مقاله پژوهشی

تأثیر محلول‌پاشی برگی با اسپرمیدین بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و بیوشیمیایی انگور تحت تنش شوری

غفار شکری[۱]، جعفر امیری[۲]* و محسن برین[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۳/۱۵- تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۸/۲۶)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر اسپرمیدین بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در دو رقم انگور (سیاه سردشت و بی‌دانه سفید) در شرایط تنش شوری، آزمایش گلخانه‌ای با سه فاکتور شامل دو رقم انگور (سیاه سردشت و بی‌دانه سفید)، چهار سطح شوری (کلرید سدیم) (همراه با محلول غذایی) شامل صفر (شاهد)، ۲۰، ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار و فاکتور سوم شامل اسپرمیدین (به صورت محلول‌پاشی برگی) در چهار سطح صفر (شاهد)، ۰/۲۵ ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار و در مدّت شش ماه انجام شد. در سطح شوری ۸۰ میلی‌مولار، میزان کاهش ارتفاع گیاه در رقم بی‌دانه سفید در مقایسه با شاهد ۲۶/۷ درصد گزارش گردید. با کاربرد یک میلی‌مولار اسپرمیدین در تیمارهای ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار شوری، میزان کاهش محتوای نسبی آب برگ به ترتیب ۴/۴ و ۱۱/۶۴ درصد در مقایسه با شاهد گزارش شد. میزان قندهای محلول در رقم بی‌دانه سفید در سطوح شوری ۸۰ میلی‌مولار، ۲/۶ برابر و در رقم سیاه سردشت، ۱/۶ برابر در مقایسه با شاهد افزایش نشان داد. میزان افزایش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در رقم بی‌دانه سفید در سطوح شوری۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار در مقایسه با شاهد به ترتیب ۲/۳۶ و ۲/۹۲ برابر گزارش گردید. یافته‌های این پژوهش نشان داد که رقم سفید بی‌دانه در مقایسه با رقم سیاه سردشت در برخی شاخص‌ها نسبت به شوری متحمل‌تر بوده و کاربرد اسپرمیدین می‌تواند برخی از اثرات منفی ناشی از تنش شوری را در هر دو رقم انگور تعدیل نماید.

کلمات کلیدی: انگور، آسکوربات پراکسیداز، اسپرمیدین، پرولین، شاخص‌های رویشی

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۲- دانشیارگروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۳- دانشیارگروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

* پست الکترونیک: j.amiri @urmia.ac.ir

مقدمه

شوری خاک و آب یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده است که در بسیاری از مناطق جهان به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، رشد گیاهان و تولید محصولات کشاورزی را با محدودیت جدی مواجه نموده است (زنگ[1] و همکاران، ۲۰۱۰). شواهد فراوان نشان می‌دهد که قرارگیری طولانی مدت گیاهان در معرض شوری، مکانیسم‌های دفاعی آنها را تضعیف کرده در نتیجه سدیم و کلر بیش از حد در بافت‌های گیاهی انباشته شده و از طریق اختلال در فرآیندهای متابولیک و بهم‌زدن تعادل یونی در سطح سلولی باعث مسمومیت مستقیم گیاه می‌شوند (لوزاک[2] و همکاران، ۲۰۲۱).

تنش شوری باعث به‌هم خوردن تعادل یونی، اثرات اسمزی، عدم کارایی مصرف آب و کمبود عناصر غذایی (مانند نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، فسفر، آهن و روی) شده و در نهایت منجر به تنش اکسیدی در گیاهان می‌گردد (رحمان[3] و همکاران، ۲۰۱۹). تولید بیش از حد گونه‌های فعال اکسیژن منجر به صدمات اکسیدی به پروتئین‌ها، لیپیدها، اسیدهای نوکلئیک و غشاء پلاسمایی یاخته‌های گیاهی می‌گردد (خان[4] و همکاران، ۲۰۱۹). همچنین شوری باعث آسیب به مراحل فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان مانند فتوسنتز، سنتز پروتئین و متابولیسم لیپیدها در گیاهان می‌شود (موچات[5] و همکاران، ۲۰۱۶). کشور ایران در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان واقع شده است. تقریباً ۲۰ درصد خاک‌های ایران (حدود ۳۴ میلیون هکتار)، تحت تأثیر شوری است که از این بین، حدود ۸/۵ میلیون هکتار آن تحت شوری شدید قرار دارد. در قاره آسیا کشور ایران پس از هند و پاکستان در صدر کشورهای در معرض تهدید از نظر تنش شوری قرار دارد (مومنی، ۱۳۸۹).

میزان تحمل گونه‌های انگور به شوری بسیار متفاوت بوده اما به طور کلی تا سطح ۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر را تحمل می‌نمایند (جلیلی‌مرندی، ۱۳۸۸). در پژوهشی کرامر[6] و همکاران (۲۰۰۷) تأثیر تنش شوری را در تعدادی ارقام انگور بررسی کرده و نتیجه گرفتند که در اثر تنش شوری، ۱۲ اسید آلی، ۱۹ اسید آمینه، ۱۵ نوع قند، مالات، پرولین و گلوکز تولید می‌شود که در تنظیم اسمزی در شرایط تنش نقش دارند. در پژوهشی که در توت‌فرنگی رقم سلوا انجام گردید، مشاهده شد که شوری باعث ایجاد تنش اکسیداتیو در برگ‌ها و نیز باعث تجمع پراکسید هیدروژن و رادیکال سوپراکسید در گیاه شد (تانو[7] و همکاران، ۲۰۰۹). در بررسی وضعیت تحمل نه رقم انگور ایرانی به تنش شوری نشان داده شد که رقم‌های قره‌شانی و قزل‌اوزوم به‌ترتیب متحمل‌ترین و حساس‌ترین رقم‌ها بودند (محمدخانی[8] و همکاران، ۲۰۱۳a).

پلی‌آمین‌ها در داخل گیاه به شکل آزاد یا به صورت ترکیب و پیوسته با ترکیبات دیگر می‌باشند که در صورت پیوسته بودن ممکن است محلول و یا نامحلول در آب باشند (والرو[9] و همکاران، ۲۰۱۲). تنش، منجر به افزایش در پلی‌آمین‌های آزاد و ترکیب شده می‌شود. پلی‌آمین‌ها می‌توانند در پاسخ به تنش‌هایی مانند دمای کم یا زیاد، شوری و تنش آبی تغییر کنند (والرو و همکاران، ۲۰۱۲). حضور پلی‌آمین‌های آزاد و پیوندی در تونوپلاست ریشه جو ارتباط تنگاتنگی با تحمل به شوری گیاهان جو نشان داد (زائو[10] و همکاران، ۲۰۰۸). پلی آمین‌ها، تجمع مالون‌دی‌آلدئید را کاهش داده و گونه‌های اکسیژن فعال را از بین برده و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی را افزایش می‌دهند. افزایش در بیوسنتز پلی‌آمین‌های درونی ممکن است گیاهان را در برابر تنش شوری از طریق حذف رادیکال آزاد، حفظ غشاء و ساختارهای سلولی، نگهداری تعادل کاتیون و آنیون، تنظیم کانال‌های یونی و تحریک ATP سنتتاز حفاظت نماید (همدانی[11] و همکاران، ۲۰۱۱).

با توجه به اهمیت اقتصادی انگور در ایران به‌ویژه در استان آذربایجان غربی، پژوهش حاضر با هدف بررسی و ارزیابی تأثیر محلول‌پاشی برگی اسپرمیدین بر دو رقم انگور (سیاه سردشت و بی‌دانه سفید) در شرایط تنش شوری انجام گرفت تا ضمن مطالعه اثرات تنش شوری بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و

1. Zhang
2. Luczak
3. Rehman
4. Khan
5. Muchate
6. Cramer
7. Tanou
8. Mohammadkhani
9. Valero
10. Zhao
11. Hamdani

فیزیولوژیک در دو رقم انگور مورد مطالعه، اثرات محلول‌پاشی اسپرمیدین در کاهش اثرات تنش شوری مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در گلخانه و آزمایشگاه‌های گروه علوم باغبانی دانشگاه ارومیه طی سال‌های ۹۷-۱۳۹۶ به اجرا درآمد. به منظور بررسی تأثیر اسپرمیدین بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در دو رقم انگور (سیاه سردشت و بی‌دانه سفید) در شرایط تنش شوری به صورت کشت بدون خاک، پژوهشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه فاکتور شامل دو رقم انگور (سیاه سردشت و بی‌دانه سفید)، فاکتور دوم شوری (کلرید سدیم) (همراه با محلول غذایی) در چهار سطح صفر (شاهد)، ۲۰، ۴۰ و۸۰ میلی‌مولار و فاکتور سوم شامل اسپرمیدین (به صورت محلول پاشی برگی) در چهار سطح صفر (شاهد)، ۰/۲۵ ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار با چهار تکرار اجرا شد. در این پژوهش، بوته‌های یک‌دست و هم اندازه دو رقم انگور سیاه سردشت و بی‌دانه سفید تهیه و به گلدان‌هایی به ابعاد ۲۷×۲۵ سانتی‌متر منتقل شدند به نحوی که هرگلدان محتوی یک نهال بود. مخلوط محیط کشت در این گلدان‌ها شامل پرلیت وکوکوپیت به نسبت حجمی ۱:۱ بود. گیاهان در گلخانه‌ای با شرایط نوری ۱۶ ساعت طول روز و دمای بین ۱۹ تا ۲۸ درجهٔ سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۴۰ تا ۶۰ درصد مستقر شدند. قبل از شروع تیمارها، کل بوته‌ها به‌صورت تک‌شاخه و یکنواخت هرس شده و به قیم بسته شدند. گیاهان بعد از استقرار در گلدان با محلول غذایی نیم غلظت هوگلند آبیاری شده و پس از گذشت ۴۵ روز از کاشت بوته‌ها در گلدان‌ها، تیمارهای شوری، اعمال شد. این تیمار همراه با محلول غذایی نیم غلظت هوگلند، مورد استفاده قرار گرفت. اولین محلول‌پاشی اسپرمیدین همزمان با شروع تیمارها اعمال گردید. مجموعاً چهار مرتبه این محلول پاشی تکرار شد (هر پانزده روز یکبار محلول‌پاشی برگی اسپرمیدین انجام شد). مدت زمان اعمال تنش شوری، یک و نیم ماه بود. پس از شروع کاشت نهال‌ها در گلدان‌ها، گیاهان هفته‌ای سه بار با ۱۵۰ میلی‌لیتر محلول غذایی نیم غلظت هوگلند، آبیاری می‌شدند. برای جلوگیری از ایجاد شوک ناشی از تنش شوری به گیاهان در اولین آبیاری بعد از شروع تنش از شوری صفر و ۲۰ میلی مولار همراه با محلول غذایی استفاده شد. در آبیاری دوم از شوری صفر، ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار در محلول غذایی استفاده شد. در آبیاری سوم از شوری صفر،۲۰، ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار در محلول غذایی استفاده گردید. هفته‌ای یک بار، شستشوی کامل محیط ریشه گیاهان با آب انجام گرفت تا تغییرات EC و pH ناشی از تجمع نمک‌ها در بستر کاشت در اثر انجام عمل آبشویی به کم‌ترین حد ممکن برسد. پس از پایان آزمایش (یک هفته بعد از آخرین محلول‌پاشی اسپرمیدین)، گیاهان با دقت از گلدان‌ها بیرون آورده شدند و محیط کشت اطراف ریشه‌ها (پرلیت +کوکوپیت) شسته شد. سپس به آزمایشگاه انتقال داده شدند و پس از جداکردن اندام های هوایی و ریشه‌ها، طول ریشه اصلی و ارتفاع شاخساره توسط خط‌کش اندازه‌گیری شد. وزن تر برگ به کمک ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم) اندازه‌گیری گردید. جهت تعیین وزن خشک برگ، ابتدا نمونه‌ها به مدّت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و پس از خارج نمودن نمونه‌ها از آون، وزن خشک آن‌ها به کمک ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم) تعیین شدند. جهت اندازه گیری سطح برگ، تعداد سه برگ توسعه یافته به عنوان نمونه انتخاب شد و توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (L1-COR Square centimeters L1–3100 C AREA METER)، سطح برگ آن‌ها بر حسب میلی‌متر مربع اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ ابتدا از هر بوته ۱۰ عدد دیسک برگی از برگ‌های توسعه یافته تهیه شد. بلافاصله وزن تر آنها با استفاده از ترازوی دیجیتالی (با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم) اندازه‌گیری گردید و سپس درون ظروف پتری‌دیش حاوی آب مقطر به مدت چهار ساعت در یخچال (چهار درجه سانتی‌گراد) و در تاریکی قرار داده شدند. پس از خارج کردن دیسک‌ها از آب مقطر و خشک کردن آنها با استفاده از کاغذ صافی، وزن آماس آنها اندازه‌گیری شد. سپس به مدت ۴۸ ساعت، دیسک‌های برگی به آون (۷۰ درجه سانتی‌گراد) انتقال داده و وزن خشک آنها تعیین گردید و در نهایت محتوای نسبی آب برگ با استفاده از روابط زیر محاسبه گردید (ترنر[1]، ۱۹۸۱).

1. Turner

(وزن خشک - وزن آماس) / (وزن خشک - وزن تر) = محتوی نسبی آب برگ (درصد) رابطه (۱)

جهت اندازه‌گیری شاخص کلروفیل تعداد سه برگ از برگ‌های توسعه یافته گیاه در هر گلدان انتخاب و با دستگاه سنجش شاخص کلروفیل (MINOLTA 502, Osaka Japan) (SPAD) اندازه‌گیری گردید و سپس از آن‌ها میانگین گرفته شد.

برای اندازه‌گیری پرولین ابتدا ۰/۵ گرم از بافت تازه برگی به همراه ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد در داخل هاون چینی کوبیده و له شد. قسمت بالایی محلول حاصله، جدا گشته و رسوبات آن دوبار با ۵ میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصد شستشو شده و فاز بالایی آن به قسمت رویی قبلی اضافه گردید. محلول به دست آمده به‌مدت ۱۰ دقیقه در ۳۵۰۰ دور سانتریفیوژ گردید. سپس فاز رویی برداشته شده و عصاره الکلی به‌دست آمده تا زمان اندازه‌گیری پرولین در یخچال با دمای چهار درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (اریگوین[1] و همکاران، ۱۹۹۲). برای تعیین غلظت پرولین، یک میلی‌لیتر از عصاره الکلی تهیه شده با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر رقیق شده و به‌هم زده شد. سپس ۵ میلی‌لیتر معرف نین‌هیدرین (به ازای هر نمونه ۰/۱۲۵ گرم نین‌هیدرین، ۲ میلی‌لیتر فسفریک اسید ۶ مولار) و ۵ میلی‌لیتر اسید استیک‌گلاسیال به آن اضافه گردید و به صورت دستی هم زده شد. محلول حاصله به‌مدت ۴۵ دقیقه در حمام آب گرم (بن‌ماری) با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و بعد از خنک شدن آنها، ۱۰ میلی‌لیتر بنزن به آن اضافه شد و به شدت تکان داده شد تا پرولین وارد فاز بنزن گردد. نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه به حالت سکون رها شدند و در نهایت یک میلی‌لیتر از فاز بالایی نمونه‌ها برداشته شد و با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۵ نانومتر قرائت گردید. استانداردهای پرولین از غلظت صفر تا ۰/۱ میکرومول بر میلی‌لیتر تهیه شد و جذب آن به‌همراه نمونه‌ها خوانده شد (پاکوئین و لی‌چاسور[2]، ۱۹۷۹).

برای اندازه‌گیری قندهای محلول، ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره الکلی نگهداری شده در یخچال (تهیه عصاره: ۰/۵ گرم از بافت برگ در هاون با ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد، له گردید سپس مایع رویی جدا و به لوله آزمایش به حجم ۲۵ میلی‌لیتر منتقل شد. سپس ۵ میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصد به بخش جامد باقی مانده اضافه و کاملا شستشو گردید. این بخش از مایع رویی نیز به لوله آزمایش منتقل شد. در نهایت ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره به‌دست آمده به‌مدت ۱۵ دقیقه در دور ۳۵۰۰ سانتریفیوژ شد) به کمک میکروپیپت به داخل لوله آزمایش ریخته شده و ۳ میلی‌لیتر آنترون تازه تهیه شده (۱۵۰ میلی گرم آنترون + ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۷۲ درصد (W/W) به آن اضافه شد. لوله‌های آزمایش به‌مدت ۱۰ دقیقه در حمام آبجوش قرار داده شد تا ماده رنگی تشکیل شود. پس از خنک‌شدن نمونه‌ها میزان جذب آنها در طول موج ۶۲۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. برای تهیه استاندارد قند از گلوگز محلول‌هایی با غلظت صفر تا ۱۲۰ میلی‌گرم بر لیتر تهیه و کلیه مراحل آزمایش روی آنها انجام گردید و نهایتا میزان جذب آنها در طول موج ۶۲۵ نانومتر قرائت گردید (اریگوین و همکاران، ۱۹۹۲).

فعالیت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز در تمام تیمارها و تکرارها با استفاده از روش ناکانو و آسادا[3] (۱۹۸۱) سنجیده شد. محلول واکنش شامل ۲/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی مولار با pH=7، (EDTA ۰/۱ میلی‌مولار، آسکوربات‌سدیم یک میلی‌مولار)، ۰/۲ میلی‌لیتر (۲۰۰ میکرولیتر) H_2O_2 یک درصد و ۰/۱ میلی‌لیتر (۱۰۰ میکرولیتر) عصاره استخراجی بود. فعالیت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز به‌صورت کاهش در جذب طی یک دقیقه در طول موج ۲۹۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر محاسبه شد. برای سنجش فعالیت این آنزیم از ضریب خاموشی ۲/۸ $mM^{-1}\ cm^{-1}$ و فرمول زیر استفاده شد.

$$Units\ \frac{mM}{min} = \frac{do\ D}{\min(sl\ ope)} \times vol.of\ assay\ (0.0003) \Big/ Etinction\ coeffcient(2.8)$$

رابطه (۲)

Extinction Coefficient، doD/min(slope) و Vol. of assay به‌ترتیب ضریب خاموشی، اختلاف دو عدد خوانده شده طی یک دقیقه و مقدار عصاره در نمونه می‌باشد.

1. Irigoyen
2. Paquin and Lechasseur
3. Nakano and Asada

تجزیه آماری داده‌ها و نرم‌افزارهای مورد استفاده

برای انجام تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات مورد بررسی، از نرم‌افزار SAS نسخه 9.1 استفاده شد. مقایسه میانگین‌های تیمارها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. همچنین برای رسم شکل از نرم افزار Excel نسخه ۲۰۱۰ استفاده گردید.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات رویشی نشان داد که اثر ساده شوری بر ارتفاع نهال‌های هر دو رقم انگور در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد و اثر ساده اسپرمیدین و اثر متقابل شوری و رقم در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). با افزایش غلظت شوری در محلول غذایی، ارتفاع گیاه در مقایسه با شاهد کاهش یافت. بیشترین کاهش در ارتفاع گیاه در هر دو رقم در شوری ۸۰ میلی مولار مشاهده گردید (شکل ۱). در این سطح شوری، میزان کاهش ارتفاع گیاه در رقم بی‌دانه سفید در مقایسه با شاهد ۲۶/۷ درصد و در رقم سیاه سردشت ۲۴/۵ درصد بود.

جدول۱- نتایج تجزیه واریانس تاثیر محلول‌اشی اسپرمیدین در مقاومت به تنش شوری بر صفات مورفولوژیکی دو رقم انگور

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		ارتفاع گیاه	طول ریشه	وزن تر برگ	وزن خشک برگ	سطح برگ
رقم	۱	۴/۱۷ ns	۸۸۸/۱۷**	۴/۷۸**	۰/۷۵۴**	۱۶۴۵۹/۸۹**
شوری	۳	۷۹۵/۴۰**	۸۷۶/۷۵**	۱/۳۶**	۰/۲۹۱**	۲۳۷۳/۶۲**
اسپرمیدین	۳	۵۳/۸۲*	۱۵۳/۴۲**	۰/۰۵۵**	۰/۰۱۷*	۴۹۴/۱۹**
شوری × رقم	۳	۴۰/۴۲*	۴۱/۸۶ns	۰/۱۰۱**	۰/۰۱۲*	۷۹/۳۷ ns
رقم × اسپرمیدین	۳	۹/۸۸ ns	۹/۳۶ ns	۰/۰۰۱۵ ns	۰/۰۰۱ ns	۱۲/۸۷ ns
اسپرمیدین × شوری	۹	۱۰/۴۸ ns	۴۹/۰۱۸ ns	۰/۰۱۰۳ ns	۰/۰۰۳ ns	۶۲/۴۹ ns
اسپرمیدین × رقم × شوری	۹	۷/۲۵ ns	۳۰/۲۸ ns	۰/۰۰۶۸ ns	۰/۰۰۲ ns	۴۵/۰۲ ns
خطای آزمایش	۶۴	۱۳/۱۸	۲۹/۰۵۲	۰/۰۱۲	۰/۰۰۴۴	۴۰/۸۸
ضریب تغییرات (درصد)	-	۸/۴۳	۸/۰۸	۶/۳۵	۱۲/۵۵	۷/۳۱

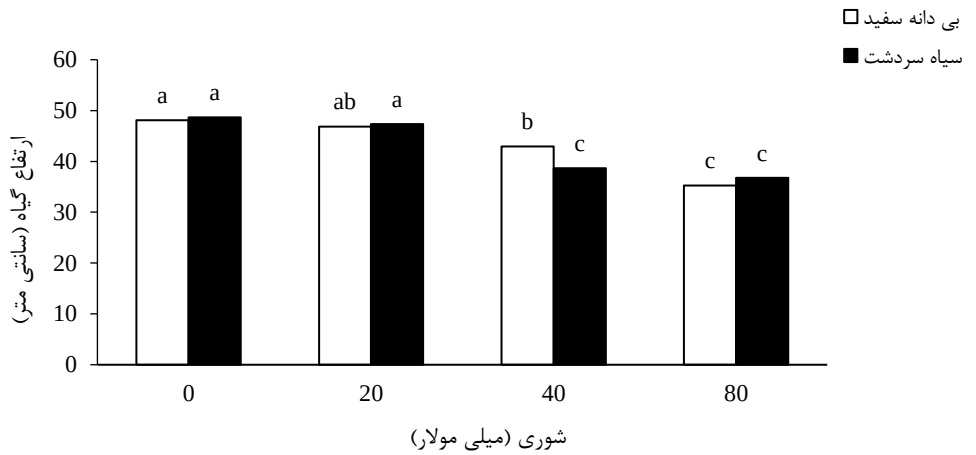
ns، ** و *: به ترتیب نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

طول ریشه

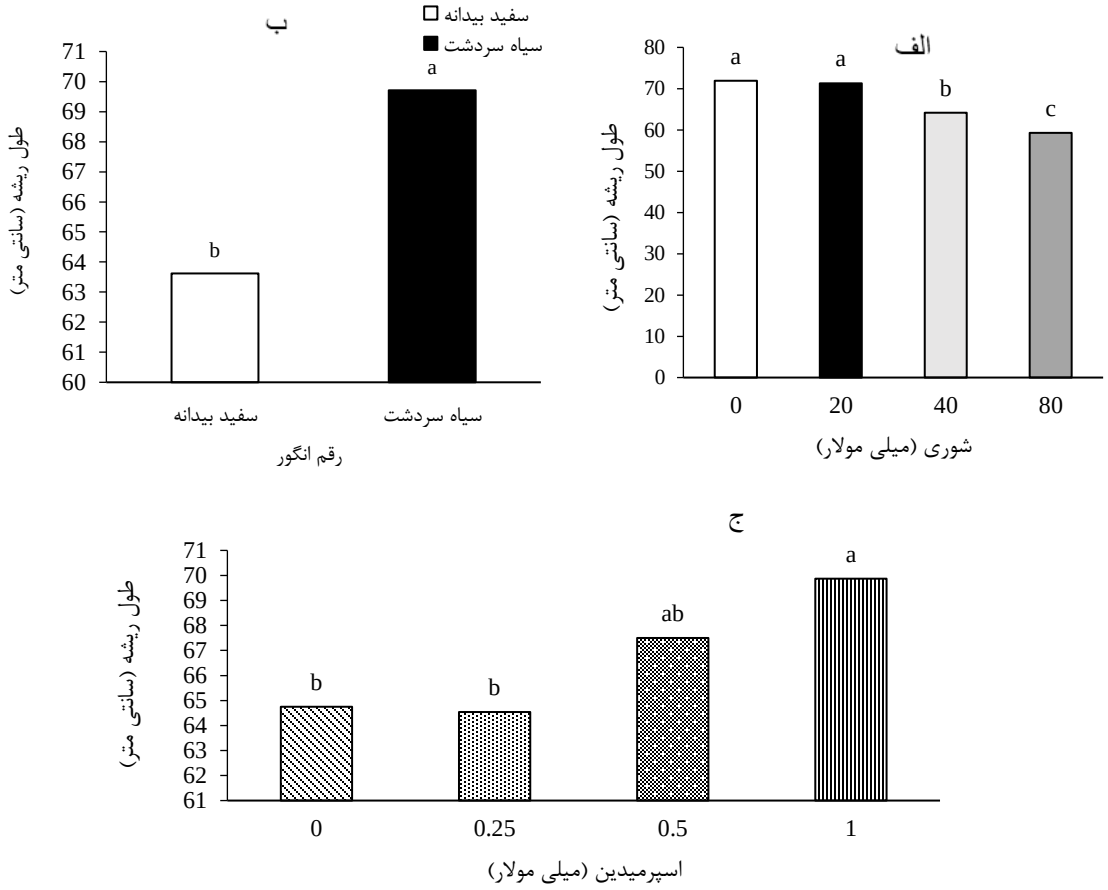
اثرات ساده رقم، شوری و اسپرمیدین بر طول ریشه در دو رقم انگور (بی‌دانه سفید و سیاه سردشت) در سطح احتمال یک درصد طبق آزمون دانکن معنی‌دار شد (جدول۱). با افزایش شوری در محلول غذایی، طول ریشه در هر دو رقم کاهش یافت. در سطح شوری ۸۰ میلی‌مولار میزان کاهش طول ریشه در مقایسه با شاهد ۱۷/۵۶ درصد گزارش گردید (شکل۲- الف). با کاربرد اسپرمیدین به‌ویژه در غلظت‌های ۰/۵ و یک میلی‌مولار، طول ریشه در مقایسه با شاهد به‌ترتیب ۴/۰۷ و ۷/۳۳ درصد افزایش نشان داد (شکل۲- ج).

وزن تر و خشک برگ

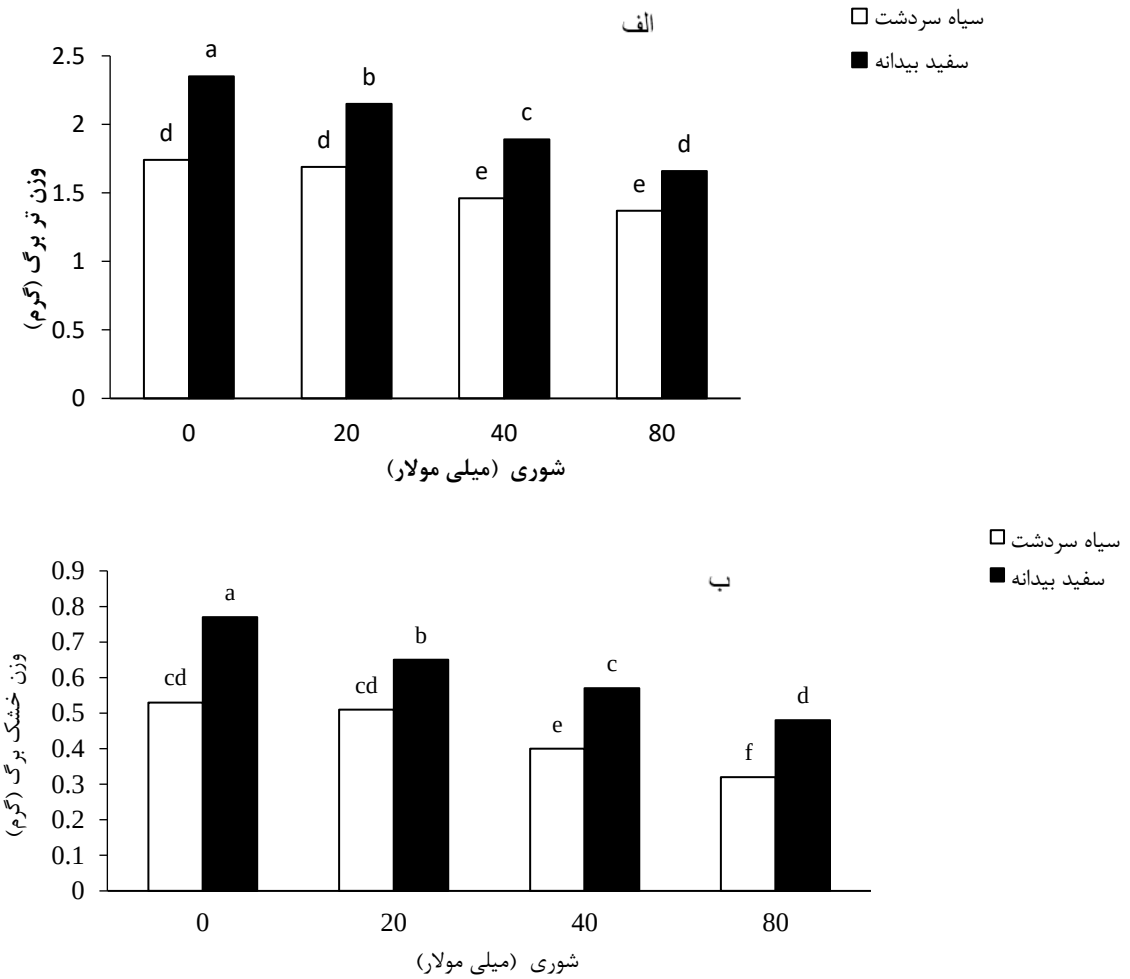
اثرات ساده رقم، شوری و اسپرمیدین در سطح احتمال یک درصد و اثرات متقابل رقم و شوری در سطح احتمال یک درصد بر وزن تر برگ در دو رقم انگور طبق آزمون دانکن معنی‌دار شدند. اثرات ساده شوری و رقم بر وزن خشک برگ در دو رقم انگور در سطح احتمال یک درصد و اثر ساده اسپرمیدین در سطح احتمال ۵ درصد و اثرات متقابل شوری و رقم در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول۱). با افزایش شوری در محلول غذایی، وزن تر و خشک برگ در هر دو رقم، کاهش معنی‌داری در مقایسه با شاهد نشان دادند. میزان کاهش وزن تر برگ در سطوح شوری ۴۰ و ۸۰ میلی مولار در رقم سیاه سردشت در مقایسه با شاهد به‌ترتیب ۱۶/۰۹ و ۲۱/۲۶ درصد و در رقم بی‌دانه سفید به‌ترتیب ۱۹/۶ و ۲۹/۳۶ درصد بود (شکل۳- الف). میزان کاهش وزن خشک برگ در سطوح شوری ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار در رقم سیاه سردشت در مقایسه با شاهد به‌ترتیب ۲۴/۵۳ و ۳۹/۶۲ درصد



شکل۱- مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری و رقم بر ارتفاع گیاه. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشد.



شکل۲- مقایسه میانگین اثرات ساده رقم (الف) و شوری (ب) و اثر ساده محلول‌پاشی برگی با اسپرمیدین (ج) بر طول ریشه. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشد.



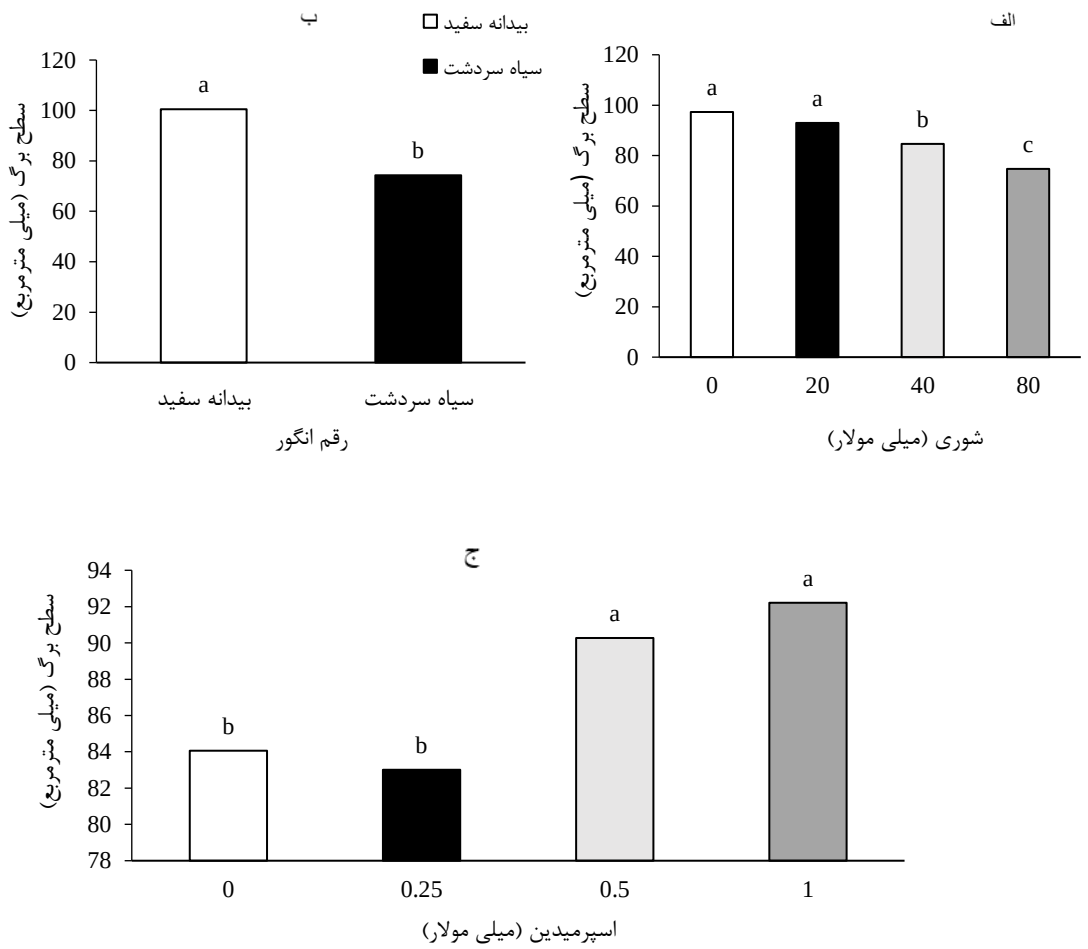
شکل۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری و رقم بر وزن تر برگ (الف) و مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری و رقم بر وزن خشک برگ (ب). حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشد.

و در رقم بیدانه سفید به ترتیب ۲۵/۹۷ و ۳۷/۷ درصد مشاهده شد (شکل۳- ب).

سطح برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات رویشی نشان داد که اثرات ساده شوری، رقم و اسپرمیدین بر سطح برگ در دو رقم انگور رقم در سطح احتمال یک درصد طبق آزمون دانکن معنی‌دار گردیدند (جدول ۱). با افزایش سطح شوری، میزان سطح برگ در هر دو رقم کاهش یافت. میزان کاهش این شاخص در غلظت‌های ۲۰، ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار در مقایسه با شاهد به ترتیب ۴/۴۳، ۱۳ و ۲۳/۱۸ درصد مشاهده گردید (شکل۴- الف). با افزایش غلظت اسپرمیدین میزان سطح برگ افزایش یافت به طوری که میزان افزایش این شاخص در غلظت‌های ۰/۵ و یک میلی‌مولار اسپرمیدین به ترتیب ۷/۴ و ۹/۷ درصد در مقایسه با شاهد گزارش گردید (شکل۴- ج).

تنش شوری، پتانسیل اسمزی خاک را تغییر داده، همچنین عدم تعادل یونی را در خاک ایجاد می‌کند بطوری‌که ریشه‌های گیاه در جذب مواد غذایی با مشکل مواجه شده و کمبود مواد غذایی بوجود می‌آید که این امر به نوبه خود مانع از رشد گیاه می‌شود. در پژوهش حاضر، سطوح مختلف شوری بر همه شاخص‌های رویشی تأثیر منفی داشت. بیشترین تأثیر منفی شوری بر شاخص‌های رویشی در بالاترین سطح شوری (۸۰ میلی‌مولار) مشاهده گردید. در انگور، تنش شوری بر بسیاری



شکل۴- مقایسه میانگین اثرات ساده رقم (الف) شوری (ب) و اثرات ساده محلول‌پاشی برگی با اسپرمیدین (ج) بر سطح برگ. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشد.

از شاخص‌های رشد رویشی مانند وزن تر و خشک ریشه و ساقه، نسبت ریشه به ساقه، سطح برگ، قطر ریشه و شاخه، تعداد گره، فاصلهٔ میانگره، شمار انشعاب‌های جانبی و همچنین ویژگی‌های فیزیولوژیک مانند سرعت فتوسنتز، محتوای کلروفیل، پتانسیل آب برگ، جذب مواد غذایی و عملکرد تأثیر داشت (فیزاراکیس[1] و همکاران، ۲۰۰۱). در بررسی تغییر پذیری عناصر غذایی، ویژگی‌های رشدی و فیزیولوژیک در چند رقم و دورگهٔ بین‌گونه‌ای انگور در شرایط تنش شوری ناشی از کلریدسدیم، میزان رشد، وزن خشک ریشه و ساقه و محتوای نسبی آب با افزایش شوری کاهش یافت (مینازاده و همکاران، ۱۳۹۷). این نتایج با یافته‌های سان[2] و همکاران (۲۰۱۵) در توت‌فرنگی، مومن‌پور و همکاران (۱۳۹۳) در بادام، چیلی- چابونی[3] و همکاران (۲۰۱۰) در پسته، سیوریتپ[4] و همکاران (۲۰۱۰) در انگور مبنی بر کاهش صفات رویشی در اثر شوری، مطابقت داشت.

مکانیسم‌های متعددی می‌توانند در کاهش رشد رویشی ناشی از تأثیر منفی شوری در پژوهش حاضر دخالت داشته باشند. برخی مکانیسم‌های دخیل در کاهش رشد گیاهان تحت تنش شوری شامل تنش اسمزی، سمیت یونی، عدم تعادل مواد غذایی و تنش اکسیداتیو می‌باشند (انسر[5] و همکاران، ۲۰۱۲).

1. Fisarakis
2. Sun
3. Chelli-Chaabouni
4. Sivritepe
5. Anser

در پژوهش حاضر به احتمال فراوان یکی از دلایل مهم در کاهش رشد در هر دو رقم انگور به ویژه در سطوح شوری ۸۰ میلی‌مولار، برهم خوردن تعادل عناصر غذایی می‌باشد. همچنین شوری از طریق افزایش فشار اسمزی محلول خاک (کاهش پتانسیل اسمزی) منجر به کاهش جذب آب و در نتیجه کاهش تقسیم، طویل شدن و تمایز سلولی و در نتیجه کاهش رشد می‌گردد (کایا[1] و همکاران، ۲۰۰۶).

رشد و نمو و طویل شدن ریشه همانند سایر اندام‌های زیر زمینی تحت کنترل هورمونی است. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که پلی‌آمین‌ها در فرایند نمو ریشه دخالت داشته و کاربرد پلی‌آمین‌های برون‌زاد، موجب بهبود ساختار ریشه از طریق افزایش درصد ریشه‌های باریک و مویین و کاهش ریشه‌های ضخیم می‌شود. این تغییرات، موجب بهبود جذب عناصر و افزایش غلظت آنها در گیاه می‌شود. از سوی دیگر پلی‌آمین‌ها می‌توانند به‌عنوان نیتروژن اضافی برای گیاه عمل نموده و موجب افزایش رشد ریشه‌های گیاهان شوند (کوسانو[2] و همکاران، ۲۰۰۸). پلی‌آمین‌ها به‌عنوان پیام‌رسان‌های ثانویه هورمونی و یکی از منابع تأمین‌کننده کربن و نیتروژن شناخته می‌شوند و در فرایندهای فیزیولوژیک زیادی نقش دارند که ریشه‌زایی و افزایش حجم ریشه‌ها از جمله این فرایندهای مهم می‌باشد (کائور-ساونی[3] و همکاران، ۲۰۰۳). تنش، اثرات منفی در رشد گیاه از جمله کاهش در فعالیت سلول‌های مریستمی و ممانعت از طویل شدن سلول ایجاد می‌کند که نتیجه آن اثر بر روابط آبی در شرایط تنش است که باعث کاهش رشد در گیاه خواهد شد. احتمالا کاربرد پلی‌آمین‌های برون‌زاد بر نحوه رشد رویشی و وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاهان تأثیر می‌گذارد که آنها نیز به‌طور غیرمستقیم بر رشد ریشه تأثیر می‌گذارند. نقش اسپرمین در افزایش رشد گیاهان در شرایط تنش احتمالا مربوط به اثر آنتی‌اکسیداتیو، کمک به تعادل کاتیون-آنیون و یا به‌عنوان منبع نیتروژن می‌باشد (تانگ و نیوتون[4]، ۲۰۰۵). در پژوهش حاضر با افزایش غلظت اسپرمیدین محلول‌پاشی شده، سطح برگ هر دو رقم افزایش یافت. بیشترین میزان افزایش سطح برگ متعلق به گیاهان تیمار شده با اسپرمیدین یک میلی‌مولار بود که اختلاف معنی داری با شاهد داشت. در تأیید نتایج مطالعه حاضر موحد[5] و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای در توت‌فرنگی دریافتند که کاربرد برون‌زاد پلی‌آمین‌ها، باعث افزایش سطح برگ در توت فرنگی گردید.

شاخص کلروفیل

اثر ساده رقم بر میزان شاخص کلروفیل برگ‌های دو رقم انگور در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل شوری و رقم در سطح احتمال پنج درصد طبق آزمون دانکن معنی‌دار گردید (جدول ۲). با افزایش شوری در محلول غذایی، میزان شاخص کلروفیل در هر دو رقم، کاهش معنی‌داری در مقایسه با شاهد نشان دادند. میزان کاهش شاخص کلروفیل در سطوح شوری ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار در رقم سیاه سردشت در مقایسه با شاهد به‌ترتیب ۸/۶ و ۹/۲۵ درصد و در رقم بی‌دانه سفید به‌ترتیب ۵/۵۶ و ۴/۹۵ درصد گزارش گردید (شکل۵).

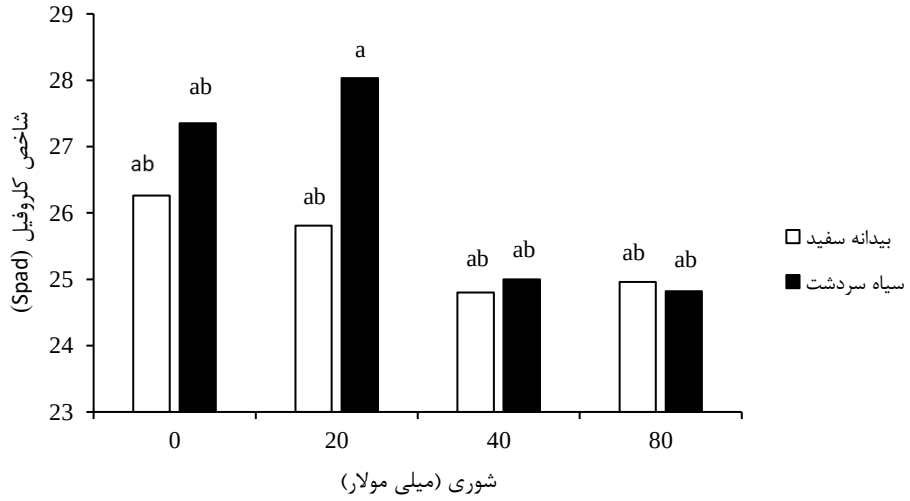
کلروفیل‌ها از جمله ماکرومولکول‌هایی هستند که در شرایط تنش آسیب می‌بینند. در پژوهشی در دو رقم انگور رشه و قرمز بی‌دانه با افزایش شدت تنش شوری، محتوای کلروفیل برگ در هر دو رقم کاهش یافت (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۵). پریدا و داس[6] (۲۰۰۵) بیان نمودند که محتوای کلروفیل و کاروتنوئیدهای گیاهان تحت تنش شوری کاهش پیدا کرد. دلیل کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش شوری، افزایش تخریب این رنگیزه‌ها و یا کاهش ساخت آنها و نیز اختلال در فعالیت آنزیم‌های مسئول سنتز رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌باشد (زائو[7] و همکاران، ۲۰۰۷). بارسا و بارسا[8] (۱۹۹۷) بیان نمودند که در تنش شوری یا خشکی، فعالیت آنزیم گلوتامات‌لیگاز برای سنتز کلروفیل کاهش در مقابل آنزیم گلوتامین‌کیناز برای تبدیل گلوتامین به پرولین فعال می‌شود (گلوتامات ماده پیش‌ساز کلروفیل و پرولین است). کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش شوری به‌دلیل فعالیت بیشتر کلروفیلاز گزارش شده است. همچنین بعضی از مواد تنظیم کننده رشد نظیر اسید آبسیزیک و اتیلن، باعث تحریک فعالیت این آنزیم می‌شوند و در نتیجه در شرایط تنش، غلظت آن

1. Kaya
2. Kusano
3. Kaur-Sawhney
4. Tang and Newton
5. Movahed
6. Parida and Das
7. Zhao
8. Barsa and Barsa

جدول۲- نتایج تجزیه واریانس تأثیر سطوح مختلف شوری و اسپرمیدین و برهمکنش آن ها بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در دو رقم انگور

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		شاخص کلروفیل	محتوای نسبی آب برگ	پرولین	قندهای محلول	آسکوربات پراکسیداز
رقم	۱	۶۲/۴۶۸**	۷/۱۳۹ ^{ns}	۲/۶۵۰ ^{ns}	۰/۲۸۹**	۰/۰۰۸۸ ^{ns}
شوری	۳	۱۰/۶۲۴ ^{ns}	۸۹۵/۹۸**	۷۰/۹۶۷**	۱/۶۸۳**	۱/۲۴۵**
اسپرمیدین	۳	۴/۵۶ ^{ns}	۱۳۳/۶۲**	۰/۸۶۳ ^{ns}	۰/۰۲۴ ^{ns}	۰/۰۵۲۱**
شوری × رقم	۳	۲۲/۵۳*	۳۵/۲۲ ^{ns}	۱/۸۰۳ ^{ns}	۰/۳۱۱**	۰/۱۳۰۷**
رقم × اسپرمیدین	۳	۱۴/۱۹۷ ^{ns}	۱۶/۲۲ ^{ns}	۰/۳۰۴ ^{ns}	۰/۰۲۳۱ ^{ns}	۰/۰۰۷ ^{ns}
اسپرمیدین × شوری	۹	۱۱/۴۶ ^{ns}	۴۶/۹۸*	۰/۳۳۱ ^{ns}	۰/۰۳۴ ^{ns}	۰/۰۱۶ ^{ns}
اسپرمیدین× رقم × شوری	۹	۴/۸۳ ^{ns}	۱۵/۵۸ ^{ns}	۰/۵۵۷ ^{ns}	۰/۰۰۹ ^{ns}	۰/۰۰۶ ^{ns}
خطای آزمایش	۶۴	۸/۱۱۷	۱۹/۰۵۶	۰/۸۸۹	۰/۰۱۹۰۳	۰/۰۰۹۴
ضریب تغییرات (درصد)		۱۱/۱۷۵	۵/۳۵	۲۳/۲۵	۱۴/۹۴	۱۳/۶۸

ns، ** و *: به ترتیب نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد



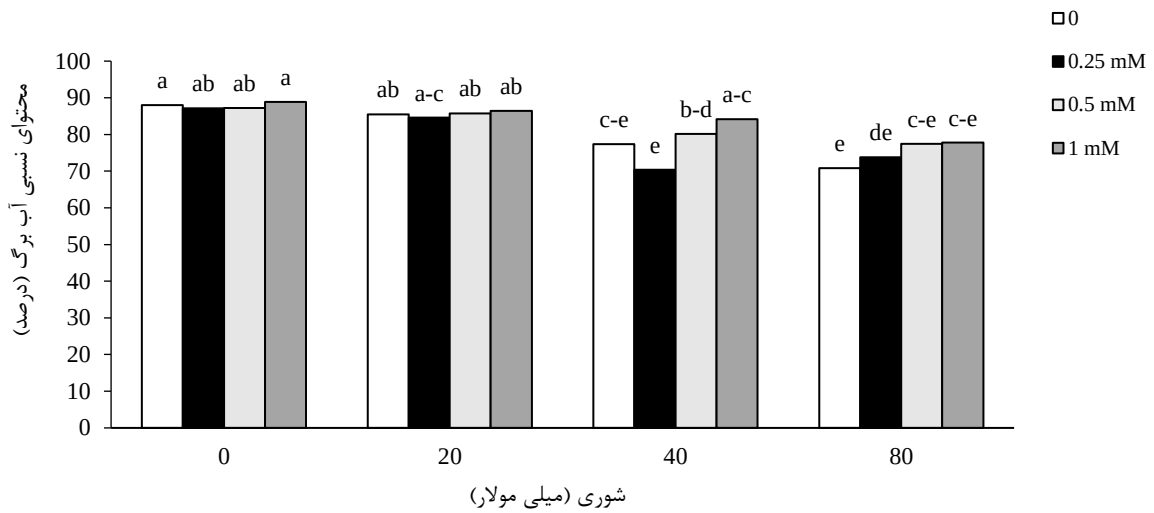
شکل۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری و رقم بر میزان شاخص کلروفیل. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشد.

افزایش می‌یابد (چوتی‌پای‌جیت[1] و همکاران، ۲۰۱۱).

محتوای نسبی آب برگ (RWC)

اثرات ساده شوری و اسپرمیدین بر محتوای نسبی آب برگ دو رقم انگور در سطح احتمال یک درصد و اثرات متقابل شوری و اسپرمیدین در سطح احتمال پنج درصد طبق آزمون دانکن معنی‌دار گردید (جدول۲). کاربرد شوری در محلول غذایی تأثیر معنی‌داری در کاهش محتوای نسبی آب برگ‌ها به‌ویژه در سطح‌های ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار داشت. محتوای نسبی آب برگ در تیمارهای ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار شوری (بدون کاربرد اسپرمیدین) به‌ترتیب ۱۲/۱۱ و ۱۹/۵۷ درصد در مقایسه با شاهد کاهش یافت اما با کاربرد یک میلی‌مولار اسپرمیدین در تیمارهای ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار شوری، میزان کاهش محتوای

1 . Chutipaijit



شکل۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری و محلول‌پاشی برگی اسپرمیدین بر محتوای نسبی آب برگ. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشد.

نسبی آب برگ به‌ترتیب ۴/۴ و ۱۱/۶۴ درصد در مقایسه با شاهد گزارش شد.

یکی از واکنش‌های اولیه گیاهان در معرض شوری، تغییر در روابط آبی است. محتوای رطوبت نسبی، متغیری است که وضعیت آب گیاه را نشان می‌دهد (سارکر و اوبا[1]، ۲۰۲۰). جذب آب در گونه‌های مختلف گیاهی تحت شرایط شوری کاهش می‌یابد (مائواچی[2]، ۲۰۱۸). شوری باعث کاهش پتانسیل آب خاک شده بنابراین بر میزان جذب آب از ریشه‌های انگور اثر گذاشته و در نهایت کاهش محتوای نسبی آب را موجب می‌شود (گراتانا و گریو[3]، ۱۹۹۹).

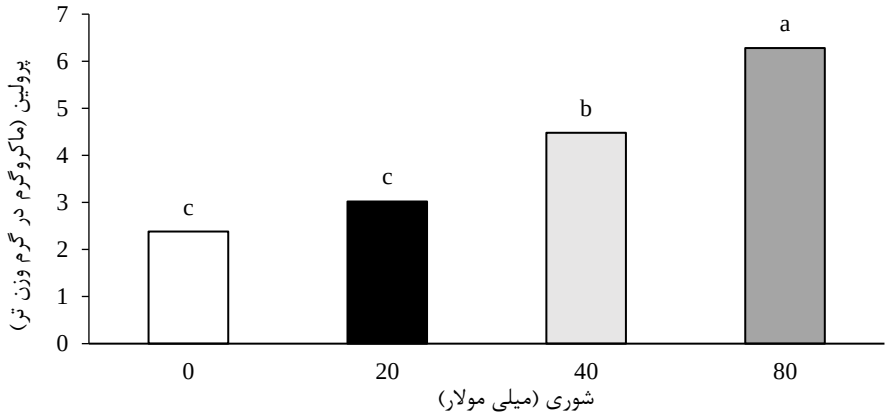
به‌دلیل تجمع میزان زیاد نمک در محیط ریشه، باعث ایجاد تنش اسمزی در گیاهان شده و به‌دنبال آن، حرکت آب به سمت ریشه‌ها کم شده و فشار تورژسانس سلولی با کاهش محتوای نسبی آب سلول کاهش می‌یابد (مانچاندا و گارگ[4]، ۲۰۰۸). در پژوهش حاضر در سطوح شوری ۴۰ و ۸۰ میلی مولار با افزایش غلظت اسپرمیدین محتوای نسبی آب برگ افزایش یافت هر چند که این افزایش در مقایسه با شاهد معنی‌دار نبود. کاهش محتوای نسبی آب برگ در اثر تنش شوری در رقم‌های انگور بی‌دانه سفید و حسینی (حبیبی، ۱۳۹۴) و در رقم سلطانی پیوند شده بر پایه‌های انگور راپستریس و ۱۱۰R (سیوریتپ و همکاران، ۲۰۱۰) نیز گزارش شده است. در پژوهشی ایکینسی[5] و همکاران (۲۰۱۹) در بوته‌های فلفل در معرض سطوح مختلف شوری نشان دادند که بیشترین محتوای نسبی آب برگ در سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار و اسپرمیدین با غلظت ۲/۵ میلی‌مولار به دست آمد. نتایج این پژوهش‌ها با نتایج پژوهش حاضر همسو بود.

پرولین

اثر ساده شوری بر میزان پرولین در برگ‌های دو رقم انگور در سطح احتمال یک درصد طبق آزمون دانکن معنی‌دار گردید (جدول۲). با افزایش شوری، میزان پرولین، افزایش معنی داری در مقایسه با شاهد نشان داد به طوری که در غلظت‌های ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار شوری میزان افزایش پرولین در مقایسه با شاهد به ترتیب ۱/۹ و ۲/۶۵ برابر شد.

از بین این ترکیبات سازگار، پرولین نقش اساسی در تنظیم اسمزی داشته و غلظت آن به‌طور قابل توجهی در بسیاری از گیاهان افزایش می‌یابد (کومار[6] و همکاران، ۲۰۱۸). در پژوهش میسرا و ساکسنا[7] (۲۰۰۹) بیان نمودند که در شرایط تنش شوری، فعالیت آنزیم پرولین‌آکسیداز کاهش یافته در

1. Sarker and Oba
2. Mahouachi
3. Grattana and Grieve
4. Manchanda and Garg
5. Ekinci
6. Kumar
7. Misra and Saxena



شکل۷- مقایسه میانگین اثرات ساده شوری بر میزان پرولین. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشد.

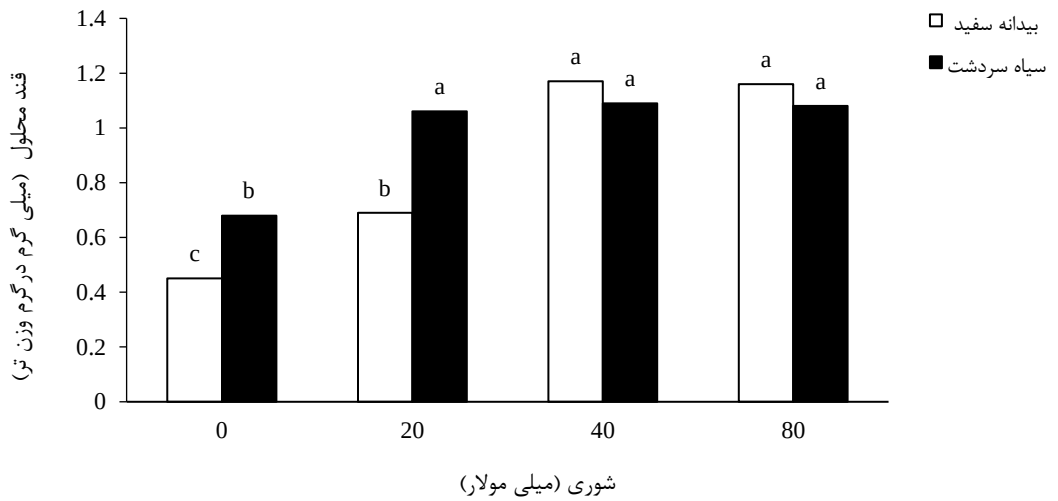
نتیجه تجزیه پرولین کم شده از طرفی فعالیت آنزیم پیرولین ۵- کربوکسیلات‌سینتاز بالا رفته در نهایت میزان پرولین افزایش می‌یابد که می‌تواند از دلایل افزایش پرولین در شرایط شوری در پژوهش حاضر دانست. تجمع پرولین به‌طور عمده به دلیل افزایش سنتز و کاهش تجزیه آن است و همچنین به عنوان منبع ذخیره کربن و نیتروژن، جمع‌کننده گونه‌های فعال اکسیژن، چاپرون مولکولی در به ثبات بخشیدن به ساختار پروتئین‌ها و نیز خنثی نمودن اسیدیته یاخته عمل می‌نماید (ویربوجین و هرمانس[1]، ۲۰۰۸). در انگور، اعمال تنش شوری محتوای پرولین برگ را افزایش داد که تأییدی بر نتایج پژوهش حاضر است (فزونی[2] و همکاران، ۲۰۱۲؛ بانه[3] و همکاران، ۲۰۱۳).

در گیاهان زیتون تحت تنش شوری، اسپرمیدین تولید پرولین را افزایش داد (آواد[4] و همکاران، ۲۰۱۱). اکسیداسیون پلی آمین‌ها طی تنش شوری می‌تواند از دو جهت حائز اهمیت باشد: ۱- برقراری تعادل کاتیونی در بافت‌های تحت تنش شوری ۲- فراهم نمودن سوبسترای مورد نیاز برای سنتز پرولین در این بافت‌ها. افزایش پرولین در شرایط تنش می‌تواند به‌دلیل نقش حمایت‌کننده پلی‌آمین‌ها از پروتئین‌ها و آنزیم‌های دخیل در سنتز پرولین، حفظ فتوسنتز و تعدیل عناصر غذایی باشد (شهبازمحمدی و همکاران، ۱۳۹۳).

میزان قندهای محلول

اثرات ساده رقم، شوری و نیز اثرات متقابل رقم و شوری بر میزان قندهای محلول در برگ‌های دو رقم انگور در سطح احتمال یک درصد طبق آزمون دانکن معنی‌دار گردیدند (جدول۲). با افزایش شوری میزان قندهای محلول در برگ‌های هر دو رقم افزایش داشت. میزان قندهای محلول در رقم بی‌دانه سفید در سطوح شوری ۸۰ میلی‌مولار ۲/۶ برابر و در رقم سیاه سردشت، میزان این شاخص در همان سطح شوری ۱/۶ برابر در مقایسه با شاهد افزایش نشان داد (شکل۸). قندهای محلول به عنوان محافظت‌کننده‌های اسمزی در تنظیم اسمزی سلول نقش دارند و در پاسخ به تنش‌های محیطی تجمع می‌یابند. تنش شوری منجر به تجمع اسمولیت‌های آلی و املاح سازگار، مانند قندهای محلول، پروتئین‌های محلول و پرولین برای حفظ تورژسانس سلولی و تنظیم جذب آب می‌شود (جینگ‌مائو[5] و همکاران، ۲۰۱۵). تجمع قندهای محلول در گیاهان باعث می‌شود تا پتانسیل اسمزی خود را افزایش داده و تنظیمات اسمزی را تحت تنش شوری حفظ نمایند. همچنین به‌عنوان محافظت‌کننده‌های اسمزی برای محافظت از غشای سلول در برابر آسیب ناشی از تنش عمل می‌کنند (سرابی[6] و همکاران، ۲۰۱۷).

1. Verbruggen and Hermans
2. Fozouni
3. Baneh
4. Avad
5. Gengmao
6. Sarabi



شکل۸- مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری و رقم بر میزان قندهای محلول. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشد.

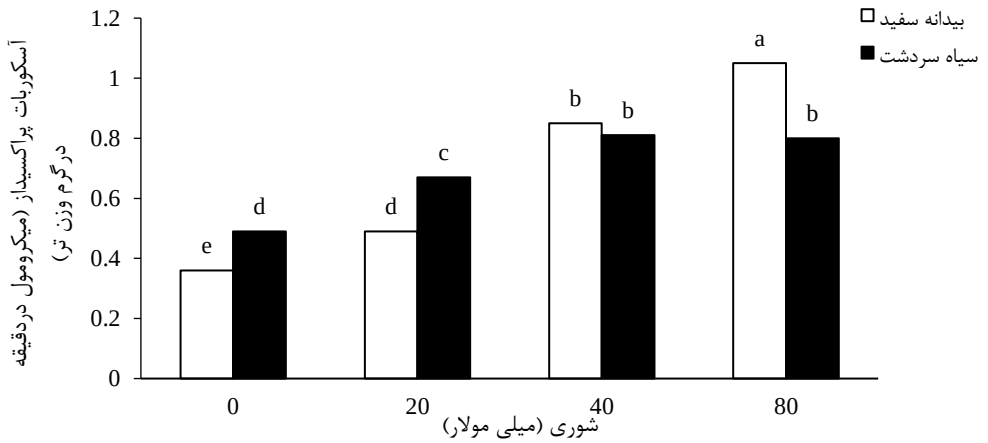
در بررسی تحمل به شوری چهار رقم انگور یاقوتی، عسگری، رشه و سرقوله مشخص شد با افزایش شوری، تجمع قندهای محلول در برگ افزایش یافت و رابطهٔ مثبتی بین تحمل شوری و میزان تجمع قندهای محلول مشاهده گردید (بانه[1] و همکاران، ۲۰۱۳). در بررسی غربالگری تحمل به شوری در چند رقم انگور مشخص شد با افزایش شوری، میزان تجمع قندهای محلول افزایش یافت و این افزایش در رقم‌های متحمل به شوری بیشتر بود (احمد[2] و همکاران، ۲۰۱۵). در پژوهشی در دو رقم هلو، تنش شوری میزان قندهای محلول را بسیار بیشتر از نشاسته و پرولین تحت تأثیر قرار داد به طوری که در هر دو رقم با افزایش شوری میزان قند و پرولین افزایش یافت (توری‌جیانی[3] و همکاران، ۲۰۱۲). افزایش غلظت قندها علاوه بر اینکه موجب منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی در سیتوپلاسم می‌گردد، می‌تواند به جداسازی Na^+ در واکوئل نیز کمک نماید و موجب تنظیم اسمزی گردد. به علاوه قندها می‌توانند به‌عنوان محافظ اسمزی غشاها و پروتئین‌ها عمل کرده و باعث جاروب کردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن شوند. افزایش میزان کربوهیدرات‌های محلول در شرایط تنش احتمالا به این دلیل است که قندها از سلول‌ها به‌وسیله تنظیم اسمزی و نگهداری تورژسانس و همچنین پایداری غشاها و پروتئین‌ها محافظت می‌کنند (بارتیلز و سانکار[4]، ۲۰۰۵). کاربرد پلی‌آمین‌های اسپرمین و اسپرمیدین در گیلاس‌های تحت تنش شوری باعث افزایش در میزان قندهای احیاء کننده، پرولین و آنتوسیانین شد (حسین[5] و همکاران، ۲۰۰۶).

آنزیم آسکوربات پراکسیداز

اثر ساده شوری و اسپرمیدین بر میزان آسکوربات‌پراکسیداز در دو رقم انگور و اثر متقابل شوری و رقم در سطح احتمال یک درصد طبق آزمون دانکن معنی‌دار گردیدند (جدول ۲). با افزایش غلظت شوری در محلول غذایی، میزان فعالیت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز در دو رقم در مقایسه با شاهد افزایش معنی‌داری از نظر آماری نشان داد به‌طوری که میزان افزایش فعالیت آنزیم در رقم بی‌دانه سفید در سطوح شوری ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار در مقایسه با شاهد به‌ترتیب ۲/۳۶ و ۲/۹۲ برابر و در رقم سیاه سردشت میزان افزایش فعالیت آنزیم در سطوح شوری ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار در مقایسه با شاهد به‌ترتیب ۱/۶۵ و ۱/۶۳ برابر گزارش گردید (شکل۹).

آنتی‌اکسیدان‌ها باعث جلوگیری از اکسیداسیون‌های مولکول‌های زیستی سلول‌ها مانند لیپیدها، پروتئین‌ها، DNA و کربوهیدرات‌ها می‌شوند. تولید آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در

1. Doulati Baneh
2. Ahmed
3. Torrigiani
4. Bartels and Sunkar
5. Hussein



شکل۹- مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری و رقم بر فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشد.

گیاهان به‌طور بسیار کارآمدی، اثرات مخرب گونه‌های فعال اکسیژن را برطرف می‌نماید (دامین‌گاس[1] و همکاران، ۲۰۱۵). آسکوربات‌پراکسیداز آنزیم دفاعی است که به‌طور عمده در کلروپلاست‌ها و تا حدودی در سیتوزول‌ها از پراکسید هیدروژن به‌عنوان سوبسترا برای کاهش آسیب اکسیداتیو استفاده می‌کند. در بررسی اثرگذاری شوری روی سیستم آنتی‌اکسیدانی چهار رقم انگور ایرانی گزارش شده که انگور رقم چاوگا با داشتن سیستم آنتی‌اکسیدانی کارآمدتر و حفظ غشاء یاخته‌ای بهتر شرایط تنش شوری را تحمل کرد (محمد خانی و همکاران، ۲۰۱۳b). کاربرد پلی‌آمین‌ها در گیاهان باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های اکسیدانی شده و سطح رادیکال‌های آزاد را کاهش داد. پلی‌آمین‌ها قادر به تغییر فعالیت‌های برخی از سیستم‌های آنزیمی و همچنین سطوح گونه‌های فعال اکسیژن شده و در نتیجه باعث کاهش شدت تنش‌های اکسیداتیو می‌شوند (چاتوپادایای[2] و همکاران، ۲۰۰۲). در گیلاس، کاربرد اسپرمین برون‌زاد باعث کاهش پراکسیداسیون لیپیدی، افزایش پلی فنل کل و افزایش آنزیم‌های آنتی اکسیدانی کاتالاز و آسکوربات‌پراکسیداز شده در نتیجه باعث کاهش اثرات منفی ناشی از تنش گردید (زنگ و همکاران، ۲۰۰۹). در زیتون‌های تحت تنش شوری، کاربرد پوترسین باعث افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز و نیز کاهش همزمان پراکسیدهیدروژن گردید (سوفو[3] و همکاران، ۲۰۰۸). در مرکبات، تیمار یک میلی‌مولار اسپرمین باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز گردید (شای[4] و همکاران، ۲۰۱۰).

نتیجه‌گیری کلی

صفات رویشی در هر دو رقم انگور تحت تأثیر شوری به شدت کـاهش یافـت. رقم بیدانه سفید در مقایسه با رقم سیاه سردشت در سطوح شوری ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار واکنش بهتری در مقابله با شوری در پارامترهایی مانند سطح برگ، وزن تر و خشک برگ، ارتفاع گیاه، شاخص کلروفیل، میزان قندهای محلول و فعالیت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز نشان داد. بیشترین تأثیر منفی شوری در شاخص‌های رویشی در سطح شوری ۸۰ میلی‌مولار مشاهده گردید. با افزایش غلظت شوری در محلول غذایی، میزان پرولین، قندهای محلول و فعالیت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز از یک روند صعودی برخوردار گردید. کاربرد اسپرمیدین به‌ویژه در غلظت‌های ۰/۵ و یک میلی‌مولار تأثیر مثبتی در افزایش سطح برگ، طول ریشه‌ها و محتوای نسبی آب برگ در هر دو رقم داشت. در پژوهش حاضر، رقم سفید بی‌دانه در مقایسه با رقم سیاه سردشت در تعدادی شاخص‌ها نسبت به شوری متحمل‌تر بوده و کاربرد اسپرمیدین توانست اثرات منفی ناشی از تنش شوری را در هر دو رقم انگور تعدیل نماید.

1. Domingos
2. Chattopadhayay
3. Sofo
4. Shi

منابع

جلیلی‌مرندی، ر. ۱۳۸۸. پرورش میوه‌های مناطق معتدله. چاپ اول. انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه، ۲۶۰ ص.

حبیبی، ق. ۱۳۹۴. کاهش صدمات تنش شوری در گیاه انگور رقم شاهی با استفاده از محلول‌پاشی ید. همایش بین‌المللی پژوهش‌های کاربردی در کشاورزی، تهران.

شهبازمحمدی، ح.، کیان‌مهر، ا.س. و مهدی‌زاده، ر. ۱۳۹۳. مطالعه فیلوژنتیکی باکتری سودوموناس پوتیدا تولیدکننده پرولین دهیدروژناز و آنالیز بیوانفورماتیکی آنزیم جداسازی شده. مجله پژوهش‌های سلولی و مولکولی، ۲۷(۲): ۲۸۵-۲۹۵.

عزیزی، ح.، حسنی، ع.، رسولی‌صدقیانی، م.ح.، عباسپور، ن. و دولتی‌بانه، ح. تأثیر محلول‌پاشی سیلیکات‌پتاسیم و سولفات روی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک دو رقم انگور در شرایط تنش شوری. مجله علوم باغبانی ایران، ۴۷(۴): ۷۹۷-۸۱۰.

مومن‌پور، ع.، ایمانی، ع.، بخشی، د. و رضایی، ح. ۱۳۹۳. ارزیابی تحمل به شوری در برخی از ژنوتیپ‌های بادام پیوند شده روی پایه GF677 بر اساس صفات مورفولوژیک و فلورسانس کلروفیل. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی، ۳(۱۰): ۹-۲۸.

مومنی، ع. ۱۳۸۹. پراکنش جغرافیایی و سطوح شوری منابع خاک ایران. نشریه پژوهش‌های خاک، ۲۴: ۲۰۳-۲۱۵.

مینازاده، ر. ، کریمی، ر. و محمدپرست، ب. ۱۳۹۷. اثر تغذیهٔ برگی سولفات‌پتاسیم بر شاخص‌های مورفوفیزیولوژیک انگور در شرایط تنش شوری. زیست‌شناسی گیاهی ایران، ۱۰(۳۷): ۸۳-۱۰۶.

Ahmed, F.F., Abdel Aal, A.M.K., Aly, M.A. and Ahmed, S.E., 2015. Tolerance of some grapevine cultivars to salinity and calcium carbonate in the soil. Stem Cell, 6: 45-64.

Anser, A., Shahzad, M.A.B., Hussain, S., Iqbal, J., Ahmad, M., BuKhsh, H.A. and Sarwar, M. 2012. Salt stress alleviation in field crops through nutritional supplementation of silicon. Pakistan Journal of Nutrition, 11: 637-655.

Ayad, H.S., Yousf, A.R.M. and Moursi, A.E., 2011. Improving fruit and oil quality of picual olive through exogenous application of putrescine and stigmasterol. New York Science Journal, 4(9), pp.40-45.

Baneh, H.D., Attari, H., Hassani, A. and Abdollahi, R., 2013. Salinity effects on the physiological parameters and oxidative enzymatic activities of four Iranian grapevines (Vitis vinifera L.) cultivar. International Journal of Agriculture and Crop Sciences (IJACS), 5(9): 1022-1027.

Bartels, D. and Sunkar, R. 2005. Drought and salt tolerance in plants. Critical reviews in plant sciences, 24(1): 23-58.

Basra, A.S. and Basra, R.K. 1997. Mechanisms of environmental stress resistance in plants. Routledge.

Chattopadhayay, M.K., Tiwari, B.S., Chattopadhyay, G., Bose, A., Sengupta, D.N. and Ghosh, B. 2002. Protective role of exogenous polyamines on salinity-stressed rice (*Oryza sativa*) plants. Physiologia Plantarum, 116(2): 192-199.

Chelli-Chaabouni, A., Mosbah, A.B., Maalej, M., Gargouri, K., Gargouri-Bouzid, R. and Drira, N. 2010. In vitro salinity tolerance of two pistachio rootstocks: *Pistacia vera* L. and *P. atlantica* Desf. Environmental and Experimental Botany, 69(3): 302-312.

Chutipaijit, S., Cha-um, S. and Sompornpailin, K., 2011. High contents of proline and anthocyanin increase protective response to salinity in'Oryza sativa'L. spp.'indica'. Australian Journal of Crop Science, 5(10) :1191-1198.

Cramer, G.R., Ergül, A., Grimplet, J., Tillett, R.L., Tattersall, E.A., Bohlman, M.C., Vincent, D., Sonderegger, J., Evans, J., Osborne, C. and Quilici, D. 2007. Water and salinity stress in grapevines: early and late changes in transcript and metabolite profiles. Functional & integrative genomics, 7: 111-134.

Domingos, P., Prado, A.M., Wong, A., Gehring, C. and Feijo, J.A. 2015. Nitric oxide: a multitasked signaling gas in plants. Molecular plant, 8(4): 506-520.

Ekinci, M., Yildirim, E., Dursun, A. and Mohamedsrajaden, N., 2019. Putrescine, spermine and spermidine mitigated the salt stress damage on Pepper (*Capsicum annum* L.) seedling. Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences, 29(2): 290-299.

Fisarakis, I., Chartzoulakis, K. and Stavrakas, D. 2001. Response of Sultana vines (*V.vinifera* L.) on six rootstocks to NaCl salinity exposure and recovery. Agricultural water management, 51(1): 13-27.

Fozouni, M., Abbaspour, N. and Baneh, H.D. 2012. Short term response of grapevine grown hydroponically to salinity: Mineral composition and growth parameters. Vitis, 51(3): 95-101.

Gengmao, Z., Yu, H., Xing, S., Shihui, L., Quanmei, S. and Changhai, W. 2015. Salinity stress increases secondary metabolites and enzyme activity in safflower. Industrial crops and products, 64: 175-181.

Gratan, S.R. and Grieve, C.M. 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticulrural crops. Scientia Horticulturae, 78: 127-157.

Hamdani, S., Gauthier, A., Msilini, N. and Carpentier, R. 2011. Positive charges of polyamines protect PSII in isolated thylakoid membranes during photoinhibitory conditions. Plant and cell physiology, 52(5): 866-873.

Hussein, M.M., Nadia, E.L., Gereadly, H.M. and El-Desuki, M. 2006. Role of putrescine in resistance to salinity of pea plants (*Pisum sativum* L.). Journal of Applied Sciences Research, 2(9): 598-604.

Irigoyen, J.J., Einerich, D.W. and Sánchez-Díaz, M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. Physiologia plantarum, 84(1): 55-60.

Kaur-Sawhney, R., Tiburcio, A.F., Altabella, T. and Galston, A.W. 2003. Polyamines in plants: an overview. Journal of Cell and Molecular Biology, 2: 1-12.

Kaya, M.D., Okçu, G., Atak, M., Cıkılı, Y. and Kolsarıcı, Ö. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). European journal of agronomy, 24(4): 291-295.

Khan, A., Khan, A.L., Muneer, S., Kim, Y.H., Al-Rawahi, A. and Al-Harrasi, A. 2019. Silicon and salinity: Crosstalk in crop-mediated stress tolerance mechanisms. Frontiers in plant science, 10, p.1429.

Kumar, V., Khare, T., Shaikh, S. and Wani, S.H. 2018. Compatible solutes and abiotic stress tolerance in plants. Metabolic adaptations in plants during abiotic stress, 3: 213-220.

Kusano, T., Berberich, T., Tateda, C. and Takahashi, Y. 2008. Polyamines: essential factors for growth and survival. Planta, 228: 367-381.

Łuczak, K., Czerniawska-Kusza, I., Rosik-Dulewska, C. and Kusza, G. 2021. Effect of NaCl road salt on the ionic composition of soils and *Aesculus hippocastanum* L. foliage and leaf damage intensity. Scientific Reports, 11(1): 5309.

Mahouachi, J. 2018. Long-term salt stress influence on vegetative growth and foliar nutrient changes in mango (*Mangifera indica* L.) seedlings. Scientia Horticulturae, 234: 95-100.

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

Misra, N. and Saxena, P. 2009. Effect of salicylic acid on proline metabolism in lentil grown under salinity stress. Plant Science, 177(3): 181-189.

Mohammadkhani, N., Heidari, R. and Abbaspour, N. 2013b. Effects of salinity on antioxidant system in four grape (*Vitis vinifera* L.) genotypes. Vitis, 52(3):105-110.

Mohammadkhani, N., Heidari, R., Abbaspour, N. and Rahmani, F. 2013. Comparative study of salinity effects on ionic balance and compatible solutes in nine Iranian table grape (*Vitis vinifera* L.) genotypes. Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin, 47(2): 99-114.

Movahed, N., Eshghi, S., Tafazoli, E. and Jamali, B. 2010. Effects of Polyamines on Vegetative Characteristics, Growth, Flowering and Yield of Strawberry ('Paros' and 'selva'). In XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on 926 (pp. 287-293).

Muchate, N.S., Nikalje, G.C., Rajurkar, N.S., Suprasanna, P. and Nikam, T.D. 2016. Plant salt stress: adaptive responses, tolerance mechanism and bioengineering for salt tolerance. The Botanical Review, 82: 371-406.

Nakano, Y. and Asada, K. 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. Plant and cell physiology, 22(5): 867-880.

Paquin, R. and Lechasseur, P. 1979. Observations sur une méthode de dosage de la proline libre dans les extraits de plantes. Canadian Journal of Botany, 57(18): 1851-1854.

Parida, A.K. and Das, A.B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicology and environmental safety, 60(3): 324-349.

Rehman, S., Abbas, G., Shahid, M., Saqib, M., Farooq, A.B.U., Hussain, M., Murtaza, B., Amjad, M., Naeem, M.A. and Farooq, A. 2019. Effect of salinity on cadmium tolerance, ionic homeostasis and oxidative stress responses in conocarpus exposed to cadmium stress: Implications for phytoremediation. Ecotoxicology and Environmental Safety, 171: 146-153.

Sarabi, B., Bolandnazar, S., Ghaderi, N. and Ghashghaie, J. 2017. Genotypic differences in physiological and biochemical responses to salinity stress in melon (*Cucumis melo* L.) plants: Prospects for selection of salt tolerant landraces. Plant Physiology and Biochemistry, 119: 294-311.

Sarker, U. and Oba, S. 2020. The response of salinity stress-induced A. tricolor to growth, anatomy, physiology, non-enzymatic and enzymatic antioxidants. Frontiers in Plant Science, 11: 559876.

Shi, J., Fu, X.Z., Peng, T., Huang, X.S., Fan, Q.J. and Liu, J.H. 2010. Spermine pretreatment confers dehydration tolerance of citrus *in vitro* plants via modulation of antioxidative capacity and stomatal response. Tree Physiology, 30(7): 914-922.

Sivritepe, N., Sivritepe, H.O., Celik, H. and Katkat, A.V. 2010. Salinity responses of grafted grapevines: Effects of scion and rootstock genotypes. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 38(3): 193-201.

Sofo, A., Manfreda, S., Fiorentino, M., Dichio, B. and Xiloyannis, C. 2008. The olive tree: a paradigm for drought tolerance in Mediterranean climates. Hydrology and Earth System Sciences, 12(1): 293-301.

Sun, Y., Niu, G., Wallace, R., Masabni, J. and Gu, M. 2015. Relative salt tolerance of seven strawberry cultivars. Horticulturae, 1(1): 27-43.

Tang, W. and Newton, R.J. 2005. Polyamines reduce salt-induced oxidative damage by increasing the activities of antioxidant enzymes and decreasing lipid peroxidation in Virginia pine. Plant Growth Regulation, 46: 31-43.

Tanou, G., Molassiotis, A. and Diamantidis, G. 2009. Induction of reactive oxygen species and necrotic death-like destruction in strawberry leaves by salinity. Environmental and experimental botany, 65(2-3): 270-281.

Torrigiani, P., Bressanin, D., Beatriz Ruiz, K., Tadiello, A., Trainotti, L., Bonghi, C., Ziosi, V. and Costa, G. 2012. Spermidine application to young developing peach fruits leads to a slowing down of ripening by impairing ripening-related ethylene and auxin metabolism and signaling. Physiologia Plantarum, 146(1): 86-98.

Turner, N.C., 1981. Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. Plant and soil, 58(1-3): 339-366.

Valero, D., Martínez-Romero, D. and Serrano, M. 2002. The role of polyamines in the improvement of the shelf life of fruit. Trends in Food Science and Technology, 13(6-7): 228-234.

Verbruggen, N. and Hermans, C. 2008. Proline accumulation in plants: a review. Amino acids, 35: 753-759.

Zhang, H., Irving, L.J., McGill, C., Matthew, C., Zhou, D. and Kemp, P. 2010. The effects of salinity and osmotic stress on barley germination rate: sodium as an osmotic regulator. Annals of Botany, 106(6):1027-1035.

Zhang, W., Jiang, B., Li, W., Song, H., Yu, Y. and Chen, J. 2009. Polyamines enhance chilling tolerance of cucumber (*Cucumis sativus* L.) through modulating antioxidative system. Scientia Horticulturae, 122(2): 200-208.

Zhao, H. and Yang, H. 2008. Exogenous polyamines alleviate the lipid peroxidation induced by cadmium chloride stress in Malus hupehensis Rehd. Scientia horticulturae, 116(4): 442-447.

Zhao, M.G., Tian, Q.Y. and Zhang, W.H. 2007. Nitric oxide synthase-dependent nitric oxide production is associated with salt tolerance in Arabidopsis. Plant physiology, 144(1): 206-217.