Downloaded from jispp.iut.ac.ir at 23:13 IRST on Sunday November 19th 2017

تأثیر اسید سالیسیلیک بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی انگور رقم قزل اوزوم در شرایط شور و غیر شور

معصومه عابدینی*[1] و قادر حبیبی چهار برج[2]

[1] گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه پیام نور (مرکز تبریز)، ایران، [2]گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه پیام نور (واحد ملکان)، ایران.

(تاریخ دریافت: ١٣٩٤/٠٨/٢٢، تاریخ پذیرش نهایی: ١٣٩٥/٠٢/٠١)

چکیده:

در این پژوهش، تأثیر کاربرد برگی اسید سالیسیلیک در دو غلظت ١٠٠ و ٥٠٠ میکرومول در لیتر روی تعدادی از شاخص‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی انگور رقم قزل‌اوزوم در شرایط شور (EC=١٠) و غیر شور (EC=٢) مورد مطالعه قرار گرفت. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و با چهار تکرار در شرایط گلخانه‌ای در آزمایشگاه زیست‌شناسی دانشگاه پیام نور تبریز در سال ١٣٩٣– ١٣٩٢ انجام گرفت. نتایج به‌دست آمده کاهش معنی‌دار وزن تر و خشک، محتوای آب گیاه، رنگیزه‌های فتوسنتزی، کارآیی فتوشیمیایی فتوسیسم II، غلظت پروتئین کل، نشاسته و یون پتاسیم را در شرایط شور نشان داد، در حالی‌که غلظت آمینواسید آزاد، قندهای محلول و سدیم افزایش یافت. تأثیر شوری بر سیستم آنتی‌اکسیدانی گیاه با تحریک فعالیت آنزیم‌های سوپراکسیددیسموتاز، پراکسیداز و کاتالاز و افزایش غلظت مالون‌دی‌الدئید و پراکسید هیدروژن اندام هوایی همراه بود. کاربرد برگی اسید سالیسیلیک در شرایط غیر شور و در غلظت ٥٠٠ میکرومول در لیتر در شرایط شور تأثیر معنی‌دار و قابل توجهی بر روی شاخص‌های مورد مطالعه نداشت. کاربرد غلظت ١٠٠ میکرومول در لیتر اسید سالیسیلیک در شرایط شور توانست باعث افزایش معنی‌دار غلظت اسموتیکوم‌ها، رنگیزه‌های فتوسنتزی، کارآیی فتوشیمیایی فتوسیسم II، توان سیستم آنتی‌اکسیدانت و به ویژه کاهش انتقال سدیم به اندام‌های در حال رشد شود.

واژگان کلیدی: پتاسیم، سدیم، سیستم آنتی‌اکسیدان، راندمان فتوسیستم II، رنگیزه‌های فتوسنتزی.

مقدمه:

تنش شوری یکی از مهمترین تنش‌های محیطی است که کمیت و کیفیت محصولات اقتصادی را به شدت کاهش می‌دهد. شوری می‌تواند روی فرایندهای فیزیولوژیکی مختلف گیاهان از مرحله جوانه‌زنی تا مراحل نهایی تکوین تأثیر منفی داشته باشد و منجر به کاهش رشد و محصول شود (Ashraf, 2004). پیچیدگی پاسخ گیاهان به تنش شوری می‌تواند مربوط به تأثیر شوری از طریق مکانیسم‌های مختلف مانند ایجاد تنش اسمزی، سمیت‌یونی، عدم تعادل عناصرغذایی، کاهش غلظت دی‌اکسیدکربن و افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن و القاء تنش اکسیداتیو باشد (Ashraf, 2004; Chawla *et al*., 2013). در شرایط تنش، فتوسنتز از طرق مختلفی مانند القاء بسته شدن روزنه‌ها و یا مستقل از روزنه‌ها کاهش می‌یابد که حفظ سرعت مناسب آن در مقاومت گیاه نقش مهمی دارد (Jayakannan *et al*., 2013).

اسید سالیسیلیک یک هورمون گیاهی است که عملکردهای متفاوتی را در گیاهان موجب می‌شود (Arberg 1981).

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: ms_abedini@pnu.ac.ir

Downloaded from jispp.iut.ac.ir at 23:13 IRST on Sunday November 19th 2017

مطالعات انجام گرفته نشان داده‌اند که کاربرد خارجی این هورمون می‌تواند جوانه‌زنی و رشد (Khan *et al*., 2003)، فتوسنتز (Khodary, 2004)، فعالیت آنزیم‌های اکسیداتیو (Jayakannan *et al*., 2013)، جذب و انتقال یون (Harper and Balke, 1981) و مقاومت گیاه (Park *et al*., 2009) را تحت تأثیر قرار دهد. پیشنهاد شده است که اسید سالیسیلیک دارای نقش دوگانه می‌باشد به‌طوری‌که در القاء سیستم دفاعی گیاه و حفظ سطح احیایی سلول‌ها نقش دارد. بنابراین این هورمون برای حفاظت گیاهان در برابر تنش اکسیداتیو ناشی از تنش‌های متفاوت محیطی ضروری می‌باشد (Borsani *et al*., 2001). مطالعات انجام گرفته در این زمینه افزایش مقاومت در برابر تنش ناشی از ازن، اشعه UV-B، عناصر سنگین، دما، خشکی، تنش اکسیداتیو و شوری (Panda and Patra 2007; Sing and Gautam, 2013) را در گیاهان با کاربرد این هورمون گزارش کرده‌اند. دومین جنبه از نقش اسید سالیسیلیک که در غلظت‌های بالای آن اتفاق می‌افتد القاء مسیر مرگ برنامه‌ریزی شده‌ی سلول‌ها می‌باشد که منجر به حساسیت افزایش یافته در برابر تنش‌های محیطی می‌شود (Borsani *et al*., 2001; Yuan and Lin, 2008; Kovacik *et al*, 2009; Nazar *et al*., 2015).

انگور یکی از محصولات مهم باغی در دنیا و ایران بشمار می رود که در اغلب نقاط شمال غرب ایران به وفور کشت می‌گردد. با جدی‌تر شدن مشکل کم آبی دریاچه ارومیه و خشکی حوضه‌های آبریز آن، شوری حاصل از کم آبی در خاک‌های سطحی این مناطق افزایش یافته است. بنابراین افزایش تحمل شوری ارقام انگور مورد کشت در این نقاط، حداقل از طریق اعمال محافظت کننده‌های بیرونی، بیش از پیش ضروری به نظر می‌رسد.

با توجه به‌اینکه غلظت مناسب اسید سالیسیلیک در تخفیف اثرات ناشی از تنش از گونه‌ای به گونه دیگر و در مراحل مختلف تکوین گیاه متفاوت می‌باشد، این مطالعه به منظور بررسی تأثیر کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک در شرایط غیر شور و شور بر روی گیاه انگور رقم قزل‌اوزوم و تعیین غلظت مناسب آن در تخفیف اثرات ناشی از تنش انجام گرفت.

مواد و روش‌ها:

قلمه‌هایی با پنج جوانه برگی از گیاهان انگور (*Vitis vinifera* L. var. Ghizil Uzum) سه ساله در اواخر بهمن ماه ۱۳۹۲ جدا شد و در محیط ماسه‌ای مرطوب برای ریشه‌زایی در گلخانه آزمایشگاه زیست‌شناسی دانشگاه پیام نور تبریز کشت شدند. در اواسط اردیبهشت ماه ۱۳۹۳ قلمه‌های دارای ریشه به گلدان‌های حاوی خاک ماسه‌ای لومی با pH=۷/۸۳±۰/٦۱ و EC=۲/۰۳±۰/۱۸ منتقل شدند. گلدان‌ها در گلخانه با شدت نور ۸۵۰ $\mu M/m^2.s$، فتوپریود ١٤ساعت، رطوبت نسبی متوسط ۷۵ ٪ و دمای روز و شب ۲۸ و ۱۸ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. سه ماه پس از انتقال قلمه‌ها به گلدان، نمک به شکل کلرید سدیم به خاک گلدان‌ها (یک‌دوم گلدان‌ها) اضافه شد و EC نمونه‌های تیمار شوری با EC متر در ۱۰ تنظیم گردید. محلول‌پاشی برگی اسید سالیسیلیک به غلظت‌های ۱۰۰ و ۵۰۰ میکرومولار با اعمال شوری آغاز شد و نمونه‌های شاهد با آب مقطر محلول‌پاشی شدند. محلول‌پاشی برگی هر هفته یک‌بار تکرار شد و در نهایت پس از گذشت شش هفته از اولین کاربرد برگی اسید سالیسیلیک، نمونه‌های برگی برای اندازه گیری پارامترهای مورد نظر و سنجش فعالیت آنزیم‌ها و متابولیت‌ها برداشت شدند.

مقدار نسبی آب برگ‌ها با استفاده از وزن تر (Fw)، وزن خشک (Dw) و وزن اشباع (Sw) و بر اساس رابطه زیر محاسبه شد (Lara *et al*., 2003).

$$RWC=100\times(Fw-Dw)/(Sw-Dw)$$

سنجش آمینواسیدهای آزاد با استفاده از معرف نین‌هیدرین انجام گرفت (Yemm and Cocking, 1955) و غلظت آمینواسید نمونه‌ها با استفاده از محلول‌های استاندارد گلیسین و با واحد میلی‌گرم در گرم وزن تر محاسبه شد.

برای سنجش غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی پس از استخراج با استن ۸۰٪ و سانتریفیوژ در ٤۰۰۰ rpm، جذب نمونه‌ها در طول‌موج‌های ٦٦۳/۲، ٦٤٦/۸ و ٤۷۰ نانومتر خوانده شد و غلظت رنگیزه‌ها با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شد (Lichtenthaler, 1987).

$$Chla\ (\mu g/ml) = ۱۲/۲۵A٦٦۳/۲ - ۲/۷۹A٦٤٦/۸$$

Downloaded from jispp.iut.ac.ir at 23:13 IRST on Sunday November 19th 2017

Chlb (μg/ml) = ۲۱/۵A٦٤٦/۸– ۵/۱A ٦٦٣/۲

Total Ch = Cha + Chb

C(x+c) =۱۰۰A٤٧٠–۱/۸۲Cha –۸۵/۰۲Chb/ ۱۹۸

راندمان فتوشیمیایی فتوسیستم II (Fv/Fm) توسط دستگاه فلورومترکلروفیل بعد از بیست دقیقه سازش برگ‌ها به تاریکی اندازه‌گیری شد (Maxwell and Johnson, 2000).

اندازه‌گیری قندهای محلول و نامحلول به روش فنل–اسیدسولفوریک انجام گرفت (Dubois *et al.*, 1956) و غلظت قندها با استفاده از محلول‌های استاندارد گلوکز و با واحد میلی‌گرم در گرم وزن خشک محاسبه شد.

فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز (SOD) بر اساس درصد ممانعت از احیاء نیتروبلوتترازولیوم (NBT) به ترکیب دی فورمازان توسط رادیکال سوپراکسید حاصل از فتولیز ریبوفلاوین، توسط آنزیم موجود در عصاره مورد اندازه گیری قرار گرفت (Winterbourn *et al.*, 1976). عصارهٔ آنزیمی در بافر هپس ۲۵ mM حاوی ۰/۱ mM EDTA، (pH=۷/۸) استخراج و پس از ۱۵ دقیقه سانتریفوژ در ۱۵۰۰۰g، ۱۰۰ μL از روشناور با ۱ mL از محلول واکنشی شامل هپس ۲۵ mM (pH=۷/٦)، حاوی ۰/۱ mM EDTA، ۵۰ mM Na_2CO_3 (pH=۱۰/۲)، ۱۲ mM L–متیونین، ۷۵ μM NBT و ۱ μM ریبوفلاوین مخلوط و به مدت ۲۰ دقیقه در شدت نور ۸۰۰۰ لوکس به منظور انجام واکنش قرار گرفت. برای تهیه نمونه‌های شاهد مخلوط فوق بدون افزودن عصارهٔ آنزیمی تهیه گردید و جذب نمونه‌ها در ٥٦٠nm اندازه گیری شد. یک واحد فعالیت آنزیم بر اساس مقدار پروتئین آنزیمی لازم برای القاء ۵۰ درصد ممانعت از احیاء NBT در مقایسه با نمونه های شاهد بدون عصارهٔ آنزیمی محاسبه شده و به صورت واحد/میلی‌گرم پروتئین بیان گردید.

کاتالیز پلیمریزاسیون گایاکول توسط پراکسیداز مبنای سنجش فعالیت این آنزیم قرار گرفت. مخلوط واکنش از mL ۱/۵ بافر سیترات–فسفات–بورات ۰/۱ mol/L (pH= ۷/۵)، μL ۵۰ گایاکول ۱۵ mmol/L، ۲۵ μL عصاره آنزیمی و ۵۰ μL پراکسیدهیدروژن ۳/۳ mmol/L تشکیل شده بود. با استفاده از افزایش جذب در ٤٧٠ nm و ضریب خاموشی $cm^{-1}.mol^{-}$ ٢٦/٦[1] برای گایاکول فعالیت پراکسیداز محاسبه گردید. مقدار آنزیم لازم برای تولید یک میکرومول تتراگایاکول در دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین به عنوان یک واحد آنزیم پراکسیداز در نظر گرفته شد (Chance and Maehly, 1955).

فعالیت کاتالاز با دنبال نمودن تجزیه H_2O_2 در طول موج ٢٤٠ nm و اعمال ضریب خاموشی $cm^{-1}.mol^{-1}$ ٣٩/٤ محاسبه گردید. مخلوط واکنش از mL ۵ /۱ بافر سیترات–فسفات–بورات ۰/۱ mol/L (pH= ۷/۵)، μL ۵۰ عصاره آنزیمی و ۱۰ H_2O_2 mmol/L۱۳μL تشکیل شده بود. مقدار آنزیم لازم برای تجزیه یک میکرومول آب‌اکسیژنه در دقیقه به عنوان یک واحد آنزیم کاتالاز معرفی می‌شود (Obinger *et al.*, 1997).

برای سنجش مالون‌دی‌آلدئید (MDA) عصارهٔ برگ در محلول ۰/۱٪ (w/v) تری کلرواستیک اسید (TCA) استخراج و پس از پنج دقیقه سانتریفوژ در g ۱۰۰۰۰، نسبت ۱ به ٤ از روشناور با محلول ۲۰٪ از TCA حاوی ۰/۵٪ تیوباربیتوریک اسید مخلوط شد و به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب با دمای ۹۵^{oC} قرار گرفت. پس از سرد کردن لوله‌ها و سانتریفوژ مجدد جذب نمونه‌ها در nm ۵۳۲ اندازه‌گیری شد. برای محاسبه غلظت مالون‌دی‌آلدئید نمونه‌ها از محلولهای استاندارد صفر تا ۱۰۰ نانومول ۱،۱،۳،۳– تترا اتوکسی پروپان استفاده شد (Boominathan and Doran, 2002).

برای اندازه‌گیری غلظت پراکسیدهیدروژن بر روی عصاره‌ی برگی استخراج شده با TCA، ۰/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات ۱۰میلی‌مولار و ۱ میلی‌لیتر یدید پتاسیم یک مولار اضافه شد و به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ^{oC} ۲۵ نگهداری شد. سپس جذب نمونه‌ها در طول موج nm ۳۹۰ در مقابل شاهد اندازه‌گیری شد (Harinsaut *et al.*, 200). غلظت H_2O_2 نمونه‌ها به کمک منحنی جذب محلول‌های استاندارد H_2O_2 که از صفر تا ۱۰۰ میکرومولار تهیه شده بودند، محاسبه گردید.

عصارهٔ پروتئینی در بافر فسفات سدیم با غلظت ۵۰ mM و pH=٦/۸ استخراج شده و به مدت ۲۰ دقیقه در g ۱۵۰۰۰ سانتریفوژ شد. از روشناور حاصل برای سنجش پروتئین کل به روش برادفورد (Bradford, 1976) استفاده شد.

Downloaded from jispp.iut.ac.ir at 23:13 IRST on Sunday November 19th 2017

برای سنجش عناصر، هضم نمونه‌های خشک شده ابتدا در مخلوط اسید نیتریک و اسید پرکلریک غلیظ (با نسبت حجمی ٤:۱) در دمای ^{oC} ۱۳۰ بمدت یک ساعت و سپس در اسید کلریدریک غلیظ به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ^{oC} ۱۱۵ انجام گرفت. پس از به حجم رساندن نمونه‌های حاصل با آب دوبار تقطیر از محلول‌های بدست آمده برای تعیین سدیم و پتاسیم با استفاده از اسپکترومتر نشر اتمی (ICP-OES spectrometer Integra XL_2, GBC) استفاده شد (Munns *et al*., 2010).

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها و محاسبات آماری با کمک نرم افزارهای اکسل و سیگما استات (نسخه ۳/۵) انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث:

شاخص‌های رشد: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که شوری باعث کاهش معنی‌دار وزن تر و خشک و مقدار نسبی آب گیاه می‌شود. در محیط‌های غیر شور، کاربرد اسید سالیسیلیک در غلظت ۱۰۰ میکرومولار باعث افزایش جزئی وزن تر، وزن خشک و مقدار آب گیاه شد و در غلظت ۵۰۰ µM موجب کاهش جزئی این شاخص‌ها گشت که از نظر آماری معنی‌دار نبودند. در محیط شور استفاده از اسید سالیسیلیک در غلظت ۱۰۰ µM باعث افزایش معنی‌دار وزن تر، وزن خشک و مقدار آب گیاه شد، ولی افزایش القاء شده توسط غلظت ۵۰۰ µM اسید سالیسیلیک غیر قابل‌توجه بود (جدول ۲). کاهش شاخص‌های رشد گیاه در پاسخ به حضور نمک در محیط کشت، نشان دهنده‌ی حساسیت رقم مورد مطالعه انگور به شوری می‌باشد. این نتیجه در راستای نتایج حاصل از مطالعه انجام گرفته توسط کریمی و یوسف‌زاده روی همین رقم از گیاه انگور می‌باشد (Karimi and Yusef-Zadeh, 2013). به‌نظر می‌رسد که تغیرات القاء شده در متابولیسم گیاه توسط شوری عامل کاهش رشد گیاه می‌باشد (Erdal *et al*., 2011). تنش شوری رشد گیاه را با تأثیر منفی بر روی فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مانند فتوسنتز، هموستازی یون و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کاهش می‌دهد (Ashraf and Harris, 2009). تأثیر مثبت کاربرد اسید سالیسیلیک در تخفیف اثرات منفی ناشی از تنش شوری که در این مطالعه در غلظت ۱۰۰ µM مشاهده شد، در طیف وسیعی از گونه‌های گیاهی در غلظت‌های پائین (≤ ۱۰۰ µM) و اثرات منفی آن در غلظتهای بالاتر (≤ ۱mM) توسط محققین متعدد گزارش شده است (Ashraf *et al*., 2010; Rivas-San Visente and Plasencia, 2011). نقش اسید سالیسیلیک در تخفیف عوارض ناشی از تنش‌ها از طریق تأثیر روی فرایندهای متعدد مانند عملکرد روزنه، مقدار کلروفیل، تعرق و فتوسنتز می‌باشد (Jayakannan *et al*., 2015). تأثیر مثبت اسید سالیسیلیک در تخفیف تنش‌های مختلف محیطی به غلظت بکار برده شده از آن بستگی دارد و این غلظت بین گونه‌ها و ارقام مختلف متفاوت می‌باشد (Borsani *et al*., 2001; Yuan and Lin, 2008). در این مطالعه، غلظت ۵۰۰ µM اسید سالیسیلیک اگرچه به اندازه‌ای بالا نبود که باعث القاء اثرات منفی شود ولی فاقد تأثیر قابل توجهی در تخفیف اثرات منفی ناشی از شوری بر روی رشد گیاه بود.

اسیدآمینه و پروتئین کل: نتایج حاصل از این مطالعه افزایش معنی‌دار غلظت اسیدآمینه کل و کاهش معنی‌دار پروتئین کل را تحت شرایط شور نشان داد. کاهش مقدار پروتئین و افزایش غلظت اسیدهای آمینه توسط محققین متعددی در شرایط شور گزارش شده است. یکی از دلایل کاهش غلظت پروتئین کاهش فعالیت آنزیم‌های درگیر در متابولیسم ازت مانند نیترات‌ردوکتاز می‌باشد (Zahra *et al*., 2010). در شرایط غیرشور کاربرد اسید سالیسیلیک در سطح ۱۰۰ µM باعث کاهش و در سطح ۵۰۰ µM موجب افزایش جزئی اسیدآمینه کل شد، ولی تأثیر آن بر غلظت پروتئین کل با افزایش در سطح ۱۰۰ µM و کاهش در ۵۰۰ µM همراه بود که قابل توجه نبودند. با توجه به این‌که غلظت پروتئین تابعی از سرعت سنتز و تجزیه آن می‌باشد، نتایج حاصل از این مطالعه افزایش سنتز پروتئین را در غلظت ۱۰۰ µM و افزایش تجزیه آن را در غلظت ۵۰۰ µM نشان داد. نقش غلظت‌های مناسب

Downloaded from jispp.iut.ac.ir at 23:13 IRST on Sunday November 19th 2017

جدول ۱-نتایج تجزیه واریانس دوفاکتوره (میانگین مربعات) بررسی اثر شوری، هورمون و اثر متقابل شوری با هورمون بر شاخص‌های رشد و غلظت پروتئین و اسیدآمینه کل انگور رقم قزل‌اوزوم.

پارامترها	شوری	هورمون	شوری × هورمون
وزن تر	۱/۹۳**	۱/٤۳**	۰/۳۲ns
وزن خشک	۰/۱۲**	۰/۰۳۳**	۰/۰۱٦ns
اسید آمینه کل	۰/۲٥**	۰/۰۰۳ns	۰/۰۰۷ns
مقدار نسبی آب	۲۰۷۲***	۱۳۳*	۱۳۹*
پروتئین کل	۱۲۲***	٥/٥۸ns	۱/٥٦ns

Ns، *، ** و *: به ترتیب غیر معنی‌دار،معنی‌دار در سطح احتمال یک‌هزارم، یک‌صدم، پنج‌صدم با استفاده از آزمون دانکن.**

جدول ۲-تأثیر اسید سالیسیلیک روی شاخص‌های رشد و غلظت پروتئین و اسیدآمینه کل انگور رقم قزل‌اوزوم تحت شرایط شور و غیرشور.

تیمار	وزن تر (g)	وزن خشک (g)	مقدار نسبی آب (٪)	اسید آمینه کل (mg/g.FW)	پروتئین (mg/g.FW)
شاهد	۲/۹۷±۰/۱۲ ab	۰/۳۸±۰/۰۷ a	۸۰±٤ a	۰/۲٤±۰/۰۳ c	۱٦/۷±۱/۹ a
اسیدسالیسیلیک ۱۰۰ µM	۳/۲۹±۰/۳۲ a	۰/۳۹±۰/۰۸ a	۸۱±۷ a	۰/۲۱±۰/۰۷ c	۱۷/۸±۱/۸ a
اسیدسالیسیلیک ۵۰۰ µM	۲/۳۱±۰/٤۰ bc	۰/۲٤±۰/۱۰ ab	۷٤±٥ a	۰/۲۷±۰/۰۲ bc	۱٥/٤±۲/۰ ab
شوری ۱۰	۱/۸۷±۰/۲۷ c	۰/۱۰±۰/۰۳ b	٥۱±٦ c	۰/٤٤±۰/۱۱ ab	۱۱/٤±۱/۲ bc
شوری۱۰+اسیدسالیسیلیک ۱۰۰ µM	۲/۸۹±۰/٤۲ ab	۰/۳۰±۰/۰۷ a	۷۰±٤ ab	۰/٥٤±۰/۱۲ a	۱۱/۳±۲/٤ bc
شوری۱۰+اسیدسالیسیلیک ٥۰۰µM	۱/۹۷±۰/۳۰ c	۰/۱۱±۰/۰٦ b	٦۱±٤ bc	۰/٤۷±۰/۱۰ a	۱۰/۹±۲/۱ c

اختلاف بین مقادیر مربوط به هر شاخص که دارای حروف مشترک است، بر اساس آزمون دانکن از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشد (n=۳، P<۰/۰٥).

اسید سالیسیلیک در تحریک سنتز پروتئین‌ها توسط محققین گزارش شده است (El Tayeb, 2005). در شرایط شور اسید سالیسیلیک در هر دو غلظت بکار رفته توانست باعث افزایش جزئی اسیدآمینه کل شود که در سطح ۱۰۰ µM اسید سالیسیلیک این افزایش نسبتاً بیشتر بود، ولی تأثیر آن بر روی پروتئین کل با کاهش ناچیز همراه بود (جداول ۱ و ۲). افزایش غلظت اسمولیت‌ها در شرایط تنش‌زا یک مکانیسم شناخته شده برای سازش اسمزی در برابر غلظت‌های بالای یونی می‌باشد که هیدرولیز پروتئین‌ها و افزایش اسیدآمینه‌های آزاد مثال مناسبی در این زمینه می‌باشد (Singh and Gautam, 2013). در شرایط شور اسید سالیسیلیک باعث تحریک هیدرولیز پروتئین‌های محلول می‌شود و بدین‌ترتیب مخزن مناسبی از اسمولیت‌ها را برای گیاه تأمین می‌کند (Ashraf and Harris, 2009).

رنگیزه‌های فتوسنتزی: در این مطالعه شوری باعث کاهش معنی‌دار غلظت کلروفیل کل و کاروتنوئیدها و نسبت کلروفیل a/b شد. در محیط‌های غیرشور کاربرد اسید سالیسیلیک تأثیر چندانی روی غلظت کلروفیل‌ها نداشت و اثر آن روی غلظت کاروتنوئیدها در سطح ۱۰۰ µM با افزایش و در سطح ۵۰۰ µM با کاهش جزئی همراه بود، که از لحاظ آماری معنی‌دار نبودند. کاربرد اسید سالیسیلیک در شرایط شور موجب افزایش غلظت کلروفیل کل و کاروتنوئیدها و نسبت کلروفیل a/b شد که این افزایش در سطح ۱۰۰ µM معنی‌دار، ولی در سطح ۵۰۰ µM از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳ و ٤). کاهش مقدار کلروفیل‌ها، نسبت کلروفیل a/b و کاروتنوئیدها در شرایط شور در اغلب گیاهان حساس به شوری گزارش شده است (Ashraf and Bhatti, 2000). کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی در تنش شوری می‌تواند به دلیل اثر مهاری ناشی از انباشته شدن یون در کلروپلاست‌ها، کاهش پایداری کمپلکس‌های رنگیزه-پروتئین به دلیل حضور یون‌ها و فعال شدن آنزیم کلروفیلاز باشد (Saha *et al.*, 2010). اثرات مثبت کاربرد اسید

Downloaded from jispp.iut.ac.ir at 23:13 IRST on Sunday November 19th 2017

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس دوفاکتوره (میانگین مربعات) بررسی اثر شوری، هورمون و اثر متقابل شوری با هورمون بر غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی، قند محلول و نشاسته انگور رقم قزل‌اوزوم.

پارامترها	شوری	هورمون	شوری × هورمون
کلروفیل a	۱۰۱٤٥٤***	٥۳۷۰ns	۱۲۰٦۹*
کلروفیل b	۱۷٦۷ns	۱۰٤۱ns	۲۳۸۱ns
کاروتنوئید	۱۷۲۱٦***	۳۰٥۷۰***	۸۱۳٤***
قند محلول	۲۱٤٤***	۲٥/۳ns	٦۰/٥ns
نشاسته	۳۲/٥***	۱/٤۱ns	۱/٤۳ ns

Ns، *، ** و *: به ترتیب غیر معنی‌دار،معنی‌دار در سطح احتمال یک‌هزارم، یک‌صدم، پنج‌صدم با استفاده از آزمون دانکن.**

جدول ٤-تأثیر اسید سالیسیلیک روی غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی، قند محلول و نشاسته در انگور رقم قزل‌اوزوم تحت شرایط شور و غیرشور.

تیمار	کلروفیل a/b	کلروفیل کل (µg/g.FW)	کاروتنوئید (µg/g.FW)	قند محلول (mg/g.FW)	نشاسته (mg/g.FW)
شاهد	۲/۸٥±۰/٤۲ a	۸۱۰±۳۸ a	۲۸۲±۳۰ bc	٥٤±٤/۷ b	٤/۹±۱/٤ a
اسیدسالیسیلیک ۱۰۰ µM	۲/٥۲±۰/۲۲ a	۸۱۰±۲۲ a	۳٥۲±۲۹ ab	٥۰±٥/۰ b	٤/٤±۰/٦ ab
اسیدسالیسیلیک ٥۰۰ µM	۲/۹۹±۰/٦۱ a	۸۱٤±٤۳ a	۲۷٥±۳۱ c	٥۲±٦/٤ b	۳/۸±۱/۱ abc
شوری ۱۰	۱/۹۸±۰/٦۷ b	٦۱۷±٤۸ b	۲۰۰±٤۳ d	۷٤±۹/۲ a	۲/۱±۰/۳ c
شوری۱۰+اسیدسالیسیلیک ۱۰۰ µM	۲/٥±۰/۷۲ a	۷۷۰±۳۷ a	۳۹۲±۲۸ a	۸۲±۱۲ a	۲/٥±۰/۷ bc
شوری۱۰+اسیدسالیسیلیک ٥۰۰µM	۲/۳۲±۰/٦۷ ab	۷۰۰±۷۳ ab	۲۱۰±۲۷ d	۷۸±۱۰ a	۲/۰±۰/۸ c

اختلاف بین مقادیر مربوط به هر شاخص که دارای حروف مشترک است، بر اساس آزمون دانکن از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشد (n=۳، P<۰/۰٥).

سالیسیلیک در افزایش غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی و نسبت کلروفیل a/b بعنوان شاخصی از مقاومت به شوری توسط Khodary (۲۰۰٤) گزارش شده است که در مطالعه حاضر در غلظت ۱۰۰ µM اسید سالیسیلیک قابل توجه بود. کاروتنوئیدها به‌عنوان یکی از ترکیبات مورد نیاز برای مقاومت گیاهان در برابر شوری معرفی شده‌اند (Perez-Rodrıguez, 2009). افزایش غلظت کاروتنوئیدها با کاربرد اسید سالیسیلیک در گیاهان گندم تحت تنش شوری گزارش شده است که در راستای افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه جهت حفاظت از سیستم فتوسنتزی بود (Arfan *et al*., 2007) و با نتایج به‌دست آمده در این تحقیق همسو می‌باشد. جلوگیری از کاهش غلظت کلروفیل‌ها، به‌ویژه کلروفیل a و کاروتنوئیدها با کاربرد اسید سالیسیلیک در شرایط شور یکی از عوامل حفظ نرخ طبیعی فتوسنتز تحت شرایط تنش می‌باشد (Arfan *et al*., 2007).

نشاسته و قند محلول: غلظت قندهای محلول در گیاهان تحت تیمار شوری در این مطالعه افزایش و غلظت نشاسته کاهش قابل توجه نشان داد. کاربرد اسید سالیسیلیک در شرایط شور در هر دو سطح باعث افزایش جزئی غلظت قند محلول و در سطح ٥۰۰ µM باعث افزایش جزئی غلظت نشاسته شد که از نظر آماری معنی‌دار نبودند. کاربرد اسید سالیسیلیک در هر دو سطح در محیط‌های غیرشور باعث افزایش ناچیز قند محلول و کاهش ناچیز نشاسته شد (جدول ۳ و ٤). نتایج به‌دست آمده از تحقیقات نشان داده‌است که تنش‌های محیطی بویژه تنش خشکی و شوری باعث افزایش قندهای محلول مانند گلوکز، ساکارز و فروکتوز می‌شوند (Fahad and Bano, 2012)، زیرا این قندها به‌عنوان اسمولیت نقش مهمی در تنظیم اسمزی ایفا می‌کنند، افزایش در قندهای محلول معمولاً با کاهش قندهای نامحلول همراه است که از کاهش بیوسنتز آنها یا افزایش تجزیه آنها ناشی می‌شود (Zahra *et al*., 2010).

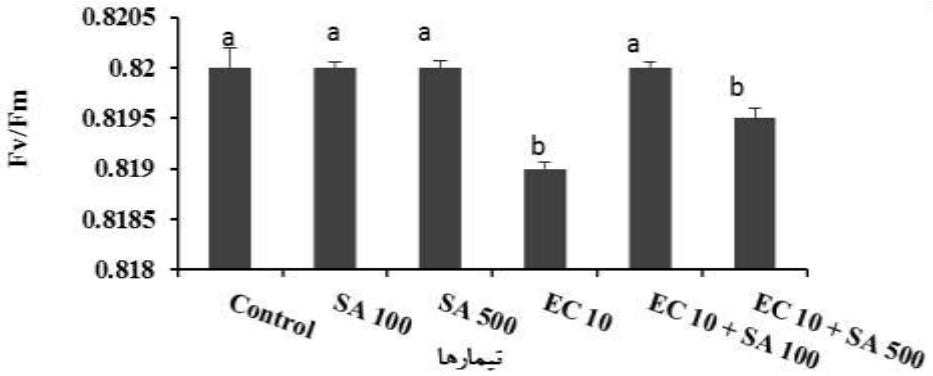
کارآیی سیستم فتوسنتزی: در این مطالعه کارآیی

Downloaded from jispp.iut.ac.ir at 23:13 IRST on Sunday November 19th 2017

جدول ۵-نتایج تجزیه واریانس دوفاکتوره (میانگین مربعات) بررسی اثر شوری، هورمون و اثر متقابل شوری با هورمون بر غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم برگ‌های پیر و جوان و نسبت فلورسانس متغیر/ بیشینه (Fv/Fm) انگور رقم قزل‌اوزوم.

پارامترها	شوری	هورمون	شوری × هورمون
F_v/F_m	۰/۰۲۸***	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۲**
سدیم برگ جوان	٥٦٤***	٦٣/٨**	٦١/٢*
سدیم برگ پیر	٦٠٤***	٩/١٥ns	٥/١٠ns
پتاسیم برگ جوان	٥٨٦***	٧/٥١ns	٢٥/٧*
پتاسیم برگ پیر	٨١٤***	٢/٩٥ns	٣/٠٤ns

Ns، *، ** و *: به ترتیب غیر معنی‌دار،معنی‌دار در سطح احتمال یک‌هزارم، یک‌صدم، پنج‌صدم با استفاده از آزمون دانکن.**

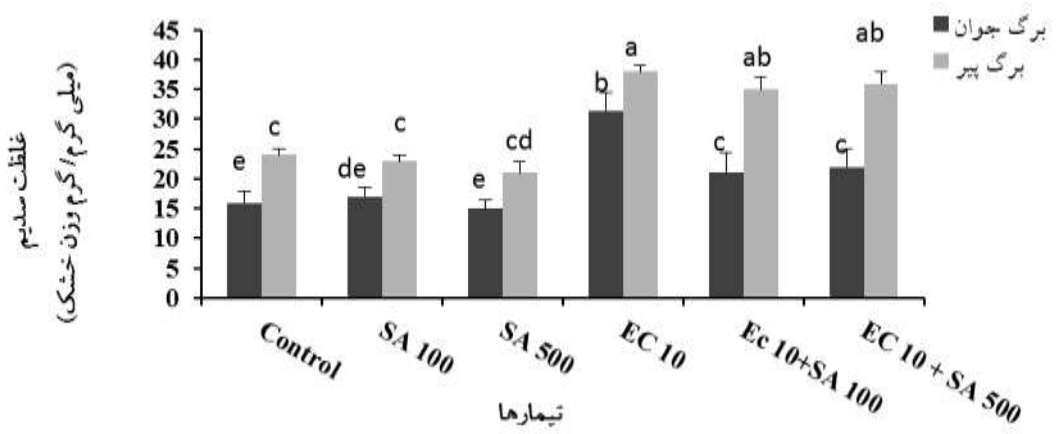


شکل ۱-تأثیر اسید سالیسیلیک روی نسبت فلورسانس متغیر/ بیشینه (Fv/Fm) در انگور رقم قزل‌اوزوم تحت شرایط شور و غیرشور. اختلاف بین مقادیر (mean±SE) ستون‌هایی که دارای حروف مشترک است، بر اساس آزمون دانکن از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشد (n=۳، p<۰/۰۵).

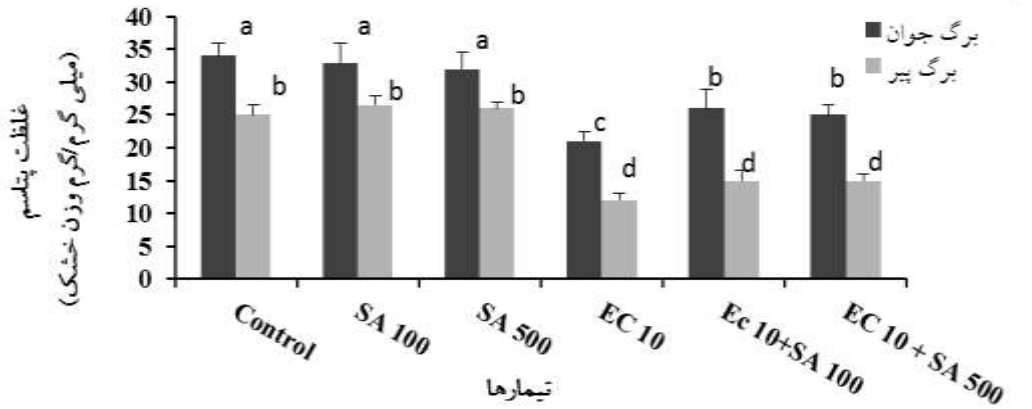
فتوسیستمII (Fv/Fm) در شرایط شور کاهش معنی‌دار نشان داد که این کاهش با کاربرد ۱۰۰ µM اسید سالیسیلیک جبران شد، ولی طبق نتایج کاربرد ۵۰۰ µM اسید سالیسیلیک بر بهبود آن تأثیر چندانی نداشت، همچنین کاربرد اسید سالیسیلیک در شرایط غیر شور این شاخص را تحت تأثیر قرار نداد (جدول ۵ و شکل ۱). بازده کوآنتومی فتوسیستمII یکی از عوامل موثر در فتوسنتز است که کاهش آن در شوری و بهبود آن با کاربرد اسید سالیسیلیک در گیاهانی مانند گلرنگ گزارش شده است که با نتایج این تحقیق همسو است (Ghassemi-Golezani and Hosseinzadeh-Mahootchi, 2015). کاهش نسبت Fv/Fm در شرایط شور شاید نشانه‌ای از آسیب به فتوسیستمII است که احتمالاً از کمبود آب ناشی شده است و با آسیب به مراکز واکنشی و ظرفیت انتقال الکترون فتوسیستم همراه می‌باشد (Kalaji *et al.*, 2011). گزارش شده است که کاربرد اسید سالیسیلیک با تسریع ترمیم و واژگردی پروتئین D1 و القاء پروتئین‌کینازها و فسفریلاسیون قابل برگشت پروتئین‌ها از شدت آسیب در شرایط تنشی می‌کاهد (Hui-Jie *et al.*, 2011). در هر حال باید توجه کرد که پاسخ از گونه‌ای به گونه دیگر می‌تواند متفاوت باشد برای مثال Arfan و همکاران (۲۰۰۷) در مطالعه خود روی گیاه گندم نشان دادند که کارآیی فتوسیستمII تحت تأثیر شوری و سالیسیلیک اسید قرار نمی‌گیرد و این ویژگی در کاهش فتوسنتز گیاه در شرایط شور بی‌تأثیر است.

غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم: اندازه‌گیری غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در برگ‌های پیر و جوان انگور نشان داد که غلظت سدیم برگ‌ها در شرایط شور افزایش و غلظت پتاسیم کاهش معنی‌دار داشت. تأثیر استفاده از اسید سالیسیلیک در شرایط غیر شور بر غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم معنی‌دار نبود. در شرایط شور کاربرد اسید سالیسیلیک تأثیری روی غلظت سدیم در برگ‌های پیر نداشت، ولی باعث کاهش معنی‌دار آن بویژه در سطح ۱۰۰ میکرومولار در برگ‌های جوان

Downloaded from jispp.iut.ac.ir at 23:13 IRST on Sunday November 19th 2017



شکل ۲-تأثیر اسید سالیسیلیک روی غلظت یون سدیم در برگ‌های پیر و جوان رقم قزل‌اوزوم انگور تحت شرایط شور و غیرشور. اختلاف بین مقادیر ستون‌هایی (mean±SE) که دارای حروف مشترک است، از لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد (n=۳، P<۰/۰۵).



شکل ۳-تأثیر اسید سالیسیلیک روی غلظت یون پتاسیم در برگ‌های پیر و جوان رقم قزل‌اوزوم انگور تحت شرایط شور و غیرشور. اختلاف بین مقادیر ستون‌هایی (mean±SE) که دارای حروف مشترک است، از لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد (n=۳، P<۰/۰۵).

شد، بطور مشابه کاربرد این هورمون تأثیری روی غلظت یون پتاسیم در برگ‌های پیر نداشت، ولی در برگ‌های جوان باعث افزایش معنی‌دار آن بویژه در سطح ۱۰۰ میکرومولار شد (جدول ۵ و شکل ۲ و ۳). افزایش سدیم و کاهش پتاسیم که در جریان تنش شوری اتفاق می‌افتد، نتیجه‌ی افزایش جذب یون سدیم توسط ناقلین و کاهش جذب پتاسیم و یا نشت آن از طریق کانال‌های خارج کننده می‌باشد (Shabala, 2009). کاهش پتاسیم سلول‌ها با ایجاد اختلال در عملکردهای متابولیک نهایتاً منجر به مرگ سلول‌ها می‌شود، بنابراین حفظ هموستازی پتاسیم یک جزء اصلی از مکانیسم مقاومت به شوری محسوب می‌شود. مطالعات انجام گرفته روی تعدادی از گونه‌های گیاهی افزایش غلظت پتاسیم و کاهش غلظت سدیم را بعد از کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک نشان داده است (Ashraf *et al.*, 2010). مطالعات اخیر انجام گرفته توسط Jayakannan و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که تیمار با غلظت‌های فیزیولوژیک اسید سالیسیلیک (میلی‌مولار ۰/۵>) در گیاهان آرابیدوپسیس تحت تنش شوری باعث کاهش نشت پتاسیم از طریق کانال‌های خارج کننده در شرایط شور و حفظ پتاسیم می‌شود. خروج پتاسیم در گیاهان تحت تیمار کلرید سدیم از طریق کانال‌های خارج کننده K^+_{OUT} در بیشتر گیاهان گزارش شده است (Anschutz *et al.*, 2014).

آنزیم‌ها و متابولیت‌های سیستم آنتی اکسیدان: بررسی فعالیت آنزیم‌های سیستم آنتی‌اکسیدانی انگور رقم قزل‌اوزوم نشان داد که شوری باعث افزایش قابل‌توجه فعالیت آنزیم‌های

Downloaded from jispp.iut.ac.ir at 23:13 IRST on Sunday November 19th 2017

جدول ٦-نتایج تجزیه واریانس دوفاکتوره (میانگین مربعات) بررسی اثر شوری، هورمون و اثر متقابل شوری با هورمون بر فعالیت آنزیم‌ها و غلظت متابولیت‌های سیستم آنتی‌اکسیدان انگور رقم قزل‌اوزوم.

پارامترها	شوری	هورمون	شوری × هورمون
فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز	۳۸/۰***	۱۷/۵**	٤/۳۸*
فعالیت آنزیم کاتالاز	۳۱۳***	۱/٤۰ns	٦/۸۰ns
فعالیت آنزیم پراکسیداز	۰/۰۳٦***	۰/۰۰٦ ns	۰/۰۰۲ns
غلظت پراکسید هیدروژن	۳/۰۳***	۰/٥٦۱**	۰/۲۸٥ns
غلظت مالون دی آلدئید	۱۳٥٥***	۱۷۷**	۱٥۹**

Ns، *، ** و *: به ترتیب غیر معنی‌دار،معنی‌دار در سطح احتمال یک‌هزارم، یک‌صدم، پنج‌صدم با استفاده از آزمون دانکن.**

سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز و پراکسیداز می‌شود. افزایش فعالیت آنزیم‌های سیستم آنتی‌اکسیدانی گیاهان در شرایط شور یک پدیده رایج جهت سم‌زدایی رادیکال‌های آزاد تولید شده‌ی اکسیژن محسوب می‌شود (Saikachout *et al*., 2013; Abedini and Daie, 2015). در محیط‌های غیرشور، کاربرد اسید سالیسیلیک در سطح ۱۰۰ µM باعث کاهش جزئی فعالیت آنزیم‌های سوپراکسیددیسموتاز و پراکسیداز و افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز و در سطح ۵۰۰ µM باعث افزایش جزئی فعالیت آنزیم‌های سوپراکسیددیسموتاز و پراکسیداز و کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز شد. مطالعات Sakhabutdinova و همکاران (۲۰۰٤) نشان داده است که کاربرد اسید سالیسیلیک می‌تواند تولید ROS را در گیاهان تعدیل کند، این یافته‌ها نشان می‌دهند که فعالیت آنزیم‌های سیستم آنتی‌اکسیدان بطور مستقیم و یا غیر مستقیم توسط اسید سالیسیلیک تنظیم می‌شوند (Singh and Guatam, 2013). کاهش مشاهده شده در فعالیت آنزیم کاتالاز در سطح ۵۰۰ µM اسید سالیسیلیک احتمالاً ناشی از تأثیر مهار کنندگی این ترکیب بر فعالیت آنزیم کاتالاز می‌باشد که گزارش شده است اسید سالیسیلیک با اتصال به پروتئین آنزیم کاتالاز باعث کاهش فعالیت آن می‌شود (Horváth *et al*., 2002). آنزیم کاتالاز در تجزیه پراکسیدهیدروژن نقش دارد و با کاهش فعالیت آن، سطح پراکسیدهیدروژن در گیاه افزایش پیدا می‌کند (Horváth *et al*., 2002)، که نتایج به دست آمده از این تحقیق نیز آن را تأیید می‌کنند. به‌نظر می‌رسد که در غلظت ۵۰۰ µM اسید سالیسیلیک آنزیم پراکسیداز نقش مهمتری را در سم‌زدایی پراکسیدهیدروژن ایفا می‌کند، به‌طوری که فعالیت آن طبق نتایج افزایش نشان داد. در شرایط شور کاربرد اسید سالیسیلیک در سطح ۱۰۰ µM باعث کاهش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز و افزایش پراکسیداز و در غلظت ۵۰۰ µM باعث افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز و کاتالاز و کاهش فعالیت آنزیم پراکسیداز شد که از نظر آماری قابل توجه نبودند (جدول ٦ و ۷). آنیون سوپراکسید که در شرایط تنش تولید می‌شود با فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز به پراکسیدهیدروژن تبدیل می‌شود. کاهش فعالیت آنزیم‌های سیستم آنتی‌اکسیدان در این مطالعه با کاربرد اسید سالیسیلیک ۱۰۰ µM احتمالاً در ارتباط با نقش مستقیم اسید سالیسیلیک در از بین بردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌باشد. افزایش ناچیز القاء شده در فعالیت آنزیم‌های سوپراکسیددیسموتاز و کاتالاز با کاربرد اسید سالیسیلیک ۵۰۰ µM نتوانست تأثیری در کاهش غلظت پراکسیدهیدروژن ایفا کند.

در این مطالعه غلظت مالون‌دی‌آلدئید فراورده پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی و پراکسیدهیدروژن تحت تنش شوری افزایش نشان داد. تنش شوری باعث تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن (ROS) می‌شود که افزایش این رادیکال‌ها با آغاز واکنش‌های زنجیره‌ای می‌تواند منجر به آسیب ماکرو ملکول‌هایی مانند پروتئین‌ها، لیپیدها و اسیدهای نوکلئیک شود (McCord, 2000). سلول‌های گیاهی با داشتن سیستم دفاع آنتی‌اکسیدان و افزایش ظرفیت آن در شرایط تنش‌زا تا حد امکان در مقابل تنش اکسیداتیو مقاومت می‌کنند (Turkan and Demiral, 2009). تحقیقات در گیاهانی مانند گندم

Downloaded from jispp.iut.ac.ir at 23:13 IRST on Sunday November 19th 2017

جدول ۷- تأثیر اسیدسالیسیلیک روی فعالیت آنزیم‌ها و غلظت متابولیت‌های آنتی‌اکسیدان در انگور رقم قزل‌اوزوم تحت شرایط شور و غیرشور.

تیمار	SOD (U/mg.pro.min)	CAT (U/mg.pro.min)	POD (U/mg.pro.min)	H_2O_2 ($\mu mol.g^{-1}.FW^{-1}$)	MDA ($nmol.g^{-1}.FW^{-1}$)
شاهد	۵/۹۷±۰/۱۲ b	۱۰/٦±۱/۱ b	۰/۱۲±۰/۰۷ b	۰/۸۳±۰/۲۲ b	۲۰±۳/۱ b
اسیدسالیسیلیک ۱۰۰ µM	٤/٤۲±۰/۳۰ b	۱۱/۱±۲/۳ b	۰/۱۰±۰/۰۲ b	۰/۷۲±۰/۳٤ b	۲۱±۲/۷ b
اسیدسالیسیلیک ۵۰۰ µM	٦/۲۰±۱/۲ b	۹/۷±۲/۰ b	۰/۱٤±۰/۰۳ ab	۰/۹۱±۰/۱۲ b	۲۳±۲/۸ b
شوری ۱۰	۹/۱۷±۰/۸٤ a	۱۸/٦±۲/۷ a	۰/۲٤±۰/۰٦ a	۱/۸±۰/۳٦ a	٤۲±۷/۵ a
شوری۱۰+اسیدسالیسیلیک ۱۰۰µM	۵/۲۲±۰/۵۲ a	۱٦/۹±۳/۱ a	۰/۲±۰/۰٤ a	۰/۹۳±۰/۱۹ b	۲٤±٤/۱ b
شوری۱۰+اسیدسالیسیلیک ۵۰۰µM	۱۰/۳±۲/۱ a	۱۹/۲±۳/۵ a	۰/۱۹±۰/۰۷ ab	۱/۹±۰/۵۳ a	٤۰±٦/۲ a

اختلاف بین مقادیر مربوط به هر شاخص که دارای حروف مشترک است، بر اساس آزمون دانکن از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشد (n=۳، P<۰/۰۵).

(Abedini and Daie, 2015)، برنج (Chawla *et al*., 2013) و گوجه‌فرنگی (Mittova *et al*., 2004) نشان داده است که گیاهان مقاوم دارای سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی کارآمدتری می‌باشند. در این مطالعه اگرچه شوری باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های سیستم آنتی‌اکسیدان شد ولی این افزایش نتوانست در کاهش غلظت رادیکال‌های اکسیژن تولید شده موثر باشد. با کاربرد اسید سالیسیلیک در غلظت ۱۰۰ µM کاهش معنی‌دار در غلظت مالون‌دی‌آلدئید و پراکسیدهیدروژن مشاهده شد، ولی کاربرد غلظت ۵۰۰ µM اسید سالیسیلیک تأثیر قابل‌توجهی بر روی آنها نداشت.

استفاده از اسید سالیسیلیک با غلظت ۵۰۰ µM در محیط‌های غیرشور با افزایش این دو ترکیب و با غلظت ۱۰۰ µM با کاهش پراکسیدهیدروژن همراه بود که از نظر آماری معنی‌دار نبودند (جدول ٦ و ۷).

نتیجه‌گیری کلی:

این پژوهش حساسیت رقم قزل اوزوم انگور را به شرایط شور نشان داد که با کاهش رشد، غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی، غلظت پتاسیم و کارآیی فتوسیستم II و افزایش غلظت مالون‌دی‌آلدئید، پراکسیدهیدروژن، فعالیت آنزیم‌های سیستم آنتی‌اکسیدان و غلظت سدیم در گیاه همراه بود. در این گیاه کاربرد اسید سالیسیلیک با غلظت ۵۰۰ میکرومولار نتوانست در بهبود پارامترهای متأثر از شوری مفید باشد ولی کاربرد غلظت ۱۰۰ میکرومولار آن توانست از طریق افزایش معنی‌دار کاروتنوئیدها از آسیب به فتوسیستم II در شرایط شوری ممانعت کند و با کاهش انتقال یون سمی سدیم به برگهای جوان و در حال رشد و همچنین حفظ مقادیر مناسبی از اسموتیکوم‌ها مانند پتاسیم، اسیدهای آمینه و قندهای محلول در این برگها، اثرات مخرب شوری در اندامهای در حال رشد را تخفیف دهد. همچنین، کاربرد اسید سالیسیلیک با غلظت ۱۰۰ میکرومولار در شرایط شور توانست تولید پراکسیدهیدروژن و مالون‌دی‌آلدئید را کاهش و فعالیت آنزیم‌های سیستم آنتی‌اکسیدان را تعدیل کند.

منابع:

Abedini, M. and Daie-Hassani, B. (2015) Salicylic acid affects wheat cultivars antioxidant system under saline and non-saline condition. Russian Journal of Plant Physiology 62: 604–610.

Anschutz, U., Becke, D. and Shabala, S. (2014) Going beyond nutrition: regulation of potassium homoeostasis as a common denominator of plant adaptive responses to environment. Journal of Plant Physiology 171:670–687.

Arberg, B. (1981) Plant growth regulators. Monosubstituted benzoic acid. Swedish Journal of Agriculture Research11: 93–105.

Arfan, M. (2007) Exogenous application of salicylic acid through rooting medium modulates ion accumulation and antioxidant activity in spring wheat under salt stress. International Journal of Agriculture and Biology 11: 437–442.

Ashraf , M. (2004) Some important physiological selection criteria fort salt tolerance in plants. Flora 199: 361–76.

Downloaded from jispp.iut.ac.ir at 23:13 IRST on Sunday November 19th 2017

Ashraf, M. and Harris, P. (2009) Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. Plant Sciences 166: 3-16.

Ashraf, M. Y. and Bhatti, A. S. (2000) Effect of salinity on growth and chlorophyll content in rice. Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research 43: 130-131.

Ashraf, M., Akram, N. A., Arteca, R. N., Foolad, M. R. (2010) The physiological, biochemical and molecular roles of brassinosteroids and salicylic acid in plant processes and salt tolerance. Critical Reviews in Plant Sciences 29: 162–190.

Boominathan, R. and Doran, P. M. (2002) Ni-induced oxidative stress in roots of the Ni hyper accumulator, *Alyssum bertolonii*. New Phytologist 156: 205–215.

Borsani, O., Valpuesta, V. and Botella, M. (2001) Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in arabidopsis seedlings. Plant Physiology, 126: 1024-1030.

Bradford, M. (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein–dye binding. Annual Review of Biochemistry 72: 248–254.

Chance, B. and Maehly, A. C. (1955) Assay of catalases and peroxidases, Methods in Enzymology. Academic Press, New york.

Chawla, S., Jain, S. and Jain, V. (2013) Salinity induced oxidative stress and antioxidant system in salt-tolerant and salt-sensitive cultivars of rice (*Oryza sativa* L.). Journal of Plant Biotechnology and Biochemistry 1: 27-34.

DuBois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A. and Smith, F. (1956) Colorometric method for determination of sugars and related substances. Analytical Chemistry 28: 350-356.

El-Tayeb, M.A. (2005) Response of barley grains to interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation 45: 215-225.

Erdal, S., Aydin, M., Genisel, M., Taspinar, M. S., Dumlupinar, R., Kaya, O. and Gorcek, Z. (2011) Effect of salicylic acid on wheat salt sensitivity. African Journal of Biotechnology 30: 5713–5718.

Fahad, S. and Bano, A. (2012) Effect of salicylic acid on physiological and biochemical characterization of maize grown in saline area. Pakistan Journal of Botany 44: 1433-1438.

Ghassemi-Golezani, K. and Hosseinzadeh-Mahootchi, A. (2015) Improving physiological performance of safflower under salt stress by application of salicylic acid and jasmonic acid. Walia Journal 31: 104-109.

Harinasut, P., Poonsopa, D., Roengmongkol, K. and Charoensataporn, R. (2003) Salinity effects on antioxidant enzymes in mulberry cultivars. Science Asia 29: 109–113.

Harper, J. P. and Balke, N. E. (1981) Charactrization of the inhibition of K+ absorption in oat roots by salicylic acid. Plant Physiology 68: 1349–1353.

Horváth, E., Janda, T., Szalai, G. and Páldi, E. (2002) In vitro salicylic acid inhibition of catalase activity in maize: differences between the isoenzymes and a possible role in the induction of chilling tolerance. Plant Science 163: 1129-1135.

Hui-Jie Z., Xue-Juan, Z. H., Pei-Fang, M., Yue-Xia, W., Wei-Wei, H., Hong, L. and Yi-Dan, Z. (2011) Effects of salicylic acid on protein kinase activity and chloroplast D1 protein degradation in wheat leaves subjected to heat and high light stress. Acta Ecologica Sinica 31: 259–263.

Jayakannan, M., Bose, J., Babourina, O., Rengel, Z., Shabala, S. (2013) Salicylic acid improves salinity tolerance in ignaling s by restoring membrane potential and preventing salt-induced K^+ loss via a GORK channel. Journal of Experimental Botany 64:2255–2268.

Jayakannan, M., Jayakumar, B., Olga, B., Zed, R. and Shabala, S. (2015) Salicylic acid in plant salinity stress ignaling and tolerance. Plant Growth Regulation 76: 25-40.

Karimi, H. and Yusef-Zadeh, H. (2013) The effect of salinity on the morphological and physiological traits of two grape (*Vitis vinifera* L.) cultivars. International Journal of Agronomy and Plant Production 4: 1108-1117.

Khan, W., Prithiviraj, B. and Smith, D. L. (2003) Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. Journal of Plant Physiology 160:485-92.

Khodary, S. E. A. (2004) Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. International Journal of Agriculture and Biology 6:5–8.

Kovacik, J., Grúz, J., Baèkor, M., Strnad, M. and Repcák, M. (2009) Salicylic acid-induced changes to growth and phenolic metabolism in *Matricaria chamomilla* plants. Plant Cell Reports 28135–143.

Lara, M. V., Disante, K. B., Podesta, F. E., Andreo, C. S. and Drincovich, M. F. (2003) Induction of a Crassulacean acid like metabolism in the C_4 succulent plant, *Portulaca oleracea* L.: physiological and morphological changes are accompanied by specific modifications in phosphoenolpyruvate carboxylase. Photosynthesis Research 77: 241–254.

Lichtenthaler, H. K. (1987) Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology 148: 350-382.

Maxwell, K. and Johnson, N. G. 2000. Chlorophyll fluorescence a practical guide. Journal of Experimental Botany 51: 659–668.

McCord, J. M. (2000) The evolution of free radicals and oxidative stress. American Journal of Medicine 108:652–659.

Downloaded from jispp.iut.ac.ir at 23:13 IRST on Sunday November 19th 2017

Mittova, V., Guy, M., Tal, M. and Volokita, M. (2004) Salinity up-regulates the antioxidative system in root mitochondria and peroxisomes of the wild salt-tolerant tomato species *Lycopersicon pennellii*. Journal of Experimental Botany 55:1105–1113.

Munns, R., Wallace, P. A. Teakle, N. L. and Colmer, T. D. (2010) Measuring soluble ion concentrations (Na^+, K^+, Cl^-) in salt-treated plants. Methods in Molecular Biology 639: 371-82.

Nazar, R., Umar, S. and Khan, N. A. (2015) Exogenous salicylic acid improves photosynthesis and growth through increase in ascorbate-glutathione metabolism and S assimilation in mustard under salt stress. Plant Signaling and Behavior e1003751-10.

Obinger, C., Maj, M., Nicholls, P. and Loewen, P. (1997) Activity, peroxide compound formation and heme d synthesis in *Escherichia coli* HPII catalase. Archives of Biochemistry and Biophysics 342: 58-67.

Panda, S. and Patra, H. (2007) Effect of salicylic acid potentiates cadmium induced oxidative damage in *Oryza sativa* L. leaves. Acta Physiolgia Plantarum 29: 567–575.

Park, S. W., Liu, P. P., Forouhar, F., Vlot, A. C., Tong, L. and Klessig, F. (2009) Use of a synthetic salicylic acid analog to investigate the roles of methyl salicylate and its esterases in plant disease resistance. The Journal of Biological Chemistry 284: 7307–7317.

Perez-Rodrıguez, L. (2009) Carotenoids in evolutionary ecology: re-evaluating the antioxidant role. BioEssays 31: 1116–1126.

Rivas-San Vicente, M. and Plasencia, J. (2011) Salicylic acid beyond defence: its role in plant growth and development. Journal of Experimental Botany 62: 3321-38.

Saha, P., Chatterjee, P. and Biswas, A. K. (2010) NaCl pretreatment alleviates salt stress by enhancement of antioxidant defense system and osmolyte accumulation in mumgbean. Indian Journal of Experimental Biology 48: 593-600.

Sakhabutdinova, A. R., Fatkhutdinova, D. R. and Shakirova, F. M. (2004) Effect of salicylic acid on the activity of antioxidant enzymes in wheat under conditions of salination. Applied Biochemistry and Microbiology 40:501–505.

Saikachout, S., Jaffel Hamza., K., Karray Bouraoui, N., Leclerc, J. C. and Ouerghi, Z. (2013) Salt-induced changes in antioxidative enzyme activities in shoot tissues of two atriplex varieties. Notulae Botanicae Horti AgrobotaniciCluj-Napoca 41:115-121.

Shabala, S. (2009) Salinity and programmed cell death: unraveling mechanisms for ion specific ignaling. Journal of Experimental Botany 60:709–712.

Singh, P. K. and Gautam, S. (2013) Role of salicylic acid on physiological and biochemical mechanism of salinity stress tolerance in plants. Acta Physiologia Plantarum 35: 2345–2353.

Tu¨rkan, I. and Demiral, T. (2009) Recent developments in understanding salinity tolerance. Environmetal Experimental Botany 67:2–9.

Winterbourn, C. C., McGrath, B. M. and Carrell, R. W. (1976) Reactions involving superoxide and normal and unstable haemoglobins. The Biochemical Journal 3: 493–502.

Yemm, E. W. and Cocking, E. C. (1955) The determination of amino-acids with ninhydrin. Analyst 80: 209-213.

Zahra, S., Amin, B., Ali, V. S. M., Ali, Y. and Mehdi, Y. (2010) The salicylic acid effect on the tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.) sugar, protein and proline contents under salinity stress (NaCl). Journal of Biophysics and Structural Biology 2: 35–41.