دوماهنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۳۲، شماره ۶، صفحه ۱۰۵۹-۱۰۴۸ (۱۳۹۵)

مطالعه تأثیر کروناتین بر خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی دو رقم زرشک بومی (*Berberis crataegina* DC. و *Berberis integerrima* Bge.) در شرایط تنش شوری

سیده فائزه تقی‌زاده[1*]، حسین آرویی[2] و جواد اصیلی[3]

۱*- نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

پست الکترونیک: sfaezeh_taghizadeh@yahoo.com

۲- دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

۳- دانشیار، گروه فارماکوگنوزی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، ایران

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۹۴ تاریخ اصلاح نهایی: بهمن ۱۳۹۴ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۴

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تنش شوری و کروناتین بر روی برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در دو رقم زرشک زرافشانی (*Berberis integerrima*) و زرشک زالزالکی (*Berberis crataegina* DC.)، آزمایشی در سال ۱۳۹۳ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. گیاهان مورد مطالعه در گلدان‌های حاوی ماسه شسته کشت شدند. گیاهان ۴ هفته پس از استقرار کامل در غلظت‌های مختلف کلرید سدیم (۰، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌مولار) و کروناتین (۰، ۰/۷۵ و ۱/۵ میلی‌مولار) قرار گرفتند. در گیاهان تحت تیمار شوری با افزایش غلظت نمک، میزان پرولین، فنل کل، فلاونوئید کل، پروآنتوسیانیدین کل و آنتوسیانین افزایش یافت، اما میزان کلروفیل کاهش داشت. در سطوح مساوی کلرید سدیم، حداکثر میزان پرولین در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار کروناتین گزارش شد. بیشترین افزایش کلروفیل کل نیز مربوط به غلظت ۰/۷۵ میلی‌مولار کروناتین بود، اما میزان فنل کل، فلاونوئید کل، پروآنتوسیانیدین کل و آنتوسیانین در این سطح از تیمار کاهش یافت، به‌طوری که کمترین میزان آن در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار کروناتین بود.

واژه‌های کلیدی: زرشک (*Berberis*)، کروناتین، خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی، تنش شوری.

مقدمه

شوری بالای خاک یک تنش غیرزیستی اثرگذار، به‌ویژه در نواحی خشک و نیمه‌خشک است که به‌طور جدی تولید محصولات کشاورزی را در قسمت‌هایی از جهان و همچنین ایران تحت تأثیر قرار می‌دهد (Djeridane *et al*., 2006). حدود ۸ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی در جهان وجود دارند که در معرض تنش شوری می‌باشند (Chabra *et al*., 1979). شوری با کاهش پتانسیل اسمزی، اختلال در جذب و انتقال یون‌های غذایی مانند پتاسیم و کلسیم و مسمومیت یونی به گیاهان آسیب وارد می‌کند (Munns & Tester, 2008). یکی از مهمترین واکنش‌های گیاهان تحت تنش شوری تولید و تجمع ترکیب‌های محلول سازگار می‌باشد. گیاهان زمانی که در معرض شوری قرار می‌گیرند ابتدا تنش آب را تجربه می‌کنند، در این شرایط شوری از طریق بستن

روزنه‌ها و کاهش فشار جزئی دی‌اکسید کربن بین سلولی و یا از طریق عوامل غیرروزنه‌ای منجر به کاهش فتوسنتز می‌شود که در نهایت به کاهش توسعه برگ‌ها می‌انجامد، در صورتی‌که گیاه مدت طولانی در معرض شوری قرار گیرد تنش یونی را نیز تجربه می‌کند که باعث پیری زودرس برگ‌های بالغ می‌شود، بنابراین کاهش در سطح فتوسنتزی که حمایت‌کننده رشد است، ایجاد می‌شود (Sultana *et al.*, 1999؛ Munns & Tester, 2008). پرولین ازجمله این ترکیب‌ها است که در هنگام تنش در گیاه تجمع می‌یابد و باعث مقاومت گیاه می‌گردد. بیشترین مقدار پرولین در برگ گیاه تجمع می‌یابد. البته هرچه مدت زمان تنش بیشتر باشد پرولین بیشتری در گیاه ساخته می‌شود. سطح بالای پرولین گیاه را قادر می‌سازد که پدیده اسمزی را حفظ کند، در شرایط تنش شوری میزان تولید پرولین برای ایجاد مقاومت در گیاه و شرکت در فرایند تنظیم اسمزی افزایش می‌یابد (Pessarkli, 1999). نتایج آزمایشات نشان داده‌اند که چنانچه پتانسیل آب بیش از یک مگاپاسکال کاهش یابد تجمع پرولین و کربوهیدرات‌های محلول در جهت تنظیم اسمزی انجام می‌گیرد (Gonzalez-Aguilar *et al.*, 2004). با توجه به مشاهدات Sabry (۱۹۹۵) تحت تنش خشکی و شوری محتوی ساکارز و اسیدهای آمینه در ۶ واریته گندم افزایش یافت. تنش شوری از طریق القای اسمزی می‌تواند موجب القای تجمع آنتوسیانین‌ها گردد. تجمع آنتوسیانین در عشقه گزارش شده‌است (Eijckelhoff & Dekker, 1997). با توجه به نتایج Parida و Das (۲۰۰۵) محتوی کلروفیل و کاروتنوئیدهای گیاهان، تحت شرایط تنش شوری کاهش پیدا می‌کند.

زرشک درختچه‌ای است از خانواده زرشکیان که بومی نواحی مرکزی و جنوبی اروپا، شمال غربی آفریقا و شرق آسیاست. طول میوه‌های آن به ۱۰–۷ میلی‌متر و عرض آنها به ۵–۳ میلی‌متر می‌رسد (Minaiyan *et al.*, 2011). ترکیب‌های زرشک دارای فعالیت‌های بیولوژیکی بوده و به‌طور گسترده‌ای در صنایع غذایی و پزشکی کاربرد دارند (Beltagi, 2008).

مولکول کروناتین ساختار منحصر به فردی دارد و از دو بخش جدا تشکیل شده‌است: ۱- اسید کرونافاسیک (Coronafacic Acid) (CFA) یک پلی‌کتید که از نظر ساختاری و عملکردی مشابه جاسمونات‌ها، که گروهی از مولکول‌های سیگنالینگ گیاهی القاء شده در پاسخ به استرس هستند، می‌باشند. ۲- اسید کرونامیک (Coronamic Acid) (CMA) یک اتیل سیکلو پروپیل آمینواسید مشتق شده از ایزولوسین که مشابه آمینوسیکلو پروپیل‌اسید کربوکسیلیک است که پیش‌ساز هورمون دفاعی اتیلن می‌باشد (Parida & Das, 2005). اثر کروناتین بر ایجاد مقاومت در گیاهان در مقابله با تنش‌ها از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی تشابه عملکردی این ترکیب با جاسمونات‌ها را نشان می‌دهد. غلظت بیولوژی کروناتین مسیرهای سیگنالینگ جاسمونات را فعال می‌کند (Wang *et al.*, 2008) از این رو با هدف مطالعه مکانیسم اثر کروناتین بر افزایش مقاومت دو رقم زرشک زالزالکی و زرافشانی در برابر آسیب‌های ناشی از تنش شوری آزمایشاتی انجام گرفت.

مواد و روشها

کشت گلدانی

جمع‌آوری نمونه‌های گیاهی و اعمال تیمارهای شوری و کروناتین: ابتدا پاجوش‌های سالم از درختچه‌های مسن ۶ ساله رقم‌های زرشک زالزالکی که دارای شاخه‌های خاردار قرمز تا قرمز مایل به قهوه‌ای و برگ‌های چرمی و تخم‌مرغی شکل هستند و زرشک زرافشانی که درختچه‌ای با چوب و گل‌های زرد است در اواخر آبان و اوایل آذر ماه سال ۱۳۹۳ از باغی در منطقه خنگ واقع در شهرستان بیرجند با موقعیت جغرافیایی ۵۹ درجه و ۴۸ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۲ درجه و ۳۴ دقیقه عرض جغرافیایی و ارتفاع ۱۵۵۰ متر از سطح دریا جمع‌آوری شدند و در هرباریوم دانشکده داروسازی دانشگاه علوم پزشکی مشهد شناسایی گردیدند. سپس پاجوش‌ها به بستر کاشت مورد استفاده شامل پرلایت و ورمی‌کولایت به نسبت ۱:۱ در گلدان‌هایی با اندازه قطر دهانه ۱۲ سانتی‌متر و ارتفاع

۱۰ سانتی‌متر بلافاصله کاشته شدند به‌طوری که در معرض باد قرار نگرفتند. گیاهان با ۴ هفته پس از استقرار کامل در شرایط گلخانه‌ای با دمای ۱۸ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۰٪ تحت تیمار کلرید سدیم در چهار سطح (۰، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌مولار) و تیمار کروناتین در سه سطح (۰، ۰/۷۵ و ۱/۵ میلی‌مولار) قرار گرفتند. به‌منظور تغذیه، محلول هوگلند هر روز در دو نوبت صبح و بعداز ظهر به مدت ۵ دقیقه در اختیار گیاه قرار گرفت. pH محلول‌ها به روی ۶/۵ تنظیم شد. مقادیر EC و pH محلول‌ها در طول دوره رشد گیاه به‌طور مداوم کنترل شد. ۴ هفته پس از استقرار کامل پاجوش‌ها تیمارهای شوری اعمال شدند و دو هفته قبل از اعمال تیمارهای شوری، تحت تیمار کروناتین قرار گرفتند و تا پایان آزمایش به فاصله هر ۷ روز یک‌بار تیمار کروناتین، و به فاصله هر ۱۰ روز تیمار شوری، ادامه یافت.

تعیین محتوی کل فنل، فلاونوئید، پروآنتوسیانیدین و آنتوسیانین

میزان فنل کل با استفاده از فولین سیوکالتو تعیین شد. ابتدا توسط غلظت‌های مختلفی از گالیک اسید یک منحنی استاندارد رسم شد. جذب هر نمونه در طول موج ۷۲۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر UV/vis مدل Cecil ساخت کشور انگلستان اندازه‌گیری شد. میزان فنل کل هر نمونه با توجه به نمودار استاندارد برحسب برابر گالیک اسید (GAE) بیان می‌شود. براساس روش Huang و همکاران (۲۰۰۴) میزان فلانوئیدها براساس تشکیل کمپلکس فلاونوئید-آلومینیم که دارای جذب حداکثر در طول موج ۴۳۰ نانومتر می‌باشند، تعیین شد. از کوئرستین برای رسم منحنی استاندارد استفاده گردید. جذب محلول در طول موج ۴۳۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر UV/vis مدل Cecil ساخت کشور انگلستان اندازه‌گیری شد. محتوی فلانوئیدها برحسب برابر کوئرستین (QE) بیان شد. مقادیر پروآنتوسیانیدین کل براساس روش Amaeze و همکاران (۲۰۱۱) مشخص شد. جذب محلول‌ها در طول موج ۵۰۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر UV/vis مدل Cecil ساخت کشور انگلستان قرائت گردید و محتوی پروآنتوسیانیدین برحسب برابر کاتشین (CE) بیان شد. از روش Wagner (۱۹۷۹) برای اندازه‌گیری مقدار آنتوسیانین نمونه‌ها استفاده شد. جذب محلول در طول موج ۵۵۰ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر UV/vis مدل Cecil ساخت کشور انگلستان اندازه‌گیری شد. محاسبه غلظت با استفاده از فرمول $A=\varepsilon bc$ و ضریب خاموشی $۳۳۰۰۰ M^{-1}cm^{-1}$ انجام و نتایج برحسب میکروگرم بر گرم وزن تر ارائه گردید.

اندازه‌گیری کلروفیل و پرولین

مقادیر کلروفیل براساس روش Eijckelhoff و Dekker (۱۹۹۷) اندازه‌گیری شد. جذب محلول در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر UV/vis مدل Cecil ساخت کشور انگلستان تعیین گردید و از استن ۸۰٪ نیز به‌عنوان محلول شاهد برای تنظیم صفر جذب نوری اسپکتروفتومتر استفاده شد. برای انجام محاسبات مربوط به تعیین میزان کلروفیل a، کلروفیل b و مجموع کلروفیل‌های a و b بر حسب میلی‌گرم در میلی‌لیتر به‌ترتیب از روابط زیر استفاده شد:

$$Chl_a = 0.0127A_{663} - 0.00269A_{645}$$
$$Chl_b = 0.0299A_{645} - 0.00468A_{663}$$
$$Chl_a + Chl_b = 0.0202A_{645} - 0.00802A_{663}$$

در روابط فوق $A_{۶۴۵}$ و $A_{۶۶۳}$ به‌ترتیب میزان جذب در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر می‌باشند. در نهایت غلظت کلروفیل‌ها با توجه به وزن تر هر نمونه برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر ارزیابی شد. میزان پرولین براساس روش Savitch و همکاران (۲۰۰۰) اندازه‌گیری شد. میزان جذب نور نمونه‌ها در طول موج ۵۱۵ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر UV/vis مدل Cecil ساخت کشور انگلستان قرائت گردید. منحنی کالیبراسیون با استفاده از استاندارد ال پرولین رسم و میزان پرولین آزاد نمونه‌ها براساس میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. برای تجزیه آماری از نرم‌افزارهای SAS و EXCEL استفاده شد. مقایسه میانگین با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ انجام گردید.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثرات رقم، شوری و کروناتین به روی مقادیر پرولین، کلروفیل کل، پروآنتوسیانیدین کل، فلاونوئید کل، آنتوسیانین کل و فنل کل در سطح ۱٪ معنی‌دار بودند. اما اثرات متقابل رقم و شوری و رقم و کروناتین، به روی مقادیر کلروفیل کل در سطح ۵٪ معنی‌دار شد، در سایر فاکتورهای اندازه‌گیری شده نیز در سطح ۵٪ معنی‌دار بود. البته تأثیر متقابل شوری و کروناتین نیز در تمامی موارد در سطح ۵٪ معنی‌دار شد.

پرولین

کلیه تیمارهای مورد آزمایش از نظر مقادیر پرولین اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ داشتند (جدول ۱). استفاده از تیمار کروناتین در سطح ۱/۵ میلی‌مولار باعث افزایش معنی‌داری در میزان پرولین نسبت به نمونه‌های شاهد شد (جدول ۲). با افزایش غلظت شوری نیز یک روند افزایش در مقادیر پرولین مشاهده گردید، به‌طوری که در تیمار شاهد مقدار پرولین ۱۷/۳۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و در تیمار شوری با غلظت ۷۵ میلی‌مولار این مقدار به ۵۳/۱۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر افزایش یافت (جدول ۲). در اثرات متقابل میان رقم و شوری نیز اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ میان دو رقم دیده شد، به‌طوری که بیشترین مقدار پرولین در اعمال تیمار شوری در سطح ۷۵ میلی‌مولار در رقم زالزالکی با ۳۸/۹۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و کمترین مربوط به شاهد در رقم زرافشانی با ۶/۳۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود (جدول ۳). همچنین در اثرات متقابل میان رقم و تیمار کروناتین نیز اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ در بین دو رقم گزارش شد، بدین‌ترتیب که بیشترین مقدار پرولین در اعمال تیمار کروناتین در سطح ۱/۵ میلی‌مولار مربوط به رقم زالزالکی با ۲۳/۷۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و کمترین آن در عدم استفاده از کروناتین در رقم زرافشانی با ۱۰/۵۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود (جدول ۳). در اثرات متقابل میان کروناتین و شوری نیز اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ میان دو رقم دیده شد، به‌طوری که بیشترین مقدار پرولین در اعمال همزمان تیمار شوری در سطح ۷۵ میلی‌مولار و کروناتین با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار با ۵۹/۶۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد و کمترین مقدار پرولین در شرایط شاهد با ۱۶/۱۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر گزارش شد (جدول ۴).

کلروفیل کل

از نظر مقادیر کلروفیل کل بین کلیه تیمارهای مورد آزمایش اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود داشت (جدول ۱). استفاده از تیمار کروناتین در سطح ۰/۷۵ میلی‌مولار باعث افزایش معنی‌داری در میزان کلروفیل (۰/۰۰۹۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) نسبت به نمونه‌های شاهد (۰/۰۰۷۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) شد (جدول ۲). با افزایش غلظت شوری نیز یک روند کاهشی در مقادیر کلروفیل مشاهده گردید، به‌طوری که در تیمار شاهد مقدار کلروفیل ۰/۰۰۸۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و در تیمار شوری با غلظت ۷۵ میلی‌مولار این مقدار به ۰/۰۰۱۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر کاهش یافت (جدول ۲). در اثرات متقابل میان رقم و شوری نیز اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ میان دو رقم دیده شد، به‌طوری که بیشترین مقدار کلروفیل مربوط به تیمار شاهد در رقم زرافشانی با ۰/۰۰۹۲۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و کمترین مقدار آن در رقم زالزالکی با تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم به میزان ۰/۰۰۱۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر گزارش شد (جدول ۳). در اثرات متقابل میان رقم و تیمار کروناتین نیز اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ در بین دو رقم وجود داشت، به‌طوری که بیشترین مقدار پروآنتوسیانیدین کل در نمونه‌های شاهد رقم زالزالکی با ۰/۴۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و کمترین آن در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار کروناتین در رقم

زرافشانی (۰/۱۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مشاهده شد (جدول ۳). البته در اثرات متقابل میان کروناتین و شوری نیز اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ میان دو رقم وجود داشت، بیشترین مقدار کلروفیل در شرایطی که تیمار شوری اعمال نشده بود و در سطح ۷۵ میلی‌مولار کروناتین به مقدار ۰/۰۰۹۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و کمترین آن در هنگام غلظت ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم و بدون اعمال تیمار کروناتین به میزان ۰/۰۰۱۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر گزارش شد (جدول ۴).

پروآنتوسیانیدین کل

طبق نتایج حاصل شده، مقادیر پروآنتوسیانیدین کل بین کلیه تیمارهای مورد آزمایش اختلاف معنی‌داری را در سطح ۵٪ نشان داد (جدول ۱). استفاده از تیمار کروناتین در سطح ۱/۵ میلی‌مولار باعث کاهش معنی‌داری در میزان پروآنتوسیانیدین کل (۰/۲۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) نسبت به نمونه‌های شاهد (۰/۴۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) شد (جدول ۲). افزایش غلظت شوری نیز روندی افزایشی در مقادیر پروآنتوسیانیدین کل داشت، به‌طوری که در تیمار شاهد مقدار پروآنتوسیانیدین کل در حداقل ۰/۳۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و در غلظت ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم این مقدار به ۱/۰۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر افزایش یافت (جدول ۲). در اثرات متقابل میان رقم و شوری نیز اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ از نظر مقادیر پروآنتوسیانیدین کل میان دو رقم دیده شد، به‌طوری که بیشترین مقدار پروآنتوسیانیدین کل در رقم زالزالکی با تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم به مقدار ۱/۱۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و کمترین مقدار آن در نمونه‌های شاهد رقم زرافشانی به میزان ۰/۱۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر گزارش شد (جدول ۳). در اثرات متقابل میان رقم و تیمار کروناتین نیز اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ در بین دو رقم گزارش شد، بدین‌ترتیب که بیشترین مقدار پروآنتوسیانیدین کل در نمونه‌های شاهد رقم زالزالکی با ۰/۴۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و کمترین آن در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار کروناتین در رقم زرافشانی (۰/۱۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مشاهده گردید (جدول ۳). در اثرات متقابل میان کروناتین و شوری نیز اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ میان دو رقم وجود داشت، به‌طوری که بیشترین مقدار پروآنتوسیانیدین کل در شرایطی که تیمار کروناتین اعمال نشده بود و در غلظت ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم به مقدار ۱/۲۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و کمترین آن در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار کروناتین و بدون اعمال تیمار شوری به میزان ۰/۳۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر گزارش شد (جدول ۴).

فلاونوئید کل

طبق نتایج حاصل شده، مقادیر فلاونوئید کل در میان تیمارهای مورد آزمایش اختلاف معنی‌داری را در سطح ۵٪ داشت (جدول ۱). استفاده از تیمار کروناتین در سطح ۱/۵ میلی‌مولار باعث کاهش معنی‌داری در میزان فلاونوئید کل (۰/۲۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) نسبت به نمونه‌های شاهد (۰/۳۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) شد (جدول ۲). افزایش غلظت شوری نیز سبب افزایش فلاونوئید کل شد، به‌طوری که در تیمار شاهد مقدار فلاونوئید کل در حداقل ۰/۲۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و در غلظت ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم این مقدار به ۰/۹۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر افزایش یافت (جدول ۲). در اثرات متقابل میان رقم و شوری نیز اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ از نظر مقادیر فلاونوئید کل میان دو رقم دیده شد، به‌طوری که بیشترین مقدار فلاونوئید کل در رقم زالزالکی با تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم به مقدار ۰/۸۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و کمترین مقدار آن در نمونه‌های شاهد رقم زرافشانی به میزان ۰/۰۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر گزارش شد (جدول ۳). در اثرات متقابل میان رقم و تیمار کروناتین نیز اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ در بین دو رقم گزارش شد، بدین‌ترتیب که بیشترین مقدار فلاونوئید کل در نمونه‌های شاهد رقم زالزالکی با ۰/۴۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و کمترین آن در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار کروناتین در رقم زرافشانی (۰/۱۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مشاهده گردید (جدول ۳). در اثرات متقابل میان کروناتین و شوری نیز اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ میان دو رقم مشاهده شد، به‌طوری که بیشترین مقدار فلاونوئید کل در شرایطی که تیمار کروناتین اعمال نشده بود و

در غلظت ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم به مقدار ۰/۹۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و کمترین آن در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار کروناتین و بدون اعمال تیمار شوری به میزان ۰/۳۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر گزارش شد (جدول ۴).

آنتوسیانین کل

طبق نتایج حاصل شده، مقادیر آنتوسیانین کل در میان تیمارهای مورد آزمایش دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ بود (جدول ۱). استفاده از تیمار کروناتین در سطح ۱/۵ میلی‌مولار باعث کاهش معنی‌داری در میزان آنتوسیانین کل (۰/۲۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) نسبت به نمونه‌های شاهد (۰/۴۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) شد (جدول ۲). افزایش غلظت شوری نیز سبب افزایش آنتوسیانین کل شد، به‌طوری که در تیمار شاهد مقدار آنتوسیانین کل در حداقل ۰/۴۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود و در غلظت ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم این مقدار به ۰/۹۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر افزایش یافت (جدول ۲). در اثرات متقابل میان رقم و شوری نیز اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ از نظر مقادیر فلاونوئید کل میان دو رقم دیده شد، به‌طوری که بیشترین مقدار آنتوسیانین کل در رقم زالزالکی با تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم به مقدار ۱/۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و کمترین مقدار آن در نمونه‌های شاهد رقم زرافشانی به میزان ۰/۱۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر گزارش شد (جدول ۳). در اثرات متقابل میان رقم و تیمار کروناتین نیز اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ در بین دو رقم گزارش شد، بدین‌ترتیب که بیشترین مقدار آنتوسیانین کل در نمونه‌های شاهد رقم زالزالکی با ۰/۵۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و کمترین آن در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار کروناتین در رقم زرافشانی (۰/۲۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مشاهده گردید (جدول ۳). در اثرات متقابل میان کروناتین و شوری نیز اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ میان دو رقم مشاهده شد، به‌طوری که بیشترین مقدار آنتوسیانین کل در شرایطی که تیمار کروناتین اعمال نشده بود و در غلظت ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم به مقدار ۱/۱۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و کمترین آن در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار کروناتین و بدون اعمال تیمار شوری به میزان ۰/۳۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر گزارش شد (جدول ۴).

فنل کل

طبق نتایج حاصل شده، مقادیر فنل کل در میان تیمارهای مورد آزمایش دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ بود (جدول ۱). استفاده از تیمار کروناتین در سطح ۱/۵ میلی‌مولار باعث کاهش معنی‌داری در میزان فنل کل (۰/۷۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) نسبت به نمونه‌های شاهد (۰/۸۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) شد (جدول ۲). افزایش غلظت شوری نیز سبب افزایش فنل کل شد، به‌طوری که در تیمار شاهد مقدار فنل کل در حداقل ۰/۵۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود و در غلظت ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم این مقدار به ۰/۸۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر افزایش یافت (جدول ۲). در اثرات متقابل میان رقم و شوری نیز اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ از نظر مقادیر فنل کل میان دو رقم دیده شد، به‌طوری که بیشترین مقدار در رقم زالزالکی با تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم به مقدار ۱/۰۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و کمترین مقدار آن در نمونه‌های شاهد رقم زرافشانی به میزان ۰/۴۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر گزارش شد (جدول ۳).

در اثرات متقابل میان رقم و تیمار کروناتین نیز اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ در بین دو رقم گزارش شد، بدین‌ترتیب که بیشترین مقدار فنل کل در نمونه‌های شاهد رقم زالزالکی با ۰/۷۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و کمترین آن در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار کروناتین در رقم زرافشانی (۰/۳۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مشاهده گردید (جدول ۳). در اثرات متقابل میان کروناتین و شوری نیز اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ میان دو رقم مشاهده شد، به‌طوری که بیشترین مقدار فنل کل در شرایطی که تیمار کروناتین اعمال نشده بود و در غلظت ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم به مقدار ۱/۱۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و کمترین آن در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار کروناتین و بدون اعمال تیمار شوری به میزان ۰/۵۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر گزارش شد (جدول ۴).

جدول ۱- تجزیه واریانس داده‌های صفات مورد بررسی در گیاه زرشک

منابع تغییر	درجه آزادی	پرولین	کلروفیل کل	کلروفیل a	کلروفیل b	پروآنتوسیانیدین کل	فلاونوئید کل	آنتوسیانین کل	فنل کل
رقم (A)	۱	۳۲۱۱/۸ ❋	۶۵۳۱/۱ ❋	۴۳۱۱/۲ ❋	۲۱۲۰/۰۳ ❋	۷۳۴۱/۲ ❋	۵۲۱۵/۰۷ ❋	۶۲۷۸/۱۲ ❋	۱۱۴۵۴/۸ ❋
شوری (B)	۳	۱۰۱۲/۹ ❋	۹۸۷/۴ ❋	۷۶۶/۱ ❋	۱۹۷/۸ ❋	۱۵۶۴/۰۰ ❋	۱۰۴۵/۶۵ ❋	۱۴۸۷/۴۳ ❋	۱۹۵۱/۸۹ ❋
کروناتین (C)	۲	۹۶/۸۵ ❋	۷۱/۸۶ ❋	۵۵/۸۱ ❋	۳۲۱۱/۸ ❋	۱۴/۸۴ ❋	۱۱/۳۱ ❋	۱۹/۰۴ ❋	۳۵/۶۱ ❋
A×B	۳	۲۰۸/۱۷ ❋❋	۱۷۷/۱۰ ❋	۱۱۶/۸ ❋	۱۲۶/۵۹ ❋	۱۸۹/۴۳ ❋❋	۱۰۹/۰۵ ❋❋	۲۰۱/۸ ❋❋	۲۳۱/۳۴ ❋❋
A×C	۲	۹۲۰/۷۱ ❋❋	۵۴۹/۸۶ ❋	۴۴۹/۱۰ ❋	۹۶/۸ ❋	۸۱۶/۹۶ ❋❋	۳۰۷/۸۹ ❋❋	۸۰۰/۱۳ ❋❋	۱۱۰۹/۱۰ ❋❋
B×C	۶	۳۴/۰۰ ❋❋	۲۵/۹۹ ❋❋	۲۰/۵۵ ❋❋	۷/۸۳ ❋❋	۶۹/۷۲ ❋❋	۵۰/۸۴ ❋❋	۷۷/۹۱ ❋❋	۸۱/۴۱ ❋❋
خطا	۴۸	۶/۳۲	۹/۶	۹/۴۶	۹/۱۰	۱/۱۹	۱/۲۵	۱/۸۶	۲/۱۳

❋❋: معنی‌دار در سطح ۵٪، ❋: معنی‌دار در سطح ۱٪

جدول ۲- اثرات ساده غلظت‌های مختلف شوری، کروناتین و رقم بر میانگین صفات مورد مطالعه در گیاه زرشک

	پرولین (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	پروآنتوسیانیدین کل (میلی‌گرم بر گرم عصاره)	فلاونوئید کل (میلی‌گرم بر گرم عصاره)	آنتوسیانین کل (میلی‌گرم بر گرم عصاره)	فنل کل (میلی‌گرم بر گرم عصاره)
زالزالکی	۴۰/۹۳ a	۰/۰۰۵۱ b	۰/۰۰۳۹ b	۰/۰۰۱۲ b	۰/۸۹ a	۰/۷۱ a	۰/۹۰ a	۰/۹۳ a
زرافشانی	۲۷/۱۹ b	۰/۰۰۷۹ a	۰/۰۰۶۱ a	۰/۰۰۸۱ a	۰/۴۳ b	۰/۲۲ b	۰/۵۱ b	۰/۸۵ b
غلظت کروناتین								
۰ (میلی‌مولار)	۲۰/۴۳ c	۰/۰۰۷۸ c	۰/۰۰۶۹ c	۰/۰۰۳ c	۰/۴۳ a	۰/۳۸ a	۰/۴۲ a	۰/۸۵ a
۰/۷۵ (میلی‌مولار)	۲۸/۰۱ b	۰/۰۰۹۳ a	۰/۰۰۸۵ a	۰/۰۰۰۸ a	۰/۳۵ b	۰/۳۳ b	۰/۳۸ b	۰/۷۹ b
۱/۵ (میلی‌مولار)	۳۵/۱۱ a	۰/۰۰۸۲ b	۰/۰۰۷۳ b	۰/۰۰۵ b	۰/۲۵ c	۰/۲۴ c	۰/۲۲ c	۰/۷۱ bc
غلظت شوری								
۰ (میلی‌مولار)	۱۷/۳۴ d	۰/۰۰۸۱ a	۰/۰۰۷۰ a	۰/۰۰۲۱ a	۰/۳۹ d	۰/۲۵ d	۰/۴۲ d	۰/۵۹ c
۲۵ (میلی‌مولار)	۲۹/۱ c	۰/۰۰۶۷ b	۰/۰۰۵۳ b	۰/۰۰۱۴b a	۰/۵۳ c	۰/۳۸ c	۰/۵۰ c	۰/۶۸ bc
۵۰ (میلی‌مولار)	۳۷/۴۳ b	۰/۰۰۳۴ c	۰/۰۰۲۹ c	۰/۰۰۱۵ b	۰/۸۹ b	۰/۷۴ b	۰/۶۹ b	۰/۷۳ b
۷۵ (میلی‌مولار)	۵۳/۱۲ a	۰/۰۰۱۵ d	۰/۰۰۱۱ d	۰/۰۰۱۲ bc	۱/۰۳ a	۰/۹۱ a	۰/۹۳ a	۰/۸۹ a

جدول ۳- اثرات متقابل بین رقم و شوری و رقم و کروناتین بر میانگین صفات مورد مطالعه در گیاه زرشک

	شوری (میلی‌مولار)	پرولین (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	پروآنتوسیانیدین کل (میلی‌گرم بر گرم عصاره)	فلاونوئید کل (میلی‌گرم بر گرم عصاره)	آنتوسیانین کل (میلی‌گرم بر گرم عصاره)	فنل کل (میلی‌گرم بر گرم عصاره)
زالزالکی	صفر	۱۵/۵ e	۰/۰۰۸۰۱ b	۰/۰۰۶۳ b	۰/۰۰۱۷ ab	۰/۴۴ g	۰/۴۰ d	۰/۴۲ g	۰/۶۱ d
	۲۵	۲۰/۶۴ d	۰/۰۰۵۹ e	۰/۰۰۴۰ d	۰/۰۰۱۹ ab	۰/۶۱ e	۰/۵۱ cd	۰/۵۶ f	۰/۷۳ cd
	۵۰	۲۸/۱۱ c	۰/۰۰۳۳ g	۰/۰۰۲۱ f	۰/۰۰۱۲ b	۰/۸۰ c	۰/۶۳ c	۰/۷۶ d	۰/۸۸ c
	۷۵	۳۸/۹۳ a	۰/۰۰۱۱ i	۰/۰۰۰۹ h	۰/۰۰۰۲ d	۱/۱۲ a	۰/۸۹ a	۱/۱ a	۱/۰۵ a
زرافشانی	صفر	۶/۳۳ k	۰/۰۰۹۲۱ a	۰/۰۰۷۱۲ a	۰/۰۰۲۰ a	۰/۱۹ ij	۰/۰۹ h	۰/۱۲ j	۰/۴۹ f
	۲۵	۱۳/۰۵ f	۰/۰۰۶۶ d	۰/۰۰۴۱ d	۰/۰۰۲۵ a	۰/۳۳ h	۰/۱۹ g	۰/۲۹ i	۰/۶۲ d
	۵۰	۲۱/۵۹ d	۰/۰۰۵۲ e	۰/۰۰۳۰ e	۰/۰۰۲۲ ab	۰/۵۳ f	۰/۳۰ e	۰/۴۵ g	۰/۷۹ cd
	۷۵	۳۲/۱۴ b	۰/۰۰۳۱ g	۰/۰۰۲۳ f	۰/۰۰۰۸ c	۰/۷۱ d	۰/۵۸ cd	۰/۶۹ e	۰/۹۴ b
	کروناتین (میلی‌مولار)	پرولین (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	پروآنتوسیانیدین (میلی‌گرم بر گرم عصاره)	فلاونوئید (میلی‌گرم بر گرم عصاره)	آنتوسیانین (میلی‌گرم بر گرم عصاره)	فنل کل (میلی‌گرم بر گرم عصاره)
زالزالکی	صفر	۱۷/۱۶ d	۰/۰۰۷۹ b	۰/۰۰۶۹ b	۰/۰۰۱۰ de	۰/۴۳ a	۰/۴۰ a	۰/۵۶ a	۰/۷۳ a
	۰/۷۵	۱۹/۰۶ c	۰/۰۰۶۱ c	۰/۰۰۴۸ d	۰/۰۰۲۳ c	۰/۳۸ ab	۰/۳۱ b	۰/۴۸ b	۰/۶۲ b
	۱/۵	۲۳/۷۲ a	۰/۰۰۴۰ e	۰/۰۰۲۶ f	۰/۰۰۱۴ d	۰/۲۲ b	۰/۱۹ c	۰/۳۶ c	۰/۴۹ cd
زرافشانی	صفر	۱۰/۵۵ j	۰/۰۰۹۴ a	۰/۰۰۸۱ a	۰/۰۰۱۳ d	۰/۳۱ ab	۰/۲۹ bc	۰/۴۰ b	۰/۶۸ b
	۰/۷۵	۱۲/۴۹ i	۰/۰۰۸۱ b	۰/۰۰۷۳ b	۰/۰۰۴۰ a	۰/۲۵ b	۰/۲۰ bc	۰/۳۳ c	۰/۵۳ c
	۱/۵	۱۹/۷۴ c	۰/۰۰۶۷ c	۰/۰۰۵۵ c	۰/۰۰۲۲ c	۰/۱۲ c	۰/۱۱ c	۰/۲۲ d	۰/۳۹ d

جدول ۴- اثرات متقابل بین شوری و کروناتین بر میانگین صفات مورد مطالعه در گیاه زرشک

شوری (میلی‌مولار)	کروناتین (میلی‌مولار)	پرولین (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل **a** (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل **b** (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	پروآنتوسیانیدین کل (میلی‌گرم بر گرم عصاره)	فلاونوئید کل (میلی‌گرم بر گرم عصاره)	آنتوسیانین کل (میلی‌گرم بر گرم عصاره)	فنل کل (میلی‌گرم بر گرم عصاره)
	صفر	۱۶/۱۱ m	۰/۰۰۸۴ b	۰/۰۰۶۹ c	۰/۰۰۱۵ c	۰/۴۱ h	۰/۴۷ f	۰/۵۹ f	۰/۶۵ e
صفر	۰/۷۵	۱۹/۰۶ k	۰/۰۰۹۲ a	۰/۰۰۸۵ a	۰/۰۰۰۷ d	۰/۳۹ hi	۰/۳۸ g	۰/۵۱ f	۰/۵۸ f
	۱/۵	۲۳/۷۲ h	۰/۰۰۷۰ c	۰/۰۰۶۲ c	۰/۰۰۰۸ d	۰/۳۵ i	۰/۳۵ g	۰/۳۹ h	۰/۵۶ f
	صفر	۲۱/۵۳ i	۰/۰۰۵۹ e	۰/۰۰۴۱ e	۰/۰۰۱۸ c	۰/۶۵ f	۰/۵۶ e	۰/۶۶ e	۰/۷۸ d
۲۵	۰/۷۵	۲۵/۷۳ g	۰/۰۰۶۰ d	۰/۰۰۳۸ f	۰/۰۰۲۲ b	۰/۵۷ g	۰/۴۹ f	۰/۵۵ f	۰/۷۱ d
	۱/۵	۳۴/۸۱ f	۰/۰۰۶۷ d	۰/۰۰۳۰ f	۰/۰۰۳۷ a	۰/۵۰ g	۰/۴۶ f	۰/۵۱ f	۰/۶۵ e
	صفر	۲۹/۱۴ g	۰/۰۰۳۳ g	۰/۰۰۱۹ h	۰/۰۰۱۴ c	۰/۸۷ d	۰/۶۶ d	۰/۷۹ d	۰/۹۱ b
۵۰	۰/۷۵	۳۷/۴۳ e	۰/۰۰۴۹ f	۰/۰۰۳۳ f	۰/۰۰۱۶ c	۰/۷۲ e	۰/۶۳ d	۰/۷۲ d	۰/۷۹ d
	۱/۵	۴۵/۱۳ c	۰/۰۰۴۰ f	۰/۰۰۲۸ g	۰/۰۰۱۲ c	۰/۶۸ f	۰/۵۹ e	۰/۶۸ e	۰/۶۹ e
	صفر	۴۰/۳۱ d	۰/۰۰۱۱ i	۰/۰۰۰۷ i	۰/۰۰۰۴ d	۱/۲۷ a	۰/۹۲ a	۱/۱۹ a	۱/۱۱ a
۷۵	۰/۷۵	۴۹/۹۵ b	۰/۰۰۲۱ h	۰/۰۰۱۵ h	۰/۰۰۰۶ d	۱/۱۰ b	۰/۸۱ b	۰/۹۷ b	۰/۹۸ b
	۱/۵	۵۹/۶۳ a	۰/۰۰۱۵ i	۰/۰۰۰۸ i	۰/۰۰۰۷ d	۰/۹۸ c	۰/۷۷ c	۰/۸۹ c	۰/۸۷ c

بحث

گیاهان در معرض استرس‌های بسیاری ازجمله حمله گیاه‌خواران، پاتوژن، نور مضر، دما، آب و شرایط تغذیه‌ای و شوری هستند. درک سیگنال‌های استرس اغلب سبب بیوسنتز یک تا تعدادی مولکول‌های سیگنالی اصلی مانند سالسیلیک اسید، اتیلن و جاسمونات می‌شود. این هورمون‌ها تولید یک شبکه سیگنالی ارتباطی را می‌کنند که باعث یکسری اتفاقات برای تطبیق ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه به استرس می‌شود. متیل‌جاسمونات در میوه‌های گواوا باعث افزایش فعالیت آنزیم PAL شده است اما مقدار فنل کل را تحت تأثیر قرار نداده است (Gonzalez-Aguilar *et al*., 2004). به‌دلیل تشابه ساختاری کروناتین با جاسمونات‌ها، این ماده نه تنها عملکردهای جاسمونات‌ها را تقلید می‌کند بلکه چندین برابر از آنها نیز فعال‌تر است (Tamogami & Kodama, 2000). برخی محققان معتقدند که کروناتین موجب افزایش تجمع آنتوسیانین‌ها و برخی ترکیب‌های فنلی در گیاهان می‌شود (Feys *et al*., 1994 ؛Xie *et al*., 2008). در واقع تنش شوری منجر به افزایش رادیکال‌های آزاد اکسیژن در کلروپلاست‌ها شده، در نتیجه غشای کلروپلاستی صدمه دیده و قابلیت حیاتی خود را از دست می‌دهد (Tehranifar, 2003). به‌طوری که با افزایش غلظت کروناتین در هر یک از سطوح شوری مقادیر پرولین افزایش یافت که با نتایج Eshghizadeh و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت داشت، آنان نیز بیان کرده بودند که همزمان با اُفت محتوی آب در برگ و تشدید تنش شوری در روزهای پس از تنش، غلظت پرولین نیز افزایش یافته بود. به‌نحوی که با افزایش غلظت شوری نیز یک روند کاهشی در مقادیر کلروفیل مشاهده گردید، همچنین کاهش غلظت کلروفیل در گیاهان تحت تنش ممکن است در ارتباط با افزایش فعالیت تجزیه کلروفیل توسط آنزیم کلروفیلاز باشد (Reddy & Vora, 1986). البته تجمع یون در برگ‌ها نیز تأثیر معکوسی بر غلظت کلروفیل دارد (Yeo & Flowers, 1983). افزایش غلظت شوری نیز سبب افزایش فنل کل شد، اما مقدار کلروفیل در هر سطح شوری، در غلظت ۰/۷۵ میلی‌مولار کروناتین، بیشترین مقدار را نشان داد. همبستگی بین رقم با شوری نیز در مقادیر پرولین، پروآنتوسیانیدین کل، فلاونوئید کل، آنتوسیانین کل و فنل کل مثبت و معنی‌دار بود، اما همین اثرات متقابل در مورد کلروفیل کل، منفی و معنی‌دار بود. در میان ارقام مورد بررسی افزایش میزان پرولین، پروآنتوسیانیدین کل، فلاونوئید کل، آنتوسیانین کل و فنل کل در رقم حساس به شوری بیشتر از رقم مقاوم بود. این نتایج نشان می‌دهد که سیستم‌های حفاظتی ارقام حساس به شوری سریع‌تر از ارقام مقاوم به شوری فعال می‌شود. از این‌رو در بین دو رقم زرشک مورد بررسی، به هنگام افزایش مقادیر شوری، میزان پرولین، پروآنتوسیانیدین کل، فلاونوئید کل، آنتوسیانین کل و فنل کل در رقم زالزالکی افزایش بیشتری داشت و این بیانگر مقاومت بیشتر رقم زرافشانی در شرایط تنش شوری است. در همبستگی بین رقم با کروناتین نیز مشاهده گردید که مقادیر پرولین، در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار کروناتین نسبت به نمونه‌های شاهد افزایش معنی‌داری داشت و در این رابطه هم رقم زرافشانی در تحمل شرایط تنش شوری مقاوم‌تر از رقم زالزالکی بود. در این رابطه می‌توان گفت که با افزایش غلظت کروناتین مقادیر پروآنتوسیانیدین کل، فلاونوئید کل، آنتوسیانین کل و فنل کل کاهش یافته بود که نشان‌دهنده تعدیل شرایط تنش توسط این ماده است. بنابراین با توجه به این تحقیق، رقم زالزالکی به‌عنوان رقم برتر در شرایط تنش شوری پیشنهاد می‌شود. همچنین کروناتین نیز به‌عنوان ماده‌ای که می‌تواند فاکتورهای تنش‌زای شوری را تعدیل کند مورد توجه قرار گرفته است.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از مساعدت‌های جناب آقای دکتر ابوالفضل شاکری (دستیار تخصصی گروه فارماکوگنوزی، دانشکده داروسازی مشهد) تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

- Amaeze, O.U., Ayoola, G.A., Sofidiya, M.O., Adepoju Bello, A.A., Adegoke, A.O. and Coker, H.A.B., 2011. Evaluation of antioxidant activity of *Tetracarpidium conophorum* (Miill. Arg) Hutch & Dalziel leaves. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2011(976701): 1-7.
- Beltagi, M.S., 2008. Exogenous ascorbic acid (vitamin C) induced anabolic changes for salt tolerance in chick pea (*Cicer arietinum* L.) plants. African Journal of plants Science, 10: 118-123.
- Chabra, R., Singh, S.B. and Abrol, I.P., 1979. Effect to exchangeable Sodium percentage on the groeth, yield and chemical composition of sunflower. Soil science, 127(4): 242-247.
- Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P. and Vidal, N., 2006. Antioxidant activity of some algerian medicinal plants extract containing phenolic compounds. Food Chemistry, 97: 654-660.
- Eijckelhoff, C. and Dekker, J.P., 1997. A routine method to determine the chlorophyll a, pheophytin a and β-carotene contents of isolated Photosystem II reaction center complexes. Photosynthesis Research, 52: 69-73.
- Eshghizadeh, H.R., Kafi, M. and Nezami, A., 2012. Effect of soil chemical properties on bio-saline production of blue panic grass (*Panicum antidotale* Retz.) under water-deficit and salinity stress conditions. Research on Crops, 13(3): 1039-1047.
- Feys, B.J.F., Benedetti, C.E., Penfold, C.N. and Turner, J.G., 1994. Arabidopsis mutants selected for resistance to the phytotoxin coronatine are male sterile, insensitive to methyl jasmonate, and resistant to a bacterial pathogen. The Plant Cell, 6(5):751-759.
- Gonzalez-Aguilar, G.A., Tiznado-Hernandez, M.E., Zavaleta-Gatica, R. and Martinez-Tellez, M.A., 2004. Methyl jasmonate treatments reduce chilling injury and activate the defense response of guava fruits. Biochemical and Biophysical Research Communications, 313(3): 694-701.
- Huang, D-J, Chun-Der, L, Hsien-Jung, C. and Yaw-Huei, L., 2004. Antioxidant and antiproliferative activities of sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam Tainong 57') constituents. Botanical Bulletin of Academia Sinica, 45: 179-186.
- Minaiyan, M., Ghannadi, A., Mahzouni, P. and Jaffari-Shirazi, E., 2011. Comparative study of *Berberis vulgaris* fruit extract and berberine chloride effects on acetic acid-induced colitis in rats. Iranian Journal of Pharmaceutical Research, 10(1): 97-104.
- Munns, R. and Tester, M., 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology, 59: 651-681.
- Parida, A. and Das, A.B., 2005 Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicology and environmental safety, 60: 324-349.
- Pessarkli, M., 1999. Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker Inc, 697p.
- Reddy, M.P. and Vora, A.B., 1986. Changes in pigment composition, hill reaction activity and saccharides metabolism in bajra (*Pennisetum typhoides* S&H) leaves under NaCl salinity. Photosynthica, 20: 50-55.
- Sabry, S.R.S., Smith, L.T. and Smith, G.M., 1995. Osmoregulation in spring wheat under drought and salinity stress. Journal of Genetics and Breeding, 49(1): 55-60.
- Savitch, L.V., Harney, T. and Huner, N.P.A., 2000. Sucrose metabolism in spring and winter wheat in response to high irradiance, cold stress and cold acclimation. Physiologia Plantarum, 108(3): 270-278.
- Sultana, N., Ikeda, T. and Itoh, R., 1999. Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. Journal Environmental and Experimental Botany, 42: 211-220.
- Tamogami, S. and Kodama, O., 2000. Coronatine elicits phytoalexin production in rice leaves (*Oryza sativa* L.) in the same manner as jasmonic acid. Phytochemistry, 54(7): 689-694.
- Tehranifar, A., 2003. Barberry growing in Iran. Acta Horticulture, 620: 193-195.
- Wagner, G.J., 1979. Content and vacuole/extra vacuole distribution of neutral sugars free amino acids, and anthocyanins in protoplast. Plant Physiology, 64: 88-93.
- Wang, B., Li, Z., Eneji, E.A., Tian, X., Zhai, Z., Li, J. and Duan, L., 2008. Effects of coronatine on growth, gas exchange traits, chlorophyll content, antioxidant enzymes and lipid peroxidation in maize (*Zea mays* L.) seedling under simulated drought stress. Plant Production Science, 11(3): 283-290.
- Xie, Z.X., Duan, L.S., Tian, X.L., Wang, B.Q., Eneji, A.E. and Li, Z.H., 2008. Coronatine alleviates salinity stress in cotton by improving the antioxidative defense system and radical-scavenging activity. Journal of Plant Physiology, 165(4): 375-384.
- Yeo, A.R. and Flowers, T.J., 1983. Varietal differences in the toxicity of sodium ions in rice leaves. Journal of Plant Physiology, 59: 189-195.

Effects of coronatine on physiological and biochemical characteristics of two berberis cultivars (*Berberis crataegina* DC. & *Berberis integerrima* Bge.) under saline condition

S.F. Taghizadeh[1*], H. Aroiee[2] and J. Asili[3]

1*- Corresponding author, Ph.D. Student, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, E-mail: sfaezeh_taghizadeh@yahoo.com
2- Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
3- Department of Pharmacognosy, Faculty of Pharmacy, University of Medical Sciences, Mashhad, Iran

Received: October 2015 Revised: February 2016 Accepted: February 2016

Abstract

This study was conducted to determine the effects of saline stress and coronatine on physiological and biochemical characteristics of two berberis cultivars (*Berberis crataegina* DC. and *Berberis integerrima* Bge.) in 2013. The study was arranged in a factorial completely randomized design (RCD) with four replications. The study species were planted in the pots containing sand. The plants were treated with NaCl at four levels of 0, 25, 50, 75mM and three levels of coronatine (0. 0.75, 1.5mM). The results showed that the content of proline, total phenols, total flavonoids, total proanthocyanidine and anthocyanin increased in plants treated with salinity stress while the chlorophyll content was reduced by increasing of salt concentration. At the same concentration of NaCl, the maximum content of proline was recorded in plants treated with coronatine (1.5mM). The highest increase in the total chlorophyll content was related to coronatine (0.75mM); however, the content of total phenols, total flavonoids, total proanthocyanidine and anthocyanin was decreased at a concentration of 1.5mM coronatine.

Keywords: *Berberis*, coronatine, physiological and biochemical specification, salin stress.