پیامدهای فیزیولوژیکی کاربرد برگی کلات روی در کشت توت‌فرنگی تحت شرایط تنش شوری

Physiological Consequences of Foliar Application of Zinc Chelate in Strawberry Cultivation under Salt StressCondition

سارا رضی[۱]، منصور غلامی[۲*] و علی عزیزی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۹/۰۶ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۸/۱۹

چکیده

توت‌فرنگی گیاهی حساس به تنش شوری است و در شوری بالا رشد رویشی، کیفیت و عملکرد میوه کاهش می‌یابد. پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر متقابل کلات روی و تنش شوری بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی توت‌فرنگی (*Fragaria ananassa* Duch) رقم سلوا در شرایط گلخانه‌ای و به‌صورت آبکشت به انجام رسید. آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه سطح کلریدسدیم (۳۰mM و ۱۵ ، ۰) و تیمار کلات روی در سه سطح (۸۰ mg/l و۴۰ ،۰) با سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که در شرایط شوری ناشی از کلریدسدیم، میزان نشت الکترولیت برگ افزایش یافت و تیمار کلات روی به‌طور کاملاً معنی‌داری ($p \leq ۰/۰۱$) سبب کاهش آن گردید. محلول‌پاشی کلات روی باعث کاهش میزان پرولین برگ و افزایش مقدار پروتئین محلول، شاخص کلروفیل و محتوای نسبی آب برگ گردید ولی این اثر در شرایط تنش از نظر آماری معنی‌دار نبود. همچنین کلات روی اثر معنی‌داری در افزایش کربوهیدرات‌های محلول در شرایط تنش نشان داد. براساس نتایج حاصل از این پژوهش استفاده از کلات روی در شرایط تنش شوری می‌تواند در تنظیم برخی اثرات منفی تنش شوری ناشی از کلریدسدیم مؤثر واقع شود.

واژه‌های کلیدی: محتوای آب نسبی، نشت الکترولیت، شاخص کلروفیل، پرولین

۱. دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان

۲. استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان

۳. استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان

*: نویسنده مسئول Email: mgholami@basu.ac.ir

مقدمه

رشد و عملکرد گیاه در بسیاری از مناطق دنیا توسط تنش‌های زنده و غیرزنده محدود می‌شود، به همین علت اختلاف قابل‌توجهی بین عملکرد واقعی و عملکرد بالقوه محصولات دیده می‌شود (کافی، ۱۳۷۹). حدود ۲۰٪ زمین‌های کشاورزی و ۵۰٪ زمین‌های درحال کشت در جهان تحت تنش شوری هستند FAO[1] (2009). انتظار می‌رود تا اواسط قرن ۲۱ بیش از ۵۰٪ زمین‌های بارور در اثر شوری از بین بروند (*مانکاندا و گرگ*[2]، 2008). غلظت بالای NaCl باعث ایجاد تنش اکسیداتیو از طریق تولید اکسیژن‌های نوع فعال (ROS[3]) مانند یون سوپراکسید ($O_2^{\cdot-}$)، پراکسیدهیدروژن (H_2O_2) و رادیکال‌های هیدروکسیل (OH) می‌شود (*تانو*[4] و همکاران، 2009).

توت‌فرنگی (*Fragaria ananassa* Duch) از تیره Rosaceae محصولی مهم از نظر تجاری و به‌طور قابل‌توجهی حساس به شوری است. در مطالعه‌های اخیر حساسیت به تنش شوری در برخی ارقام توت‌فرنگی نشان داده شده است (*کیوتجین و پائولزیک*[5]، 2009). براساس گزارش‌های اخیر اعمال تنش شوری سبب افزایش غلظت ترکیبات نیتروژن‌دار مثل آمینواسیدها شده که طعم و کیفیت میوه را تغییر داده است. همچنین شوری باعث کاهش محتوای گلوتاتیون، آنتوسیانین و اسیدآسکوربیک (*کیوتجین و پائولزیک*، 2007). و کاهش میانگین وزن میوه (*کیوتجین و پائولزیک*، 2008). در توت‌فرنگی شد. تغذیه مناسب تحت شرایط تنش می‌تواند تا حدی به گیاه در تحمل تنش‌های مختلف کمک کند. در مطالعه‌های صورت گرفته مشخص شده است که اکثر خاک‌های ایران دارای pH بالا و مقادیر زیادی آهک هستند (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۶). در این نوع خاک‌ها حلالیت عناصر ریزمغذی کم است و همین امر منجر به کاهش قابلیت در دسترس‌بودن این عناصر برای گیاهان می‌شود. تنش شوری باعث برهم‌زدن تعادل تغذیه‌ای در گیاهان می‌شود ولی با تکمیل نیاز به عناصر ریزمغذی از طریق خاک یا محلول‌پاشی، می‌توان وضعیت رشد را در این شرایط تا حدی بهبود بخشید (*سرکار*[6] و همکاران، 2007). تغذیه برگی در زمانی که کمبود مواد غذایی از طریق کاربرد عناصر غذایی در خاک قابل‌اصلاح نیست و فاکتورهای مختلف جذب این عناصر را تحت تأثیر قرار می‌دهند، می‌تواند مفید باشد (*کک مک*[7]، 2008).

عنصر روی یکی از اصلی‌ترین عناصر ریزمغذی مورد نیاز اکثر گیاهان می‌باشد که برای رشد طبیعی و تولیدمثل آن‌ها ضروری بوده و درحال حاضر کمبود آن به‌عنوان یکی از مهم‌ترین کمبود ریزمغذی‌ها در گیاهان رشدیافته در خاک‌های آهکی، شور و خاک‌های سدیمی با pH بالا شناخته شده است (*آلووی*[8]، 2004). در شرایط تنش شوری و در اثر کاهش قابلیت در دسترس‌بودن آب برای گیاه تحت تاثیر غلظت بالای نمک، جذب و غلظت روی در بافت‌ها کاهش می‌یابد. جنک[9] و همکاران (2005) ثابت کردند که اثرات مضر کمبود روی تحت شرایط تنش شوری به‌عنوان یک فاکتور محدودکننده مهم‌تر نسبت به سمیت NaCl در کاهش رشد اثر می‌گذارد. عنصر روی یک ترکیب حیاتی در آنزیم‌ها از جمله گلوتامات دهیدروژناز[10] (GDH)، کاتالاز و سوپراکسیددیسموتاز[11] (SOD) (SOD) محسوب می‌شود و همچنین در سنتز کلروفیل، ایندول ۳-استیک‌اسید (IAA) و پروتئین‌ها نقش دارد (*لی*[12] و همکاران، 2006).

کیو[13]و همکاران (2009) مشخص کردند که افزودن روی می‌تواند از طریق کنترل کانال‌های عبور یون کلر و جلوگیری از جذب آن و در نتیجه، افزایش جذب یون نیترات و با کم‌ترین آسیب به غشای پلاسمایی سبب کاهش خسارت‌های ناشی از تنش شوری در سویا شود.

گزارش شده است که کاربرد روی در شرایط تنش شوری باعث افزایش کلروفیل برگ، محتوای کاروتنوئید، سرعت فتوسنتز خالص در دانهال‌های سویا می‌شود (*کیو* و همکاران، 2009). همچنین نقش مفید روی در کاهش جذب و تجمع سدیم و افزایش غلظت پتاسیم و افزایش نسبت پتاسیم به سدیم در شاخه‌های فلفل توسط *اکتافی*[14] و همکاران (2006) گزارش شده است. عنصر روی به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان برای ROS عمل می‌کند که صدمات ناشی از آنها را روی غشاء تحت استرس شوری، کاهش می‌دهد. همچنین از طریق افزایش انسجام غشاء سلول‌های ریشه مانع جذب و تجمع سدیم می‌شود و به‌عنوان یک ترکیب مهم در بسیاری از آنزیم‌های

1. Food and Agriculture Organization
2. Manchanda and Garg
3. Reactive Oxygene Species (ROS)
4. Tanou
5. Keutgen and Pawelzik
6. Sarkar
7. Cakmak
8. Alloway
9. Genc
10. Glutamate Dehydrogenase
11. Superoxide Dismutase (SOD)
12. Li
13. Qu
14. Aktafi

حیاتی مانند الکل دهیدروژناز، کربونیک‌آنهیدراز[1]، اکسیددیسموتاز، پلیمراز و گلوتاتیون دهیدروژناز حضور دارد و باعث پایداری ساختار پروتئین‌های غشاء و پروتئین‌های متصل به DNA می‌شود (*توللی*[2] و همکاران، 2009). *کک مک* (2000) پیشنهاد کرد که روی می‌تواند با ROS تولید شده توسط NADPH اکسیداز متصل به غشاء ترکیب شود و یک نقش محافظتی آنتی‌اکسیدانی برعلیه اکسیداسیون چندین نوع ترکیب حیاتی در سلول مانند کلروفیل، لیپیدهای غشاء و پروتئین‌ها ایفا کند و با افزایش یکپارچگی غشاء مانع خروج یون پتاسیم از سلول‌های محافظ روزنه شود که باعث افزایش هدایت روزنه‌ای در شرایط شوری می‌شود (*توللی* و همکاران، 2009). اثر مثبت کاربرد برگی روی و منگنز بر مقاومت به شوری در گیاهان مختلف از جمله پایه گلابی *فاتن و وحدان*[3] (2010) و ریحان (*سعید و محمود*[4]، 2010) گزارش شده است.

امروزه پژوهش‌های جدید اغلب با هدف یافتن مکانیزم‌های مقاومت بیشتر به شوری و تحمل تنش و تولید قابل‌قبول محصول تحت شرایط تنش در مواجه با گرم‌شدن زمین انجام می‌شوند (*تورکان و دمیرال*[5]، 2009). بنابراین باتوجه به روند روبه‌رشد شورشدن منابع آب‌وخاک مورد استفاده در کشاورزی و همچنین حساسیت بالای گیاه توت‌فرنگی به تنش شوری، این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی برگی با کلات روی بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه توت‌فرنگی در شرایط تنش شوری ناشی از کلریدسدیم انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی‌سینا انجام شد. بدین‌منظور نشاهای توت‌فرنگی رقم سلوا در فروردین ماه سال ۹۱ به گلدان‌های پلاستیکی حاوی بستر کشت هیدروپونیک، شامل مخلوط پرلایت و کوکوپیت (به نسبت ۱:۱) انتقال یافتند. آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه سطح کلریدسدیم (۳۰ mM و ۱۵ ، ۰) و تیمار کلات روی (Zn-EDTA) در سه سطح (mg/l ۸۰ و۴۰ ،۰) با سه تکرار و هر تکرار شامل دو گیاه انجام شد. پس از رسیدن بوته‌ها به مرحله ۴-۵ برگی، اعمال تیمار شوری آغاز شد. جهت اعمال تیمار، بوته‌ها دو بار در هفته با محلول غذایی هوگلند (*هوگلند و آرنون*[6]، 1938) حاوی غلظت‌های مختلف کلریدسدیم (۲۰۰ میلی‌لیتر محلول غذایی برای هر گلدان) تغذیه شدند. به‌منظور جلوگیری از تجمع نمک در محیط اطراف ریشه، گلدان‌ها یک‌بار در هفته با آب مقطر آبشویی شده و بلافاصله با تیمار مربوطه آبیاری شدند. محلول پاشی بوته‌ها با کلات روی (mg/l ۸۰ و۴۰ ،۰) در دو مرحله (هم‌زمان با اعمال تیمار شوری و در شروع گلدهی) انجام گرفت. پس از رشد گیاهان و در مرحله تمام‌گل[7] در برگ‌های جوان توسعه‌یافته شاخص کلروفیل، کربوهیدرات، محتوای آب نسبی برگ (RWC[8]) ، میزان نشت یونی (EL[9]) ، میزان پرولین و پروتئین محلول اندازه‌گیری شد.

جهت اندازه‌گیری محتوای آب نسبی ابتدا وزن تر (W_f)، ۱۰ دیسک برگی ۱cm×۱cm از برگ‌های کاملاً توسعه‌یافته اندازه‌گیری شد و به‌دنبال آن وزن تورژسانس (W_t) دیسک‌ها با قرار دادن در ویال‌های محتوی آب مقطر و پس از ۴ ساعت اندازه‌گیری شد، سپس دیسک‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۲ درجه قرار داده شد و وزن خشک (W_d) آن‌ها محاسبه شد و در انتها محتوای آب نسبی برگ‌ها از رابطه زیر محاسبه شد (*چارتزولاکیس*[10] و همکاران، 2002):

$$RWC=W_f-W_d/W_t-W_d\times100$$

نشت یونی به روش *لوتز*[11] و همکاران (1995) اندازه‌گیری شد، بدین‌صورت که از برگ‌های کاملاً توسعه‌یافته و شسته شده با آب مقطر دیسک‌های برگی ۱cm×۲cm آماده شد و در لوله‌های آزمایش محتوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر قرار داده شد و پس از ۱۸ ساعت شیک‌شدن EC اولیه قرائت شد و سپس نمونه‌ها به‌مدت ۱۵ دقیقه در اتوکلاو با دمای ۱۲۱ درجه و فشار یک اتمسفر قرار داده شد و EC ثانویه اندازه‌گیری شد و در انتها درصد نشت الکترولیت با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$\text{٪ نشت}=EC_1/EC_2\times100$$

برای اندازه‌گیری کربوهیدرات محلول ۰/۵ گرم از برگ با ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۶٪ و ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۷۰٪ همگن و سانتریفیوژ شد و ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره با ۳ میلی‌لیتر معرف آنترون مخلوط شد پس از ۱۰ دقیقه قرار گرفتن در حمام بن‌ماری جذب نمونه‌ها در طول موج ۶۲۵ نانومتر با دستگاه

1. Carbonic Anhydrase.
2. Tavallali
3. Faten and Wahdan
4. Said and Mahmoud
5. Turkan and Demiral
6. Hoagland and Arnon
7. Full bloom
8. Relative Water Content
9. Electrolyte conductivity
10. Chartzoulakis
11. Lutts

اسپکتروفتومتر (Water's, Carry100) اندازه‌گیری شد (*پاکوئین و لچاسر*[1]، 1979).

(۰/۵ گرم برگ/۱۵ میلی‌لیتر عصاره)×(۱۰۰۰/عدد قرائت شده)= (گرم/میلی‌گرم)کربوهیدرات‌های محلول

به‌منظور اندازه‌گیری میزان کلروفیل برگ ابتدا ۰/۲۵ گرم با ۵ میلی‌لیتر آب مقطر همگن و به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده و ۰/۵ میلی‌لیتر از آن با ۴/۵ میلی‌لیتر استون ۸۰٪ سانتریفیوژ شد و میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۶۴۵ و ۶۶۳ با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه گیری شد (*پورا*[2]، 2002).

$Chl_a\ (mg/ml^{-1}) = (12.25\times A_{663/6}) - (2.55\times A_{646.6})$

$Chl_b\ (mg/ml^{-1}) = (20.31\times A_{646/6}) - (4.91\times A_{663.6})$

$Chl\ total\ (mg/ml^{-1}) = (17.76\times A_{646/6}) - (7.34\times A_{663.6})$

به‌منظور بررسی مقدار پروتئین محلول از روش *برادفورد*[3] (۱۹۷۶) استفاده شد. ۰/۵ گرم برگ به‌مدت ۲۴ ساعت در ۶/۲۵ میلی‌لیتر محلول بافر استخراج قرار داده شد پس از آن نمونه‌ها کوبیده و سانتریفیوژ شد، سپس ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره با ۵ میلی‌لیتر معرف بیورد مخلوط شد و میزان جذب در طول موج ۵۹۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد.

(۰/۵ گرم برگ/۶/۲۵ میلی‌لیتر عصاره)×(۱۰۰۰/عدد قرائت شده) =(گرم/میلی گرم) پروتئین

جهت تعیین میزان پرولین مقدار ۲ میلی‌لیتر از محلول حاصل از ترکیب ۰/۵ گرم بافت برگ با ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک با ۲ میلی‌لیتر اسیداستیک و ۲ میلی‌لیتر ناین‌هیدرین، ترکیب شده و پس از ۲ ساعت قرارگرفتن در حمام بن‌ماری ۴ میلی‌لیتر تولوئن به آن اضافه شد و میزان جذب در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت شد (*بیتس*[4] و همکاران، 1973).

(۱۰۰۰× [(۰/۵ گرم برگ/۱۰ میلی‌لیتر عصاره)×(۱۰۰۰/ عدد قرائت شده)])=(گرم/ میکرومول) پرولین /۱۱۵

تجزیه آماری داده‌ها به روش مدل خطی عمومی (GLM) و به کمک نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

تنش شوری و تیمار کلات روی هر کدام به‌طور جداگانه میزان پروتئین محلول را تحت تأثیر قرار دادند، به‌گونه‌ای‌که کم‌ترین میزان آن در بالاترین سطح شوری و بدون حضور روی بود و بیش‌ترین میزان آن نیز در تیمار بدون شوری و با حضور ۸۰ میلی‌گرم در لیتر کلات روی بود. شوری باعث کاهش سنتز پروتئین‌ها و افزایش هیدرولیز آن‌ها و در نتیجه سبب تولید آمینواسیدها می‌شود (*ملاندر و هورواس*[5]، 1977). این اثر مثبت روی به‌دلیل نقش غیرمستقیم و معنی‌دار آن در سنتز و پایداری پروتئین‌ها و پروتئین‌های متصل‌شده با DNA مانند Zn-fingers می‌باشد (*آراویند و پراساد*[6]، 2004). این تأثیر مفید توسط *تواللی* و همکاران (2009) روی نهال‌های پسته گزارش شد.

نتایج نشان داد که با افزایش سطح کلریدسدیم میزان پرولین برگ افزایش می‌یابد (جدول ۱) که این افزایش با افزایش سطح شوری از ۱۵ میلی‌مولار به ۳۰ میلی‌مولار رابطه مستقیم نشان داد. یکی از مهم‌ترین واکنش‌های گیاهان تحت تنش شوری، تولید و تجمع ترکیبات محلول سازگاری مانند قندهای محلول و اسیدهای‌آمینه آزاد است که دارای وزن مولکولی کم هستند و معمولاً برای گیاهان ایجاد سمیت نمی‌کنند. پرولین جزء اصلی اسیدهای‌آمینه می‌باشد که در سیتوپلاسم سلول تجمع می‌یابد و باعث افزایش تحمل گیاه می‌شود (*پالیچ*[7] و همکاران، 1983). مدارک زیادی از تجمع پرولین تحت تنش شوری وجود دارد که غالباً از آن به‌عنوان شاخص مقاومت به شوری استفاده می‌شود (*اشرف و فولاد*[8]، 2007). بالاترین سطح پرولین در بافت‌های گیاهی تحت تنش شوری به‌عنوان یک شاخص مقاومت به تنش شوری برای انتخاب ژنوتیپ‌ها تفسیر می‌شود. افزایش در پرولین، آسپارتات و آسپاراژین در توت‌فرنگی رقم کرونا و السانتا مشاهده شد که در رقم حساس‌تر به تنش میزان گلوتامات و گلوتامین نیز افزایش یافت (*کیوتجن* و همکاران، 2007). نتایج این آزمایش نشان داد که محلول‌پاشی روی تأثیر مثبتی در جلوگیری از افزایش پرولین داشت ولی اثر متقابل آن با کلریدسدیم معنی‌دار نشد. در گیاه برنج تیمار شده با سولفات‌روی، کاهش در میزان پرولین نسبت به گیاه تیمار نشده مشاهده شد (*صالح و مفتون*[9]، 2008). این اثر محافظتی روی می‌تواند به نقش آن در حفظ یک‌پارچگی ساختار غشاء پلاسمایی و در نتیجه کنترل جذب سدیم و دیگر یون‌های سمی نسبت داده شود که در اثر این امر از بالا رفتن پتانسیل اسمزی جلوگیری شده و به تبع آن نیازی به تولید و تجمع پرولین و دیگر ترکیبات محلول سازگار نمی‌باشد (*کک مک و مارشنر*[10]، 1988).

1. Paquin and Lechasseur
2. Porra
3. Bradford
4. Bates
5. Melander and Horvath
6. Aravind and Prasad
7. Pahlich
8. Ashraf and Foolad
9. Saleh and Maftoun
10. Cakmak and Marschner

جدول ۱: اثر سطوح مختلف کلریدسدیم و کلات روی بر میزان پروتئین محلول، پرولین، میزان آب نسبی، کربوهیدرات محلول و نشت الکترولیت

Table 1: Effect of different levels of Sodium Chloride and Zinc chelate on soluble proteins, proline, relative water content, carbohydrates and electrolyte leakage

کلرید سدیم NaCl (Mm)	کلات روی Zn-EDTA (mg/l)	پروتئین محلول Soluble protein (mg/gr)	پرولین proline (µmol/gr)	میزان آب نسبی برگ (%)Relative water content	نشت الکترولیت(٪) Electrolyte leakage (%)
0	0	0.186^{ab}	13.29^{d}	75.12^{ab}	23^{c}
	40	0.182^{abc}	13.59^{d}	74.49^{ab}	19.57^{c}
	80	0.223^{a}	13.17^{d}	83.47^{a}	15.21^{c}
15	0	0.134^{cd}	21.59^{ab}	66.23^{bc}	38.15^{bc}
	40	0.139^{bcd}	18.78^{bc}	68.09^{bc}	34.32^{c}
	80	0.162^{bcd}	15.48^{cd}	69.33^{bc}	24.76^{c}
30	0	0.118^{d}	24.04^{a}	55.49^{d}	113.32^{a}
	40	0.123^{d}	18.52^{bc}	59.38^{cd}	61.9^{b}
	80	0.138^{bcd}	17.25^{bcd}	64.75^{bcd}	42.7^{bc}

منابع تغییرات Sources changes	معنی‌داری Significance				
Nacl	**	**	**	**	**
Zn-EDTA	*	**	*	**	**
Nacl×Zn-EDTA	ns	ns	ns	ns	**

حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم‌معنی‌داری است. ** و * معنی‌داری به ترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد و ns غیرمعنی‌دار

The same letters in each column indicate no significance. ** and * significant at 1 and 5%,levels respectively and ns: no significant

مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۱) نشان می‌دهد که با افزایش شوری در اثر افزایش پتانسیل اسمزی، محتوای آب نسبی برگ‌ها کاهش یافت. تنش شوری باعث کاهش مقدار آب نسبی، پتانسیل آب و پتانسیل اسمزی گیاهان می‌شود (*پریدا و داس*[1]، 2005). محلول‌پاشی روی به‌طور معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) میزان آب نسبی را افزایش دادکه این می‌تواند به‌دلیل نقش روی در افزایش سطح جذب آب به‌واسطه طویل‌شدن ریشه و همچنین تسهیل انتقال آب و عناصر غذایی در گیاه به‌دلیل افزایش قطر و تعداد آوندها باشد. در نهال پسته تیمار روی توانست میزان آب نسبی را در مقایسه با گیاهان تیمار نشده افزایش دهد (*تواللی* و همکاران، 2009). نقش مفید روی در این زمینه (میزان آب، فعالیت‌های آنزیمی و مقدار پروتئین) می‌تواند به دو دلیل باشد: اول به دلیل عملکرد مثبت روی در فتوسنتز و فعالیت آنزیم کاتالاز، که روی در این رابطه نه‌تنها به‌طور مستقیم نقش تغذیه‌ای دارد بلکه به‌طور غیرمستقیم به‌عنوان جمع‌آوری‌کننده اکسیژن‌های نوع فعال و جلوگیری‌کننده آسیب به غشاءهای حیاتی (شامل غشای پلاسمایی، غشاء کلروپلاست، غشاء تیلاکوئید و ..) عمل می‌کند و دوم اینکه روی با افزایش نفوذپذیری غشاء سلول‌های ریشه مانع جذب و تجمع سدیم در شاخساره می‌شود (*تواللی* و همکاران، 2009).

1. parida and Das

جدول ۲: اثر سطوح مختلف کلریدسدیم و کلات روی بر کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و میزان کربوهیدرات‌های محلول
Table 2: The effect of different levels of Sodium Chloride and Zinc chelate on chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and soluble carbohydrates

کلرید سدیم NaCl (Mm)	کلات روی Zn-EDTA (mg/l)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg/ml)	کلروفیل b chlorophyll b (mg/ml)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg/ml)	کربوهیدرات Charbohydrate (mg/gr)
0	0	1.32^{b}	0.47^{b}	1.65^{b}	8.22^{d}
	40	1.33^{b}	0.49^{b}	1.83^{b}	17.84^{bc}
	80	1.86^{a}	0.98^{a}	2.71^{a}	14.48^{dc}
15	0	1.04^{bcd}	0.27^{b}	1.29^{bc}	24.3^{b}
	40	0.95^{bcd}	0.34^{b}	1.45^{bc}	20.68^{bc}
	80	1.23^{bc}	0.37^{b}	1.74^{b}	21.58^{bc}
30	0	0.62^{d}	0.07^{b}	0.66^{c}	25.43^{b}
	40	0.73^{cd}	0.1^{b}	0.97^{bc}	25.84^{b}
	80	1.04^{bcd}	0.22^{b}	1.09^{bc}	39.5^{a}

منابع تغییرات Sources changes	معنی‌داری Significance			
Nacl	**	**	**	**
Zn-EDTA	**	*	*	**
Nacl×Zn-EDT	ns	ns	ns	*

حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم‌معنی‌داری است ** و * معنی‌داری در سطح ۱ و ۵ درصد و ns غیرمعنی‌دار
The same letters in each column indicate lack of significance. ** and * significant at 1 and 5%,respectively and ns: not significant

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تنش شوری اثر افزاینده و معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) بر میزان نشت الکترولیت گیاه دارد به‌طوری‌که با افزایش غلظت کلریدسدیم از ۱۵ میلی‌مولار به ۳۰ میلی‌مولار میزان نشت نیز افزایش می‌یابد (جدول ۱). نتایج *کارلیداگ*[1] و همکاران (2001) نیز همین اثر را تائید می‌کند. تنش شوری موجب صدمه به غشاء سلول و نشت الکترولیت می‌شود و لذا حفظ تمامیت غشای سلولی تحت تنش شوری به‌عنوان بخش جدایی‌ناپذیر از تحمل به تنش شوری محسوب می‌شود(*استیونز*[2] و همکاران، 2006). از طرفی تیمار کلات روی باعث کاهش میزان نشت الکترولیت شد به‌گونه‌ای‌که در بالاترین غلظت کلات روی و در شوری‌های ۰، ۱۵ و ۳۰ میلی‌مولار به‌ترتیب ۳۳/۸۶، ۳۵/۰۹ و ۶۲/۳۱ درصد میزان نشت را کاهش داد. این اثر روی به‌دلیل نقش آن در جلوگیری از آسیب غشاء توسط ROS و همچنین اثر آن در پایداری ساختار پروتئین‌های غشاء و حفظ انسجام غشاء سلول‌ها تحت تنش شوری است (*تواللی* و همکاران، 2009). از دست رفتن تمامیت غشاء و افزایش نفوذپذیری آن تحت شرایط فقدان روی در بسیاری از گونه‌های گیاهی گزارش شده است (*کک مک*، 2000).

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان‌دهنده کاهش مقدار کلروفیل a، b و کلروفیل کل در توت‌فرنگی تحت تأثیر تنش شوری بود (جدول ۲). شوری اغلب منجر به کاهش محتوای کلروفیل و سرعت فتوسنتز می‌شود (*کائو*[3] و همکاران، 2006). کاهش غلظت کلروفیل می‌تواند به‌دلیل تغییر متابولیسم نیتروژن در رابطه با ساخت ترکیباتی نظیر پرولین باشد که در تنظیم اسمزی به‌کار می‌رود (*دلا رزا و مایتی*[4]، 1995). افزایش تولید

1. Karlidag
2. stevens
3. Kao
4. De La Rosa and Maiti

پرولین موجب می‌شود تا گلوتامات که پیش‌ماده ساخت کلروفیل و پرولین است، کمتر در مسیر بیوسنتز کلروفیل شرکت داشته باشد. تیمار کلات روی سبب افزایش میزان کلروفیل در برگ‌ها شد. تیمار روی در دانهال‌های سویا باعث جبران اثرات منفی تنش شوری بر کاهش میزان کلروفیل و کاروتنوئید شد که این اثر به نقش محافظتی روی بر غشاء تیلاکوئید در مقابل آسیب پراکسیداتیوی و در نتیجه جلوگیری از تخریب پروتئین‌های تیلاکوئیدی نسبت داده شده است (کیو و همکاران، 2009). روی به‌طور مستقیم بر تشکیل کلروفیل مؤثر نیست اما می‌تواند بر غلظت عناصر غذایی درگیر در تشکیل کلروفیل یا عناصری که قسمتی از مولکول کلروفیل هستند مانند آهن و منیزیم مؤثر باشد (*کایا و هیگس*[1]، 2002). در تحقیقی بر روی گلرنگ، محلول پاشی با روی و منگنز موجب افزایش کلروفیل شد که این امر می‌تواند به‌علت نقش این عناصر در متابولیسم نیتروژن و ساخت کلروفیل باشد (موحدی‌دهنوی[2] و همکاران، 2009). گزارش شده که کاربرد روی در شرایط تنش شوری باعث افزایش کلروفیل برگ، محتوای کاروتنوئید، سرعت فتوسنتز خالص، هدایت روزنه‌ای، افزایش غلظت CO_2 بین سلولی در نهال‌های سویا می‌شود کیو و همکاران (2009). همچنین گزارش شده که روی برای تولید کلروفیل و باروری، جوانه‌زنی و عملکرد دانه گرده مورد نیاز می‌باشد (*کک مک*، 2008 و *پاندی*[3]، 2006).

میزان کربوهیدرات محلول به‌طور معنی‌داری توسط تنش تحت تاثیر قرار گرفت و تیمار کلات روی نیز به‌طور معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۱$) بر آن اثر داشت به‌گونه‌ای‌که کم‌ترین میزان کربوهیدرات محلول در گیاهان شاهد و بدون حضور روی و بیش‌ترین میزان آن در شوری ۳۰ میلی‌مولار و در حضور ۸۰ میلی‌گرم در لیتر کلات روی بود.

روی عنصری ضروری و کم‌مصرف است که در شش گروه از آنزیم‌های گیاهی (اکسیدوردوکتازها، ترانسفرازها، لیازها، ایزومرازها، هیدرولازها و لیگازها) شرکت داشته و بنابراین در سنتز پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها، متابولیسم سلول، محافظت غشاء از رادیکال‌های آزاد اکسیژن و سایر فرایندهای مرتبط با امر سازگاری گیاهان به تنش‌ها نقش مهمی ایفا می‌کند (*همانترانجان*[4]، 1996). مطالعات بیوشیمیایی نشان داده است که در تنش‌های شوری و خشکی تعدادی از ترکیبات آلی (محلول‌های سازگار) در گیاهان تجمع می‌نمایند، این ترکیبات تداخلی در فرایندهای بیوشیمیایی گیاه وارد نمی‌کنند. از این ترکیبات می‌توان به انواعی از کربوهیدرات‌های محلول (مانیتول، ساکاروز، رافینوز و الیگوساکاریدها) و ترکیبات نیتروژنه (اسیدآمینه، پرولین و گلیسین‌بتائین) اشاره کرد. ترکیبات سازگارکننده نقش مهمی در بهبود تنظیم اسمزی گیاهان تحت تنش دارند و می‌توانند در ادامه انجام فرایندهای رشد به گیاه کمک کنند (*گود و زاپلاچینیسکی*[5]، 1994).

نتیجه‌گیری کلی

در شرایط شوری ناشی از کلریدسدیم، میزان نشت الکترولیت برگ افزایش یافت و تیمار کلات روی به‌طور کاملاً معنی‌داری سبب کاهش آن گردید. محلول‌پاشی کلات روی باعث کاهش میزان پرولین برگ و افزایش مقدار پروتئین محلول، شاخص کلروفیل و محتوای نسبی آب برگ در شرایط بدون تنش گردید. همچنین کلات روی اثر معنی‌داری در افزایش کربوهیدرات‌های محلول در شرایط تنش نشان داد. براساس نتایج حاصل از این پژوهش استفاده از کلات روی در شرایط تنش شوری می‌تواند در تنظیم برخی اثرات منفی تنش شوری ناشی از کلریدسدیم مؤثر واقع شود.

1. Kaya and Higgs
2. Movahhedy-Dehnavy
3. panday
4. Hemantaranjan
5. Good

منابع

ملکوتی، م .ج. و غیبی، م. ۱۳۷۶. تعیین حد بحرانی عناصر غذایی محصولات استراتژیک و توصیه کودی در کشور. انتشارات آموزش کشاورزی، کرج

کافی، م. و مهدوی دامغانی، ع. ۱۳۷۹. مکانیسم‌های مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۴۶۷ صفحه. (برگردان)

Aktafi, H., Abak, K., Özturk, L. and Çakmak, I. 2006. The effect of zinc on growth and shoot concentrations of sodium and potassium in pepper plants under salinity stress. Turk Journal of Agriculture and Forestry, 30: 407-412.

Alloway, B. J. 2004. Zinc in Soils and Crop Nutrition. Int. Zinc Assoc. (IZA), Belgium, 128p.

Aravind, P. and Prasad, M. N. V. 2003. Zinc alleviates cadmium-induced oxidative stress in *Ceratophyllum demersum* L.: a free floating freshwater macrophyte. Plant Physiology ang Biochemistry, 41: 391-397.

Ashraf, M., and Foolad, M. R. 2007. Roles of glycine betaine and Proline in improving plant abiotic strees resistance. Experimental and Enviromental Botany, 59: 206-216.

Bates, L. S., Waldern, R. P. and Teare, M. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil, 39: 205-207.

Bradford, M. M. 1976. A rapid sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye bindin. Annals of Biochemistry, 72: 248-254.

Cackmak, I. 2000. Possible roles of Zinc in protecting plant cell from damage by reactive oxygene species. New Phytology, 146: 185-205.

Cakmak, I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification?. Plant Soil, 302: 1-17.

Cakmak, I., Marschner, H. 1988. Enhanced superoxide radical production in roots of zinc deficient plants. Journal of Experimental Botany, 39: 1449-1460.

Chartzoulakis, K., Loupassaki, M., Bertaki, M. and Androulakis, I. 2002. Effect of NaCl on growth ion content and Co_2 assimilation rate of sin olive cultivars. Scientia Horticulturae, 96: 235-246.

De La Rosa-Ibarra, M. and Maiti, R. K. 1995. Biochemical mechanism in glossy Sorghum lines for resistance to salinity stress. Journal of Plant Physiology, 146: 515-519.

Faten, H. M. I. and Wahdan, M. T. 2010. Effect of spraying with some nutrient elements on tolerance beachilyfolia pear rootstock to salinity**.** Journal of American Science, 6(12):1647-1654.

FAO, 2009. Global network on integrated soil management for sustainable use of salt affected soils. FAO Land and Plant Nutrition Management Service, Rome. Italy. www. Fao.org/ag/agl/spush.

Genc, Y., McDonald, G. K. and Graham, R. D. 2005. The interactive effects of zinc and salt on growth of wheat. In: Li, C. J., *et al.* (Eds.), plant nutrition for food security human health and environmental protection. Tsinghua University Press, Beijing, China, pp. 548-549.

Good, A. and Zaplachiniski, S. 1994. The effect of drought on free amino acid accumulation and protein synthesis in *Brassica napus*. Physiologiae Plantarum, 90: 9-14.

Hemantaranjan, A. 1996. Physiology and biochemical significance of zinc in plants. In: Advancement in Micronutrient Research, Ed. Hemanteranjan, A. Scientific Publishers, Joudhpur, Rajasthan, India, pp: 151-178.

Hoagland, D. R. and Arnon, D. I. 1938. The water culture method for growing plants without soil. California Agricultural Experiment Station, Circular, 347: 1-39.

Karlidag, H., Yildirim, E. and Turan, M. 2011. Role of 24-epibrassinolide in mitigating the adverse effects of salt stress on stomatal conductance, membrane permeability, and leaf water content, ionic composition in salt stressed strawberry (*Fragaria×ananassa*). Scientia Horticulture, 130: 133-140.

Kao, W. Y., Tsai, T. T., Tsai, H. C. and Shih, C. N. 2006. Response of three *Glycine* species to salt stress. Environmental and Experimental Botany, 56: 120-125.

Kaya, C. and 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: 64-53.

Keutgen, A. J. and Pawelzik, E. 2007. Modifications of strawberry fruit antioxidants pools and fruit quality under NaCl stress. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 55: 4066-4072.

Keutgen, A. J. and Pawelzik, E. 2008. Contribution of amino acids to strawberry fruit quality and their relevance as stress indicators under NaCl salinity. Food Chemistry, 111: 642-647.

Keutgen, A.J. and Pawelzik, E. 2009. Impacts of NaCl stress on plant growth and mineral nutrient assimilation in two cultivars of strawberry. Environmental and Experimental Botany, 65: 170-176.

Li, W. Y. F., Wong, F. L., Tsai, S. N., Tsai, S. N., Phang, T. H., Shao, G. H. and Lam, H. M. 2006. Tonoplast-located GmCLC1 and GmNHX1 from soybean enhance NaCl tolerance in transgenic bright yellow (by)-2 Cells. Plant Cell Environment, 29: 1122-1137.

Lutts, S., Kinet, J. M. and Bouharmont, J. 1995. Changes in plant response to NaCl, during development of rice varieties differing in salinity resistance. Journal of Experimental Botany, 46: 1843-1852.

Manchanda, G. and Garg, N. 2008. Salinity and its effect on the functional biology of legumes. Acta Physiologiae Plantarum, 30: 595-618.

Melander, W., Horvath, C., 1977. Salt effects on hydrophobic interactions in pre- cipitation and chromatography of proteins: an interpretation of the lyotropic series. Archives of Biochemistry and Biophysics, 183: 200-215.

Movahhedy-Dehnavy , M., Modarres-Sanavy, S. A. M. and Mokhtassi-Bidgoli, A. 2009. Foliar application of zinc and manganese improves seed yield and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under water deficit stress. Inndustrial Crop and Products, 30: 82-92.

Pahlich, E., Kerres, R. and Jager, H. J. 1983. Influence of water stress on the vacuole and extra vacuole distribiution of proline in protoplast of *Nicotiana rustica.* Plant physiology, 72: 590-591.

Pandey, N., Pathak, G. C. and Sharma, C. P. 2006. Zinc is critically required for pollen function and fertilisation in lentil. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 20: 89-96.

Paquin, R. and Lechasseur, P. 1979. Observations sur une methode de dosage de la praline libre dansles extraits de plants. Canadian. Journal of Botany, 57: 1851-1854.

Parida, A. K. and Das, A. B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety, 60: 324-349.

Porra, R. J. 2002. The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls a and b. Photosynthesis Research, 73: 149-156.

Qu, Y. N., Zhou, Q. and Yu, B. J. 2009. Effects of Zn^{2+} and niflumic acid on photosynthesis in *Glycine soja* and *Glycine max* seedlings under NaCl stress. Environmental and Experimental Botany, 65: 304-309.

Said-Al Ahl, H. A. H. and Mahmoud, A. 2010. Effect of zinc and/or iron foliar application on growth and essential oil of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) under salt stress**.** Ozean Journal of Applied Sciences, 3(1): 1943-2429.

Saleh, J. and Maftoun, M. 2008. Interactive effects of NaCl levels and Zinc sources and levels on the growth and mineral composition of rice. Journal of Agricultural Sciences and Technology, 10: 325-336.

Sarkar, D., Mandal, B. and Kundu, M. C. 2007. Increasing use efficiency of boron fertilisers by rescheduling the time and methods of application for crops in India. Plant Soil, 301: 77-85.

Stevens, J., Senaranta, T. and Sivasithamparam, K. 2006. Salicylic acid induces salinity tolerance in tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Roma) associated changes in gas exchange, water relations and membrane stabilisation. Plant Growth Regulation, 49: 77-83.

Tanou, G., Molassiotis, A. and Diamantidis, G. 2009. Induction of reactive oxygen species and necrotic death-like destruction in strawberry leaves by salinity. Environmental and Experimental Botany, 65: 270-281.

Tavallali, V., Rahemi, M., Maftoun, M., Panahi, B., Karimi, S., Ramezanian, A. and Vaezpour, M. 2009. Zinc influence and salt stress on photosynthesis, water relations, and carbonic anhydrase activity in pistachio. Scientia Horticulturae, 123: 272-279.

Türkan, I. and Demiral, T. 2009. Recent developments in understanding salinity tolerance. Environmental and Experimental Botany, 67: 2-9.

Physiological Consequences of Foliar Application of Zinc Chelate in Strawberry Cultivation under Salt Stress Condition

Razi[1], S., Gholami[2*], M. and Azizi[3], A.

Abstract

Strawberry is a sensitive plant to salinity and saline conditions. Salinity affects growth, yield and fruit quality. This study aimed to investigate the interaction of chelated Zinc (Zn-EDTA) and salinity effects on some physiological characteristics of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch) cv. Selva. A greenhouse experiment was carried out under hydroponic conditions. The experimental design was conducted as a factorial experiment using completely randomized design, with three levels of Sodium Chloride (0, 15 and 30 mM) and also three levels of chelated Zinc (0, 40, and 80 mg/l) as a foliar spray, each in three replications. The results showed that leaf electrolyte leakage increased under NaCl salinity and zinc chelate treatment was able ($p \leq 0.01$) to reduce it significantly. Foliar application of chelated zinc reduced leaf proline content and increased leaf soluble proteins level, chlorophyll index and leaf relative water content. However, this effect was not statistically significant in terms of stress conditions. Chelated Zinc also showed a significant effect on increasing leaf soluble carbohydrates under stress condition. Based on the results of the present study, foliar application of chelated Zinc could be suggested for reducing salt stress induced effects on strawberries cultivated at this condition.

Keywords: Relative water content, Electrolyte leakage, Chlorophyll index, Proline

1. MSc student, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan.
2. Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan
3. Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan
*: Corresponding author Email: mgholami@basu.ac.ir