلول پاشی روی، وزن تر و خشک برگ، ریشه و میوه را در شرایط شوری به طور کاملاً معنی‌داری افزایش داد.



شکل ۲- اثر سطوح مختلف کلرید سدیم و سولفات روی بر عملکرد

جدول ۳- اثر سطوح مختلف کلرید سدیم و سولفات روی بر تعداد گل، میوه و درصد تشکیل میوه (در بوته)

تعداد میوه	تعداد گل	تشکیل میوه (%)	NaCl (mM)	سولفات روی (g/L)
۱۵/۳۳ <sup>b</sup>	۱۷ <sup>b</sup>	۹۰ <sup>a</sup>	۰	۰
۱۳ <sup>d</sup>	۱۳ <sup>cd</sup>	۹۳ <sup>a</sup>	۱۵	۰
۶ <sup>f</sup>	۸ <sup>f</sup>	۷۵ <sup>d</sup>	۳۰	۰
۱۹/۶۷ <sup>a</sup>	۲۰/۳۳ <sup>a</sup>	۹۷ <sup>a</sup>	۰	۱/۵
۹/۶۷ <sup>de</sup>	۱۱ <sup>de</sup>	۸۸ <sup>abc</sup>	۱۵	۱/۵
۸/۶۷ <sup>ef</sup>	۱۱ <sup>de</sup>	۷۹ <sup>bcd</sup>	۳۰	۱/۵
۱۵ <sup>bc</sup>	۱۵/۳۳ <sup>bc</sup>	۹۸ <sup>a</sup>	۰	۳
۱۲/۳۳ <sup>cd</sup>	۱۴ <sup>c</sup>	۸۸ <sup>ab</sup>	۱۵	۳
۷ <sup>ef</sup>	۹ <sup>ef</sup>	۷۸ <sup>cd</sup>	۳۰	۳
۹/۷۰	۸/۶۴	۵/۱۰		ضریب تغییرات (%)
		معنی‌داری	منابع تغییرات	
**	**	**	NaCl	
**	**	ns	ZnSO <sub>4</sub>	
**	**	**	NaCl×ZnSO <sub>4</sub>	

حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم معنی‌داری است. \* و \*\* معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد و ns غیرمعنی‌دار.

کاهش یافت (جدول ۴). این نتیجه بیانگر این مطلب است که با افزایش شوری سطح برگ کاهش می‌یابد، اما برضخامت آن افزوده می‌شود. روی نیز تحت شرایط شوری تا حدی سطح ویژه برگ را کاهش می‌دهد. این اثر ممکن است در نتیجه ضخیم شدن لایه کوتیکولی در اثر رسوب روی باشد. اثر کلرید سدیم بر میزان نسبی آب برگ معنی‌دار بود (جدول ۴).

مقایسه میانگین داده‌ها نشانگر کاهش شاخص‌های عملکرد در اثر شوری بود، به طوری که با افزایش غلظت کلرید سدیم تعداد گل و میوه، درصد تشکیل میوه و در نهایت عملکرد کاهش یافت (جدول ۳ و شکل ۲). سطح ویژه برگ نیز که شاخصی از ضخامت برگ می‌باشد، تحت تأثیر تیمار شوری قرار گرفت. به طوری که با افزایش غلظت کلرید سدیم، سطح ویژه برگ

جدول ۴- اثر سطوح مختلف کلرید سدیم و سولفات روی بر سطح ویژه برگ، محتوای رطوبت نسبی، پرولین، شاخص کلروفیل و نشت الکترولیت

سولفات روی (g/L)	NaCl (mM)	سطح ویژه برگ (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	میزان نسبی آب برگ (%)	پرولین (mg/g)	شاخص کلروفیل	نشت الکترولیت (%)
.	.	۹۰/۹۱ <sup>a</sup>	۷۷/۵۲ <sup>a</sup>	۱۸/۴۶ <sup>c</sup>	۳۹/۹ <sup>ab</sup>	۵۳/۵۱ <sup>c</sup>
.	۱۵	۶۲/۰۲ <sup>d</sup>	۶۸/۱۲ <sup>c</sup>	۴۰/۵۱ <sup>b</sup>	۳۹/۰۲ <sup>ab</sup>	۷۶/۶۹ <sup>ab</sup>
.	۳۰	۶۰/۴۷ <sup>d</sup>	۶۷/۱۴ <sup>c</sup>	۴۸/۴۷ <sup>ab</sup>	۳۴/۸۷ <sup>b</sup>	۷۹/۶۸ <sup>a</sup>
۱/۵	.	۹۲/۱۹ <sup>a</sup>	۷۶/۳۰ <sup>ab</sup>	۲۰/۳۲ <sup>c</sup>	۴۱/۴۲ <sup>a</sup>	۴۸/۲۵ <sup>c</sup>
۱/۵	۱۵	۷۵/۷۸ <sup>c</sup>	۷۴/۲۸ <sup>bc</sup>	۳۷/۹۷ <sup>b</sup>	۴۱/۷۵ <sup>a</sup>	۷۴/۹۱ <sup>ab</sup>
۳	۳۰	۵۹/۵۵ <sup>d</sup>	۷۱/۵۸ <sup>d</sup>	۶۲/۷۳ <sup>a</sup>	۳۸/۶۸ <sup>ab</sup>	۷۶/۸۸ <sup>ab</sup>
۳	.	۸۳/۱۴ <sup>b</sup>	۷۸/۱۹ <sup>a</sup>	۱۹/۰۲ <sup>c</sup>	۴۲/۷۵ <sup>a</sup>	۴۶/۶۸ <sup>c</sup>
۳	۱۵	۶۴/۷۷ <sup>d</sup>	۷۳/۴۳ <sup>cd</sup>	۴۰/۸۳ <sup>b</sup>	۴۲/۳۳ <sup>a</sup>	۷۳/۹۷ <sup>ab</sup>
۳	۳۰	۵۸/۴۵ <sup>d</sup>	۷۳ <sup>cd</sup>	۶۵/۶۳ <sup>a</sup>	۴۱/۱۳ <sup>a</sup>	۷۰/۱۵ <sup>b</sup>
ضریب تغییرات (%)		۵/۷۶	۱/۳۷	۸/۷۸	۵/۵۱	۶/۴۶
منابع تغییرات		معنی‌داری				
NaCl		**	**	**	**	**
ZnSO <sub>4</sub>		**	**	ns	**	**
NaCl×ZnSO <sub>4</sub>		**	**	**	**	**

حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم معنی‌داری است. \*\* و \* معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد و ns غیر معنی‌دار.

اما کاربرد روی بر آن بی‌تأثیر بود (جدول ۴). پرولین به عنوان بخشی از راهبرد مقاومت در برابر تنش برای برخی از غلات مانند برنج و سورگوم و جو ثابت شده است (Lauchli & Epstein, 1984). پرولین به سرعت تغییرات محیط آبی سلول را تنظیم می‌کند و از طریق تنظیم اسمزی از تلفات آب برگ‌ها جلوگیری می‌کند. انباشت پرولین واکنش سریعی نسبت به تغییرات وضعیت آبی (RWC) و پتانسیل آب برگ‌ها نشان می‌دهد و با کاهش رشد در بخش هوایی همراه است (Rajagopal et al., 1977). بنابراین افزایش میزان پرولین، تحت شرایط تنش، با کاهش RWC منطبق است. شاخص کلروفیل برگ با افزایش غلظت کلرید سدیم کاهش یافت، کاربرد روی تا حدی موجب افزایش شاخص کلروفیل شد (جدول ۴). کاهش غلظت کلروفیل

به طوری که با افزایش غلظت کلرید سدیم میزان نسبی آب برگ کاهش یافت. میزان نسبی آب برگ شاخص مناسبی از وضعیت آبی گیاه است. کاهش میزان نسبی آب برگ می‌تواند در نتیجه کاهش دسترسی به آب، در اثر افزایش پتانسیل اسمزی ناشی از وجود نمک باشد. برگ‌هایی که در شرایط کاهش پتانسیل آب خاک، RWC بیشتری دارند، مقاومت بیشتری در مقابل اتلاف آب سلولی خواهند داشت. توانایی حفظ RWC بالاتر در هر پتانسیل آبی، بیانگر استحکام دیواره سلول‌ها و تحمل آنها در برابر فروپاشی متأثر از تلفات تنش می‌باشد (Khan et al., 1994). روی با افزایش پایداری غشا، وضعیت آبی گیاه را بهبود بخشیده و میزان نسبی آب برگ را افزایش می‌دهد. میزان پرولین در برگ‌ها تحت تأثیر شوری و اثرات متقابل روی و شوری افزایش یافت،

جدول ۵- اثر سطوح مختلف کلرید سدیم و سولفات روی بر محتوای ویتامین ث، مواد جامد محلول، pH، اسیدیته و سفتی

سولفات روی (g/L)	NaCl (mM)	محتوای ویتامین ث (mg/g)	مواد جامد محلول (%)	pH	اسیدیته (%)	سفتی (N)
	۰	۰/۳۶	۹/۶۷	۳/۴۶	۰/۶۰ <sup>c</sup>	۰/۸۵
	۱۵	۰/۳۰	۹/۴۳	۳/۴۸	۰/۸۰ <sup>b</sup>	۰/۸۵
	۳۰	۰/۳۰	۹/۴۳	۳/۴۸	۰/۸ <sup>b</sup>	۰/۹۵
	۰	۰/۳۱	۹/۱۸	۳/۵۱	۰/۸۷ <sup>b</sup>	۰/۸۲
	۱۵	۰/۳۴	۹/۵۳	۳/۴۹	۰/۸۷ <sup>b</sup>	۰/۸۸
۱/۵	۳۰	۰/۳۷	۸/۸۲	۳/۴۰	۱ <sup>a</sup>	۰/۸۷
	۰	۰/۳۴	۹/۵۳	۳/۴۹	۰/۸۷ <sup>b</sup>	۰/۹۱
	۱۵	۰/۳۲	۸/۴۰	۳/۵۱	۱ <sup>a</sup>	۰/۹۵
۳	۳۰	۰/۳۸	۹/۴۷	۳/۶۰	۰/۹ <sup>ab</sup>	۰/۹۸
ضریب تغییرات (%)		۱۴/۴۷	۹/۷۹	۳/۱۸	۴/۷۲	۵/۶۰
منابع تغییرات		معنی‌داری				
NaCl		ns	ns	ns	**	ns
ZnSO <sub>4</sub>		ns	ns	ns	**	ns
NaCl×ZnSO <sub>4</sub>		ns	ns	ns	**	ns

حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم معنی‌داری است. \* و \*\* معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد و ns غیر معنی‌دار.

طور کلی با افزایش روی و کلرید سدیم، اسیدیته قابل تیتراسیون افزایش یافت. Anna & Elke (2008) گزارش کردند که شوری، اسیدیته قابل تیتراسیون توت‌فرنگی را افزایش داد. دیگر خصوصیات کیفی میوه تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت.

#### نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که محلول پاشی سولفات روی در شرایط شوری، به طور معنی‌داری رشد و عملکرد را افزایش داد و تیمار ۳g/L به عنوان بهترین تیمار معرفی می‌گردد. به طور کلی، اثرات مفید روی، هنگامی که گیاه در معرض تنش قرار گرفته، نمایان می‌باشد، بنابراین استفاده از آن، در شرایط انواع تنش‌ها، شایان توجه بیشتری است.

در واحد سطح، ممکن است به دلیل تغییر متابولیسم نیتروژن در رابطه با ساخت ترکیباتی نظیر پرولین باشد که در تنظیم اسمزی به کار می‌رود (De La Rosa- Ibarra & Maiti, 1995). افزایش تولید پرولین موجب می‌شود تا گلوتامات که پیش‌ماده ساخت کلروفیل و پرولین است، کمتر در مسیر بیوسنتز کلروفیل شرکت داشته باشد. افزایش غلظت کلرید سدیم اثر افزایش معنی‌داری بر نشت الکترولیت داشت (جدول ۴). این یافته مشابه نتایج به دست آمده بر روی گیاه برنج و توت‌فرنگی بود (Lutts et al., 1996 & Kaya et al., 2002). محلول پاشی روی با حفظ ثبات غشاهای سلولی، موجب کاهش نشت الکترولیت شد.

از بین خصوصیات کیفی میوه، فقط اسیدیته قابل تیتراسیون تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت (جدول ۵). به

## REFERENCES

1. Abd El-Hady, B. A. (2007). Effect of Zinc application on growth and nutrient uptake of barley plant irrigated with saline water. *Journal of Applied Sciences Research*, 3(6), 431-436.
2. Abou El-Nour, E. A. A. (2002). Growth and nutrient contents response of maize to foliar nutrition with micronutrients under irrigation with saline water. *Journal of Biological Sciences*, 2, 92-97.
3. Alpaslan, M., Inal, A., Gunes, A., Cikili, Y. & Oscan, H. (1999). Effect of zinc treatment on the alleviation of sodium and chloride injury in tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) Mill. Cv. Late grown under salinity. *Turkish Journal of Botany*, 23, 1-6.
4. Anna, J. K. & Elke, P. (2008). Quality and nutritional value of strawberry fruit under long term salt stress. *Food Chemistry*, 107, 1413-1420
5. Bates, L. S., Weldren, R. P. & Tear, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress

- studies. *Plant Soil*, 39, 205-207.
6. Baybordi, A. (2006). *Zinc in soils and crop nutrition*. (1<sup>st</sup> ed.). Parivar Press. P. 179. (In Farsi.)
  7. Cakmak, I., Kalayci, M., Ekiz, H., Braun, H. J. & Yilmaz, A. (1999). Zinc deficiency as an actual problem in plant and human nutrition in Turkey: A NATO – Science for Stability Project. *Field Crops Research*, 60, 175-188.
  8. Casierre-posada, F. & Garcia, N. (2005). Growth and dry matter partitioning of salt-stressed strawberry cultivars (*Fragaria* sp.). *Agronomia Colombiana*, 23, 83-90.
  9. Dargan, K., Singh, O. P. & Gupta, L. C. (1982). *Crop production in saline soils*. Oxford and LBH Publishing. Co. Central Soil Salinity Research Institute, pp. 267.
  10. De La Rosa-Ibarra, M. & Maiti, R. K. (1995). Biochemical mechanism in glossy sorghum lines for resistance to salinity stress. *Journal of Plant Physiology*, 146, 515-19
  11. El-Arquan, M.Y., H.El-Hamdi, K. h., Seleem, E. M. & El-Tantawy, I. M. (2002). Nutrient uptake of sugar beet as affected by NPK fertilization and soil salinity levels. *Egyptian Journal of Soil Science*, 42(4), 783-797.
  12. Flowers, T. J., Flowers, S. A. & Greenway, H. (1986). Effects of sodium chloride on tobacco plants. *Plant, cell and Environment*, 9, 645-651.
  13. Goromy, R. & Sharples, S. O. (1985). The effect of modern production metodes on the quality of tomato and apples. *Commision of the European Communities*, pp. 93-102.
  14. Hancock, J. F. (1999). *Strawberries*. CAB International Publishing, New York, USA, pp. 237.
  15. Hoagland, D. R. & Arnon, D. I. (1938). The water culture method for growing plants without soil. *California Agricultural Experiment Station, Circular*, 347, 1-39.
  16. Iqbal, M. & Aslam, M. (1999). Effect of Zn application on rice growth under saline conditions. *International Journal of Agriculture & Biology*, 1(4), 362-365.
  17. Kaya, C., Kirnak, H., Higgs, D. & Saltali, K. (2002). Supplementary calcium enhances plant growth at fruit yield in strawberry cultivars grown at high (NaCl) salinity. *Scientia Horticulturae*, 93, 65-74.
  18. Khan, M. G., Silberbush, M. & Lips, S. H. (1994). Physiological study on salinity and nitrogen interaction in alfalfa. II- photosystem and transpiration. *Journal of Plant Nutrition*, 17, 669-684.
  19. Lauchli, A. & Epstein, E. (1984). How plants adapt to salinity. *California agriculture*, 38, 18-20.
  20. Lutts, S., Kinet, J. M. & Bouharmont, J. (1996). NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Annal of Botany*, 78, 389-398.
  21. Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press. pp. 200-255.
  22. Marschner, I. I. & Cakmak, I. (1986). Mechanism of phosphorus- induced zinc deficiency in cotton. II. Evidence for impaired shoot control on phosphorus uptake and translocation under zinc deficiency. *Physiologia Plantarum*, 68, 491-496.
  23. Mass, E. V., Hoffman, G. J. & Asce, M. (1977). Crop salt tolerance-current assessment. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, 103, 115-134.
  24. Munns, R. (1993). Physiological process limiting plant growth in saline soil: some dogmas and hypotheses. *Plant, Cell and Environment*, 16, 15-24.
  25. Parker, D. R., Aguilera, J. J. & Thomason, D. N. (1992). Zinc- phosphorus Interactions in two cultivars of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) grown in chelator-buffered nutrient solutions. *Plant and Soil*, 143, 163-177.
  26. Rajagopal, V. Balasubramanian, V. & Sinha, K. (1977). Diurnal flucuations in relative water content, nitrate reductase and prolin content in water stressed and non stressed wheat. *Physiologia Plantarum*, 40, 69-71.
  27. Ritchie, S. W. & Nguyen, H. T. (1990). Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science*, 30, 105-111.
  28. Romheld, V. & Marschner, H. (1991). Function of micronutrients in plants. In: Mortvedt, J. J., Shuman, L. M., Welch, R. M. (Eds), *Micronutrients in Agriculture*. Published by Soil Science Society America, Inc. Madison, Wisconsin, USA. pp. 297-328.
  29. Seilsepour, M. (2006). Study of Zinc effects on quantitative and qualitative traits of winter wheat in saline soil condition. *Desert Journal*, 11(2), 17-23. (In Farsi).
  30. Sheykhbagloo1, N., Hassanzadeh Gorttapeh, M., Baghestani, M. & Zand, B. (2009). Study the effect of zinc foliar application on the quantitative and qualitative yield of grain corn under water stress. *Electronic Journal of Crop Production*, 2(2), 59-74. (In Farsi).
  31. Tinker, P. B. & Lauchli, A. (1984). *Advances in plant nutrition*. Academic Publishers. San Diego, CA.
  32. Welch, R. M. (2001). Impact of mineral nutrients in plants on human nutrition on a worldwide scale. *Plant Nutrition-Food Security and Dordrecht, Netherlands*. pp. 284-258.
  33. Welch, R. M., Webb, M. J. & Lonegaran, J. E. (1982). Zinc in membrane function and its role in phosphorus toxicity. In: Scaife A, (ed.) *Proceedings of Ninth Plant Nutrition Colloquium, Warwickshire*,



- England. Slough: Commonwealth Agricultural Bureaux, pp. 710-715.*
34. Zekri, M. & Parsons, L. R. (1990). Comparative effects of NaCl and polyethylene glycol on root distribution, growth and stomatal conductance of sure orange seedling. *Plant and Soil*, 129, 137-143.
  35. Zhao, Y., Aspinall, D. & Paleg, L. G. (1992). Protection of memberane integrity in *Medicago saliva* L. by glycinbetaine against the effects of freezing. *Journal of Plant Physiology*, 140, 541-543.