نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶، ص.۲۸۰-۲۶۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 31, No. 2, Summer 2017, P. 269-280
ISSN: 2008 - 4730

تاثیر کاربرد اسید سالیسیلیک بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ارقام انگور (*Vitis vinifera* L.) تحت شرایط تنش خشکی

ناصر عباسپور[1*] - لاوین بابائی[2] - علیرضا فرخزاد[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۳/۱۲

چکیده

به منظور بررسی اثرات تیمار اسیدسالیسیلیک بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی دو رقم نهال انگور (رشه و بیدانه سفید)، تحت شرایط تنش خشکی، پژوهشی به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. دورهای آبیاری شامل آبیاری به فواصل هر ۵ (شاهد)، ۱۰ و ۱۵روز یک بار و تیمارهای اسیدسالیسیلیک شامل غلظت‌های صفر (شاهد)، ۱ و ۲ میلی مولار بود. نتایج نشان داد که با افزایش تنش خشکی،صفات ارتفاع نهال، قطرتنه، تعداد و سطح برگ و شاخص کلروفیل کاهش معنی‌داری نسبت به تیماردور آبیاری هر ۵ روز یک بار (شاهد) پیدا کرد در حالی که میزان تجمع پرولین،قندهای محلول، مالون دی آلدهید و پروتئین کل افزایش یافت. میزان ارتفاع نهال، قطرتنه، تعدادبرگ، میزان پرولین و پروتئین کل در رقم رشه بیشتر از رقم بیدانه سفید بود. محلول پاشی اسیدسالیسیلیک با غلظت ۲ میلی مولار موجب افزایش معنی‌دار صفات ارتفاع نهال، قطرتنه، تعداد و سطح برگ، شاخص کلروفیل، قندهای محلول و پروتئین کل و کاهش معنی دار میزان مالون دی آلدهید نسبت به تیمار اسیدسالیسیلیک با غلظت صفر میلی مولار (شاهد)تحت شرایط تنش خشکی گردید. به طور کلی نتایج پژوهش حاضر نشان داد که کاربرد اسیدسالیسیلیک با غلظت ۲ میلی مولار می‌تواند اثرات تنش خشکی بر رشد انگور را تعدیل کند و رقم رشه در مقایسه با رقم بیدانه سفید از تحمل بالاتری نسبت به تنش خشکی برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: استرس کمبود آب، پرولین، تحمل، قندهای محلول، مالون دی آلدهید

مقدمه

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده محیطی است که رشد و عملکرد انگور در مناطق مدیترانه ای است (۲۱). ایران با متوسط نزولات آسمانی ۲۴۰ میلی متر در سال در زمره مناطق خشک و نیمه خشک جهان قرار دارد (۶۲). که این خود نشان دهنده ضرورت توجه به بهینه سازی مصرف آب در بخش کشاورزی است (۱۹).گزینش ارقام متحمل به خشکی از راه بررسی عملکردآن‌ها تحت تنش امکان پذیراست. اما ازآن جایی که عملکرد، برآیند صفات فیزیولوژیکی گیاه می‌باشد، می‌توان از این صفات به عنوان ابزاری برای گزینش گیاهان متحمل استفاده کرد. به این منظور معمولاً ارقام و ژنوتیپ های یک گونه گیاهی از دیدگاه صفات فیزیولوژیکی و ارتباط آن با تحمل به خشکی مورد بررسی قرار می‌گیرند (۱۹). خشکی رشد، عملکرد، نفوذپذیری غشاها، فتوسنتز و رنگیزه‌های فتوسنتزی و روابط آبی تنظیم اسمزی را تحت تاثیر قرار می دهد (۴). درمقیاس سلولی، گیاهان آثار زیان بار تنش کم آبی را با افزایش متابولیسم و تنظیم پتانسیل اسمزی از راه تجمع مواد آلی و معدنی در سلول های خود کاهش داده و فشار آماس خود را تنظیم می‌کنند. کربوهیدرات ها و اسید آمینه پرولین از جمله این ترکیبات هستند (۲۹). بررسی اثرات تنش خشکی بر خصوصیات رشدی و فیزیولوژیکی پنج رقم انگور (گزنی، شاهانی، موسکات گوردو، فیلم سیدلس و بیدانه سفید) نشان داده است که با افزایش شدت تنش خشکی، ارتفاع بوته، تعداد برگ و گره، سطح برگ، درصد ماده خشک برگ، میزان کلروفیل و پروتئین های محلول بسته به نوع رقم کاهش یافت در حالی که تجمع پرولین افزایش پیدا کرد (۵۴). افزایش میزان پرولین و قند های محلول در ارقام مختلف انگور تحت تنش خشکی، در

۱- دانشیار گروه زیست شناسی، دانشگاه ارومیه
(*- نویسنده مسئول: Emai: n.abbaspour@urmia.ac.ir)
۲ و ۳- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد و استادیار، گروه باغبانی، دانشگاه ارومیه
DOI: 10.22067/jhorts4.v0i0.50690

آزمایش‌های مختلف گزارش شده است (۳۲ و ۵). ترکیب فنلی اسید سالیسیلیک به عنوان یک تنظیم کننده هورمونی در گیاهان شناخته شده و نقش آن در پاسخ به مکانیسم های دفاعی در برابر عوامل زنده و غیر زنده می‌باشد (۶۳ و۱۴). یافته ها و تحقیقات سال‌های اخیر نشان دهنده اثرات اسیدسالیسیلیک در تعدیل تنش‌های غیر زنده می باشد و تحقیقات زیادی در مورد اثرات اسید سالیسیلیک در واکنش های دفاعی گیاه در مقابل تنش‌های غیر زنده انجام شده است (۳۳). نقش اسید سالیسیلیک هم چنین به عنوان یک ماده تنظیم کننده رشد در القای تحمل به بسیاری از تنش های زیستی و غیر زیستی همچون باکتری‌ها، قارچ‌ها، ویروس‌ها (۲)، تنش سرما زدگی (۵۷) و تنش خشکی (۵۸) مورد توجه قرار گرفته است. در این رابطه اسید سالیسیلیک به عنوان یک مولکول پیام رسان، سبب افزایش ترکیبات دفاعی همچون پرولین و بتائین گلایسین می‌گردد. از طرف دیگر افزایش شاخص‌های رشدی با کاربرد اسید سالیسیلیک در گندم و سویا (۱۳) و ذرت (۱۸) گزارش شده است. پاسخ های متابولیکی گیاه در مقابل اسید سالیسیلیک بسته به نحوه‌ی کاربرد آن و نوع گیاه متفاوت است (۳۵و ۲۶). هم چنین مشاهده شده غلظت‌های مناسب اسید سالیسیلیک می‌تواند کلروفیل و فتوسنتز کل گیاهی را در گیاهان در معرض تنش خشکی افزایش دهد (۲۳ و ۱۶). نتایج بررسی سطوح مختلف اسیدسالیسیلیک (صفر، ۱ و ۲ میلی مولار) در کاهش اثرات کم آبی بر تعدادی از شاخص‌های رشدی گیاه همیشه بهار نشان داد که با کاهش آب آبیاری، سطح و تعداد برگ، تعداد ساقه فرعی و طول آن، وزن تر و خشک بوته، وزن خشک گل در بوته، شاخص کلروفیل، هدایت روزنه‌ای و عملکرد کوانتومی به طور معنی‌داری کاهش یافت و سطوح مختلف اسیدسالیسیلیک تاثیر معنی‌داری بر افزایش سطح و تعداد برگ، وزن تر و خشک بوته، تعداد ساقه فرعی و تعداد گل در بوته، شاخص کلروفیل، عملکرد کوانتومی، وزن خشک بذر و تعداد بذر در بوته داشت (۴۹).

هدف از انجام این پژوهش بررسی تاثیر تنش آبی از طریق اندازه‌گیری برخی پارامترهای رشدی و فیزیولوژیکی و اثر محلول پاشی اسید سالیسیلیک در کاهش اثرات زیان بارتنش خشکی و شناخت مکانیسم‌های احتمالی مقاومت به خشکی در دو رقم انگور رشه و بیدانه سفید بوده است.

مواد و روش ها

این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو واحد آزمایشی (هر واحد آزمایشی شامل دو گلدان و در هر گلدان یک نهالو در مجموع ۱۰۸ نهال)در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه انجام گردید. در این پژوهش نهال‌های دوساله انگور رقم رشه و بیدانه سفید انتخاب و در گلدان‌های پلاستیکی با گنجایش ۷ لیتر و ارتفاع ۲۴ سانتی‌متر و مخلوط خاکی شامل ۲ قسمت خاک معمولی، ۱ قسمت خاک برگ و ۱ قسمت ماسه مورد استفاده قرارگرفت. پس از طی مرحله استقرار به مدت سه ماه، اعمال تیمارها آغاز گردید.طی آزمایش، متوسط رطوبت نسبی ۴۵ درصد و دمای حداقل و حداکثر گلخانه به طور متوسط ۱۷ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد بود.فاکتور اول شامل۲ رقم رشه و بیدانه سفید،فاکتور دوم شامل دورهای آبیاری هر ۵ (شاهد)، ۱۰ و ۱۵ روز یک بار (۶۰) و فاکتور سوم اسیدسالیسیلیک با غلظت‌های صفر (شاهد)، ۱ و ۲ میلی مولار بود. تعداد تیمارها در هر واحد آزمایشی ۵۴ عدد بود. در هر بار آبیاری، به ازای هر نهال، ۱ لیتر آب مصرف گردید. اولین محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک هم زمان با شروع دورهای آبیاری اعمال گردید و برای حفظ اثرات اسید سالیسیلیک، محلول‌پاشی بعدی هر ۱۵ روز بعد از اولین محلول‌پاشی انجام گرفت. در هر بار محلول‌پاشی از هر غلظت، ۲ لیتر محلول اسیدسالیسیلیک تهیه و به ازای هر نهال، ۰/۰۵۵ لیتر (۰/۰۰۵۵سانتی‌متر مکعب) محلول مصرف گردید. به منظور اندازه‌گیری ارتفاع نهال، نسبت رشد طولی نهال‌ها در ابتدا و انتهای آزمایش با استفاده از خط‌کش اندازه گیری شد و اختلاف ارتفاع آن‌ها محاسبه گردید. به منظور ایجاد یکنواختی بین مقایسات از فرمول کرامر و همکاران (۹) استفاده گردید.

۱۰۰×[(رشد طولی اولیه)/ (رشد طولی ثانویه–رشد طولی اولیه)]= (سانتی‌متر) نسبت رشد طولی ساقه (۱)

صفات قطر ساقه (توسط کولیس دیجیتال مدل NO:Z ۲۲۸۵۵)، تعداد برگ، سطح برگ (توسط دستگاه اندازه گیری سطح برگ Leaf Area Meter مدل AM200) اندازه گیری گردید. جهت اندازه‌گیری سطح برگ در هر نهال، سه برگ کوچک،متوسط و بزرگ را انتخاب و پس از اندازه گیری سطح آن ها توسط دستگاه، مقدار به دست آمده در تعداد کل برگ های آن نهال ضرب و عدد نهایی، سطح برگ یک نهال گردید. شاخص کلروفیل برگ ها،در پایان آزمایش با دستگاه سنجش محتوی کلروفیل (مدل MINOLTA 502, Osaka Japan) اندازه‌گیری گردید.به منظور تعیین غلظت پرولین از روش پاکوین و لچسر (۵۱) استفاده شد. به ۱ میلی لیتر از عصاره الکلی تهیه شده از بافت تازه برگی که به روش ایریگوین و همکاران تهیه شده بود (۳۰)،۱۰ میلی لیتر آب‌مقطر،۵ میلی لیتر معرف نین‌هیدرین و ۵ میلی لیتر اسیداستیک گلاسیال افزوده، به مدت ۴۵ دقیقه در بن‌ماری با دمای جوش قرار داده شد. پس از خنک شدن نمونه ها، ۱۰ میلی‌لیتر بنزن به هرکدام از نمونه‌ها اضافه کرده و به شدت تکان داده شد تا پرولین وارد فاز بنزن گردد. استانداردهایی از پرولین از غلظت صفر تا ۰/۱ میکرومول بر لیتر تهیه گردید و در نهایت میزان جذب محلول‌های استاندارد و نمونه‌ها در طول موج ۵۱۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر (مدلS2100) اندازه‌گیری گردید.به منظور اندازه‌گیری میزان قندهای محلول از روش ایریگوین وهمکاران (۲۸) استفاده

گردید. به ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره الکلی، ۳ میلی لیتر انترون تازه افزوده شد. سپس لوله‌های آزمایش را به مدت ۱۰ دقیقه در بن ماری قرار داده شد. پس از خنک شدن نمونه‌ها، میزان جذب آن‌ها به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر با استفاده از گلوکز به عنوان محلول استاندارد در طول موج ۶۲۵ نانومتر اندازه‌گیری شد.

میزان قندهای محلول (۲)

(FW mg/g)= (OD625+0.0533)/0.004

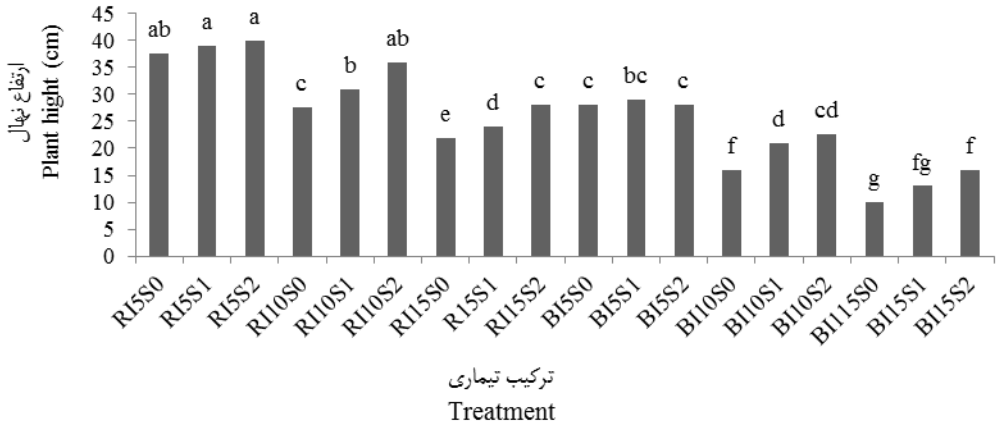
اندازه‌گیری مالون دی آلدهید به روش اسپکتروفتومتری (۲۵) انجام گردید. به مخلوط سائیده شده بافت تازه برگی و تری کلرو استیک اسید پس ازسانتریفیوژ، محلول TCA اضافه گردید و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای۹۵درجه سانتیگراد در حمام آب جوش حرارت داده شد. سپس نمونه ها به مدت ۱دقیقه سانتریفیوژگردید و شدت جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در دو طول موج ۵۳۲ نانومتر و ۶۰۰ نانومتر اندازه‌گیری و نتایج بر حسب میکرومول بر گرم وزن تر گیاه ارائه گردید. برای اندازه‌گیری میزان پروتئین کل، از روش برد فورد استفاده شد (۶). در نهایت شدت رنگ به وسیله اسپکتروفتومتر با استفاده از آلبومین سرم گاوی به عنوان محلول استاندارد در طول موج ۵۹۵ نانومتر قرائت و نتایج بر اساس میلی گرم در گرم وزن تر بیان گردید.

پروتئین کل(۳) (FW mg/g)= (OD595-0.0345)/1.7333

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های صفات اندازه‌گیری شده با استفاده از نرم افزار SAS سری ۹/۱ و روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گردید و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel سری۲۰۱۰ استفاده گردید.

نتایج

با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها،اثرات متقابل سه گانه رقم، اسید سالیسیلیک و خشکی بر میزان ارتفاع نهال معنی دار بود.با افزایش دورهای آبیاری هر ۱۰ و ۱۵روز یک بار، میزان ارتفاع نهال در هر دو رقم کاهش معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد (دور آبیاری هر ۵ روز یک بار) پیدا کرد و روند کاهش ارتفاع در رقم رشه کمتر از رقم بیدانه سفید بود.کاربرد اسید سالیسیلیک موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع نهال نسبت به تیمار شاهد در هر دو رقم گردید. تیمار اسیدسالیسیلیک با غلظت ۱ و ۲ میلی مولار در دورهای آبیاری هر ۵ روز یک بار (شاهد) ، بیشترین تاثیر را در افزایش ارتفاع نهال ها داشت و میزان تاثیر آن در رقم رشه بیشتر از رقم بیدانه سفید بود. بر اساس نتایج به دست آمده، بیشترین ارتفاع نهال در رقم رشه با دور آبیاری هر ۵ روز یک بار (شاهد) و غلظت ۱ و ۲ میلی مولار اسید سالیسیلیک و کمترین ارتفاع نهال در رقم بیدانه سفید با دور آبیاری هر ۱۵روز یک بار و غلظت صفر میلی مولار اسید سالیسیلیک (شاهد) حاصل گردید (شکل ۱).



شکل ۱-برهمکنش سطوح مختلف خشکی×اسیدسالیسیلیک بر ارتفاع نهال دو رقم انگور(*Vitis vinifera* L.). (حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد). R: رشه، B: بیدانه سفید، S0: اسیدسالیسیلیک صفر میلی مولار (شاهد)،S1:اسیدسالیسیلیک ۱ میلی مولار، S2: اسیدسالیسیلیک ۲ میلی مولار، I5: دور آبیاری ۵ روز (شاهد)، I10: دور آبیاری ۱۰ روز، I15: دور آبیاری ۱۵ روز

Figure 1- Interaction effect of drought×salicylic acid levelson plant height of two Grape Cultivars (*Vitis vinifera* L.). Columns with the same letters arenot significantly different at 1% probability level using Duncan's Multiple Range Test (DMRT). R: Rasheh, B: BidaneSefid, S0: salicylic acid 0 mM, S1: salicylic acid 1 mM, S2: salicylic acid 2 mM, I5: Irrigation interval 5 day, I10: Irrigation interval 10 day, I15: Irrigation interval 15 day

خشکی، تقسیمات میتوزی، طویل شدن و توسعه سلول‌هارا تحت تاثیر قرار داده، نهایتاًمنجر به کاهش رشد و عملکرد محصول می‌گردد (۲۸). با کاهش رشد سلول، اندازه‌ی اندام محدود می‌شود و به همین دلیل است که اولین اثر محسوس کم‌آبی بر روی گیاهان را می‌توان از روی اندازه‌ی کوچکتر برگ‌ها یا ارتفاع گیاهان تشخیص داد (۲۷). کاهش ارتفاع گیاه ممکن است به دلیل کاهش رشد و بزرگ شدن سلول‌ها و حساسیت بیشتر برگ‌ها در گیاهان تحت تنش خشکی باشد (۴۴). کاهش ارتفاع نهال در اثر تنش خشکی و مقاومت بیشتر ارقام مقاوم به کاهش ارتفاع در شرایط تنش خشکی توسط محققان دیگر گزارش شده است (۳،۳۲، ۶۵). اسید سالیسیلیک با ممانعت از کاهش اکسین و سیتوکینین در گیاه، موجب افزایش تقسیمات سلولی و رشد گیاه می‌گردد (۲۴).پژوهش ها نشان داده است که میزان جذب عناصری مانند منیزیم، کلسیم، پتاسیم، فسفر و نیتروژن در گیاهان تحت تنش خشکی تیمار شده با اسید سالیسیلیک افزایش می یابد (۶۲). و ازطرف دیگر اسید سالیسیلیک می تواند از جذب بیش از حد آنیون های سمی مانند بور، کلر و سدیم در شرایط خشکی و شوری جلوگیری نماید (۱۳). این افزایش در جذب عناصر غذایی و کاهش در جذب عناصر سمی می تواند عامل افزایش رشد و در نتیجه ارتفاع گیاه باشد. تاثیرکاربرد اسیدسالیسیلیک در افزایش ارتفاع گیاه توسط سان میگوئیل و همکاران (۵۶) در گیاهچه‌های کاج، قاسم زاده و جعفر (۲۰) در زنجبیل و مردانی و همکاران (۴۵) در خیار گزارش گردیده است.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثرات متقابل خشکی در رقم و خشکی دراسید سالیسیلیک بر میزان صفات قطر تنه، تعداد و سطح برگ معنی دار بود در حالی که اثر متقابل اسید سالیسیلیک در رقم تاثیر معنی داری بر صفات مذکور نداشت. نتایج مقایسه میانگین‌های مربوط به بررسی اثر متقابل سطوح مختلف خشکی و رقمبرقطر تنه، تعداد و سطح برگ نشان داد که با افزایش تنش خشکی (دورهای آبیاری هر ۱۰ و ۱۵روز یک بار)، قطر تنه، تعداد و سطح برگ **در**هر دو رقم رشه و بیدانه سفید،کاهش معنی‌داری نسبت به تیمار دور آبیاری هر ۵ روز یک بار (شاهد) پیدا کرد وروند کاهش در رقم بیدانه سفید بیشتر از رقم رشه بود (جدول ۱). بر اساس نتایج به دست آمده، بیشترین میزان صفات قطر تنه، تعداد و سطح برگ در دور آبیاری هر ۵ روز یک بار (شاهد) و تیمار اسید سالیسیلیک با غلظت ۲ میلی مولار و کمترین میزان قطر تنه، تعداد و سطح برگ در دور آبیاری هر ۱۵ روز یک بار و تیمار اسید سالیسیلیک با غلظت صفر میلی مولار (شاهد) مشاهده گردید. در شرایط دور آبیاری هر ۵ روز یک بار (شاهد)، تیمار اسیدسالیسیلیک با غلظت های صفر (شاهد)، ۱ و ۲ میلی مولار تاثیر معنی‌داری بر قطر تنه، تعداد و سطح برگ نداشت اما با افزایش تنش خشکی (دور های آبیاری ۱۰ و ۱۵ روز یک بار)، سطوح تیمار اسیدسالیسیلیک ۱ و۲ میلی مولار موجب افزایش قطر تنه، تعداد و سطح برگ گردید. محلول‌پاشی با غلظت ۲ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط بدون تنش (دور آبیاری هر ۵ روز یک بار) بیشترین تاثیر را در افزایش قطرتنه، تعداد و سطح برگ در هر دو رقم داشت (جدول ۱). بین رشد قطرتنه و میزان رطوبت خاک ارتباط نزدیک وجود دارد. در شرایط خشکی، ذخیره آبی گیاهان در طی شب به طور کامل تامین نمی‌شود و این موضوع منجر به کاهش تدریجی قطر تنه انگور می‌شود (۷ و ۶۱). پدیده کاهش رشد قطری تنه در اثر تنش خشکی توسط محققان دیگرمانند کواس و همکاران (۱۰) وفالتون و ریچارد (۱۷) نیز گزارش گردیده است. کاهش رشد سلول ها در اثر کم آبی، در درجه‌ی اول باعث کاهش رشد برگ می‌گردد. در شرایط کم آبی جذب مواد و عناصر غذایی کاهش یافته و بنابراین رشد و توسعه‌ی برگ‌ها محدود می‌شود. با کاهش سطح برگ، گیاه آب کمتری را از طریق تعرق از دست می‌دهد. بنابراین محدود شدن سطح برگ را می توان به عنوان اولین مکانیسم دفاعی گیاه در برابر خشکی در نظر گرفت (۴۶). کاهش تعداد و سطح برگ در انگور تحت تأثیر تنش خشکی توسط محققان دیگر نیز گزارش گردیده است (۳۹ ،۶۴، ۶۷). اسیدسالیسیلیک با فعال کردن آنزیم‌های دفاعی و تقویت دیواره سلولی باعث تجمع ترکیبات فنلی و لیگنین و افزایش قطر تنه می‌شود و این موضوع می‌تواند ناشی از فعال شدن آنزیم فنیل آلانین آمونیالاز[1] توسط اسیدسالیسیلیک باشد (۲۰ ،۴۳). تاثیر کاربرد خارجی اسیدسالیسیلیک در افزایش قطرتنه توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (۳۸ ،۵۶ و ۶۶). هم چنین، اسیدسالیسیلیک با محافظت سیستم ریشه‌ای از اثرات مضر تنش خشکی، موجب افزایش سیستم ریشه‌ای و ظرفیت جذب آب و مواد غذایی و در نهایت افزایش رشد گیاه می‌گردد که این افزایش رشد با افزایش تولید برگ‌های جدید و افزایش سطح کل برگ همراه خواهد بود (۲۲ و ۳۷).

نتایج مقایسه میانگین‌ها حاکی از معنی دار بودن اثر متقابل سطوح مختلف خشکی و رقم بر میزان شاخص کلروفیل وپرولین بود.باافزایش تنش خشکی (دورهای آبیاری هر ۱۰ و ۱۵روز یک بار)، میزان شاخص کلروفیل کاهش و میزان پرولین در هر دو رقم رشه و بیدانه سفید نسبت به تیمار شاهد (دور آبیاری هر ۵ روز یک بار) افزایش یافت، به طوری که بیشترین میزان شاخص کلروفیل در رقم رشه با دور آبیاری هر ۵ روز یک بارو بیشترین میزان پرولین در رقم رشه با دور آبیاری هر ۱۵ روز یک بار مشاهده گردید (جدول ۱). در اثر خشکی، ساختار کلروپلاست به دلیل عدم پایداری رنگیزه پروتئینی، آسیب می‌بیند زیرا پیش ماده ساخت آن یعنی گلوتامات، صرف تولید اسیدآمینه پرولین می‌شود. گلوتامین کیناز، آنزیم سازنده

1-Phenylalanine ammonia-lyase (PAL)

پرولین در کلروپلاست قرار دارد و تنش خشکی برای فعال شدن این آنزیم اثر تحریک کننده دارد در حالی که مانع سنتز آنزیم گلوتامات لیگاز می‌شوند. آنزیم گلوتامات لیگاز در سنتز کلروفیل نقش دارد (۳۱).

جدول ۱- برهمکنش سطوح مختلف خشکی× اسید سالیسیلیک بر برخی صفات رشدی و فیزیولوژیکی دو رقم انگور (*Vitis vinifera* L.)

Table 1-Interaction effect of drought×× salicylic acid levels on some morphological and physiological characteristics of two grape cultivars (*Vitis vinifera* L.)

تیمارها ❋ ❋Treatments	قطر تنه Stem diameter (mm)	تعداد برگ Leaf number	سطح برگ Leaf area (cm^2)	شاخص کلروفیل Chlorophyll index (SPAD)	پرولین Prolin (mg. g FW)	مالون دی آلدهید Malondialdehyde (µmol/g FW)	پروتئین کل Total Protein (mg.g FW)
I5× R	6.07^{ab}	22.77^{a}	128.77^{bc}	37.189^{a}	2.079^{d}	0.384^{d}	0.231^{b}
I10× R	5.92^{ab}	19.88^{a}	115.92^{bc}	34.033^{b}	3.423^{cd}	0.481^{c}	0.249^{b}
I15× R	4.07^{c}	13.66^{b}	91.14^{d}	31.578^{b}	6.294^{a}	0.555^{bc}	0.265^{a}
I5× B	6.578^{a}	15.33^{b}	173.55^{a}	33.678^{ab}	2.318^{d}	0.375^{d}	0.218^{d}
I10× B	5.212^{b}	13.11^{b}	137.09^{b}	27.078^{c}	3.780^{c}	0.599^{b}	0.224^{c}
I15× B	3.003^{d}	9.44^{c}	123.012^{cd}	23.789^{c}	5.557^{b}	0.812^{a}	0.238^{b}
SA0× R	4.9a	20.221a	122.15a	30.489bc	3.420a	0.473a	0.251a
SA1× R	5.218a	19.543a	124.225a	32.633b	3.455a	0.467a	0.257a
SA2× R	5.951a	20.021a	122.412a	39.678a	3.120a	0.480a	0.262a
SA0× B	4.676a	20.115a	122.88a	26.62c	2.709a	0.505a	0.254a
SA1× B	4.766a	20.64a	124.593a	27.078c	2.403a	0.563a	0.259a
SA2× B	5.351a	20.924a	124.172a	30.844bc	2.589a	0.578a	0.259a
I5× SA0	6.58^{a}	20.11^{ab}	153.43^{ab}	30.489^{a}	3.323^{a}	0.343^{d}	0.241^{d}
I10× SA0	4.661^{b}	14^{d}	118.531^{cd}	27.293^{b}	3.441^{a}	0.655^{cb}	0.300^{cd}
I15× SA0	2^{d}	8.66^{e}	75.511^{c}	24.711^{c}	2.912^{a}	0.889^{a}	0.372^{bc}
I5× SA1	6.108^{a}	20.16^{ab}	155.48^{ab}	31.633^{a}	2.901^{a}	0.334^{d}	0.260^{d}
I10× SA1	5.56^{a}	14.83^{d}	119.17^{cd}	28.098^{b}	3.141^{a}	0.603^{cd}	0.301^{cd}
I15× SA1	2.985^{c}	10.33^{cd}	96.95^{de}	26.112^{bc}	2.898^{a}	0.733^{b}	0.376^{bc}
I5× SA2	6.285^{a}	20.88^{ab}	170.51^{a}	31.087^{a}	3.212^{a}	0.331^{d}	0.247^{d}
I10× SA2	6.05a	20.66^{ab}	141.81^{bc}	30.712^{a}	3.017^{a}	0.551^{cd}	0.420^{ab}
I15× SA2	4.618^{b}	15.66^{bc}	129.27^{bc}	29.365^{ab}	3.181^{a}	0.651^{c}	0.492^{a}

❋R :رشه، B: بیدانه سفید، S0: اسید سالیسیلیک صفر میلی مولار(شاهد)، S1:اسید سالیسیلیک ۱ میلی مولار، S2: اسید سالیسیلیک ۲ میلی مولار، I5: دور آبیاری ۵ روز (شاهد)، I10: دور آبیاری ۱۰ روز، I15: دور آبیاری ۱۵ روز.

❋❋حروف غیرمشابه نشان دهنده وجود تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد در بین میانگین ها بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن می باشد.

❋R: Rasheh, B:Bidane Sefid, S0:salicylic acid 0 mM, S1: salicylic acid 1 mM, S2: salicylic acid 2 Mm, I5: Irrigation interval5 day, I10:Irrigation interval10 day, I15:Irrigation interval15 day.

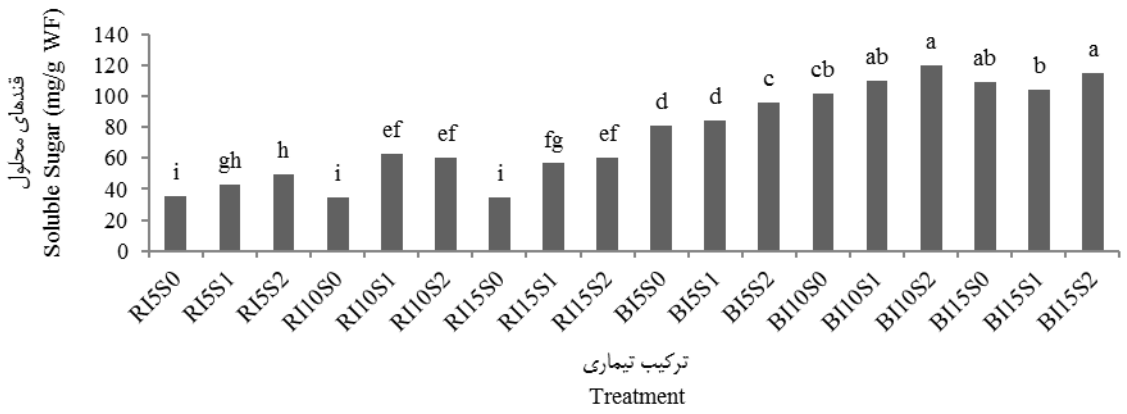
**Columns with the same letters are not significantly different at 5% probability level using Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

افزایش پرولین تحت تاثیر تنش خشکی توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (۱ ، ۳۶، ۴۲ ،۵۰، ۵۲). هم چنین، بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌های مربوط به تاثیر معنی دار اثرات متقابل رقم در اسید سالیسیلیک و سطوح مختلف خشکی در اسید سالیسیلیک، بر شاخص کلروفیل، محلول پاشی اسیدسالیسیلیک با غلظت های ۱ و ۲ میلی مولار موجب افزایش معنی‌دار میزان شاخص کلروفیل نسبت به تیمارشاهددر هر دو رقم رشه و بیدانه سفیدگردید. به طوری که رقم رشه با تیمار اسید سالیسیلیک با غلظت ۲ میلی مولار و رقم بیدانه سفید با تیمار اسیدسالیسیلیک با غلظت های صفر و ۱ میلی مولار، به ترتیب، دارای بیشترین و کمترین میزان شاخص کلروفیل بود . علاوه بر این، با افزایش تنش خشکی (دورهای آبیاری ۱۰ و ۱۵ روز یک بار) شاخص کلروفیل نسبت به تیمار شاهد (دور آبیاری ۵ روز یک بار) کاهش یافت و کاربرد محلول پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت های ۱ و ۲ میلی مولار موجب افزایش معنی دار شاخص کلروفیل در دورهای آبیاری ۱۰ و ۱۵ روز یک بار گردید (جدول ۱). اسید سالیسیلیک با جلوگیری از فعالیت آنزیم‌های کلروفیل اکسیداز، مانع تجزیه کلروفیل شده و از این طریق سبب افزایش رشد در فتوسنتز می شود (۴۵). هم چنین محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک باعث افزایش تثبیت دی اکسید کربن و فتوسنتز گردیده و از رنگیزه‌های فتوسنتزی محافظت می‌کند (۲۱). تحقیقات نشان داده است که صرف نظر از غلظت اسیدسالیسیلیک و میزان تنش خشکی، گیاهان تیمار شده با اسیدسالیسیلیک در مقایسه با گیاهان تیمار نشده حاوی رطوبت، ماده

خشک و کلروفیل بیشتری بوده و میزان فعالیت سوپر اکسید دسموتاز و کربوکسیلاز (مربوط به رابیسکو) بیشتری نشان دادند (۵۹). نتایج مقایسه میانگین‌ها حاکی از معنی دار بودن اثر متقابل سطوح مختلف خشکی و رقم بر میزان شاخص کلروفیل وپرولین بود. باافزایش تنش خشکی (دورهای آبیاری هر ۱۰ و ۱۵روز یک بار)، میزان شاخص کلروفیل کاهش و میزان پرولین در هر دو رقم رشه و بیدانه سفید نسبت به تیمار شاهد (دور آبیاری هر ۵ روز یک بار) افزایش یافت، به طوری که بیشترین میزان شاخص کلروفیل در رقم رشه با دور آبیاری هر ۵ روز یک بار و بیشترین میزان پرولین در رقم رشه با دور آبیاری هر ۱۵ روز یک بار مشاهده گردید (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر متقابل سطوح مختلف خشکی و رقم برمیزان مالون دی آلدهید و پروتئین کل نشان داد که با افزایش تنش خشکی (دورهای آبیاری هر ۱۰ و ۱۵ روز یک بار) ، میزان مالون دی آلدهید کاهش و میزان پروتئین کل افزایش معنی داری نسبت به تیمار شاهد پیدا کرد. بیشترین میزان مالون دی آلدهید در رقم بیدانه سفید با دور آبیاری هر ۱۵روز یک بار وکمترین میزان مالون دی آلدهید در رقم رشه و بیدانه سفید با دور آبیاری هر ۵ روز یک بار (شاهد) مشاهده گردید. هم چنین، میزان پروتئین کل در رقم رشه با دور آبیاری هر ۱۵ روز یک بار و در رقم رشه و بیدانه سفید با دور آبیاری هر ۵ روز یک بار (شاهد) به ترتیب بیشترین و کمترین میزان را دارا بود. علاوه براین، بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر متقابل سطوح مختلف خشکی و اسید **سالیسیلیک بر** میزان مالون دی آلدهید و پروتئین کل،محلول پاشی اسید سالیسیلیک موجب کاهش مالون دی آلدهید و افزایش میزان پروتئین کل نسبت به تیمار شاهد گردید و تیمار اسید سالیسیلیک با غلظت ۲ میلی مولار در دور آبیاری هر ۱۵روز یک بار،به ترتیب،موجب کاهش میزان‌مالون دی آلدهید و افزایش پروتئین کل گردید (جدول ۱). اتیلن یک هورمون گیاهی است که مقدار آن در هنگام تنش‌های محیطی زیاد می‌شود (۱۱). اتیلن با تحریک تولید رادیکال‌های سوپر اکسید باعث پراکسیداسیون لیپیدها می‌شود (۱۵، ۲۵، ۴۷ و ۵۵). اسیدسالیسیلیک به دلیل داشتن گروه هیدروکسیل آزاد روی حلقه بنزوئیک اسید ساختمان خود، قادر به شلاته کردن فلزات است. بنابراین با شلاته کردن آهن موجود در آنزیم ACCاکسیداز، موجب بلوکه کردن آن و در نهایت مهار سنتز اتیلن می‌گردد (۴۰، ۵۳).همچنین اسیدسالیسیلیک با فعال کردن آنزیم‌های آنتی اکسیدانی کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دسموتاز موجب حذف رادیکال‌های آزاد و جلوگیری از پراکسیداسیون لیپیدها می‌گردد (۲۴). پروتئین های محلول، در تنش خشکی از تولید پروتئین‌های تنشی حاصل شده باشد که این پروتئین‌های جدیداً سنتز شده به اسمولیت‌های سازگار در تنظیم اسمزی کمک می‌کنند و می‌توانند وظایفی مشابه پرولین یا قندهای محلول انجام دهند (۴۸). پروتئین‌های فراوان در اواخر جنین زایی[1] به خصوص گروه II آن‌ها یعنی دهیدرین‌ها نقش مهمی در محافظت گیاه بر علیه تنش خشکی دارند. آن‌ها پتانسیل بسیار بالایی برای دهیدراسیون دارند که معادل چندین برابر بیشتر از آنچه در پروتئین‌های نرمال مشاهده می‌شود، می‌باشد و به خاطر این خصوصیات ویژه، دهیدرین‌ها به ماکرومولکول‌های درون سلولی ملحق می‌شوند و اطراف آن‌ها ایجاد لایه آب می‌کنند یا با گروه‌های سطحی پروتئین‌های دیگر واکنش داده و آن‌ها را از اثرات تنش آبی محافظت می‌کنند (۸). گروه دیگری از پروتئین‌های مربوط به تنش خشکی پروتئین‌های شوک گرمایی [2] هستند. این پروتئین‌ها نیز به عنوان چاپرون‌های (محافظ یا همراه) مولکولی عمل می‌کنند و احتمالاً در پیچش و انتقال پروتئین‌ها دخالت دارند (۳۴). بررسی‌ها نشان می‌دهد که اسیدسالیسیلیک می‌تواند باعث افزایش بیان انواع پروتئین‌های شوک گرمایی که درشرایط تنش هم تولید می‌شود، گردد (۴۱). هم چنین، گزارش شده اسیدسالیسیلیک با افزایش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز موجب افزایش ازت و پروتئین در گیاه می‌شود (۵۹). نتایج مقایسه میانگین‌های مربوط به اثرات متقابل سه گانه رقم، سطوح مختلف خشکی و اسیدسالیسیلیک بر میزان قندهای محلول نشان داد کهبا افزایش فواصل آبیاری، میزان قندهای محلول در رقم بیدانه سفید افزایش معنی داری نسبت به تیمار دور آبیاری هر ۵ روز یک بار (شاهد) پیدا کرد در حالی که در رقم رشه، با افزایش تنش خشکی، انباشت قندهای محلول تغییر معنی‌داری مشاهده نگردید و بیانگر این مسئله است که رقم بیدانه سفید در مواجهه با تنش خشکی، به وسیله تنظیم اسمزی و افزایش ترکیبات اسمزی نظیر قندهای محلول، فشار تورژسانس سلول‌ها را حفظ می‌کند. اما رقم رشه در مواجهه با تنش خشکی، از مکانیسم‌های دیگری نظیر تجمع پرولین بهره می‌برد که با نتایج محققان دیگردر انگور مطابقت دارد (۱۹ و ۳۲). علاوه بر این، کاربرد اسیدسالیسیلیک با غلظت ۲ میلی‌مولار در دورهای آبیاری هر ۵، ۱۰ و ۱۵ روز یک بار موجب افزایش میزان قندهای محلول در هر دو رقم گردید. بیشترین میزان قندهای محلولدر رقم بیدانه سفید با دور آبیاری هر۱۰ و ۱۵روز یک بار و غلظت ۲ میلی مولار اسیدسالیسیلیک و کمترین میزان قندهای محلول در رقم رشه با دور آبیاری هر ۵، ۱۰ و ۱۵روز یک بار و غلظت صفر میلی مولار اسیدسالیسیلیک (شاهد)حاصل گردید (شکل ۳).

اسیدسالیسیلیک مصرف متابولیت‌هایی مانند قندهای محلول را برای ساختن سلول‌های جدید و تحریک و افزایش رشد و نمو فعال می‌کند (۱۲).

1-Late Embryogenesis Abundant (LEA)
2- Heat Shock Proteins (HSP)



شکل ۳- برهمکنش سطوح مختلف خشکی × اسید سالیسیلیک بر میزان قندهای محلول میوه دو رقم انگور (*Vitisvinifera* L.). ستون های دارای حروف مشابه اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد با آزمون چند دامنه ای دانکن ندارد. R: رشه، B: بیدانه سفید، S0: اسید سالیسیلیک صفر میلی مولار (شاهد)،S1: اسید سالیسیلیک ۱ میلی مولار، S2: اسید سالیسیلیک ۲ میلی مولار، I5: دور آبیاری ۵ روز (شاهد)، I10: دور آبیاری ۱۰ روز، I15: دور آبیاری ۱۵ روز

Figure 3- Interaction effect of drought×salicylic acid levels on soluble sugar content of two grape cultivars (*Vitisvinifera* L.). Columns with the same letters are not significantly different at 1% probability level using Duncan's Multiple Range Test (DMRT). R: Rasheh, B:BidaneSefid, S0:salicylic acid 0 mM, S1: salicylic acid 1 mM, S2: salicylic acid 2 mM, I5:Irrigation interval 5 day, I10:Irrigation interval 10 day, I15:Irrigation interval 15 day

نتیجه‌گیری کلی

گیاه انگور برای مقابله با تنش خشکی از مکانیسم‌های مختلفی از جمله کاهش ارتفاع نهال، قطر تنـه، تعـداد و سـطح بـرگ و افـزایش ترکیبات اسمزی مانند پرولین، قندهای محلـول کـل و پـروتئین کـل بهره می‌گیرد. رقم رشه با به کار بسـتن بیشـتر مکانیسـم‌هـای فـوق توانسته است اثرات منفی خشکی را در مقایسه با رقم بیدانه سفید بـه حداقل برساند. بـه طـور کلی،کـاربرد اسـیدسالیسـیلیک بـا غلظـت ۲ میلی‌مولار باعث بهبـود خصوصـیات بیوشـیمیایی از جملـه قنـدهای محلول و پروتئین کل در انگورگردید. از برآیند نتایج پـژوهش حاضـر می‌توان نتیجه‌گیری نمود که رقم رشه دارای قابلیـت بـالاتری بـرای تحمل به شرایط تنش خشکی در مقایسه با رقم بیدانه سفید می‌باشد.

منابع

1- Abdel-Nasser L. E., and Abdel-Aali A. E. 2002. Effect of elevated CO2 and drought on proline metabolism and growth of safflower (*Carthamus mareoticus* L.) seedlings without improving water status. Pakistan Journal
2- of Biological Sciences, 5:523–528.
3- Al-Hakimi A.M.A. 2008. Effect of salicylic acid on biochemical changes in wheat plants under khat leaves residues. Plant Soil and Environment Journal, 54: 288–293.
4- Arji A., Arzani K., and Ebrahimzadeh H.2004. Quantitative study of proline and soluble sugarin5varieties of olive under drought stress. Iranian Journal of Biology, 16(4): 85-92. (in Persian)
5- Benjamin J. G., Nielsen D. C., 2006. Water deficit effects on root distribution of soybean, field pea and chickpea. Field Crops Research, 97:248-253.
6- Bertamini M., Zulini L., Muthuchelian K. and Nedunchezhian N. 2006. Effect of water deficit on photosynthetic and other physiological responses in grapevine (*Vitis vinifera*L. cv. Riesling) plants. Photosynthetica, 44(1): 151-154.
7- Bradford M. M. 1976. Arapid and sensitive method for the quantitation of micrograms quantities of protein utilizing the principle of protein dye bandung. The Annual Review of Biochemistry, 72: 248-254.
8- Christensen, L. P., 2000. Raisin Production Manual. University of California, Agriculture and Natural Resources.
9- Close T. J. 1996. Dehydrins: Emergence of a biochemical role of a family of plant dehydration proteins. Journal of

Plant Physiology, 97: 795-803.
10- Cramer G. R., Lauchl A., and Epstein E. 1986. Effect of NaCl and CaCl2 on ion activities in complex nutrient solution and root growth of cotton. Journal of Plant Physiology, 81: 792-797.
11- Cuevas M. V., Torres-Ruiz J. M., Alvarez R., Jimenez M. D., Cuerva L., and Fernandez J. E. 2010. Assessment of trunk diameter variation derived indices as water stress indicators in mature olive trees. Agricultural Water Management, 97:1293–1302.
12- Devlin M. R. and Withman F. H. 2002. Journal of Plant Physiology. CBS Publishers & distributors, Chapter 12.
13- El-Tayeb M. A. 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation, 45: 215-224.
14- Eraslan F., Inal A., Gunes A., and Alpaslan M. 2007. Impact of exogenous salicylic acid on growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. Scientia Horticulturae,113: 120–128.
15- Erdal S., Aydin M., Genisel M., Taspinar M. S., Dumlupinar R., Kaya O and Gorcek z. 2011. Effects of salicylic acid on wheat salt sensitivity. African Journal of Biotechnology, 10(30): 5713-5718.
16- Faragher J. D., and Brohier R. L. 1984. Anthocyanin accumulation in apple skin during ripening: Regulation by ethylene and phenylalanine ammonia-lyase. ScientiaHorticulturae, 22: 89-96.
17- Faridduddin Q., Hayat S., and Ahmad A. 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in Brassica Juncea. Journal of Photosynthetica, 41: 281-284.
18- Fulton A., and Richard B. 2005. The effect of water stress on walnut tree growth, productivity and economics. ActaHorticalturae, 65: 125-132.
19- Garcia M.G., Busso C.A., Polci P., Garcia L.N., and EcheniqueV. 2002. Water relation and leaf growth rate of three Agropyron genotypes under water stress. Biology of Cell, 26:309-317.
20- Ghaderi N., Siosemardeh A., and Shahoei., S. 2005. The effect of water stress on some physiological characteristics in Rasheh and Khoshnave grape cultivars. Acta Horticulture, 754: 317-322.
21- Ghasemzadeh A. andJaafar H. Z. E., 2013. Interactive effect of salicylic acid on some physiological features and antioxidant enzymes activity in ginger (*Zingiberofficinale Roscoe* L.). Molecules, 18: 5965-5979.
22- Gomez del Campo M., Baeza P., Ruiz C., and Lissarrague J. R. 2004. Water Stress Induced Physiological Changes in Leaves of Four Container-grown Grapevine Cultivars (*Vitisvinifera*L.). Vitis, 43: 99-105.
23- Hasani A., Omidbeygi R., andSharif Abad H. 2004. Evaluation of drought resistance indices in the basil plant. Journal of Agricultural Sciencesand Natural Resources, 10(4): 74-65. (in Persian with English abstract)
24- Hayat S., Fariduddin Q., Ali B., and Ahmad A., 2005. Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedling. Agronomy Journal, 53: 433-437.
25- Hayat Q., Hayat S., Irfan M., and Ahmad A. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. Environmental and Experimental Botany, 68: 14-25.
26- Heath R. L. and PacherL. 1969. Photo peroxidation in isolated chloroplast. I.Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Archives of Biochemistry and Biophysics, 125:189-198.
27- Horvath E., Szalai G., and Janda T. 2007. Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signalling. Journal of Plant Growth Regulation, 26: 290 – 300.
28- Hsiao, T.C. (1973). Plant response to water stress. Journal of Plant Physiology, 24: 516-570.
29- Hussain, M., Malik, M. A., Farooq, M., Ashraf, M.Y., and Cheema, M. A. (2008). Improving drought tolerance by exogenous application of glycine-betaine and salicylic acid in sunflower. Journal of Agronomy and Crop Science, 194: 193-199.
30- Ingram J., and Bartels D. 1996. The molecular basis of dehydration tolerance in plants. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 47: 337-403.
31- Irigoyen J. J., Emerich D.W. and Sanchez-Diaz M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicage sativa*) plants. Journal of Plant Physiology, 84: 55-60.
32- JaliliMarandi R. 2010. Environmental stress physiology and resistance mechanisms in plants garden (fruit trees, vegetables, ornamental plants and medicinal plants). PressSID, West Azarbaijan. Iran.
33- JaliliMarandi R., Hasani A., DovlatiBaneh H., Azizi H., and Haji Taghiloo R. 2011. Effect of Different Levels of Soil Moisture on the Morphological and Physiological Characteristics of Three Grape Cultivars (*Vitis vinifera* L.). Iranian Journal of Horticaltural Sciences, 42 (1): 40-31. (in Persian)
34- Janda T., Horvath E., Szalai G., and Paldi E. 2007. Role of salicylic acid in the induction of abiotic stress tolerance. In: Salicylic acid: a plant hormone. Hayat S., and Ahmad A. (Eds). Springer. 410 p.
35- Jiang Y., and Huang B. 2002. Protein alternation in tall fescue in response to drought stress and ABA. Crop science, 42: 202-207.
36- Joseph B., Jini D., and Sujatha S. 2010. Insight into role ofexogenous salicylic acid on plants growth under salt environment. Asian Journal of Crop Science, 2(4): 226 – 235.
37- Kavikishore P. B., Sangam S., Amrotha R. N., Laxmi P., and Naidu S. 2005. Regulation of proline biosynthesis,

degredation, uptake and transport in higher plants, crop science, 88: 424-438.
38- Khan M. B., Hussain N., and Iqbal M. 2001. Effect of water stress on growth and yield components of maize variety YHS 202. Science,12: 15-18.
39- Khodary A.S.E. 2004 . Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. International Journal of Agriculture & Biology, 226:1560–8530.
40- Lebon E., Pellegrino A., andLouarn G. 2006. Branch development controls leaf area dynamics in grapevine (*Vitis vinifera* L.) growing in drying soil. Journal of Botany, 98(1):175–185.
41- Li N., B.L. Parsons B. L., Liu D. R., and Mattoo A. K. 1992. Accumulation of wound-inducible ACC synthase transcript in tomato fruit is inhibited by salicylic acid and polyamines. Plant Molecular Biology, 18: 477-487.
42- Lurie S., Havdros A., Fallek E., and Shapira. 1996. Reversible inhibition of tomato fruit gene expression at light temperature. Journal of Plant Physiology, 110: 1207-1214.
43- Maestri M., Damatta F. M., Regazzi A. J., and Barros R. S. 1995. Accumulation of proline and quaternary ammonium compounds in mature leaves of water stressed coffee plants (*Coffea Arabica* L. *Coffeacanephera* L.). American Society for Horticultural Science, 72(2): 229-223.
44- Mandal S. 2010. Induction of phenolics, lignin and key defense enzymes in eggplant (*Solanummelongena*L.) roots in response to elicitors. African Journal of Biotechnology, 9(47): 8038-8047.
45- Manivannan P., Jaleel CA., Kishorekumar A., Sankar B., Somasundaram R., Sridharan R., and Panneerselvam R. 2007. Changes in antioxidant metabolism of *Vignaunguiculata*L. Walp. By propiconazole under water deficit stress. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 57: 69-74.
46- Mardani H., Bayat H., and Azizi M. 2011. The effect offoliar application of salicylic acid on morphological and physiological characteristics of cucumber seedlings (*Cucumissativus* cv. *Super Dominus*) under drought stress. Journal ofHorticultural Science, 25(3): 326-320. (in Persian with English abstract)
47- McCree K.J. 1985. Whole plant carbon balance during osmotic adjustment to drought and salinity stress. *Aust.* Journal of Plant Physiology. 13, 33-43.
48- Meir S., Philosophhadas S., and Aharoni N. 1992. Ethylene increased accumulation of fluorescent lipid–peroxidation products detected during Parsley by a newly developed method. American Society for Horticultural Science, 117: 128- 132.
49- Mohammadkhani N., and Heidari R. 2008. Effects of drought stress on soluble proteins in two maize varieties. Journal of Biology, 32: 23-30.
50- Moradi MarjaneA., and Goldani M. 2012. The effect of drouth conflict and salisilicasid on som morphological features in (*calendula officinalis* L.) medical plant. Journal of environmental stress on cropscience, 4(1):6. (in Persian)
51- Nayyar H. and Walia D. P., 2003. Water stress induced proline accumulation in contrasting wheat genotypes as affected by calcium and abscisic acid. Journal of Plant Biology, 46: 275-279.
52- Paquin R., andLechasseur P. 1979. Observationssurunrmethod de dosage de la prolinelibredans les extraits de plantes. Canadian Journal of Botany, 57: 1851-1854.
53- Parida A., Das A. B., and Das P. 2002. NaCl stress causes changes in photosynthetic pigments, proteins and other metabolic components in the leaves of a true mangrove, Bruguieraparviflora, in hydroponic cultures. Journal of Plant Biology, 45:28–36.
54- Raskin I., 1992. Role of salicylic acid in plants. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 43: 439-46.
55- Rezaei T., GholamiM., Ershadi A., and MossadeghiM.2007.Effectsof water stress on growth and physiological characteristics of five grape varieties. Agricultural Research magazine: water, soil and plants in agriculture, 4(7): 199-210. (in Persian with English abstract)
56- Sairam R. K., Deshmukh P. S., and Saxena D. C. 1998. Role of antioxidant systemes in wheat genotype tolerance to water stress. Journal of Plant Biology, 41 (3): 387-394.
57- San-Miguel R., Gutierrez M., and Larque-saavedra A. 2003. Salicylic acid increases the biomass accumulation of *Pinuspatula*. Journal of Applied Forestry, 27(1): 52-54.
58- Senaratna T., Touchell D., Bunn E., and Dixon K. 1998. Method for inducing stress tolerance in plant material, Australia.
59- Senaratna T., Merrit D., Dixon K., Bunn E., Touchell D., and Sivasithamparam K. 2003. Benzoic acid may act as the functional group in salicylic acid and derivatives in the induction of multiple stress tolerance in plants. Plant Growth Regulator, 39: 77-81.
60- Singh B., and Usha K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in weat seedlings under water stress. Plant Growth Regulator, 39: 137-14.
61- Smart D. R., Carlisle E., Goebel M., and Nunez A. 2005. Transverse hydraulic redistribution by a grapevine.Plant, Cell & Environment, 28: 157–166.
62- Ton Y., and Kopyt M. 2004. Grapevine trunk and shoot diameter micro variations and trends as indicators of water potential. ActaHorticulturae, 652: 220-226.

63- Vafabakhsh J., NasiriMahallati M., and koocheki A. 2008.Effects of drought stress on radiation use efficiency and yield of winter Canola (*Brassica napus*L.). Iranian Journal of Field Crops Research, 6: 193-208.
64- Wang L. j., Fan L., Leoscher W., Duan W., Liv G. J., and Cheng J. S. 2010. Salicylic acid allivates decreases in photosynthesis under heat and accelerates recovery in grapevine leaves. Journal of Plant Biology, 10: 34-37.
65- Winkel T., and Rambal S. 1993. Influence of water stress on grapevine growing in field: from leaf to whole- plant response. Australian Jounrnal of plant physiology, 20: 143-150.
66- Yadollahi A., Arzania K., Ebadib A., Wirthensohnc M., and Karimia S. 2011. The response of different almond genotypes to moderate and severe water stress. ScientiaHorticulturae, 129: 403–413.
67- Yildirim E., and Dursun A. 2003. Effect of foliar salicylic acid applications on plant growth and yield of tomato under greenhouse conditions. ActaHorticulturae, 807: 565- 571.
68- Zhu J. K. 2001. Cell signaling under salt, water and cold stresses. Current Opinion in Plant Biology, 4:401–406.

Journal of Horticultural Science
Vol. 31, No. 2, Summer 2017, P. 269-280
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶، ص.۲۸۰-۲۶۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

The Effect of Salicylic Acid Application on Some Morphological and Physiological Characteristics of Grape Cultivars (*Vitisvinifera* L.) Under Drought Stress Conditions

N. Abbaspour[1*]- L. Babaei[2] - A.R. Farrokhzad[3]

Received: 28-10-2015
Accepted: 01-06-2016

Introduction: Water stress is considered as a main environmental factor limiting crop growth and yield, including grape in Mediterranean areas.Selection for drought-tolerantvarieties is possible through investigation of their performance under stress conditions. The estimation of physiological characteristics as reliable indices can be used as a tool to select tolerant plants. For this reason, varieties and genotypes of one plant species are usually investigated through physiological characteristics and its relation to drought tolerance. Investigation of the effects of water stress on some growth and physiological characteristics in grape plants has revealed that plant height, number of leaves and nodes, leaf area and the percentage of dry weightdecreased under increasing drought stress. Salicylic Acid is a naturally occurring plant hormone whichinfluences various morphological and physiological functions in plant. It can act as an important signaling molecule and has diverse effects on biotic and abiotic stresses tolerance capacity.

Materials and Methods: In this research, two-yearold grapesplanted in plastic pots containingredients of humus, soil and sand (1:2:1) were used. The experiment was conducted using a factorial based on randomized complete block design with three factors including irrigation periods (every 5, 10 and 15 days), salicylic acid concentrations (0, 1 and 2 mM) and grape cultivars (Rasheh andBidanesefid) with 3 replications in thegreenhouse of faculty of agricultureinUrmia University. Plant height**,** stem diameter and leaf area and chlorophyll indiceswereмeasuredby usingruler, digital caliper (Model22855 NO: Z), leaf Area Meter (ModelAM200) and SPAD-502 chlorophyll meter (Minolta Crop, Japan),respectively. In order to determine proline content, malondialdehyde (MDA), total protein and total soluble sugars, spectrophotometric methods [51,25,6and28] were utilized,respectively.

Results and Discussion: Based on comparing the averages related to the interaction of various levels of drought and salicylic acid, increasing watering intervals resulted in significant decrease in parameters of plant height**,** stem diameter, leaf area, leaf number and chlorophyll index,and increase inproline content, malondialdehyde, total protein and total soluble sugars.Furthermore, according to the obtained results, plant height, stem diameter, leaf number, chlorophyll index, accumulation of prolineandtotal protein in grape cv. Rashehwere higher than Bidanesefidone.Drought effected the mitotic division, andelongation and expansion of cells, leading to reduced growth and crop yield. It was concluded that plant height, stem diameter, and leaf area decreased noticeably byincreasing water stress. The reduction in plant height could be attributed to decline in the cell enlargement and higher rate ofleaf senescence in the plant under water stress. The reduction in leaf number under severe water deficit was partially due to leaf senescence. Reduction inthe number of leaves could be a response by plants to minimize the transpiration surface. Sorghum plants have also been reported to have a similarbehaviorthroughwhichthey conserve water by reducing the number of leaves. When exposed to chronic water deficit, they showed an initial decrease in the daily increment of leaf area and eventually a decrease due to accelerated senescence. Dropping of the leaves during severe stress markedly reduces the evaporative surface and allows the plant to conserve water.It is well known that proline contents in leaves of many plants are enhanced by several stresses including drought stress. The efficiency of exogenous SA depends on multiple causes such as the species, developmental stage of the plant, manner of application and concentration of SA.Plant height, stem diameter, leaf number, leaf area, leaf total soluble sugar and chlorophyll index increased by applying 2 mM salicylic acid comparedwith 0 and 1 mM doses. The findings of this study showed that salicylic acid was able to enhance the tolerant capacity of the grape plant to the drought stress. According to theobtained results, Rashehcultivar showed a greater resistance to drought stress. Salicylic acid prohibits auxin and cytokinin loss in plants and thus enhances cell division and plant growth. Salicylic acid maintainsphotosynthetic aspects like chlorophyll content at proper level and thus helps plants to grow and

1- Associate Professor, Biology Department, Urmia University
(*- Corresponding Author Email: n.abbaspour@urmia.ac.ir)
2 , 3 -MSc. Student and Assistant Professor, Horticultural Science Department, Urmia University

developwell. In this study, the drought stress increased the amount of MDA.MDA and other aldehydes in the dry conditions are the result ofactive oxygen species (ROS) such as super oxide radical, peroxide, hydrogen and radical hydroxide, whichareproduced underoxidative stress conditions. The species of active oxygen leads to lipids' per oxidation as a result of injury or damage to the cellular membrane, especially chloroplast membrane.Salicylic acid increases the activity of antioxidant enzymes such as CAT, POD and SOD which in turn protect plants against ROS generation and lipid peroxidation. Salicylic acid treatment also providesa considerable protection from the enzyme nitrate reductase, thereby maintaining the level of diverse proteins in leaves.Mohammadkhani and Heidari (48) found that the initial increase in total soluble proteins during drought stress was due to the expression of new stress proteins.

Keywords: Drought stress, Malondialdehyde, Proline, Salicylic acid, Total proteins, Soluble sugars