اثر تنش شوری بر عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیکی و بیوشیمیایی توت‌فرنگی رقم "کاماروزا"

The Effect of Salinity Stress on Fruit Yield and some Physical and Biochemical Characteristics of Strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) cv. "Camarosa"

مظفر دولتشاه[۱]، عبدالحسین رضایی‌نژاد[۲]* و منصور غلامی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۳/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۴/۱۶

چکیده

شوری یکی از مهمترین تنش‌های محیطی است که رشد و عملکرد گیاهان را محدود می‌کند. یکی از روش‌های غلبه بر مشکلات تنش شوری، شناخت میزان تحمل شوری گیاهان زراعی و باغی می‌باشد. در این پژوهش جهت ارزیابی تأثیر شوری بر عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیکی و بیوشیمیایی توت‌فرنگی رقم "کاماروزا"، آزمایشی با پنج سطح شوری (۰، ۷/۵، ۱۵، ۳۰و ۴۵ میلی‌مولار کلریدسدیم) در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در شرایط گلخانه‌ای و به‌صورت کشت بدون خاک انجام شد. نتایج نشان داد که شوری اثر معنی‌داری بر عملکرد، وزن میوه و تعداد میوه داشت. بیشترین عملکرد، وزن تک میوه و تعداد میوه به‌ترتیب با ۱۰۶/۴۶ گرم در بوته، ۸/۶۳ گرم و ۱۲/۲۵ عدد در بوته در تیمار شاهد و کمترین آن‌ها به‌ترتیب با ۵۴/۵۱ گرم در بوته، ۶/۴۶ گرم و ۸/۳۱ عدد در بوته در تیمار ۴۵ میلی‌مولار کلریدسدیم مشاهده گردید. تیمار شوری باعث کاهش محتوای نسبی آب و کلروفیل و افزایش میزان کربوهیدرات‌های محلول و پرولین برگ شد. در اثر شوری میزان پروتئین‌های محلول برگ در تیمار ۴۵ میلی‌مولار به مقدار ۲۶/۵ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. به‌طورکلی عملکرد و بیشتر ویژگی‌های فیزیکی و بیوشیمیایی توت‌فرنگی رقم "کاماروزا" تا سطح شوری ۱۵ میلی‌مولار نمک طعام (هدایت الکتریکی ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر) نسبت به شاهد (هدایت الکتریکی ۱/۲ دسی زیمنس بر متر) تفاوت معنی‌داری نداشت.

واژه‌های کلیدی: پرولین، شوری، عملکرد، کربوهیدرات، کلروفیل

۱. دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان
۲. استادیار گروه تولیدات گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان، خرم‌آباد
۳. استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان
*: نویسنده مسئول Email: Rezaeinejad.Hossein@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

توت‌فرنگی در سطح وسیعی از جهان کشت می‌شود و میوه‌ای است که زود به بار نشسته و در فاصله کوتاهی بعد از کاشت، محصول می‌دهد. میوه رسیده توت‌فرنگی دارای ترکیباتی نظیر پروتئین، فیبر، قندهایی مثل فروکتوز، گلوکز، ساکارز، اسیدهای آلی مثل اسید سیتریک و اسید مالیک، ویتامین‌های ث، آ، تیامین، ریبوفلاوین و نیاسین، عناصر معدنی مانند پتاسیم، کلسیم، فسفر و آهن و همچنین ترکیبات فنولی و آنتوسیانین می‌باشد (*شارما*[1]، 2002). رقم "کاماروزا"[2] یکی از ارقام بسیار مهم در جهان، زودرس، میوه درشت و سفت، پر محصول و با قدرت رشد بالا می‌باشد (بهنامیان و مسیحا، ۱۳۸۴). توت‌فرنگی گیاهی حساس به شوری است که عملکرد آن بسته به رقم، از یک تا دو دسی‌زیمنس بر متر به بالا شروع به کاهش کرده و به ازای افزایش هر یک دسی‌زیمنس بر متر شوری ۳۳٪ کاهش عملکرد دارد (*ماس*[3] و همکاران، 1997؛ *مارتینز باروسو و آلوارز*[4]، 1997). یکی از عوامل مؤثر در رشد و میزان عملکرد توت‌فرنگی کیفیت آب مصرفی و خاک مورد نیاز این گیاه می‌باشد و چنان‌چه غلظت کلریدسدیم افزایش یابد از عملکرد آن به شدت کاسته می‌شود. از آن‌جایی‌که کلریدسدیم محلول‌ترین و فراوان‌ترین نمک موجود می‌باشد، شگفت‌آور نیست که تمامی گیاهان مکانیسم‌هایی به منظور کنترل انباشت آن اتخاذ نمایند (*مانس*[5]، 2002). سیدلر فاطمی و همکاران (۱۳۸۸) با بررسی اثر تنش شوری بر روی توت‌فرنگی رقم "سلوا"[6] در شرایط گلخانه‌ای دریافتند که با افزایش غلظت کلریدسدیم، تعداد میوه و در نتیجه عملکرد کاهش یافت. *کیوتجن و پاولزیک*[7] (2008) با مطالعه اثر تنش شوری بر روی دو رقم توت‌فرنگی "السانتا" و "کرونا"[8] در شرایط آبکشت، دریافتند که با افزایش سطح شوری، وزن میوه به میزان ۲۶ درصد در رقم "کرونا" و ۴۶ درصد در رقم "السانتا" کاهش یافت. همچنین اندازه میوه تحت تأثیر عوامل شوری کاهش یافت. نتایج حاصل از تنش شوری بر روی توت‌فرنگی رقم "سلوا" نشان داد که تعداد میوه و به تبع آن عملکرد کل گیاهان تحت تنش نسبت به گیاهان شاهد کاهش یافت. همچنین مشخص گردید کاهش وزن میوه در مقایسه با تعداد میوه نسبت به تنش شوری حساسیت بیشتری دارد (*خیاط*[9] و همکاران، 2007). *کارلیدج*[10] و همکاران (2011) با بررسی تنش شوری بر روی دو رقم توت‌فرنگی "فرن"[11]و "A6"، دریافتند که با افزایش میزان شوری، محتوای نسبی آب[12] برگ در هر دو رقم به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین نتایج مشابهی در اثر تنش شوری بر روی دو رقم توت‌فرنگی "السانتا" و "کرونا" به دست آمده است (*کیوتجن و پاولزیک*، 2009). *سینگ*[13] *و* همکاران (2000) با اضافه کردن کلریدسدیم به محیط‌کشت قلمه‌های انگور مشاهده کردند با افزایش شوری، میزان قندها افزایش یافت و بیان داشتند که این ماده در تنظیم پتانسیل اسمزی برگ‌ها نقش مهمی دارد. *عمادی* و همکاران (۱۳۸۸) با بررسی اثر تنش شوری بر روی گیاه چغندرقند در شرایط آبکشت، مشاهده کردند که با افزایش غلظت کلریدسدیم، تجمع پرولین در اندام‌های هوایی افزایش می‌یابد که این می‌تواند باعث بالا رفتن نسبی تحمل به تنش شوری در گیاه گردد. هنگامی‌که گیاه در معرض تنش‌های زیستی و غیرزیستی قرار می‌گیرد اولین واکنش آن کاهش فعالیت‌های متابولیکی طبیعی گیاه است که در نهایت باعث کاهش رشد آن می‌گردد. در این شرایط، کاهش سنتز پروتئین‌های محلول برگ یکی از اولین اثرات منفی شرایط تنش است و یکی از علائم مشخص خسارت تنش در گیاه کاهش غلظت پروتئین‌ها در برگ می‌باشد (*حیدری شریف‌آباد*، ۱۳۷۹). *نوکلئوس و واسیلاکاکیس*[14] (2007) با بررسی تأثیر تنش شوری، ناشی از کلریدسدیم روی تمشک قرمز مشاهده کردند که در اثر تنش شوری، میزان کلروفیل برگ‌های تمشک به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. طالب‌زاده و همکاران (۱۳۸۸) نیز با اعمال تیمارهای مختلف کلریدسدیم بر روی دو رقم گوجه‌فرنگی در شرایط گلخانه‌ای و به صورت آبکشت، مشاهده کردند که با افزایش کلریدسدیم، میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل کاهش یافت. هدف از این پژوهش، ارزیابی تأثیر شوری بر عملکرد و برخی خصوصیات فیزیکی و بیوشیمیایی مانند وزن تک میوه، تعداد، طول و قطر میوه، محتوای نسبی آب، میزان هیدرات‌های کربن محلول، پروتئین محلول، پرولین و کلروفیل برگ گیاه توت‌فرنگی رقم "کاماروزا" بود.

1. Sharma
2. Camarosa
3. Maas
4. Martinez Barroso and Alvarez
5. Munns
6. Selva
7. Keutgen and Pawelzik
8. Elsanta and Korona
9. Khayyat
10. Karlidag
11. Feren
12. Relative water content
13. Singh
14. Neocleous and Vasilakakis

Archive of SID

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی گیاهان

نشاءهای گیاه توت‌فرنگی رقم "کاماروزا" در اواخر آبان‌ماه ۱۳۸۹ از هشتگرد کرج تهیه گردید و ریشه آنها با آب شستشو داده شد و پس از ضدعفونی آنها با قارچکش بنومیل به بستر کشت انتقال داده شد. بستر کشت مورد استفاده، گلدان‌های پلاستیکی سیاه با قطر دهانه ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر محتوی مخلوطی از پرلایت و کوکوپیت به نسبت مساوی ۱:۱ بود. در هر گلدان یک نشاء کاشته شد و در گلخانه پرورش توت‌فرنگی روستای محمدتیپ در جنوب شهرستان الشتر (عرض شمالی ۳۳ درجه، ۴۸ دقیقه و ۴۴ ثانیه و طول شرقی ۴۸ درجه، ۱۳ دقیقه و ۰/۸ ثانیه و ۱۵۶۰ متر ارتفاع از سطح دریا) استان لرستان نگهداری شدند. در طول مدت آزمایش دمای کمینه و بیشینه حداقل و حداکثر گلخانه ۱۲ و ۲۶ درجه سانتی‌گراد بود و روشنایی مورد نیاز گیاهان با نورطبیعی آفتاب تأمین می‌شد و شدت نور به‌طور متوسط در حدود ۴۰۰ تا ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه بود.

اعمال تنش شوری

این آزمایش به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با ۵ سطح شوری شامل: شاهد (۰)، ۷/۵، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ میلی‌مولار کلریدسدیم (به ترتیب معادل هدایت الکتریکی۱/۲، ۱/۸۵، ۲/۵، ۳/۸ و ۵/۱ دسی زیمنس بر متر) با ۴ تکرار و در هر تکرار ۸ بوته انجام شد. از زمان شروع آزمایش، گیاهان هر روز دو نوبت، صبح و عصر، به اندازه ۲۵۰ میلی‌لیتر برای هر گلدان از محلول غذایی هوگلند[1] با نصف غلظت تغذیه شدند. pH محلول در حدود ۶/۵ تنظیم گردید. سه هفته پس از انتقال نشاءها به گلدان، تنش شوری با استفاده از محلول کلریدسدیم با غلظت‌های تعیین شده شروع شد. پس از ۴۵ روز از شروع تیمار شوری اندازه‌گیری‌ها انجام گردید.

ویژگی‌های اندازه‌گیری شده

عملکرد و خصوصیات فیزیکی میوه

برای اندازه‌گیری عملکرد، میوه‌هایی که به‌تدریج رنگ می‌گرفتند در طی چند سری برداشت شدند و هر سری که برداشت شد تعداد میوه‌ها ثبت گردید، وزن تک میوه با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ اندازه‌گیری شد و در پایان عملکرد میوه در بوته محاسبه گردید. طول و قطر میوه‌ها با استفاده از کولیس اندازه‌گیری شد. میانگین عملکرد، تعداد میوه در بوته، وزن تک میوه، طول و قطر میوه در هر تکرار در تجزیه آماری مورد استفاده قرار گرفت.

ویژگی‌های بیوشیمیایی

محتوای نسبی آب برگ: برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ از روش *یاماساکی* و *دیلنبورگ*[2](1999) استفاده گردید. برای این منظور از برگ‌های جوان توسعه یافته از هر گلدان ۴ دیسک به اندازه‌ی یک سانتی‌متر مربع تهیه گردید و پس از اندازه‌گیری وزن تر (FM)، به مدت ۴ ساعت در ویال‌های آب مقطر غوطه‌ور شدند. بلافاصله پس از خشک کردن رطوبت سطح برگ‌ها، وزن تورژسانس (TM) آنها اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در آون ۸۰°C به‌مدت ۴۸ ساعت نگهداری شدند و وزن خشک (DW) آنها اندازه‌گیری شد. مقدار نسبی آب برگ بر حسب درصد و با استفاده از رابطه (۱) به‌دست آمد.

رابطه (۱)

$$RWC\ (\%) = [(FM-DW)/(TW-DW)]\times 100$$

میزان کربوهیدرات‌های محلول: از هر گیاه یک برگ کاملاً توسعه یافته برداشت و ۰/۵ گرم از بافت تازه آن به همراه ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد در داخل هاون چینی کوبیده و قسمت بالایی محلول جدا گردید. عمل استخراج دو بار دیگر و هر بار با ۵ میلی‌لیتر اتانول۷۰ درصد تکرار شد. سپس محلول به‌دست آمده به‌مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ (مدل EBA21 ساخت شرکت Hettich کشور آلمان)گردید و بعد از جدا کردن بخش بالایی فاز مایع، عصاره الکلی حاصل تا زمان اندازه‌گیری کربوهیدرات، در داخل یخچال نگهداری شد. برای اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول برگ با توجه به روش *ایریگوین*[3] و همکاران (1992)، ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره الکلی نگهداری شده در یخچال توسط میکروپیپت برداشته و در لوله آزمایش ریخته شد و سپس سه میلی‌لیتر آنترون تازه تهیه شده (۱۵۰ میلی‌گرم آنترون + ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۷۲٪) به آن اضافه شد. لوله‌های آزمایش به‌مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار گرفتند تا ماده رنگی حاصل شود. بعد از خنک شدن نمونه‌ها، میزان جذب آنها در طول موج ۶۲۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. برای تهیه استاندارد قند، از گلوکز با غلظت‌های

1. Hoagland

2. Yamasaki and Dillenburg

3. Irigoyen

Archive of SID

www.SID.ir

۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر استفاده و کلیه مراحل آزمایش روی آنها انجام شد. میزان کربوهیدرات محلول بر اساس میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ گیاه با استفاده از رابطه (۲) محاسبه گردید.

رابطه (۲)

میزان کربوهیدرات‌های محلول (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) =
وزن نمونه برگ (۰/۵ گرم) / حجم عصاره (۱۵ میلی‌گرم) × ۱۰۰۰/عدد قرائت شده

میزان پرولین آزاد: میزان پرولین براساس روش *بیتس*[1] و همکاران (1973) انجام شد. حدود ۰/۵ گرم از برگ‌های کاملاً توسعه یافته که از هر گلدان به‌طور تصادفی نمونه‌برداری شده و در ویال‌های محتوی ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیک ۳٪ به‌مدت ۴۸ ساعت در آزمایشگاه قرار داده شدند. سپس عصاره موجود در ویال‌ها با استفاده از کاغذ صافی واتمن[2] شماره دو صاف شد. دو میلی‌لیتر از عصاره صاف شده، دو میلی‌لیتر اسید ناین‌هیدرین و دو میلی‌لیتر اسید استیک با هم مخلوط و به‌مدت یک ساعت در آون با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند تا این مواد با هم واکنش دهند. پس از سپری شدن این مدت لوله‌ها بلافاصله به فریزر منتقل شدند تا واکنش به اتمام برسد. سپس به هر لوله آزمایش چهار میلی‌لیتر تولوئن اضافه شد و به‌مدت ۲۰-۱۵ ثانیه با استفاده از همزن مغناطیسی مخلوط گردید. مایع موجود در لوله‌ی آزمایش به دو بخش مجزا تقسیم شد. میزان جذب بخش رنگی حاوی تولوئن در طول موج ۵۲۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل کری ۱۰۰ ساخت شرکت واریان آمریکا) خوانده شد. برای تهیه استاندارد از پرولین خالص با غلظت‌های ۰، ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ میلی‌مول بر لیتر استفاده شد، و از هر استاندارد دو میلی‌لیتر برداشته شد و تمامی مراحل بعدی همانند نمونه‌های عصاره انجام گرفت. مقدار پرولین با استفاده از یک منحنی استاندارد و بر مبنای وزن تر با استفاده از رابطه (۳) به‌دست آمد.

رابطه (۳)

[(µg proline/ ml × ml toluene)/115.5µg/mmole] /
[(g sample)/5] = µmoles proline / g fresh weight

میزان پروتئین‌های محلول برگ: از هر گیاه یک برگ کاملاً توسعه یافته انتخاب شد. ۰/۵گرم برگ تازه با ۶/۲۵ میلی‌لیتر محلول بافر استخراج (تریس با اسیدیته ۶/۸)، مخلوط شده و ۲۴ ساعت نگهداری گردید. بعد از آن، برگ‌ها در داخل محلول بافر و در هاون چینی، کاملاً له شدند و سپس به‌مدت ۲۰ دقیقه در سانتریفیوژ با ۶۰۰۰ دور در دقیقه قرار گرفتند. سپس ۰/۱ میلی‌لیتر از محلول رویی حاصل توسط میکروپیپت برداشته شد و ۵ میلی‌لیتر معرف بیورد به آن اضافه شد. میزان جذب محلول توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۹۵ نانومتر قرائت شد. استانداردهای ۵۰، ۱۰۰، ۱۲۵، ۲۵۰، ۴۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر از پروتئین ساخته و تمام مراحل آزمایش روی آنها انجام گرفت. میزان پروتئین محلول بر اساس میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ با رابطه (۴) محاسبه شد (*برادفورد*[3]، 1976).

رابطه (۴)

میزان پروتئین‌های محلول (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) =
وزن نمونه برگ (۰/۵ گرم) / حجم عصاره(۶/۲۵ میلی‌گرم) × ۱۰۰۰/عدد قرائت شده

میزان کلروفیل برگ: از هر گیاه یک برگ کاملاً توسعه یافته انتخاب شد. ۰/۲۵ گرم از هر برگ تازه خرد شد و در یک هاون چینی با ۵۸ میلی‌لیتر آب مقطر ساییده و به‌صورت یک توده یکنواخت درآمد. مخلوط حاصل در یک بالون ژوژه ۲۵ میلی‌لیتری ریخته و به حجم رسانیده شد. ۰/۵ میلی‌لیتر از مخلوط به دست آمده با ۴/۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد مخلوط و سپس سانتریفوژ گردید (۳۰۰۰ دور به‌مدت ۱۰ دقیقه). پس از آن، محلول رویی برداشته شد و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر، میزان جذب آن در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر قرائت گردید و نهایتاً غلظت کلروفیل a و b با استفاده از روابط زیر براساس میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ محاسبه شد (*استرین و اسوک*[4]، 1966):

رابطه (۵)

$$Chl_a\ (mg\ ml^{-1}) = ۱۱/۶۴ \times (A۶۶۳) - ۲/۱۶ \times (A۶۴۵)$$

رابطه (۶)

$$Chl_b\ (mg\ ml^{-1}) = ۲۰/۹۷ \times (A۶۴۵) - ۳/۹۴ \times (A۶۶۳)$$

رابطه (۷)

$$Chl_{total}\ (mg\ ml^{-1}) = Chl_a + Chl_b$$

تجزیه آماری: داده‌های حاصل از اندازه‌گیری با نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و مقایسه میانگین‌ها با روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت.

1. Bates
2. Wattman
3. Bradford
4. Strain and Svec

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج و بحث

اثر تنش شوری بر عملکرد و خصوصیات فیزیکی میوه

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که تیمار شوری بر عملکرد میوه و تعداد میوه در بوته در سطح احتمال ۵٪ و بر وزن تک میوه در سطح احتمال ۱٪ تأثیر معنی‌داری داشت. مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۱) نشان داد که مقادیر عملکرد، وزن تک میوه، تعداد میوه و قطر میوه با افزایش شدت تنش شوری کاهش یافت. مقدار عملکرد، وزن تک میوه و تعداد میوه در تیمارهای ۷/۵ و ۱۵ میلی‌مولار کلریدسدیم نسبت به تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نشان نداد. میزان کاهش عملکرد میوه، وزن تر تک میوه و تعداد میوه در تیمار شاهد نسبت به تیمار ۴۵ میلی‌مولار نمک طعام به‌ترتیب ۴۸/۹، ۲۵/۲ و ۳۲ درصد بود.

جدول ۱: خلاصه جدول تجزیه واریانس اثر تنش شوری بر عملکرد و برخی خصوصیات فیزیکی میوه توت‌فرنگی

Table 1: A summary of ANOVA (Mean squares) of the effect of salinity on yield and some physical characteristics of strawberry fruit

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی D.F.	عملکرد میوه Fruit yield	وزن تک میوه Fruit weight	تعداد میوه Number of fruits per plant	طول میوه Fruit length	قطر میوه Fruit diameter
شوری Salinity	4	1632*	2.98**	9.42*	0.063ns	0.036ns
خطا Error	15	341.08	0.592	2.47	0.060	0.018
ضریب تغییرات(٪) C.V.		21.85	9.92	14.70	8.42	6.17

ns تفاوت معنی‌دار نیست. * و ** به ترتیب تفاوت در سطح ۵٪ و ۱٪ معنی‌دار است

** significant at 1% (p<0.01), * significant at 5% (p<0.05), ns: not significant (p<0.05)

با توجه به نتایج به‌دست آمده به‌نظر می‌رسد که کاهش عملکرد توت‌فرنگی رقم "کاماروزا" بیش از آن‌که ناشی از کاهش طول میوه باشد مربوط به کاهش قطر میوه، وزن میوه و تعداد میوه در بوته می‌باشد. نتایج لایق و همکاران (۱۳۸۷) و *عبدالطیف* و *چاوکسینگ*[1] (2011) بر روی گوجه‌فرنگی و سیدلر فاطمی و همکاران (۱۳۸۸) و *اندراسک*[2] و همکاران (2006) بر روی توت‌فرنگی با نتایج به‌دست آمده از این پژوهش مطابقت دارد. هر گیاهی جهت تولید میوه بیشتر و رشد مناسب آنها و به عبارتی دستیابی به عملکرد بالا نیازمند رشد رویشی قوی و داشتن ذخایر غذایی کافی است. این رشد مناسب در شرایطی میسر خواهد شد که جذب بهینه و کافی آب و عناصر غذایی توسط ریشه انجام شود (*تورهان* و *آتیلا*[3]، 2004). افزایش هدایت الکتریکی و به عبارتی افزایش شوری در محلول غذایی اثر شگرفی بر روی پتانسیل اسمزی آب داشته و جذب آب توسط گیاه را محدود می‌کند. افزایش غلظت نمک در محیط ریشه می‌تواند پتانسیل آب در ریشه و به دنبال آن در برگ را کاهش دهد. به واسطه چنین مکانیسمی آب کمتری توسط گیاه جذب شده و در نتیجه جریان آب به سمت میوه نیز کاهش می‌یابد (*گال* و *سیوگیکان*[4]، 1992). از آنجایی‌که بیش از ۹۰ درصد وزن میوه را آب تشکیل می‌دهد پس وزن میوه تابعی از مقدار آب موجود در آن است، بنابراین با محدود شدن جریان آب به سمت میوه، اندازه و وزن آن کاهش خواهد یافت (*هوجو*[5] و همکاران، 2001). در شرایط تنش شوری، به‌علت کاهش سطح برگ، محتوای هیدرات کربن برگ کاهش یافته و به‌دنبال آن فتوسنتز نیز محدود می‌گردد که می‌تواند عاملی برای کاهش عملکرد در گیاه گردد (سعید[6] و همکاران، ۲۰۰۵).

اثر تنش شوری بر ویژگی‌های بیوشیمیایی

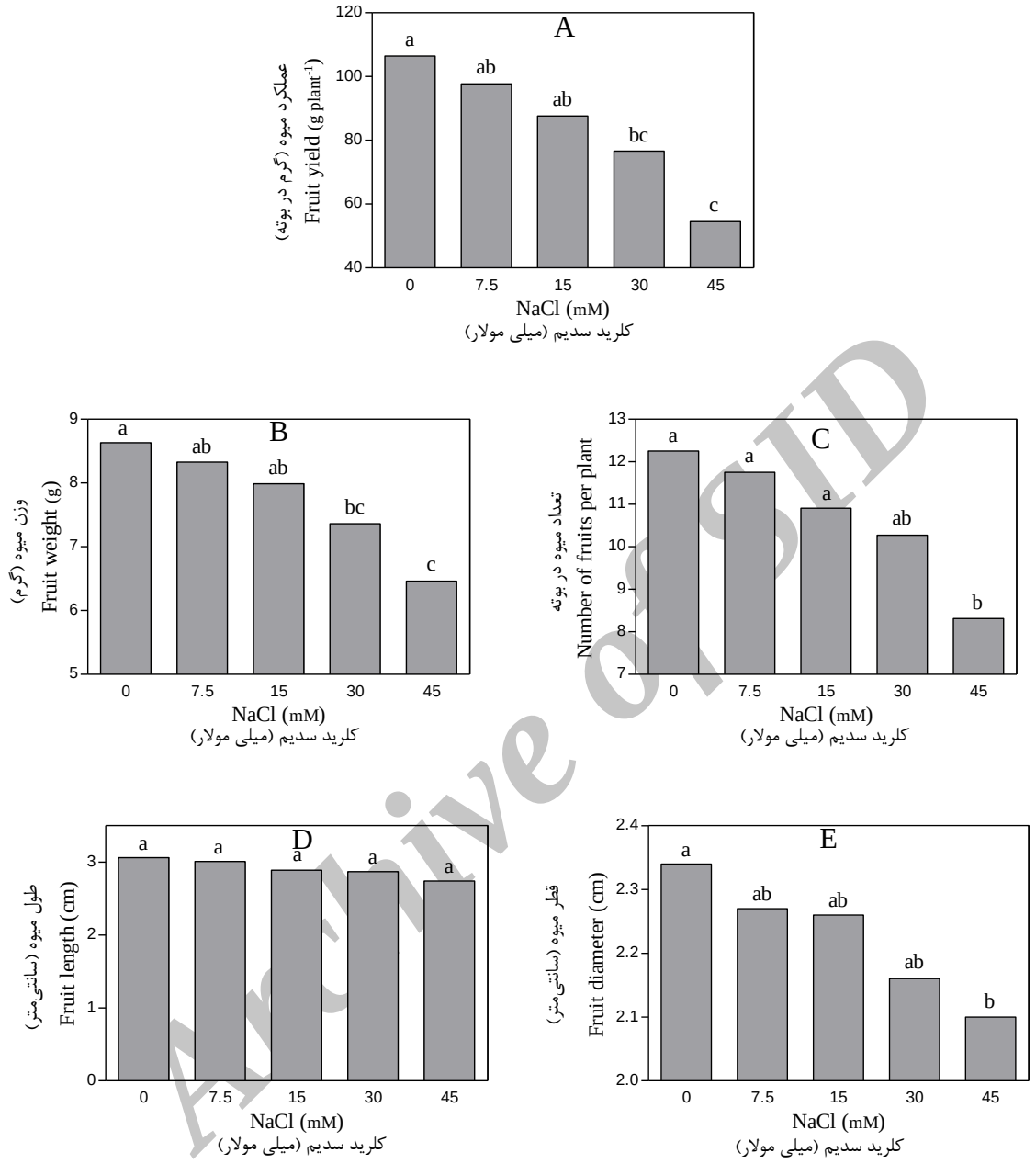
محتوای نسبی آب برگ: براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، تیمار شوری اثر منفی معنی‌داری بر محتوای نسبی آب برگ داشت. مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۲) نشان داد که افزایش شوری، باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ گیاه توت‌فرنگی شد ولی تفاوت معنی‌داری بین تیمار شاهد و تیمارهای ۷/۵ و ۱۵ میلی‌مولار کلریدسدیم مشاهده نشد. همچنین بین تیمار ۳۰ و ۴۵ میلی‌مولار کلریدسدیم تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. بیشترین مقدار محتوای نسبی آب برگ به میزان ۷۶/۴ درصد مربوط به تیمار شاهد و کمترین آن

1. Abdwl Latif and Chaoxing
2. Ondrasek
3. Turhan and Atilla
4. Gul and Sevgican
5. Hohjo
6. Saeid

Archive of SID

www.SID.ir

به میزان ۷۰ درصد مربوط به تیمار ۴۵ میلی‌مولار کلریدسدیم بود. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که گیاه توت‌فرنگی رقم "کاماروزا"می‌تواند میزان شوری محلول غذایی را تا ۱۵ میلی‌مولار بدون کاهش معنی‌دار در محتوای نسبی آب برگ تحمل کند.



Archive of SID

شکل ۱: مقایسه میانگین اثر تنش شوری بر عملکرد میوه (A)، وزن تک میوه (B)، تعداد میوه در بوته (C)، طول میوه (D) و قطر میوه (E) توت‌فرنگی

Fig. 1: Mean comparison of the effect of salinity on fruit yield (A), fruit weight (B), number of fruits per plant (C), fruit length (D) and fruit diameter (E) of strawberry

www.SID.ir

یافته‌های این تحقیق با نتایج *غلام*[1] و همکاران (2002) بر روی چغندرقند و اورعی و همکاران (۱۳۸۸) بر روی بادام مطابقت داشت. علت کاهش محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش شوری آن است که در زمان تنش، میزان تعرق بیش از جذب آب توسط گیاه بوده و در نتیجه با به هم خوردن تعادل آبی گیاه، محتوای نسبی آب برگ‌ها کاهش می‌یابد (*لاولور* و *کورنیک*[2]، 2002).

میزان کربوهیدرات‌های محلول: براساس نتایج تجزیه واریانس میزان کربوهیدرات‌های محلول برگ نیز تحت تأثیر تیمار شوری قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۲) نشان داد که با افزایش غلظت نمک در محلول غذایی، میزان کربوهیدرات‌های محلول برگ افزایش یافت و بیشترین مقدار آن مربوط به تیمار ۴۵ میلی‌مولار کلریدسدیم بود. مقدار کربوهیدرات‌های محلول برگ از ۲۸/۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ در تیمار شاهد به ۳۸/۵ میلی‌گرم در گرم در تیمار ۴۵ میلی‌مولار افزایش یافت. شوری باعث تفاوت معنی‌داری بین تیمار شاهد و تیمارهای ۷/۵ و ۱۵ میلی‌مولار کلریدسدیم نشد. در اثر تنش‌های شوری و خشکی، تخریب و هیدرولیز مولکول‌های درشت‌تر نظیر نشاسته و تبدیل آنها به ترکیبات قندی نظیر ساکاروز و بعد به مولکول‌های کوچک‌تری مانند گلوکز و فروکتوز باعث منفی شدن پتانسیل آب در سلول‌ها و تنظیم اسمزی می‌شود (*بارتلس* و *سونکار*[3]، 2005). تنش شوری بر سنتز کربوهیدراتها در فرآیند فتوسنتز و انتقال و استفاده از این ترکیبات در بافت‌های گیاهی اثر می‌گذارد و باعث افزایش سنتز این ترکیبات می‌شود (*لویت*[4]، 1980).

میزان پرولین آزاد: براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)تیمار شوری اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ بر مقدار پرولین برگ داشت. مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۲) نشان داد که با افزایش غلظت کلریدسدیم، میزان پرولین افزایش یافت. کمترین میزان پرولین مربوط به تیمار شاهد به مقدار ۱/۳۹ میکرومول در گرم وزن تر و بیشترین آن مربوط به تیمار ۴۵ میلی‌مولارکلریدسدیم به مقدار ۳/۴۷ میکرومول در گرم وزن تر بود. *پرز-تورنرو*[5]و همکاران (2009) با مطالعه اثر تنش شوری بر روی ریزنمونه‌های لیمو نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. به‌نظر می‌رسد تنش شوری باعث می‌شود که گلوتامین که پیش‌ماده مشترک ساخت کلروفیل و پرولین است، کمتر در مسیر بیوسنتز کلروفیل شرکت داشته باشد و بیشتر در سنتز پرولین مصرف شود (*مهاجان و توتجا*[6]، 2005). گاهی اوقات کمبود یون پتاسیم ناشی از شوری منجر به افزایش اسیدهای آمینه آزاد به خصوص پرولین می‌شود (*کوسیدو*[7] و همکاران، 1987).

میزان پروتئین‌های محلول برگ: تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که تیمار شوری بر میزان پروتئین‌های محلول برگ توت‌فرنگی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. به‌طوری‌که با افزایش غلظت کلریدسدیم، مقدار پروتئین محلول برگ کاهش یافت (شکل ۲). میزان پروتئین محلول برگ در تیمار ۴۵ میلی‌مولار ۲۴ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان داد. تفاوت معنی‌داری در مقدار پروتئین تیمار شاهد و تیمار ۷/۵ میلی‌مولار کلریدسدیم مشاهده نگردید. گزارشات متعددی مبنی برکاهش پروتئین‌های محلول در گیاهان تحت تنش شوری وجود دارد از جمله می‌توان به گزارشات *باسلار*[8]و همکاران (2006) بر روی زیتون و *قربانلی* و همکاران (۱۳۸۸) بر روی گیاه سیاه‌دانه اشاره داشت. از دلایل کاهش میزان پروتئین در اثر کمبود آب، کاتابولیسم شدید و تجمع میزان زیاد پروتئین‌هایی است که وزن مولکولی کم دارند. اسیدهای آمینه، آمیدها و تعدادی از پپتیدها از آن جمله‌اند (*حیدری-شریف‌آباد*، ۱۳۷۹).

1. Ghoulam
2. Lawlor and Cornic
3. Bartles and Sunkar
4. Levitt
5. Perez-Tornero
6. Mahajan and Tuteja
7. Cusido
8. Bacelar

Archive of SID

www.SID.ir

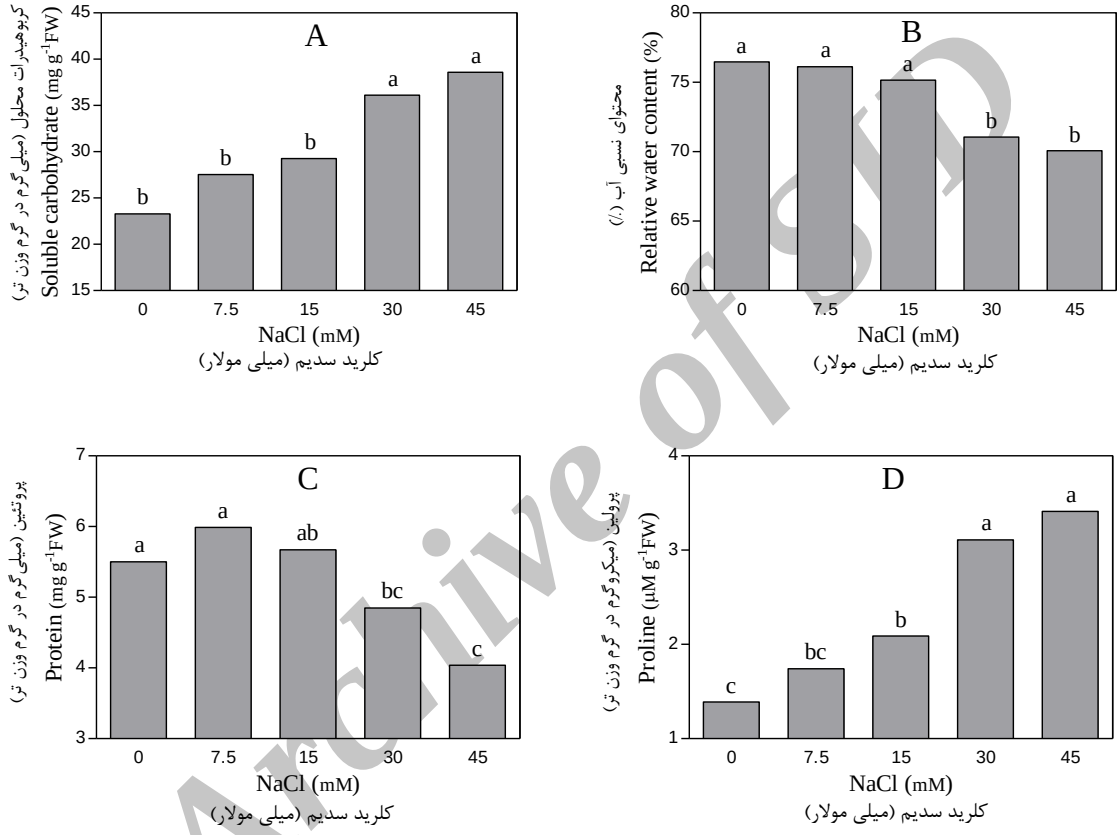
جدول ۲: خلاصه جدول تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر شوری بر برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی توت‌فرنگی

Table 1: A summary of ANOVA (Mean squares) of the effect of salinity on some biochemical characteristics of strawberry

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی	محتوای نسبی آب RWC	کربوهیدرات‌های محلول Soluble carbohydrates	پرولین Proline	پروتئین Protein	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll
شوری Salinity	4	35.76*	158.07*	3.59**	3.79**	0.204*	0.010**	0.294**
خطا Error	15	6.27	17.50	0.25	0.34	0.023	0.0006	0.020
ضریب تغییرات (٪) C.V.		3.39	13.51	22.03	10.81	11.98	7.09	11.58

* و ** به ترتیب تفاوت در سطح ۵٪ و ۱٪ معنی‌دار است.

** significant at 1% ($p<0.01$), * significant at 5% ($p<0.05$).

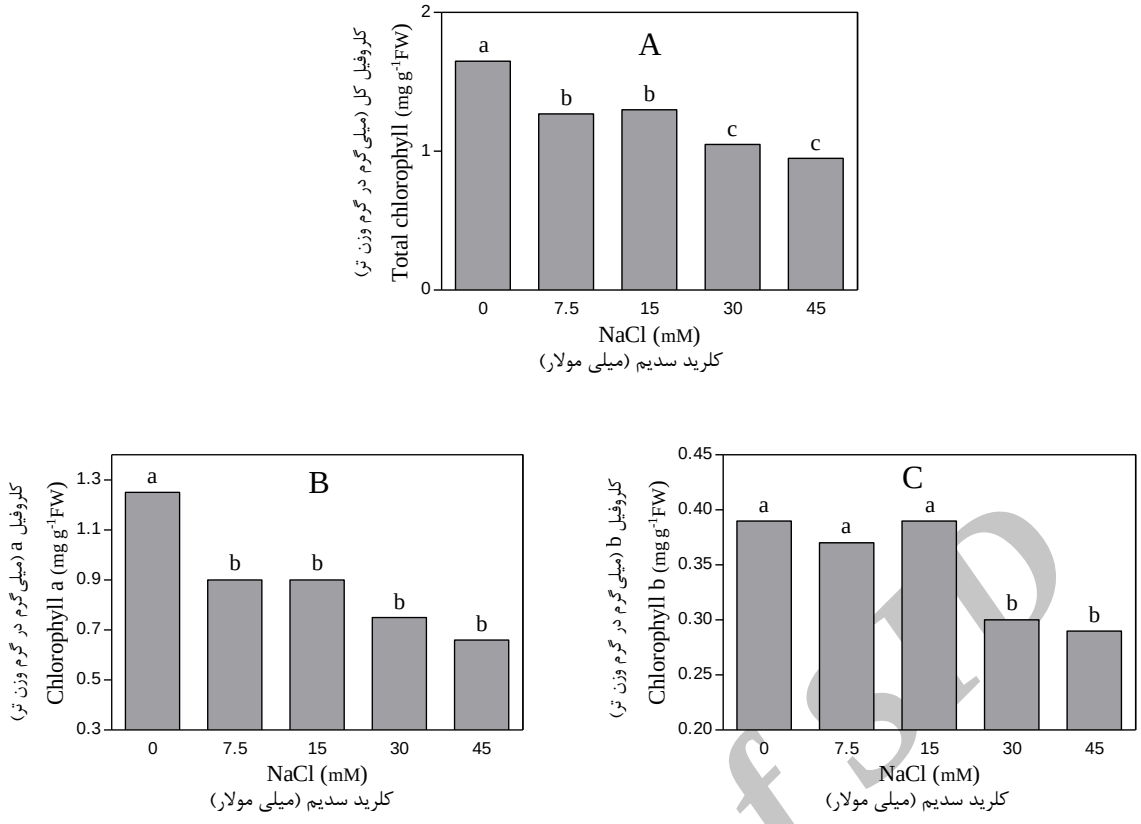


شکل ۲: مقایسه میانگین اثر تنش شوری بر میزان کربوهیدرات‌های محلول (A)، محتوای نسبی آب (B)، پروتئین کل (C) و میزان پرولین (D) توت‌فرنگی

Fig. 2: Mean comparison of the effect of salinity on relative water content (A), soluble carbohydrates (B), proline content (C) and total protein (D) of strawberry

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳: مقایسه میانگین اثر تنش شوری بر میزان کلروفیل کل (A)، کلروفیل a (B) و کلروفیل b (C) توت‌فرنگی

Fig. 3: Mean comparison of the effect of salinity on chlorophyll a (A), chlorophyll b (B) and total chlorophyll (C) content of strawberry

میزان کلروفیل برگ: براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، شوری اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ بر میزان کلروفیل کل، کلروفیل a و کلروفیل b داشت. مقایسه میانگین‌داده‌ها (شکل ۳) نشان داد که با افزایش میزان شوری در محلول غذایی، مقدار هر سه شاخص مذکور کاهش یافت. کاهش میزان کاهش کلروفیل کل، a و b در تیمار ۴۵ میلی‌مولار نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۴۲/۴، ۴۷/۲ و ۲۵/۶ درصد بود. میزان کلروفیل b در تیمار شاهد با تیمارهای ۷/۵ و ۱۵ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری نشان نداد درحالی‌که مقدار کلروفیل کل و کلروفیل a تیمار شاهد حتی با تیمار ۷/۵ میلی مولار کلریدسدیم تفاوت معنی‌داری نشان داد. طالب‌زاده و همکاران (۱۳۸۸) روی گوجه‌فرنگی و *کارلیدج* و همکاران (2011) روی توت‌فرنگی نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. شوری باعث تخریب کلروپلاست‌ها، عدم پایداری ترکیب‌های رنگیزه- پروتئین و کاهش میزان کلروفیل می‌گردد (*پاریدا* و *داس*[1]، 2005). *استپین* و *کلوبوس*[2] (2006) با مطالعه تنش شوری بر روی گیاه خیار توان فتوسنتزی پایین در گیاهان تحت تنش را به بسته شدن روزنه‌ها، جلوگیری از سنتز کلروفیل، تأثیر بر آنزیم‌های فتوسنتزی، کاهش فعالیت کربوکسیلازی و فعالیت بالای کلروفیلازی نسبت دادند.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی نتایج نشان داد که شوری باعث کاهش عملکرد، وزن میوه و تعداد میوه در بوته توت‌فرنگی گردید. همچنین تیمار شوری باعث کاهش محتوای نسبی آب، پروتئین‌های محلول و کلروفیل برگ و افزایش میزان کربوهیدرات‌های محلول و پرولین برگ شد. اما عملکرد و بیشتر ویژگی‌های فیزیکی و بیوشیمیایی توت‌فرنگی رقم "کاماروزا" تا سطح شوری ۱۵ میلی‌مولار نمک طعام نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری نشان نداد. براساس نتایج به‌دست آمده، می‌توان نتیجه گرفت که توت‌فرنگی رقم "کاماروزا" می‌تواند مقدار شوری را تا ۱۵ میلی‌مولار (هدایت الکتریکی ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر) بدون کاهش محسوس عملکرد تحمل کند.

1. Parida and Das
2. Stepien and Klobus

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

اورعی، م.، طباطبایی، س. ج.، فلاحی، ا. و ایمانی، ع. ۱۳۸۸. اثرات تنش شوری و پایه بر رشد، شدت فتوسنتز، غلظت عناصر غذایی و سدیم درخت بادام. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۳(۲): ۱۳۱-۱۴۰.

بهنامیان، م. و مسیحا، س. ۱۳۸۸. توت‌فرنگی. انتشارات ستوده. تبریز. ۱۱۵ صفحه.

حیدری شریف‌آباد، ح. ۱۳۷۹. گیاه، خشکی و خشکسالی. مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع. ۲۰۰ صفحه.

سیدلر فاطمی، ل.، طباطبایی، س. ج. و فلاحی، ا. ۱۳۸۸. تأثیر سیلیسیوم بر رشد و عملکرد گیاه توت‌فرنگی در شرایط تنش شوری. مجله علوم باغبانی. ۲۳(۱): ۸۸-۹۵.

طالب‌زاده، ز.، مهدیزاده، ح.، اجتهادی، ح. و ابریشمچی، پ. ۱۳۸۸. بررسی آستانه تحمل شوری دو رقم گوجه‌فرنگی. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. سال اول، ۱: ۶۴-۷۸ .

عمادی، ع. ر.، نورانی آزاد، ح. و برزو، آ. ۱۳۸۸. بررسی اثرات شوری بر برخی خواص فیزیولوژیک چغندرقند (*Betavulgaris* L.). فصلنامه علمی- پژوهشی گیاه و زیست بوم. ۱۹: ۱۷-۲۵.

قربانلی، م.، هاشمی‌نیا، ا. و پیوندی، م. ۱۳۸۸. بررسی اثرات تنش شوری و اسید آسکوربیک بر روی برخی پاسخ‌های فیزیولوژیکی گیاه سیاه-دانه. فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی ایران. ۲۶(۳): ۳۷۰-۳۸۸.

لایق، م.، پیوست، غ.، سمیع‌زاده، ح. و خصوصی، م. ۱۳۸۷. تأثیر شوری محلول غذایی بر رشد، عملکرد و صفات کیفی گوجه‌فرنگی در سیستم کاشت بدون خاک. مجله علوم و فنون باغبانی. دوره ۴۰(۴): ۱۱-۲۱.

Abdwl Latif, A. A. and Chaoxing, H. 2011. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on growth, mineral nutrition, antioxidant enzymes activity and yield of tomato grown under salinity stress. Scientia Horticulturae, 127: 228-233.

Bacelar, E. A., Santos, D. L., Moutinho-Pereira, J. M., Goncalves, B. C., Ferreira, H. F. and Correia, C. M. 2006. Immediate responses and adaptive strategies of three olive cultivars under contrasting water availability regimes: change on structure and chemical composition of foliage and oxidative damage. Plant Science, 170: 596-605.

Bartles, D. and Sunkar, R. 2005. Drought and salt tolerance in plants: A review. Plant Science, 24: 23-58.

Bates, L. S., Waldron, R. R. and Teare, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water stressstudies. Plant and Soil, 39: 251-261.

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

Cusido, R. M., Palazon, J., Altabella, T. and Morales, C. 1987. Effect of salinity on soluble protein, free aminoacids and nicotine contents of *NicotinaRustio* L. Plant and Soil, 102: 55-60.

Ghoulam, C., Foursy, A. and Fares, K. 2002. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. Environmental and Experimental Botany, 47: 39-50.

Gul, A. and Sevgican, A. 1992.Effect of growing media on glasshouse tomato yield and quality. Acta Horticulturae, 3030: 145-150.

Hohjo, m., Ganda, M., Maruo, T., Shinohara, Y. and Ito, T. 2001. Effect of NaCl application on growth, yield and fruit quality in NFT-tomato plants. Acta Horticulturae, 548: 469-475.

Irigoyen, J. J., Emerich, D. W. and Sanchez-Diaz, M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugar in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plant. Plant Physiology, 84: 55-60.

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 Horticulturae, 130: 133-140.

Keutgen, A. J. and Pawelzik, E. 2008. Quality and nutritional value of strawberry fruit under long term salt stress. Food Chemistry, 107: 1413-1420.

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.

Khayyat, M., Tafazoli, E., Eshghi, M., Rahemi, m. and Rajaee, S. 2007. Salinity supplementary calcium and potassium effects on fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.). American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science, 2(5): 539-544.

Lawlor, D. W. and Cornic, G. 2002.Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficit in higher plants. Plant Cell and Environment, 25: 255-294.

Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stresses: water, radiation, salt and other stresses. Vol. II. Academic Press, New York.

Mahajan, Sh. and Tuteja, N. 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. Archives of Biochemistry and Biophysics, 444: 139-158.

Maas, E. V., Hoffman, G. J. and Asce, M. 1977. Crop salt tolerance-current assessment. Journal of the Irrigation and Drainage Division, 103: 115-134.

Martinez Barroso, M. C., Alvarez, C. E., 1997. Toxicity symptoms and tolerance of strawberry to salinity in the irrigation water. Scientia Horticulturae, 71: 177-188.

Archive of SID

www.SID.ir

Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell of Environment, 25:239-250.

Neocleous, D. and Vasilakakis, M. 2007. Effect of NaCl stress on red raspberry (*Rubus idoeus* L. Autumn Bliss). Scientia Horticulturae, 112: 282-289.

Ondrasek, G., Romic, M., Dura lija, B. and Mustac, I. 2006. Strawberry growth and fruit yield in a saline environment. Agriculturae Conspectus Scientificus, 71(4): 155-158.

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

Perez-Tornero, O., Tallon, C. I., Porras, I. and Navarro, J.M. 2009. Physiological and growth changes in micropropagated *Citrus macrophylla* explants due to salinity. Journal of Plant Physiology, 166: 1923-1933.

Saeid, A. S., Keutgen, A. J. and Noga, G. 2005. The influence if NaCl salinity on growth, yield and fruit quality of strawberry cvs. Elsanta and Korona. Scientia Horticulturae, 103: 289-303.

Singh, S. K., Sharma, H. C., Goswami, A. M., Datta, S. P. and Singh, S. P. 2000. In vitro growth and leaf composition of grapevine cultivars as affected by sodium chloride. Biologia Plantarum, 43(2): 283-286.

Sharma, R. R. 2002. Growing strawberries. International Book Distributing Co. India. 164pp.

Stepien, P. and Klobus, G. 2006. Water relations and photosynthesis in (*Cucumis sativus* L.) leaves under salt stress. Biologia Plantarum, 50(40): 610-616.

Strain, H. and Svec, W. A. 1966. Extraction, separation, estimation and isolation of chlorophylls. In: Vernon, L.P., Seely, G. R. (Eds.), The Chlorophylls. Academic press, pp. 21-66.

Turhan, E. and Atilla, E. 2004. Effectr of chloride application and different media on ionic strawberry plant under salt stress conditions. Soil Science Plant Analysis, 36:1021-1028.

Yamasaki, S., and Dillenburg, L. C. 1999. Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*.

Archive of SID

www.SID.ir

The Effect of Salinity Stress on Fruit Yield and Some Physical and Biochemical Characteristics of Strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) cv. "Camarosa"

Dowlatshah[1], M., Rezaei Nejad[2*], A. H. and Gholami[3], M.

Abstract

Salinity is a major environmental stress, limiting plant growth and yield. Determining the extent of salinity tolerance in horticultural crops helps overcome the problem. In order to study the effects of salinity on yield and some physical and biochemical characteristics of strawberry "Camarosa", an experiment was conducted in a greenhouse based on a completely randomized design with four replications. To trigger the salinity stress, half-strength Hoagland's solution containing 0, 7.5, 15, 30 and 45 mmol NaCl was applied for 45 d. The results showed that salinity stress significantly affected yield, fruit weight and number of fruits per plant. The highest yield, fruit weight and number of fruits per plant (106.46 g plant^{-1}, 8.63 g and 12.25, respectively) were found in control plants and the lowest ones (54.51 g plant^{-1}, 6.46 g and 8.31, respectively) were found in plants treated with 45 mmol NaCl. Salinity decreased RWC and chlorophyll content, and increased soluble carbohydrates and proline content. The amount of soluble proteins was 26.5% lower in plants treated with 45 mmol NaCl compared to controls. In total, fruit yield and most of the physical and biochemical characteristics of strawberry "Camarosa" in plants treated with NaCl to the level of15 mmol (EC=2.5 dS m^{-1}) was not significantly different from those in controls (EC=1.2 dS m^{-1}).

Keywords: Proline, Salinity, Yield, Carbohydrate, Chlorophyll

Archive of SID

1. Former M.Sc. student, Department of Horticultural sciences, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan
2. Assistant Professor, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Korramabad
3. Professor, Department of Horticultural sciences, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan

*: Corresponding author Email: Rezaeinejad.Hossein@gmail.com

www.SID.ir