برهمکنش شوری و جیبرلین بر ریزش برگ، ماده خشک، فعالیت آنزیم‌های آنتی-اکسیدان و محتوای عناصر در گواوا (*Psidium guajava* L.)

زهرا پشنگه[۱]، منصوره شمیلی[۱]، فرزین عبدالهی[۱] و مصطفی قاسمی[۲]

[۱] **ایران، بندرعباس، دانشگاه هرمزگان، گروه باغبانی**

[۲] **ایران، قزوین، مرکز تحقیقات کشاورزی قزوین**

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۹/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۶/۴

چکیده

میوه گواوا منبع بسیار غنی از ویتامین ث، با امکان دوبار میوه‌دهی در سال و عملکرد بالا، درآمد قابل‌توجهی را برای تولید-کنندگان به ارمغان می‌آورد. اما ازآنجا که عمده مناطق گرمسیر کشور با معضل شوری آب مواجه هستند، کشت این گیاه در مناطق مذکور می‌تواند عملکرد و کیفیت محصول را تحت تاثیر قرار دهد. از طرفی محلول‌پاشی گیاهان با جیبرلیک‌اسید، در بهبود خسارت وارده از تنش شوری موثر بوده است. لذا در این تحقیق میزان ریزش برگ، ماده خشک، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و محتوای عناصر در نهال‌های بذری گواوا، تحت تاثیر سطوح مختلف کلریدسدیم (۱/۷، ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر) و جیبرلیک-اسید (۰، ۲۵۰ و ۵۰۰ پی‌پی‌ام) مورد مطالعه قرار گرفت. بنا به نتایج با افزایش سطوح شوری از ۳ تا ۶ دسی‌زیمنس بر متر، بر میزان کلر و نسبت کلسیم به مجموع سدیم و پتاسیم، نسبت سدیم به پتاسیم، نسبت کلسیم به منیزیم و نسبت سدیم به کلسیم در برگ و ریشه افزوده و از تعداد برگ و ماده خشک کاسته شد. همچنین شوری باعث کاهش در میزان فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز و افزایش در فعالیت کاتالاز گردید. بیشترین میزان سدیم و کمترین میزان پتاسیم در تیمار شوری ۶ دسی-زیمنس بر متر مشاهده شد. محلول‌پاشی شاخساره با جیبرلیک‌اسید (۵۰۰ پی‌پی‌ام) تحت تنش شوری، با افزایش میزان پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم، توزیع بهتر کلسیم و کاهش ریزش برگ همراه بود و به عنوان راهکاری موثر در تخفیف خسارت وارده از تنش شوری بر نهال گواوا معرفی می‌گردد.

واژه های کلیدی: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، پتاسیم، ریزش برگ، سدیم، شوری

* نویسنده مسئول، تلفن: دکتر منصوره شمیلی ۰۷۶۳۳۷۱۱۰۰۳ ، پست الکترونیکی: shamili@ut.ac.ir

مقدمه

آب شور در خاک و محیط اطراف ریشه، با تغییر نسبت یون‌های غیرضروری به ضروری، گیاه را ناگزیر به دریافت عناصر مورد نیاز خود از محیطی سرشار از عناصر غیر-ضروری و گاهی سمی، می‌کند. اگر چه گونه‌های مختلف گیاهان، واکنش‌های متفاوتی به شرایط مذکور نشان می-دهند، ولی از آثار مشترک شوری می‌توان به کاهش جذب آب توسط گیاه، سمیت یون‌ها، نسبت زیاد سدیم به پتاسیم، سدیم به کلسیم، کلسیم به منیزیم، برهم‌خوردن تعادل غذایی، اختلال در متابولیسم سلول از طریق خسارت بر اکسیداسیون لیپیدها، پروتئین‌ها و نوکلئیک‌اسیدها و سرانجام کاهش رشد اشاره کرد (۴۷، ۵۵).

گواوا (*Psidium guajava* L.)، سیب مناطق گرمسیر، مهم-ترین گونه زیر کشت تیره موردسانان (Myrtaceae) و بومی مناطق گرمسیری آمریکا است که از گذشته‌های بسیار دور از مکزیک تا پرو کشت‌وکار می‌شده‌است (۵۹). کشت‌وکار این درخت میوه در استان‌های هرمزگان و

سیستان‌وبلوچستان از قدمت زیادی برخوردار است و در میان مردم بومی این مناطق، میوه آن با نام "زیتون محلی" شناخته می‌شود. بر اساس آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، از حدود ۲/۶۸ میلیون هکتار سطح باغ‌های کشور (اعم از بارور و غیربارور)، حدود ۱۴ هزار هکتار، معادل ۰/۵ ٪ به میوه‌های گرمسیری اختصاص داشته که از این مقدار، گواوا ۸ درصد از کل سطح باغ‌های گرمسیری را شامل شده‌است. سطح زیر کشت گواوا در استان هرمزگان، بر اساس همین آمار، معادل ۱۷۴ هکتار و عملکرد آن ۴/۸۳ تن بوده‌است (۱). میوه گواوا منبع بسیار غنی از ویتامین‌ث (دو برابر مرکبات)، فیبر خوراکی، ویتامین A، پکتین و دارای مقادیر قابل‌توجهی از کلسیم و فسفر بوده و همچنین بذرهای آن غنی از آهن می‌باشد (۵۹).

این گیاه به دامنه وسیعی از بافت خاک سازگار است، در خاک‌های غیرحاصلخیز و کم‌عمق رشد کرده و خشکی را نیز تحمل می‌کند، اما نمو آن به شدت تحت تاثیر شوری قرار می‌گیرد (۱۷). بنا به گزارش والکر و همکاران (۱۹۷۹) شوری به میزان ۳۰ تا ۵۰ میلی‌مولار (کلریدسدیم) در محیط ریشه سبب آسیب به درختان گواوا می‌شوند. در گزارشی دیگر نهال‌های گواوا که با آب شور (هدایت الکتریکی بیشتر از ۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر) آبیاری شده بودند، از بین رفتند (۵۸). حتی نهال‌های آبیاری شده با آب نسبتا شور (هدایت الکتریکی نزدیک به ۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر)، کیفیت مناسبی برای کاشت نداشتند (۱۸). گزارش شده که کلریدسدیم اثرات زیان‌آور بیشتری نسبت به کلریدکلسیم و سولفات‌سدیم بر رشد این گیاه دارد (۳۵) و نهال‌های یکساله از مرحله جوانه‌زنی تا استقرار بیشترین خسارت را از این تنش متحمل شدند (۲۸ و ۴۳) که در نهایت این موضوع منجر به کاهش کلروفیل و فتوسنتز خالص شد (۱۳).

در مناطق شور، بمنظور مدیریت تولید بهینه گیاهان و در راستای بهبود خسارت وارده از تنش، راهکارهایی نظیر تغذیه با سیلیسیوم (۳۶)، محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها (۴۱)، سالیسیلیک‌اسید (۵۱)، آسکوربیک‌اسید (۲۱) و جیبرلیک-اسید (۳۱) به طور موثری مورد استفاده قرار گرفته‌است.

میوه گواوا از محصولات اقتصادی در مناطق گرمسیر کشور می‌باشد که با امکان دوبار گلدهی و میوه‌دهی در سال و عملکرد بالا، درآمد قابل‌توجهی را برای تولیدکنندگان به ارمغان می‌آورد. در چند سال اخیر این میوه نه تنها در بازار داخلی میوه (بالاخص در مناطق جنوب و جنوب‌شرق کشور) جهت مصرف تازه‌خوری، بلکه در صنایع تبدیلی (جهت تهیه آب‌میوه، کنسانتره، ژله، مربا و کمپوت) جای خود را باز کرده‌است. ضمن آنکه این گیاه، در باغات انبه که به دلیل خشکی از بین رفته‌اند، به عنوان گیاه جایگزین کشت‌وکار می‌شود. اما از آنجا که عمده مناطق گرمسیر کشور با معضل شوری آبی مواجه هستند، کشت این گیاه در مناطق مذکور می‌تواند عملکرد و کیفیت این محصول را تحت‌تاثیر قرار دهد. لذا تحقیقاتی بمنظور بررسی اثر تنش-های محیطی بر خصوصیات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی نهال‌های گواوا ضروری می‌باشد. از آنجا که گزارشی از کاربرد جیبرلیک‌اسید جهت افزایش تحمل به تنش شوری در این گیاه موجود نیست، ارزیابی درصد ریزش برگ، محتوای ماده خشک، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و میزان عناصر نهال گواوا در شرایط تنش شوری آب و تاثیر هورمون‌پاشی با جیبرلیک‌اسید بر آن، مساله اصلی مورد توجه در این تحقیق می‌باشد.

مواد و روشها

آماده سازی مواد گیاهی و اجرای آزمایش: بمنظور بررسی اثر متقابل شوری کلریدسدیم و هورمون جیبرلیک-اسید بر میزان ریزش برگ، ماده خشک، میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و محتوای عناصر در برگ و ریشه نهال‌های گواوا، این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملا تصادفی اجرا و نهال‌ها در نهالستان باغو واقع در شهرستان بندرعباس مستقر شدند. تیمارهای

آزمایش شامل شوری با نمک کلریدسدیم (۱/۷، ۳، ۶ دسی‌زیمنس بر متر) و جیبرلیک‌اسید (۰، ۲۵۰ و ۵۰۰ پی-پی‌ام) بودند (کلریدسدیم و جیبرلیک‌اسید مورد استفاده محصول شرکت مرک بودند).

نهال‌های یکساله بذری گواوا با ارتفاع تقریبا یکسان (حدود ۷۵ سانتی‌متر) از نهالستانی واقع در شهرستان رودان تهیه و به نهالستان منتقل شد. دو هفته بعد از استقرار گلدان‌ها (از نوع پلاستیکی به ارتفاع ۱۹/۵، قطر پائینی ۱۷ و قطر بالائی ۲۳ سانتی‌متر) در محل جدید، قبل از آماده‌سازی و پرکردن گلدان‌ها با خاک جدید، ۳ نمونه خاک جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و توصیه کودی، تهیه گردید. نتایج آزمون خاک در جدول ۱ آورده شده است. همزمان با آماده کردن خاک گلدان‌ها (۵ کیلوگرم خاک در هر گلدان)، مقادیر ۰/۱۱۳ گرم در گلدان نیتروژن (به صورت اوره)، ۰/۱۱۳گرم در گلدان پتاسیم (به صورت سولفات‌پتاسیم) و ۰/۱۱۰ گرم در گلدان فسفر (به صورت سوپرفسفات) با مخلوط خاکی ترکیب گردید. سپس نهال‌ها درون گلدان‌های ۵ لیتری بدون زهکش (بمنظور ممانعت از آبشویی نمک‌های اعمال شده در تیمار شوری)، در شرایط نیمه سایه، رطوبت ۷۰ درصد و دمای ۲۴+ ۱ درجه سانتی-گراد قرار داده شدند.

جدول ۱- ترکیب خاک مورد استفاده به عنوان بستر کشت

بافت	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	هدایت الکتریکی عصاره اشباع	pH گِل اشباع
لومی	39.67±0.58	416±38.33	22±3.61	0.93±0.25	8.4±0.2

آهک (درصد)	نیتروژن (ppm)	پتاسیم (ppm)	فسفر (ppm)	درصد اشباعیت	کربن آلی
28.33±3.51	0.01±0.00	112.33±2.52	1.73±0.31	40.33±1.53	0.1±0.05

چهار هفته پس از استقرار نهال‌ها، اولین تیمار با جیبرلیک-اسید به واحدهای آزمایشی (مطابق با غلظت مورد نظر در طرح) اعمال شد. بدین منظور جیبرلیک‌اسید در اتانول حل شده و با آب مقطر به حجم مورد نظر رسانده شد. محلول جیبرلیک‌اسید به هر دو سطح روئی و زیرین برگ‌ها اسپری شد. تنش شوری از هفته پنجم تا پایان هفته دوازدهم، از طریق آب آبیاری اعمال شد (۱۳). دومین مرحله تیمار هورمونی، بمنظور حصول اطمینان از محلول‌پاشی یکنواخت در کلیه واحدهای آزمایشی، در هفته ششم بعد از استقرار نهال‌ها (یعنی یک هفته بعد از شروع تنش) انجام شد (۷). بمنظور جلوگیری از بروز تنش ناگهانی، تیمار شوری به صورت تدریجی اعمال گردید، بدین‌صورت که با غلظت ۲ دسی‌زیمنس بر متر شروع و در هفته‌های بعد به غلظت نهایی رسید. تا پایان هفته دوازدهم تیمارهای ذکر شده همراه با آب آبیاری اعمال شدند و پس از آن به مدت ۴ هفته آبیاری کلیه گلدان‌ها با آب شهری صورت گرفت.

ارزیابی عناصر در برگ و ریشه نهال‌ها: شانزده هفته بعد از استقرار نهال‌ها (۱۲ هفته بعد از شروع تنش شوری)، نمونه‌های ۵۰ گرمی از برگ و ریشه را به طور جداگانه درون پاکت‌های کاغذی قرار داده به مدت۷۲ ساعت در آون (۸۵ درجه سانتی‌گراد) خشک شدند، سپس با استفاده از یک دستگاه آسیاب برقی پودر شدند. نمونه‌های خشک جهت سنجش بعدی کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم و کلر استفاده شد (۲ و ۸).

اندازه‌گیری کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم: بدین‌منظور ۲ گرم نمونه پودر خشک توزین و در کوره (۸ ساعت دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد) قرار داده شد. بعد از خنک شدن، آن را با کمی آب مرطوب کرده و با شیشه ساعت پوشانده شد. سپس به آرامی مقدار ۱۰ میلی‌لیتر اسیدهیدروکلریک ۲ مولار اضافه گردید. پس از آن، ظروف حاوی نمونه‌ها حرارت (۸۰ درجه سانتی‌گراد) داده شد. محتویات ظرف از

کاغذ صافی ریز عبور داده و کاغذصافی چندین بار با آب مقطر شستشو داده شد و در نهایت با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد (۲). این عصاره جهت سنجش بعدی کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم مورد استفاده قرار گرفت.

جهت سنجش همزمان کلسیم و منیزیم، ۵ سی‌سی از عصاره مذکور با آب مقطر به ۱۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. به هر نمونه ۲ میلی‌لیتر بافر آمونیاکی و چند قطره معرف اریوکروم‌بلاک‌تی اضافه گردید و به آرامی با EDTA تیتر شد تا رنگ محلول از آبی به قرمز تبدیل گردید (۸). میزان کلسیم به‌علاوه منیزیم از رابطه ۱ محاسبه گردید:

$$Ca+Mg\ (meq/lit) = ((EDTA\ ml \times EDTA\ N)/(\text{حجم عصاره})) \times 1000 \quad (1)$$

که در آن Ca+Mg جمع دو عنصر کلسیم و منیزیم، EDTA ml حجم EDTA مصرفی برای تیترکردن و EDTA N نرمالیته EDTA بود.

جهت سنجش کلسیم، ۵ سی‌سی از عصاره با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس به ازاء هر ۵ میلی‌لیتر از محلول، یک قطره سود ۴ نرمال اضافه گردید و بهم زده شد. بعد از آن به ازاء هر ۵ میلی‌لیتر از محلول، ۱۰ میلی‌گرم معرف موروکساید به آن افزوده شد و با EDTA تیتر گردید تا رنگ محلول از صورتی به ارغوانی تبدیل شد (۸). میزان کلسیم از رابطه ۲ بدست آمد:

$$Ca\ (meq/lit) = ((EDTA\ ml) \times (N\ EDTA) / (\text{حجم عصاره})) \times 1000 \quad (2)$$

که در آن EDTA ml حجم EDTA مصرفی برای تیترکردن و EDTA N نرمالیته EDTA بود.

از تفاوت دو عدد بدست آمده از رابطه یک (میزان کلسیم و منیزیم توام) و رابطه دو(میزان کلسیم به تنهایی)، میزان منیزیم محاسبه گردید.

همچنین محتوای سدیم و پتاسیم عصاره با دستگاه فلیم-فتومتر (JENWAY PFP-7)، اندازه‌گیری شدند.

در نهایت جهت اندازه‌گیری کلر، ۰/۵ گرم از نمونه خشک (تهیه شده در بخش ۲-۲)، با ۰/۱۲ گرم اکسیدکلسیم و آب مقطر مخلوط، سپس در کوره‌الکتریکی (دمای ۵۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت) قرار داده شد تا خاکستر شود. بعد از بیرون آوردن از کوره ۱۵ میلی‌لیتر آب مقطر جوش به آن اضافه، از کاغذ صافی واتمن (شماره ۴۲) گذرانیده و با آب مقطر جوش حجم آن به ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. بعد از آن pH محلول با اسیداستیک رقیق (۳۳ میلی‌لیتر اسیداستیک در ۶۷ میلی‌لیترآب مقطر) به ۷ رسانده شد. بعد از آن چند قطره کرومات‌پتاسیم ۵ درصد (۵ گرم کرومات‌پتاسیم در ۸۵ میلی‌لیتر آب مقطر حل شده و پس از گذرانیدن از کاغذصافی، با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد) به آن افزوده و در نهایت با نیترات-نقره ۰/۰۵ نرمال (۸/۴۹۳ گرم نیترات‌نقره با آب مقطر به حجم یک لیتر رسانده شد) عمل تیتر کردن انجام شد. تیتر کردن تا زمانی ادامه یافت که رنگ عصاره به قرمز آجری تغییر پیدا کرد سپس میزان نیترات‌نقره مصرفی یاداشت شد. برای نمونه شاهد یک میلی‌لیتر کرومات‌پتاسیم که در ۴۹ میلی‌لیتر آب مقطر حل شده بود با نیترات‌نقره تیتر و عدد مربوطه یاداشت شد. اختلاف بین نیترات‌نقره مصرفی برای تیتر کردن نمونه شاهد و نیترات‌نقره مصرفی برای تیتر کردن نمونه‌های تیمار یاداشت و میزان کلر از رابطه ۳ محاسبه شد (۲، ۲۰).

$$\%Cl=\frac{(ml\ AgNO3-ml\ blank)\times N\ AgNO3\times 35.5\times 100)}{g\ sample\times 1000} \quad (3)$$

که در آن ml $AgNO_3$: حجم نیترات‌نقره مصرفی، ml blank حجم نیترات‌نقره مصرفی برای نمونه شاهد، N

$AgNO_3$: نرمالیته نیترات‌نقره، g sample: وزن نمونه بر حسب گرم است.

درصد ریزش برگ: تعداد اولیه برگ‌ها در ابتدا و انتهای آزمایش ثبت و تفاضل تعداد، به عنوان میزان ریزش برگ ثبت و بر حسب درصد محاسبه شد.

ماده خشک (برگ و ریشه): در انتهای آزمایش، نمونه‌های برگ و ریشه جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شد. کلیه نمونه‌ها، به طور جداگانه، تمیز و وزن تر آن‌ها ثبت شد. در پاکت‌های کاغذی قرار گرفته و در آون (مدل Memmert ساخت کارخانه Karl Klob آلمان) در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک (نمونه برگ ۴۸ ساعت، نمونه ریشه ۹۶ ساعت) شدند و پس از آن وزن خشک آن‌ها ثبت و درصد ماده خشک از رابطه ۴ محاسبه شد (۶۱).

(۴) ماده خشک = ((وزن تر- وزن خشک)/وزن تر)×۱۰۰

تهیه عصاره آنزیمی جهت سنجش آنزیم‌های آنتی-اکسیدان: پس از پودر کردن ۰/۵ گرم برگ تازه در ازت مایع و افزودن یک سی‌سی بافر استخراج حاوی ۱۰۰ سی-سی بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار، ۰/۰۳۷۲ گرم EDTA و یک گرم PVP، ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ (۱۲۰۰۰ دور در دقیقه) انجام شد. از روشناور جهت ارزیابی بعدی فعالیت کاتالاز، پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز استفاده گردید (۲۳).

ارزیابی فعالیت آنزیم کاتالاز: بدین منظور ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی با یک میلی‌لیتر محلول واکنش کاتالاز حاوی بافر فسفات‌پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار با pH برابر ۷ و پراکسیدهیدروژن ۱۵ میلی‌مولار مخلوط و جذب آن در طول‌موج ۲۴۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر (Cecil CE2501) قرائت گردید. ضریب‌خاموشی آنزیم معادل ۳۹/۴mM-1Cm-1 می‌باشد (۲۳).

ارزیابی فعالیت آنزیم پراکسیداز: بدین‌منظور ۳۳ میکرولیتر عصاره آنزیمی با یک میلی‌لیتر محلول واکنش پراکسیداز حاوی ۱۳ میلی‌مول گوایکول و ۵ میلی‌مول پراکسیدهیدروژن و ۵۰ میلی‌مول بافر فسفات‌پتاسیم با pH برابر ۷ مخلوط و جذب آن در طول‌موج ۴۷۰ نانومتر قرائت گردید. ضریب‌خاموشی آنزیم معادل-mM-1Cm ۲۶/۶۱ می‌باشد (۱۹).

ارزیابی فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز: بدین منظور ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی با یک میلی‌لیتر محلول واکنش پیروگالول حاوی ۲/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات‌پتاسیم ۵۰ میلی-مولار و ۲۰۰ میکرولیتر پیروگالول ۰/۰۲ مولار مخلوط و جذب آن در طول‌موج ۴۲۰ نانومتر قرائت گردید. ضریب-خاموشی آنزیم ۲۶/۴۰mM-1Cm-1 می‌باشد (۳۳).

تجزیه و تحلیل داده‌ها: داده‌های تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح بلوک‌های کاملا تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار MSTATC مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. میانگین داده‌ها با آزمون دانکن مقایسه گردید. ترسیم نمودارها با برنامه Excel 2013 انجام شد.

نتایج

سدیم برگ و ریشه: با افزایش شوری بر میزان سدیم برگ افزوده و از میزان آن در ریشه کاسته شد. بیشترین میزان سدیم برگ (۲/۰۴ میلی‌گرم در گرم) در نمک ۶ دسی-زیمنس بر متر بهمراه جیبرلین ۲۵۰ پی‌پی‌ام و در ریشه (۰/۷۸ میلی‌گرم در گرم) در شوری۱/۷ دسی‌زیمنس بر متر و جیبرلیک‌اسید ۵۰۰ پی‌پی‌ام مشاهده شد (جداول ۲ و ۳). کمترین مقدار سدیم در برگ و ریشه (بترتیب۰/۳۷ و ۰/۲۵ میلی‌گرم در گرم) مربوط به شوری ۱/۷ دسی‌زیمنس بر متر و جیبرلین ۲۵۰ پی‌پی‌ام بود (جدول ۳).

پتاسیم برگ و ریشه: میزان پتاسیم در برگ و ریشه با افزایش شوری کاهش یافت. بیشترین پتاسیم برگ و ریشه (بترتیب ۱/۴۸ و ۰/۴ میلی‌گرم در گرم) بترتیب در دو تیمار جیبرلین ۲۵۰ پی‌پی‌ام و تیمار شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر بود. کمترین پتاسیم برگ و ریشه در تیمار شوری ۱/۷ دسی‌زیمنس بر متر همراه با جیبرلین ۲۵۰ پی‌پی‌ام و تیمار

شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده گردید (جداول ۲ و۳).

کلسیم برگ و ریشه: کلسیم برگ و ریشه گواوا با افزایش شوری کاهش و با افزایش میزان جیبرلین در برگ ثابت و در ریشه افزایش یافت. بیشترین میزان کلسیم برگ و ریشه (بترتیب ۱/۷۹ و ۱/۵۲ میلی‌گرم در گرم) در تیمار شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر با جیبرلین ۵۰۰ پی‌پی‌ام و شوری صفر با جیبرلین ۵۰۰ پی‌پی‌ام مشاهده گردید. کمترین کلسیم برگ و ریشه (بترتیب ۱/۰۱ و ۰/۱ میلی‌گرم در گرم) در تیمار شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر با جیبرلین ۲۵۰ پی‌پی‌ام و شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر با جیبرلین ۲۵۰ پی‌پی‌ام بود (جداول ۲ و ۳).

منیزیم برگ و ریشه: با افزایش شوری میزان منیزیم در برگ افزایش و در ریشه کاهش یافت. بیشترین و کمترین منیزیم در برگ ۹/۸۰ و ۰/۳۶ میلی‌گرم در گرم و در ریشه ۰/۶۹ و ۰/۰۶ میلی‌گرم در گرم بود (جداول ۲ و ۳).

جدول۲- مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و جیبرلیک‌اسیدبر عناصر موجود در برگ

		Cl	Mg	Ca	K	Na
کلرید سدیم ۱/۷ دسی‌زیمنس بر متر	جیبرلیک‌اسید ۰، پی‌پی‌ام	0.91 F	0.66C	1.66B	1.15C	0.4G
	جیبرلیک‌اسید ۲۵۰ پی‌پی‌ام	0.90 F	0.39G	1.39D	1.48A	0.41G
	جیبرلیک‌اسید ۵۰۰ پی‌پی‌ام	0.91 F	0.60D	1.39D	1.31B	0.37H
کلرید سدیم ۳ دسی‌زیمنس بر متر	جیبرلیک‌اسید ۰، پی‌پی‌ام	4.07E	0.36H	1.13E	0.88D	1.06D
	جیبرلیک‌اسید ۲۵۰ پی‌پی‌ام	4.05E	0.46F	1.01G	0.82E	0.98E
	جیبرلیک‌اسید ۵۰۰ پی‌پی‌ام	5.42C	0.38GH	1.13E	0.61H	0.95F
کلرید سدیم ۶ دسی‌زیمنس بر متر	جیبرلیک‌اسید ۰، پی‌پی‌ام	5.45B	0.50E	1.06F	0.00I	1.10 C
	جیبرلیک‌اسید ۲۵۰ پی‌پی‌ام	4.98D	1.68B	1.63C	0.68F	1.66B
	جیبرلیک‌اسید ۵۰۰ پی‌پی‌ام	6.32A	9.80A	1.79A	0.65G	2.04A

اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد هستند

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و جیبرلیک‌اسید بر عناصر موجود در ریشه

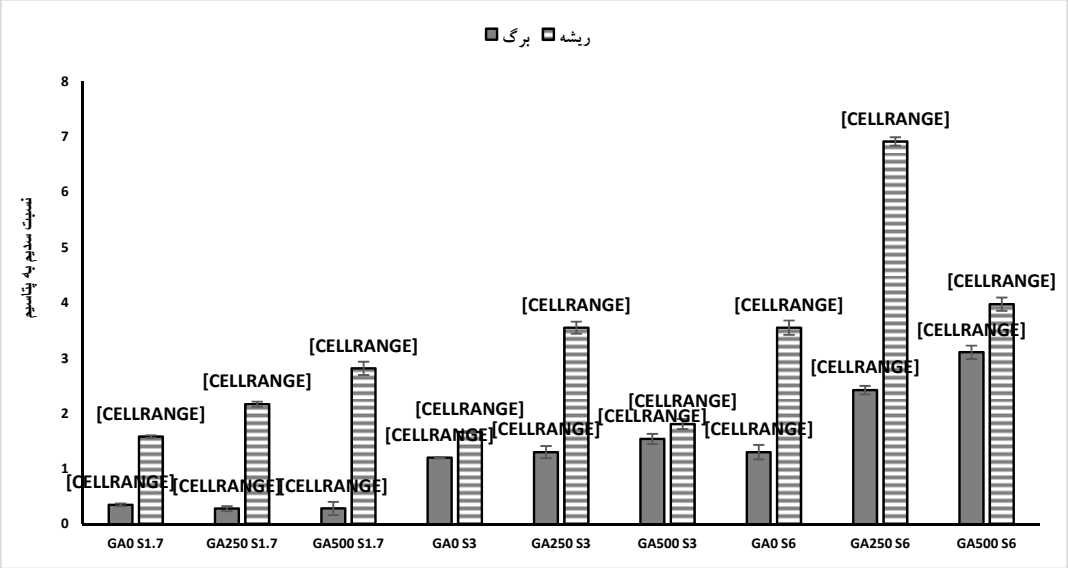
		Cl	Mg	Ca	K	Na
کلرید سدیم ۱/۷ دسی زیمنس بر متر	جیبرلیک‌اسید ۰، پی‌پی‌ام	0.45G	0.38C	1.3B	0.33 B	0.53D
	جیبرلیک‌اسید ۲۵۰ پی‌پی‌ام	0.80F	0.25E	1.06D	0.17D	0.38E
	جیبرلیک‌اسید ۵۰۰ پی‌پی‌ام	1.3D	0.32D	1.5A	0.28C	0.78A
کلرید سدیم ۳ دسی‌زیمنس بر متر	جیبرلیک‌اسید ۰، پی‌پی‌ام	0.12H	0.69A	1.01E	0.40 A	0.66B
	جیبرلیک‌اسید ۲۵۰ پی‌پی‌ام	0.93E	0.4 B	0.23G	0.08F	0.26G
	جیبرلیک‌اسید ۵۰۰ پی‌پی‌ام	0.12H	0.44B	1.15 C	0.32B	0.59C
کلرید سدیم ۶ دسی‌زیمنس بر متر	جیبرلیک‌اسید ۰، پی‌پی‌ام	1.80A	0.063 H	0.52F	0.10E	0.36F
	جیبرلیک‌اسید ۲۵۰ پی‌پی‌ام	1.36C	0.09G	0.10H	0.036G	0.25G
	جیبرلیک‌اسید ۵۰۰ پی‌پی‌ام	1.52B	0.14F	0.23G	0.10E	0.39E

اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد هستند

کلر برگ و ریشه: میزان کلر در برگ و ریشه با افزایش شوری افزایش یافت. در محلول‌پاشی جیبرلین با افزایش غلظت جیبرلین در برگ میزان کلر ثابت ماند. بیشترین میزان کلر برگ و ریشه بترتیب مربوط به تیمار شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر با جیبرلین ۵۰۰ پی‌پی‌ام (۶/۳۲ میلی-اکی‌والان بر لیتر) و تیمار شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر

(۱/۸ میلی‌اکی‌والان بر لیتر) بود. کمترین میزان کلر برگ در تیمار شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر با جیبرلین ۲۵۰ پی‌پی-ام(۴/۰۵ میلی‌اکی‌والان بر لیتر) و در ریشه در تیمار شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر با جیبرلین ۵۰۰ پی‌پی‌ام(۰/۱۲ میلی-اکی‌والان بر لیتر) مشاهده شد (جداول ۲ و ۳).

نسبت سدیم به پتاسیم برگ و ریشه: با افزایش شوری، نسبت سدیم به پتاسیم افزایش و با کاربرد جیبرلین کاهش داشت (شکل ۱). کمترین نسبت سدیم به پتاسیم برگ و ریشه بترتیب در تیمار شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر با جیبرلین صفر و تیمار شاهد و بیشترین میزان نسبت مذکور در تیمار شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر با جیبرلین ۵۰۰ پی-پی‌ام و تیمار شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر با جیبرلین ۲۵۰ پی‌پی‌ام مشاهده گردید.



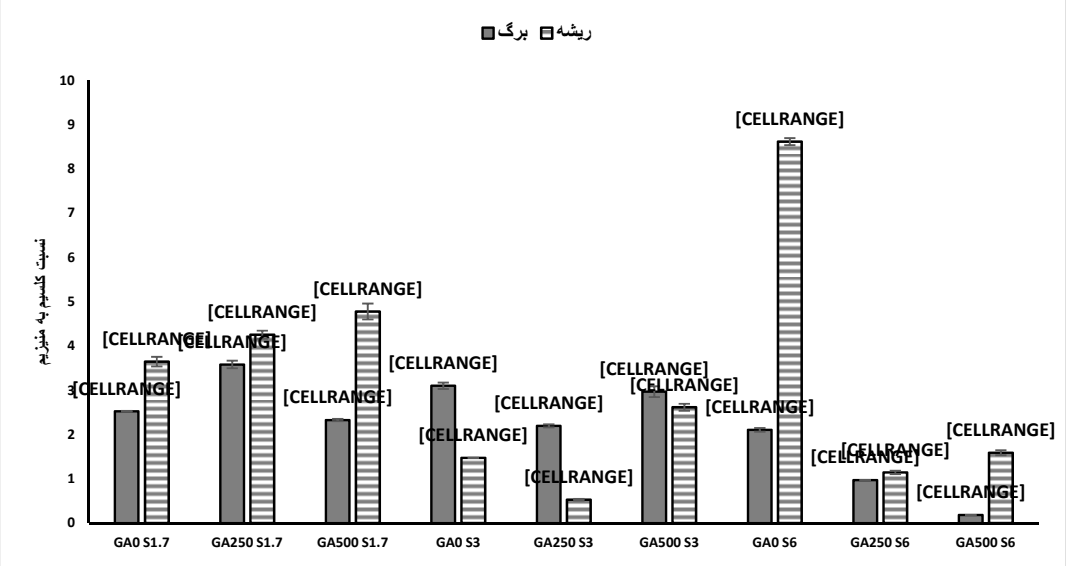
شکل ۱- برهمکنش شوری و جیبرلیک‌اسید بر نسبت سدیم به پتاسیم در برگ و ریشه نهال گواوا، حروف مشابه نشان‌دهنده‌ی عدم معنی‌داری در سطح یک درصد.

GA0، GA250، GA500، S1.7، S3 و S6 بترتیب معادل جیبرلیک¬اسید ۰، ۲۵۰، ۵۰۰ پی¬پی¬ام ، کلرید سدیم ۱/۷، ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر

نسبت کلسیم به منیزیم برگ و ریشه: افزایش شوری نسبت کلسیم به منیزیم در برگ را کاهش و بر میزان آن در ریشه افزود. محلول‌پاشی با جیبرلین اما، نسبت را در برگ افزایش داد (شکل ۲). بیشترین و کمترین نسبت مذکور بترتیب در تیمارهای شوری صفر با جیبرلین ۲۵۰ پی‌پی‌ام و شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر با جیبرلین ۵۰۰ پی‌پی‌ام مشاهده گردید.

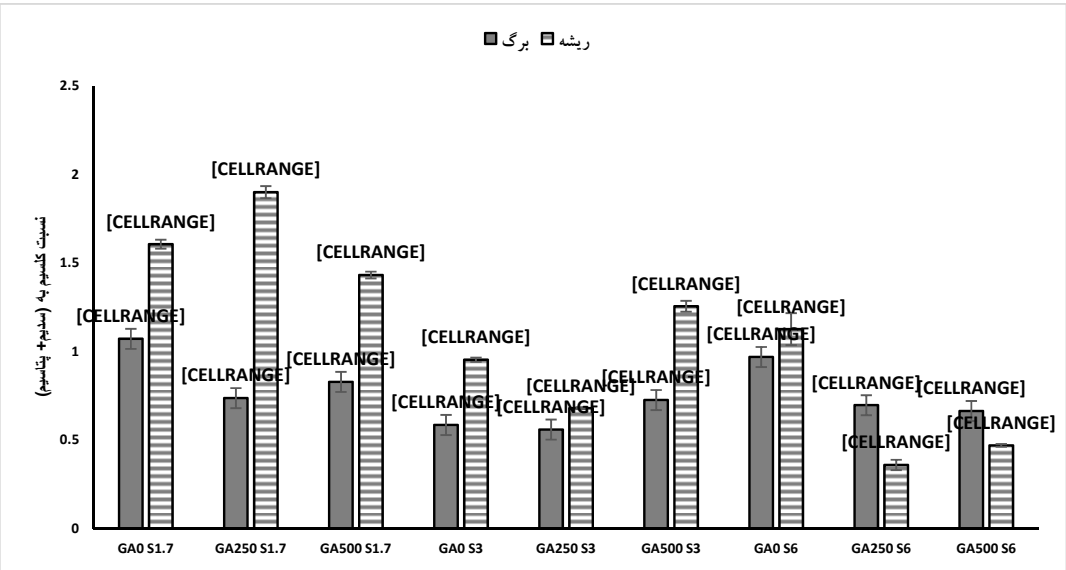
نسبت کلسیم به مجموع سدیم و پتاسیم برگ و ریشه: با افزایش غلظت کلریدسدیم، نسبت کلسیم به مجموع سدیم و پتاسیم در برگ و ریشه افزایش داشت. با تیمار جیبرلین، بر نسبت مذکور در برگ افزوده و از میزان آن در ریشه کاسته شد (شکل ۳). کمترین نسبت مذکور در تیمار شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر با جیبرلین ۲۵۰ پی‌پی‌ام و بیشترین مقدار آن در تیمار شوری صفر با جیبرلین ۲۵۰ پی‌پی‌ام ریشه مشاهده شد.

درصد ریزش برگ: نتایج نشان داد با شدت یافتن تنش از تعداد برگ کاسته شد (شکل ۴). در شوری ۳ و ۶ دسی-زیمنس تیمار با جیبرلین از شدت ریزش برگ‌ها کاست. بیشترین درصد ریزش برگ مربوط به تیمار شوری ۶ و ۳ دسی‌زیمنس بر متر بود.



شکل ۲- برهمکنش شوری و جیبرلیک‌اسید بر نسبت کلسیم به منیزیم در برگ و ریشه نهال گواوا، حروف مشابه نشان‌دهنده‌ی عدم معنی‌داری در سطح یک درصد.

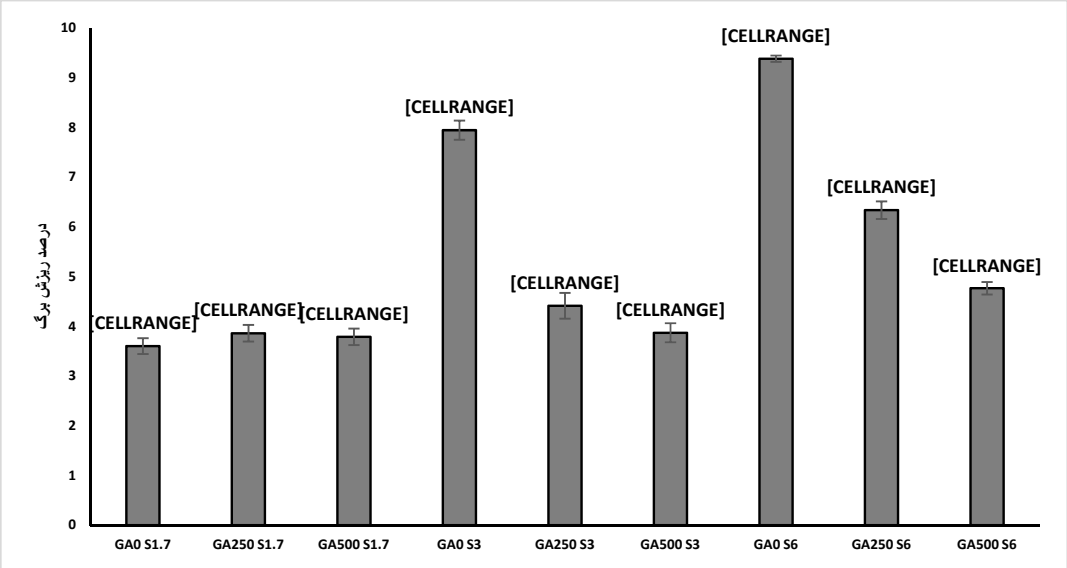
GA0، GA250، GA500، S1.7، S3 و S6 بترتیب معادل جیبرلیک¬اسید ۰، ۲۵۰، ۵۰۰ پی¬پی¬ام ، کلرید سدیم ۱/۷، ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر



شکل ۳- برهمکنش شوری و جیبرلیک‌اسید بر نسبت کلسیم به مجموع سدیم و پتاسیم برگ و ریشه گواوا، حروف مشابه نشان‌دهنده‌ی عدم معنی داری در سطح یک درصد.

GA0، GA250، GA500، S1.7، S3 و S6 بترتیب معادل جیبرلیک¬اسید ۰، ۲۵۰، ۵۰۰ پی¬پی¬ام ، کلرید سدیم ۱/۷، ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر

ماده خشک (برگ و ریشه): نتایج نشان داد که شوری تاثیر معنی‌داری بر ماده خشک برگ و ریشه دارد (شکل ۵). شوری باعث کاهش ماده خشک برگ گردید و این کاهش با افزایش غلظت نمک بیشتر بود. بیشترین ماده خشک (۶۵/۸۹٪) در تیمار شاهد و کمترین ماده خشک (۵۳/۸۴٪) در تیمار شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده گردید.



شکل ۴- برهمکنش شوری و جیبرلیک‌اسید بر درصد ریزش برگ نهال گواوا، حروف مشابه نشان‌دهنده‌ی عدم معنی‌داری در سطح یک درصد.

GA0، GA250، GA500، S1.7، S3 و S6 بترتیب معادل جیبرلیک¬اسید ۰، ۲۵۰، ۵۰۰ پی¬پی¬ام ، کلرید سدیم ۱/۷، ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر

محلول‌پاشی با جیبرلین ۲۵۰ پی‌پی‌ام در غلظت ۶ دسی-زیمنس بر متر نمک باعث افزایش ماده خشک برگ (۵۶/۰۳٪) گردید. تغییرات ماده خشک ریشه، روندی مشابه با ماده خشک برگ داشت (شکل ۵). به طوریکه از ۶۱/۰۲٪ در تیمار شاهد به ۵۴,۷۶٪ در شوری ۳ دسی-زیمنس بر متر و ۴۰/۳۶٪ در شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر رسید. این مشخصه نیز با تیمار جیبرلین روند افزایشی نشان داد.

ارزیابی فعالیت کاتالاز: بر اساس نتایج شوری افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز را باعث گردید. بیشترین فعالیت آنزیم در شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر (۱۲۸/۴۰ میکرومول در دقیقه در گرم وزن تازه) و کمترین فعالیت در تیمار شاهد (۳۲/۲۱ میکرومول در دقیقه در گرم وزن تازه) مشاهده شد. کاربرد اسیدجیبرلیک باعث کاهش میزان آنزیم کاتالاز در برگ دانهال گواوا گردید. پایین‌ترین میزان آنزیم در تیمار اسیدجیبرلیک ۵۰۰ پی‌پی‌ام(۴/۲۶ میکرومول در دقیقه در گرم وزن تازه) مشاهده شد (شکل ۶).

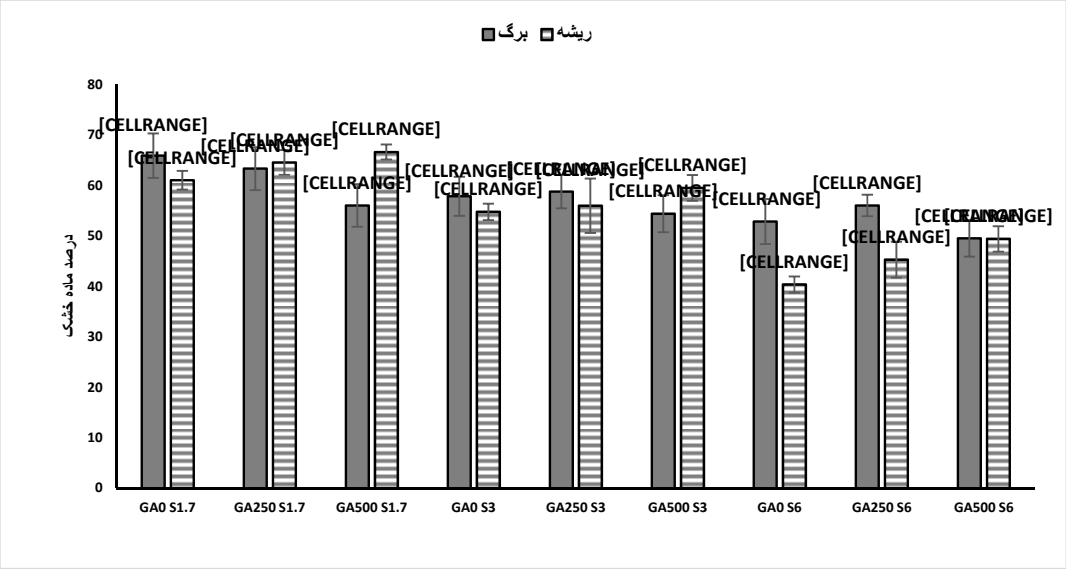
ارزیابی فعالیت پراکسیداز: بر اساس یافته‌های تحقیق حاضر، شوری باعث روندی نزولی در فعالیت آنزیم پراکسیداز و اسیدجیبرلیک موجب نرخ افزایشی در آن گردید. فعالیت پراکسیداز از ۱۷/۲۸ (میکرومول در دقیقه در گرم وزن تازه) در شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر به ۲۱/۰ (میکرومول در دقیقه در گرم وزن تازه) در شوری ۶ دسی-زیمنس بر متر و اسیدجیبرلیک ۵۰۰ پی‌پی‌ام رسید. فعالیت آنزیم در تیمار شاهد ۲۳/۶۲ میکرومول در دقیقه در گرم وزن تازه بود (شکل ۷).

ارزیابی فعالیت پلی‌فنل‌اکسیداز: بنا بر نتایج فعالیت پلی-فنل‌اکسیداز، با افزایش شوری نرخی کاهشی داشت. کمترین در شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر (۰/۹۴ میکرومول در دقیقه در یک گرم وزن تازه) و بیشترین فعالیت در تیمار اسیدجیبرلیک ۵۰۰ پی‌پی‌ام (۱/۵۷ میکرومول در دقیقه در یک گرم وزن تازه) مشاهده شد (شکل ۸).

بحث و نتیجه گیری

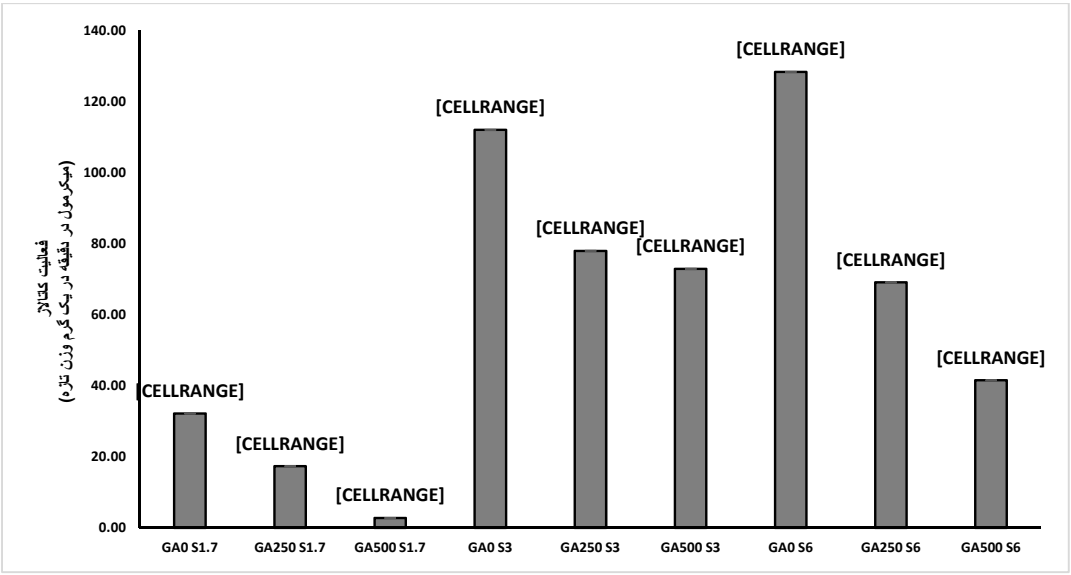
از اولین نشانه‌های ظاهری تنش شوری، ریزش ناگهانی

برگ‌ها، ناشی از افزایش سنتز آبسزیک‌اسید در ریشه و افزایش موقتی تولید اتیلن می‌باشد (۴۰). به‌علاوه تجمع زیاد نمک‌ها در دیواره سلولی و سیتوپلاسم، موجب آب-زدایی و چروکیدگی سلول، جلوگیری از فعالیت‌های آنزیمی، صدمه به برگ، پیری پیش از موعد و در نهایت ریزش برگ می‌شود (۴۶).



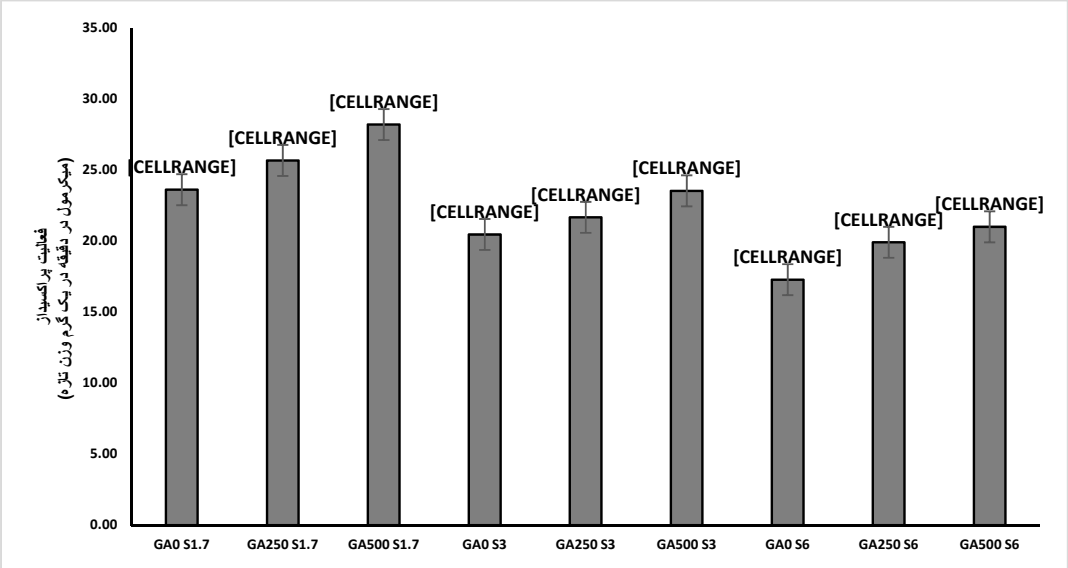
شکل ۵- برهمکنش شوری و جیبرلیک‌اسید بر درصد ماده خشک برگ و ریشه نهال گواوا، حروف مشابه نشان‌دهنده‌ی عدم معنی‌داری در سطح یک درصد.

GA0، GA250، GA500، S1.7، S3 و S6 بترتیب معادل جیبرلیک¬اسید ۰، ۲۵۰، ۵۰۰ پی¬پی¬ام ، کلرید سدیم ۱/۷، ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر



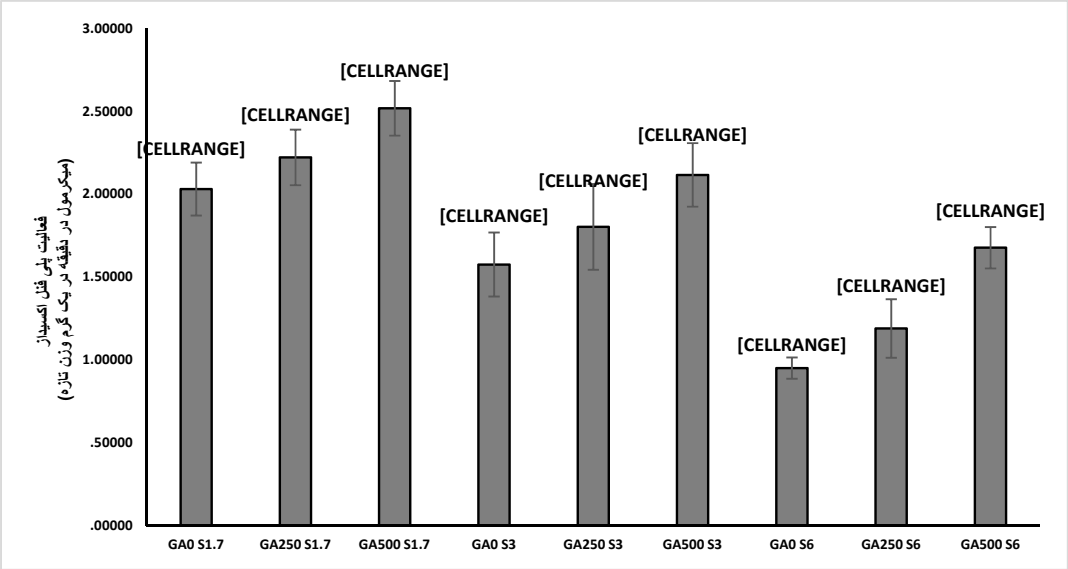
شکل ۶- برهمکنش شوری و جیبرلیک‌اسید بر فعالیت آنزیم کاتالاز گواوا، حروف مشابه نشان‌دهنده‌ی عدم معنی‌داری در سطح یک درصد.

GA0، GA250، GA500، S1.7، S3 و S6 بترتیب معادل جیبرلیک¬اسید ۰، ۲۵۰، ۵۰۰ پی¬پی¬ام ، کلرید سدیم ۱/۷، ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر



شکل ۷- برهمکنش شوری و جیبرلیک‌اسید بر فعالیت آنزیم پراکسیداز گواوا، حروف مشابه نشان‌دهنده‌ی عدم معنی‌داری در سطح یک درصد.

GA0، GA250، GA500، S1.7، S3 و S6 بترتیب معادل جیبرلیک¬اسید ۰، ۲۵۰، ۵۰۰ پی¬پی¬ام ، کلرید سدیم ۱/۷، ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر



شکل ۸- برهمکنش شوری و جیبرلیک‌اسید بر فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز گواوا، حروف مشابه نشان‌دهنده‌ی عدم معنی‌داری در سطح یک درصد.

GA0، GA250، GA500، S1.7، S3 و S6 بترتیب معادل جیبرلیک¬اسید ۰، ۲۵۰، ۵۰۰ پی¬پی¬ام ، کلرید سدیم ۱/۷، ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر

کاهش تعداد برگ گیاهان در مواجه با شوری در سایر درختان میوه از جمله مرکبات (۳۸) و انجیر (۶۰) نیز گزارش شده بود. همچنین به گزارشی محلول‌پاشی با جیبرلین در شرایط تنش شوری، موجب کاهش ریزش برگ کُنار گردید (۷).

تنش شوری از طریق کاهش تکثیرسلولی و کاهش تجمع ماده خشک باعث کوتاه‌شدن میان‌گره‌ها، ارتفاع بوته و در

نتیجه وزن خشک برگ و اندام هوایی می‌گردد (۵). همچنین تنش شوری باعث کاهش سرعت تقسیم سلول-های مریستم ریشه و در نتیجه کاهش ماه خشک در این اندام می‌گردد (۳۱). کاربرد جیبرلین ، تاثیرات منفی تنش شوری را از طریق افزایش فعالیت کربونیک‌آنهیدراز، تنظیم‌اسمزی، افزایش جریان آب، افزایش سطح فتوسنتز بهبود داده و باعث افزایش ماده خشک برگ می‌گردد. همچنین جیبرلین از طریق افزایش میزان انتقال مواد فتوسنتزی از برگ به ریشه، افزایش وزن خشک ریشه را به‌همراه می‌آورد (۳۱ و ۳۲). اثر شوری بر کاهش ماده برگ و ریشه در سایر محصولات از جمله انجیر(۶۰)، انار (۳۷) و مرکبات (۳۸) گزارش شده است. همچنین تاثیر اسید-جیبرلیک بر افزایش ماده خشک شاخساره و برگ بنه و کلخونگ تحت تنش شوری، بر نتایج تحقیق ما صحه گذاشت (۳)

در شرایط بروز تنش شوری، افزایش سدیم باعث برهم-خوردن تعادل‌اسمزی، تخریب غشاهای سلولی، جلوگیری از تقسیم‌سلولی، بزرگ‌شدن آن‌ها و کاهش رشد می‌گردد (۵۷). بنا به گزارش‌ها، در شرایط تنش شوری، محلول-پاشی با جیبرلیک‌اسید، تجمع سدیم و کلر را در شاخساره و ریشه متعادل ساخته و تحمل گیاه را به تنش افزایش می‌دهد. در واقع هرچند جیبرلیک‌اسید بر جذب سدیم به طور مستقیم اثر ندارد؛ اما با تاثیر بر جذب و انتقال عناصر کلسیم و پتاسیم، بر نسبت نهائی سدیم به کلسیم، سدیم به پتاسیم و پتاسیم به سدیم اثرگذار است (۳۴ و ۵۰).

پتاسیم در حفظ تعادل‌اسمزی، باز و بسته شدن روزنه‌ها و فعال‌کردن آنزیم‌ها و نقل و انتقالات درون گیاه نظیر پیروات‌کیناز موثر است. همچنین با اتصال tRNA به ریبوزوم‌ها، در سنتز پروتئین نیز نقش دارد. (۵۷). کاهش پتاسیم در زمان بروز تنش شوری، می‌تواند به دلیل رقابت سدیم بر سر مکان‌های اتصال به ناقل‌های غشاءپلاسمایی و یا نشت پتاسیم به دلیل عدم ثبات غشاءپلاسمایی باشد (۲۴). میزان جذب پتاسیم در مقایسه با سدیم در شرایط تنش، به نوع گونه گیاهی و میزان مقاومت آن به شوری متفاوت می‌باشد (۵۷).

جانشینی یون سدیم به جای کلسیم در غشاء سلول‌های ریشه و طی آن نشت یون پتاسیم از ریشه و کاهش آن در شرایط شور، باعث افزایش کلسیم در شاخساره و کاهش آن در ریشه می‌گردد (۲۵). در شرایط تنش‌های محیطی بخصوص تنش شوری، علاوه بر تداخل جذب کلسیم با عناصری نظیر سدیم، کارکرد این عنصر در فعالیت‌های حیاتی گیاه نیز تحت‌تاثیر قرار می‌گیرد. کلسیم از طریق تشکیل پیوندهای بین مولکولی باعث حفظ تمامیت غشاء، پایداری دیواره سلول و ممانعت از ورود سدیم به درون سلول می‌گردد. از این‌رو، در شرایط تنش بسته به میزان کلسیم ریشه، نفوذپذیری غشاء، تنظیم فشاراسمزی، محتوای سدیم و در نتیجه نسبت پتاسیم به سدیم تحت-تاثیر قرار می‌گیرد (۳۱).

بعد از مواجه گیاه با شوری، انباشته شدن سمی سدیم و کلر در برگ‌ها معمولا در جذب برخی عناصر ضروری بیوسنتز کلروفیل نظیر منیزیم اختلال ایجاد می‌کند. در این شرایط، انتقال منیزیم از ریشه کاهش می‌یابد و طی آن افزایش غلظت منیزیم مشاهده خواهدشد (۴۹).

گارسیالگاز و همکاران (۲۰۰۸)، افزایش غلظت کلر در شاخساره لوکات (*Eriobotrya japonica* L.) در محیط-های شور را به کاهش تراوائی ریشه نسبت داده‌اند. اختلال در رشد و فتوسنتز در شرایط تنش شوری، تا حد زیادی به تجمع کلر در برگ‌ها مربوط است (۲۵). از طرفی تحمل به شوری به میزان جذب و انتقال یون‌های کلر از ریشه به شاخه بستگی دارد. به عبارت دیگر گیاهانی که قابلیت بیشتری برای انتقال یون‌های کلر دارند، کمتر این عنصر را در برگ‌ها انباشته می‌کنند و در نتیجه خسارت کمتری متحمل می‌شوند (۴۴).

هرچند هر دو یون سدیم و پتاسیم در تنظیم اسمزی بافت-های برگ درگیر هستند، اما جذب آن‌ها به عنوان فرآیند-های رقابتی در گیاهان در نظر گرفته می‌شود. چون پتاسیم اغلب در پاسخ به رطوبت کم خاک افزایش می‌یابد، در-حالی‌که تجمع سدیم تحت شرایط شوری رخ می‌دهد. لذا اغلب نسبت بین آن‌ها در شرایط تنش خشکی و شوری مورد توجه محققان می‌باشد (۵۲).

پتاسیم عنصری ضروری است که به علت نقش آن در تنظیم اسمزی و نیز نقش رقابتی با سدیم، تغییرات نسبت آن با سدیم در شرایط شوری مورد توجه می‌باشد. مقادیر بالای پتاسیم با افزایش نسبت پتاسیم به سدیم، رابطه نزدیکی با مقاومت (و یا تحمل) به شوری دارد (۵۲). در شرایط تنش شوری، اختلال در جذب پتاسیم سبب کاهش سنتز پروتئین می‌شود. در این شرایط، سدیم با پتاسیم برای جذب از عرض غشاءپلاسمایی سلول‌های گیاهی رقابت می‌کند. این امر منجر به کاهش نسبت پتاسیم به سدیم، کاهش رشد گیاه و در نتیجه افزایش سمیت سدیم می‌گردد (۵۳). در لیمو نیز تحت تاثیر شوری، نسبت پتاسیم به سدیم کاهش یافت (۲۶).

در مطالعه گارسیا–سانچز و همکاران (۲۰۰۳) با افزایش شوری، نسبت کلسیم به منیزیم در برگ لیمو تحت‌تاثیر قرار گرفت (۲۶). احتمالا سدیم از حرکت شعاعی کلسیم در ریشه، جلوگیری می‌نماید. کمبود کلسیم در شرایط شور به خصوص وقتی که سدیم تحرک کلسیم را در بافت‌های جوان در حال نمو کاهش می‌دهد، بیشتر نمود می‌یابد (۲۷). نائینی و همکاران (۱۳۸۳)، نشان دادند که افزایش شوری موجب افزایش محتوای سدیم و رقابت سدیم با کلسیم در جذب و انتقال، کاهش غلظت کلسیم در اندام هوایی انار گردیده و نسبت کلسیم به سدیم را کاهش داده-است (۹). در پژوهش اقبال و اشرف (۲۰۱۳)، بر دو رقم گندم تحت تنش شوری، کاربرد جیبرلین، سدیم شاخساره و ریشه را کاهش بر پتاسیم و کلسیم ریشه افزود (۳۲).

شوری موجب بروز نارسایی‌های گوناگون تغذیه‌ای در گیاه می‌شود که ناشی از اثرات منفی شوری بر جذب عناصر غذایی و ایجاد رقابت بین یون‌ها در بخش‌های مختلف گیاه است. در واقع اثرات سمیت کلریدسدیم، نه تنها به دلیل اثرات مستقیم تجمع یون سدیم، بلکه ناشی از کاهش مقدار عناصر ضروری (نظیر پتاسیم و کلسیم) در گیاه می-باشد (۵۲). در شرایط مذکور، عناصرغذایی مورد نیاز برای گیاه دچار محدودیت شده، pH و ساختمان خاک تغییر کرده و منجر به کاهش میزان اکسیژن در محیط ریشه می-گردد. با افزایش مقدار سدیم (یا نسبت سدیم به کلسیم) در محیط ریشه، غلظت پتاسیم در بافت‌های گیاهی کاهش می‌یابد. در ادامه کاهش کلسیم، منیزیم، نیتروژن، فسفر و در نتیجه افزایش نسبت سدیم/پتاسیم، سدیم/کلسیم، سدیم/منیزیم و سدیم/فسفر در برگ، منجر به افزایش احیاء قندها، اختلال در سنتز پروتئین‌ها، هیدرولیز پروتئین‌ها، کاهش پروتئین‌های محلول، تخریب کلروفیل، اختلال در فعالیت آنزیم‌های دخیل در بیوسنتز (نظیر فسفوانول-پیروات‌کربوکسیلاز، ریبولوزبی‌فسفات‌کربوکسیلاز، آنزیم-های مسیر پنتوزفسفات و آنزیم‌های مسیر گلیکولیز) و در نهایت کاهش بیوماس می‌گردد (۲۲).

گیاهان، اما، راهکارهای مختلف مورفولوژیک، بیوشیمیایی و مولکولی برای مقابله با این تنش دارند. کاهش توسعه برگ، برگ‌های کوتاه و ضخیم، کاهش رشد طولی اندام‌ها و حذف اندام‌های اضافی حاوی تجمع املاح مضر، از جمله نمودهای مورفولوژیک تنش شوری در گیاهان و ناشی از کاهش کارایی زنجیره انتقال الکترون و کمپلکس-های جمع‌کننده نور، کاهش کارآیی کربوکسیلازی آنزیم روبیسکو، مهار سنتز ATP، غیرفعال‌شدن فتوسیستم یک و دو، تغییر در هدایت‌روزنه‌ای، افزایش نرخ‌تعرق، کاهش محتوای‌نسبی‌آب و کاهش فشار تورژسانس، تغییر در مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی و شدت فعالیت آنزیم کلروفیلاز، کاهش میزان فتوسنتز، اختلال در جذب و انتقال یون‌های ضروری و اکسیداسیون ترکیبات مهم زیستی و آسیب به

غشاهای زیستی هستند(۵، ۲۹، ۵۰). از جمله واکنش‌های بیوشیمیایی و مولکولی می‌توان به کاهش جذب یون‌های کلر و سدیم توسط ریشه‌ها (۵۱)، کاهش انتقال کلر و سدیم به شاخه، تجمع انتخابی یون‌ها، سنتز ترکیبات متعادل کننده فشاراسمزی، هدایت یون‌های سمی به واکوئل، تغییر در مسیر فتوسنتزی، تغییر در ساختار غشایی، افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و تولید هورمون-های درون‌زا نظیر جیبرلیک‌اسید اشاره کرد (۶۱).

تنش غیرزیستی باعث تغییر در فعالیت آنزیم‌های آنتی-اکسیدانی در ریشه و برگ گیاهان می‌گردد. افزایش در کاتالاز تحت شرایط شوری در این تحقیق با یافته‌های محققان قبلی هم‌سو بود (۱۵). افزایش کاتالاز با توقف واکنش‌های زنجیره‌ای رادیکال‌های آزاد، از گیاهان در برابر تنش اکسیداتیو محافظت می‌کند (۵۲). محلول‌پاشی با اسیدجیبرلیک تحت تنش شوری با تحریک سنتز کاتالاز، اثرات منفی این تنش را تخفیف می‌دهد (۱۴). پلی‌فنل-اکسیدازها و پراکسیدازها علاوه بر لیگنینی‌شدن دیواره-سلولی در تحمل به شوری نیز ایفای نقش می‌کنند (۱۵ و ۴۵). از طرفی در گیاهان تحت تنش، جیبرلین، با بهبود فعالیت آنزیم‌های پلی‌فنل‌اکسیداز، پراکسیداز و سوپراکسید-دیسموتاز، رفتار رشدی گیاه را بهبود می‌بخشد (۳۹).

همچنین محلول‌پاشی با جیبرلین با افزایش میزان فتوسنتز، ترمیم رنگدانه‌های فتوسنتزی تخریب شده و به عنوان یک ترکیب ضد تنشی، تحریک در رشد، بهبود محتوای آب نسبی، بهبود جذب پتاسیم، افزایش نسبت پتاسیم به سدیم برگ، حفظ پتاسیم در سلول‌های محافظ روزنه، ثبات هدایت روزنه‌ای و تداوم ورود گاز دی‌اکسیدکربن به سلول‌های مزوفیل، باعث توزیع متعادل یون‌ها در ریشه و شاخساره در گیاهان تحت تنش شوری می‌گردد. هچنین جیبرلین غلظت سدیم و کلر را کاهش و تجمع کلسیم را افزایش می‌دهد (۶، ۳۱، ۳۲، ۳۴، ۵۴، ۵۶). علاوه‌بر آن گزارش شده فعالیت آنزیم ساکارزفسفات‌سنتتاز با کاربرد برگی GA_7، GA_4 و GA_3 در گیاه تحریک شده (۱۴) و جیبرلین از طریق فعال‌سازی برخی آنزیم‌ها، تحریک سنتز کاتالاز و برخی متابولیت‌های ثانویه از آثار شوری کاسته، سپس با تبدیل گلوتامات به پرولین و تغییر در نفوذپذیری غشاء باعث افزایش تحمل به شوری می‌گردد (۴، ۱۴).

به‌علاوه اخیرا اثبات شده زمانی که گیاهان مواجه شده با تنش‌های غیرزیستی با جیبرلیک‌اسید تیمار می‌شوند، سنتز پروتئین‌های DELLAs القاء شده و در نتیجه رشد و نمو گیاه نرخ کمتری به خود می‌گیرد. این دسته پروتئین‌ها از فعالیت آنزیم‌هایی که در رشد و نمو نقش دارند ممانعت می‌کند. در نتیجه تولید گونه‌های فعال اکسیژن محدود شده و از مرگ سلول جلوگیری می‌گردد (۱۰ و ۴۲). در واقع پروتئین‌های DELLAs همانند نوعی کنترل‌کننده درونی عمل می‌کند (۳۰ و ۴۲)، که در حضور جیبرلیک‌اسید، نوعی خودتنظیمی درونی–سلولی را در راستای تحمل تنش وارده، اعمال می‌کند (۱۰، ۱۱، ۱۲). در نتیجه با وجود اینکه در شرایط تنش تیمار با جیبرلیک‌اسید باعث افزایش رشد در گیاه نمی‌گردد، اما گیاه قادر به جذب انتخابی یون‌ها گشته و از تجمع بیش از حد یون‌های سمی ممانعت به عمل می‌آید (۱۲).

در مطالعه حاضر با افزایش شوری، میزان سدیم و منیزیم در برگ افزایش و در ریشه کاهش یافت. همچنین میزان پتاسیم، کلسیم، نسبت پتاسیم به سدیم و نسبت کلسیم به سدیم در برگ و ریشه کاهش یافت. میزان کلر و نسبت کلسیم به مجموع سدیم و پتاسیم در برگ و ریشه افزایش یافت. در نهایت نسبت سدیم به پتاسیم، نسبت کلسیم به منیزیم و نسبت سدیم به کلسیم در برگ و ریشه روندی صعودی داشت. در این تحقیق بیشترین درصد کاهش برگ‌های سالم مربوط به تیمارهای شوری ۶ و ۳ دسی-زیمنس بر متر بود. همچنین شوری باعث کاهش وزن خشک برگ و ریشه گردید و این کاهش با افزایش غلظت نمک مشهودتر بود. محلول‌پاشی شاخ و برگ با جیبرلیک-

اسید، بر توزیع و نسبت عناصر در ریشه و برگ تاثیر گذاشته و نسبت کلر و سدیم را متعادل ساخت که با افزایش میزان پتاسیم و تعدیل نسبت سدیم به پتاسیم و پتاسیم به سدیم، توزیع بهتر کلسیم بین برگ و ریشه و تعادل در نسبت کلسیم به سدیم، سدیم به کلسیم و کلسیم به منیزیم همراه بود. بعد از تیمار با جیبرلین ریزش برگ به طرز معنی‌داری کاهش پیدا کرد.

همچنین شوری باعث کاهش میزان فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز و افزایش در فعالیت کاتالاز در دانهال گواوا گردید، اما اسیدجیبرلیک با کاهش اثرات تنش اکسیداتیو و کاهش در فعالیت کاتالاز؛ بهبودی صفات رشدی را باعث گردید. بنا به یافته‌های تحقیق حاضر، جیبرلیک‌اسید به میزان ۵۰۰ پی‌پی‌ام توانست به عنوان تیماری مدیریتی و راهکاری موثر در تخفیف خسارت وارده از تنش شوری بر نهال گواوا ایفای نقش کند و به نظر می‌رسد بتواند به عنوان تکنیکی ساده و کارا در نهالستان‌ها و باغات، مورد استفاده تولیدکنندگان قرار گیرد.

سپاسگزاری

از معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه هرمزگان به دلیل تامین هزینه‌های انجام این تحقیق سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

۱- آمارنامه کشاورزی ایران، ۱۳۹۵، نشریه شماره ۷۹/۰۱. اداره کل آمار و اطلاعات کشاورزی.

۲- امامی، ع. ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه گیاه. نشریه فنی شماره ۹۸۲، انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ۱۲۸صفحه.

۳- بانی‌نسب، ب. و راحمی، م. ۱۳۷۷. تاثیر کاربرد اسیدجیبرلیک در رشد و نمو دانهال‌های بنه و کلخونگ. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۲۹، شماره۱. صفحه ۳۳-۲۷.

۴- فیروزه، ر. خاوری نژاد، ر . نجفی، ف و سعادتمند، س. ۱۳۹۷. اثرات جیبرلین بر محتوای رنگیزه های فتوسنتزی، پرولین، فنل و فلاونوئید در گیاه دارویی تحت تنش شوری (*Satureja hortensis* L.) مرزه. مجله پژوهشهای گیاهی زیست شناسی ایران. ۳۱ (۴).

۵- کافی، م. برزوئی، ا. صالحی، م. کمندی، ع. معصومی، ع و نباتی، ج. ۱۳۸۸. فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان. جهاد دانشگاهی مشهد. مشهد.

۶- عباسپور، ح و رضایی، ح. ۱۳۹۳. اثر جیبرلیک اسید بر سرعت واکنش هیل، رنگیزه های فتوسنتزی و ترکیبات فنلی در گیاه در شرایط تنش خشکی (*Dracocephalum moldavica* L.) دارویی بادرشبو. مجله پژوهشهای گیاهی زیست شناسی ایران. ۲۷ (۵): ۸۹۳-۹۰۳.

۷- عبدالهی ، ف. جعفری ل. گردی‌تختی ش. ۱۳۹۲. بررسی تاثیر جیبرلین (GA_3) بر رشد و ترکیب شیمیایی برگ گیاهچه کنار تحت تنش شوری. فرآیند و کارکرد گیاهی ۲(۲) .۵۳-۶۷.

۸- علی‌احیایی، م. و بهبهانی‌زاده، ع. ا. ۱۳۷۲. شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک، نشریه فنی شماره ۱۰۲۴، انتشارات موسسه خاک و آب، تهران، ۱۰۸صفحه.

۹- نائینی، م. ر.، لسانی، ا.، خوش‌گفتار منش، ح. و میرزاپور، م.ه. ۱۳۸۳. اثر تنش شوری ناشی از کلرورسدیم بر غلظت و توزیع عناصرمعدنی و قندهای محلول سه رقم تجاری انار. مجله علوم خاک و آب. شماره ۱۸: ۱۰۶- ۹۷.

10- Achard P., Cheng H., De Grauwe L., Decat J., Schoutteten H., Moritz T., Van Der Straeten D., Peng J., Harberd N. P. 2006. Integration of plant responses to environmentally activated phytohormonal signals. Science 311, 91-94.

11- Achard P., Gong F., Cheminant S., Alioua M., Hedden P., Genschik P. 2008a. The cold-inducible CBF1 factordependent signaling pathway modulates the accumulation of the growth-repressing DELLA proteins via its effect on gibberellin metabolism. Plant Cell 20, 2117-2129.

12- Achard P., Renou J.-P., Berthomé R., Harberd N. P., Genschik P. 2008b. Plant DELLAs restrain growth and promote survival of adversity by reducing the levels of reactive oxygen species. Curr. Biol. 18, 656-660.

13- Ali-Dinar, H. M., G. Ebert and P. Ludders. 1999. Growth, chlorophyll content, photosynthesis and water relations in guava

(*Psidium guajava* L.) under salinity and different nitrogen supply. Gartenbauwissenschaft; 64:54–59.

14- Ali, H. M., M. H. Siddiqui, M. O. Basalah, M. H. Al- Whaibi, A. M. Sakran and A. Al-Amri. 2012. Effect of gibberellic acid on growth and photosynthetic pigments of *Hibiscus sabdariffa* L. Afr.J. Biotechnol. 11: 800-804.

15- Atak, C., Celik, O., Olgun, A., Alikamanoglu, S. and Rzakoulieva, A. 2007. Effect of magnetic field on peroxidase activities of soybean tissue culture. Biotechnology 2: 21-25.

16- Betrand, A. M. and A. Ernstsen. 2001. Endogenous gibberellins in Lolium perenne and influence of defoliation on their contents in elongating leaf bases and in leaf sheaths. Physiol Plant. 111,123-231.

17- Cavalcante L.F., J.R.M. Costa, F.K.D. Oliveira, Í.H.L. Cavalcante and F.A.R. Araújo. 2005. Produção do maracujazeiro-amarelo irrigado com água salina em cova protegidas contra perdas hídricas, IRRIGA. 10(3): 229-240.

18- Cavalcante, I. H. L., L. F. Cavalcante, Y. Hu and M. Z. B. Cavalcante. 2007. Water salinity and initial development of four Guava (*Psidium guajava L.*) cultivars in North-Eastern Brazil. J. Fruit Ornam. Plant Res. 15: 71-80.

19- Chance, B. Maehly, AC. 1995. Assay of proxidases. Methods enzymol. 11: 755 – 764.

20- Chapman, H.D., Pratt, P.F., 1961. Methods of analysiS for soils , plants , and waters. Univ. of Calif. , Div. Agr. Sci . , Berkeley, Calif.

21- Conklin, P.L. 2001. Recent advances in the role and biosynthesis of ascorbicacid in plants. Plant Cell Environ. 244: 383–394.

22- Demiral, M.A. 2005. Comparative response of two olive (*Olea europaea* L.) cultivars to salinity. TUR. J. A. 29:267-274.

23- Dhindsa R.S., Plumb-Dhindsa P., Thorpe T. 1981. Leaf senescence: correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. Journal of Experimental Botany. 32: 93–101.

24- Ferreira-Silva, S.L., J. Silveira., E. Voigt., L. Soares., and R. Viegas. 2008. Changes in physiological indicators associated with salt tolerance in two contrasting cashew rootstocks. Braz. J. Plant Physiol. 20(1): 51-59.

25- Garcia-Legaz, M.F., E. Lopez-Gomez, J.M. Beneyto A. Navarro and M. Sanchez-Blanco. 2008. Physiological behaviour of loquat and anger rootstocks in relation to salinity and calcium addition. J. Plant Physiol. 165: 1049-1060.

26- Garcia-Sanches, F., M. Carvajal, I. Porras, P. Botia and V. Martinez. 2003. Effect of salinity and rate of irrigation on yield, fruit quality and mineral composition of 'Fino 49' lemon. Eur J Agron. 19:427-437.

27- Grattan, S. R. and C. M. Grieve. 1992. Mineral nutrient acquisition and response by plants growth in saline environment. Agric. Ecosyst. Environ. 38:275-300.

28- Hooda P. S. and R. Yamdagni. 1991. Salt tolerance of guava (*Psidium guajava* L.) and amla (*Emblica officinalis*) at germination stage. Research and *Development* Technical Report. 8(1): 36-38.

29- Hopkins, W.., 2008. Introduction to plant physiology. Wiley.

30- Ikeda, A., Ueguchi-Tanaka, Sonoda Y., Kitano H., Koshioka M., Futsuhara Y., Matsuoka M., Yamaguchi J. 2001. Slender rice, a constitutive gibberellin response mutant, is caused by a null mutation of the SLR1 gene, an ortholog of the heightregulating gene GAI/RGA/RHT/D8. The Plant Cell. 13 (5): 999–1010.

31- Iqbal M. and M. Ashraf. 2010. Changes in hormonal balance: a possible mechanism of presowing chilling-induced salt tolerance in spring wheat. J. Agron. Crop Science. doi:10.1111/j.1439-037X.2010.00434.x.

32- Iqbal M. and M. Ashraf. 2013. Gibberellic acid mediated induction of salt tolerance in wheat plants: Growth, ionic partitioning, photosynthesis, yield and hormonal homeostasis. Environ Exper Bot. 86: 76-85.

33- Kar M. and Mishra D. 1976. Polyphenoloxidase activity during rice leaf senescence. Plant physiology. 57: 315-319.

34- Karim F., M. Asharaf and E. Rasoul. 2001. Influence of gibberellic acid (GA_3) on growth and ion accumulation of two elite spring wheat cultivars under saline conditions Pak.J. Bot. 33: 463-471.

35- Kaul M. K., P. K. Mheta and R. K. Baskshi. 1988. Note on effect of different salts on seed germination of *Psidiumguajava* L. cv. L-49 (Sadar). Current agriculture. 12(1-2): 83-85.

36- Kaya C., L. Tuna and D. Higgs. 2006. Effect of silicon on plant growth and mineral nutrition of

maize grown under water – stress condition. J. Plant Nutrition. 29:1469- 1480.

37- Khayyat, M., Tehranifar, A., Davarynejad, G.H., and M.H. Sayyari-Zahan. 2014. Vegetative growth, compatible solute accumulation, ion partitioning and chlorophyll fluorescence of Malase-e-Saveh and Shishe-kab pomegranate in response to salinity stress. Photosenthetica, 5:301-312.

38- Khoshbahkt, D., Ghorbani, A., Baninasab .B., Naseri, L. A. and M, Mirzaei, M. 2014. Effects of supplementary potassium nitrate on growth and gas-exchange characteristics of salt-stressed citrus seedling. Photosynthetica, 52:589-596.

39- Levent Tuna A., Cengiz K., Murat D. and David H. 2008. The combined effects of gibberellic acid and salinity on some antioxidant enzyme activities, plant growth parameters and nutritional status in maize plants. Environmental and Experimental Botany. 62: 1-9.

40- Levy Y. and Syvertsen J. 2004. Irrigation water quality and salinity effects in citrus trees. Horticultural. Review. 30: 37-82.

41- Liu, J., B. J. Yu and Y. L. Liu. 2006. Effects of spermidine and sperimine levels on salt tolerance associated with tonoplast H+ ATPase and H+-PPase activities in barley roots. Plant Growth Regul. . 49: 119-126.

42- Magome H., Yamaguchi S., Hanada A., Kamiya Y., Oda K. 2008. The DDF1 transcriptional activator upregulates expression of a gibberellin-deactivating gene, GA2ox7, under high-salinity stress in Arabidopsis. Plant J. 56, 613-626.

43- Makhija, M., Dhankhar O.P., Singhrot R.S. 1980. Effect of soil salinity levels on growth and leaf mineral composition of guava (*Psidium guajava* L.). Haryana Journal of Horticultural Science. 9(1-2): 21-25.

44- Marschner H., 1995. Functions of mineral nutrients: Micronutrients. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press Limited. San Diego. CA. 313-396.

45- Mohammadi M. and Kazemi H. 2002. Changesin peroxidase and polyphenol oxidase activities insusceptible and resistance wheat heads inoculated with fusarium graminearum and inducedresistance. Plant Science. 162: 491-498.

46- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell & Environment, 25(2), 239–250.

47- Munns, R. and M. Tester. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annu Rev Plant Biol. 59: 651-681.

48- Mutsushita, N. and T. Matoch. 1992. Function of the shoot base of salt tolerance reed (*Phragmites Communis Trinius*) plants from Na^+ exclusion from the shoots. J. Soil Sci. Plant Nutr. 38:565-571.

49- Neocleous, D. and M. Vasilakakis. 2007. Effects of NaCl stress on red raspberry (*Rubus idaeus* L. "Autumn Bliss"). Sci Hortic. 112: 282-289.

50- Rama T., R. Rashad and A. Hussien. 2014. A comparison study on the effect of some growth regulators on the nutrients content of maize plant under salinity conditions. Annals of Agricultural Science. 59(1), 89–94.

51- Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. Annu Rev Plant Biol. . 43: 439-463.

52- Rukmini M.S., Benedicta D.S. and Vivan D.S. 2004. Superoxide dismutase and catalase activities andtheir correlation with malon dialdehyde in Schizophrenic Patients. Indian journal of Clinical Biochemistery.1919: 114-118.

53- Sato, S., S. Sakaguchi, H. Furukawa and H. Ikeda. 2006. Effects of NaCl application to hydroponic nutrient solution on fruit characteristics of tomato (*lycopersicon esculentum* mill.). Sci Hortic. 109: 248-253.

54- Schachman, D. and W. Lio. 1999. Molecular pieces to puzzle of intraction between potassium and sodium uptake in plants. Trends in Plant Sci. 4:281-287.

55- Shah, S. H. 2007. Effect of salt stress on mustard as affected by gibberellic acid application. Gen. Appl. Plant Physiol. 33(1-2): 97-106.

56- Smirnoff N. 1993. The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. New Phytologist. 125: 27-58

57- Subbarao G.V., C. Johansen, M. K. Jana, J. V. K. Kao. 1990. Effects of sodium/calcium ratio in modifying salinity responses of pigeon pea (*Cajanus cajan*). J. Plant Physiol. 136, 439–443.

58- Szczerba, M. W., D. T. Britto and H. J. Kronzucker. 2009. K^+ transport in plants: physiology and molecular biology. J. Plant Physiol. 166: 447-466.

59- Walker, R. R., P. E. Kriedemann and D. G. Maggs. 1979. Growth, leaf physiology and development in salt-stressed guavas. Aust J Agric Res. 30: 477–488.

60- Yadava, U. L. 1996. Guava (*Psidium guajava* L.): An exotic tree fruit with potential in the southeastern United States. Hort. Science. 31:789-794.

61- Zarei., M., Azizi., M., Rahemi., M., & Tehranifar., A. 2016. Evaluation of NaCl Salinity Tolerance of Four Fig Genotypes Based on Vegetative Growth and Ion Content in Leaves, Shoots, and Roots. HortScience, 51, 1427–1434.

62- Zekri, M. 1991. Effect of NaCl on growth and physiology of Sour orange and Cleopatra mandarin seedlings. Sci Hortic. 47: 305-319.

The interaction of salinity and gibberellin on leaf abscission, dry matter, antioxidant enzymes activity and ion content in guava (*Psidium guajava* L.)

Pashangeh Z.,[1] Shamili M.,[1] Abdollahi F.[1] and Ghasemi M[2]

[1] Horticulture Dept., University of Hormozgan, Hormozgan, I.R. of Iran.

[2] Qazvin Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Qazvin, I.R. of Iran.

Abstract

Guava is a rich source of vitamin C, with double-fruiting thorough a year and high yield, has considerable income to have delivered for the producer. But since the major tropical regions faced with the saline water, cultivating of this plant in such areas can affect the yield and the quality of the product. On the other hand, plants foliar application of gibberellic acid has been effective to recover salt damages. Therefore, in this research leaf abscission, dry matter, antioxidant enzymes activity and elemental content in Guava seedlings, under sodium chloride concentrations (1.7, 3 and 6 dSm^{-1}) and gibberellic acid application (0, 250 and 500 ppm) was studied. According to results salt rising from 3 to 6 dSm^{-1}, increased the chlorine, Ca/(Na+K), Na/K, Ca/Mg and Na/Ca in leaves and roots and reduced leave number and dry matter. salinity reduced the peroxidase and polyphenol oxidase activity, wherease it increased the catalase activity. The most sodium and the least potassium was observed under 6 dSm^{-1} salinity. Foliar gibberellic acid (500 ppm) application under salt condition, decreased leaf abscission and increased K, and K/Na as well as Ca content, which can be introduced as an effective approach to reduce the damages which caused by salinity stress on guava seedlings.

Key words: Antioxidant enzymes, Leaf abscission, Potassium, Salinity, Sodium