

## 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<sup>۱\*</sup>، حسین آروبی<sup>۲</sup> و جواد اصیلی<sup>۳</sup>

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

پست الکترونیک: [sfaezeh\\_taghizadeh@yahoo.com](mailto:sfaezeh_taghizadeh@yahoo.com)

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

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

تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۴

تاریخ اصلاح نهایی: بهمن ۱۳۹۴

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۹۴

### چکیده

به منظور 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 به صورت 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، ۷۵/۰ 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، به طوری که کمترین میزان آن در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار کروناتین بود.

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

### مقدمه

(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

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.,

مولکول کرونا تین ساختار منحصر به فردی دارد و از دو بخش جدا تشکیل شده است: ۱- اسید کرونافاسیک (Coronafacic Acid) (CFA) یک پلی کتید که از نظر ساختاری و عملکردی مشابه جاسمونات‌ها، که گروهی از مولکول‌های سیگنالینگ گیاهی الفاء شده در پاسخ به استرس هستند، می‌باشند. ۲- اسید کرونامیک (Coronamic Acid) (CMA) یک اتیل سیکلو پروپیل آمینو اسید مشتق شده از ایزولوسین که مشابه آمینوسیکلو پروپیل اسید کربوکسیلیک است که پیش‌ساز هورمون دفاعی اتیلن می‌باشد (Parida & Das, 2005). اثر کرونا تین بر ایجاد مقاومت در گیاهان در مقابله با تنش‌ها از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مشابه عملکردی این ترکیب با جاسمونات‌ها را نشان می‌دهد. غلظت بیولوژی کرونا تین مسیرهای سیگنالینگ جاسمونات را فعال می‌کند (Wang *et al.*, 2008) از این رو با هدف مطالعه مکانیسم اثر کرونا تین 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 کرونا تین: 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 هر بار یوم 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

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 صورتی که 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 از جمله 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 وارپته گندم افزایش یافت. تنش شوری از طریق القای اسمزی می‌تواند موجب القای تجمع آنتوسیانین‌ها گردد. تجمع آنتوسیانین در عشقه گزارش شده است (Eijkelhoff & 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).

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  $A = bc$  و ضریب خاموشی  $33000 M^{-1}cm^{-1}$  انجام و نتایج برحسب میکروگرم بر گرم وزن تر ارائه گردید.

#### اندازه‌گیری کلروفیل و پرولین

مقادیر کلروفیل براساس روش Dekker و Eijkelhoff (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  $A_{645}$  و  $A_{663}$  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.

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، 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 فلاونوئیدها 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 فلاونوئیدها برحسب برابر کوئرستین (QE) بیان شد. مقادیر پروآنتوسیانیدین کل براساس روش Amaze و همکاران (۲۰۱۱) مشخص شد. جذب محلول‌ها در طول موج ۵۰۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر UV/vis مدل Cecil ساخت

## تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. برای تجزیه آماری از نرم افزارهای 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 کرونا تین به روی مقادیر پرولین، کلروفیل کل، پروآنتوسیانیدین کل، فلاونوئید کل، آنتوسیانین کل و فنل کل در سطح ۱٪ معنی دار بودند. اما اثرات متقابل رقم و شوری و رقم و کرونا تین، به روی مقادیر کلروفیل کل در سطح ۵٪ معنی دار شد، در سایر فاکتورهای اندازه گیری شده نیز در سطح ۵٪ معنی دار بود. البته تأثیر متقابل شوری و کرونا تین نیز در تمامی موارد در سطح ۵٪ معنی دار شد.

## پرولین

کلیه تیمارهای مورد آزمایش از نظر مقادیر پرولین اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ داشتند (جدول ۱). استفاده از تیمار کرونا تین در سطح ۱/۵ میلی مولار باعث افزایش معنی داری در میزان پرولین نسبت به نمونه های شاهد شد (جدول ۲). با افزایش غلظت شوری نیز یک روند افزایش در مقادیر پرولین مشاهده گردید، به طوری که در تیمار شاهد مقدار پرولین ۱۷/۳۴ میلی گرم بر گرم وزن تر و در تیمار شوری با غلظت ۷۵ میلی مولار این مقدار به ۵۳/۱۲ میلی گرم بر گرم وزن تر افزایش یافت (جدول ۲). در اثرات متقابل میان رقم و شوری نیز اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ میان دو رقم دیده شد، به طوری که بیشترین مقدار پرولین در اعمال تیمار شوری در سطح ۷۵ میلی مولار در رقم زالکی با ۳۸/۹۳ میلی گرم بر گرم وزن تر و کمترین مربوط به شاهد در رقم زرافشانی با ۶/۳۳ میلی گرم بر گرم وزن تر بود (جدول ۳). همچنین در اثرات متقابل میان رقم و تیمار کرونا تین نیز اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ در بین دو رقم گزارش شد، بدین ترتیب که بیشترین مقدار پرولین در اعمال تیمار کرونا تین

در سطح ۱/۵ میلی مولار مربوط به رقم زالکی با ۲۳/۷۲ میلی گرم بر گرم وزن تر و کمترین آن در عدم استفاده از کرونا تین در رقم زرافشانی با ۱۰/۵۵ میلی گرم بر گرم وزن تر بود (جدول ۳). در اثرات متقابل میان کرونا تین و شوری نیز اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ میان دو رقم دیده شد، به طوری که بیشترین مقدار پرولین در اعمال همزمان تیمار شوری در سطح ۷۵ میلی مولار و کرونا تین با غلظت ۱/۵ میلی مولار با ۵۹/۶۳ میلی گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد و کمترین مقدار پرولین در شرایط شاهد با ۱۶/۱۱ میلی گرم بر گرم وزن تر گزارش شد (جدول ۴).

## کلروفیل کل

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

اثرات متقابل میان کروناتین و شوری نیز اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ میان دو رقم وجود داشت، به طوری 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، به طوری 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، به طوری که بیشترین مقدار فلاونوئید کل در رقم زالکی 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، بدین ترتیب که بیشترین مقدار فلاونوئید کل در نمونه‌های شاهد رقم زالکی 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، به طوری که بیشترین مقدار فلاونوئید کل در شرایطی که تیمار کروناتین اعمال نشده بود و

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، به طوری 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، به طوری که بیشترین مقدار پروآنتوسیانیدین کل در رقم زالکی 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، بدین ترتیب که بیشترین مقدار پروآنتوسیانیدین کل در نمونه‌های شاهد رقم زالکی 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

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

#### آنتوسیانین کل

طبق نتایج حاصل شده، مقادیر آنتوسیانین کل در میان تیمارهای مورد آزمایش دارای اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ بود (جدول ۱). استفاده از تیمار کرونتین در سطح ۱/۵ میلی مولار باعث کاهش معنی داری در میزان آنتوسیانین کل (۰/۲۲ میلی گرم بر گرم وزن تر) نسبت به نمونه‌های شاهد (۰/۴۲ میلی گرم بر گرم وزن تر) شد (جدول ۲). افزایش غلظت شوری نیز سبب افزایش آنتوسیانین کل شد، به طوری که در تیمار شاهد مقدار آنتوسیانین کل در حداقل ۰/۴۲ میلی گرم بر گرم وزن تر بود و در غلظت ۷۵ میلی مولار کلرید سدیم این مقدار به ۰/۹۳ میلی گرم بر گرم وزن تر افزایش یافت (جدول ۲). در اثرات متقابل میان رقم و شوری نیز اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ از نظر مقادیر فلاونوئید کل میان دو رقم دیده شد، به طوری که بیشترین مقدار آنتوسیانین کل در رقم زالکی با تیمار ۷۵ میلی مولار کلرید سدیم به مقدار ۰/۱۲ میلی گرم بر گرم وزن تر گزارش شد (جدول ۳). در اثرات متقابل میان رقم و تیمار کرونتین نیز اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ در بین دو رقم گزارش شد، بدین ترتیب که بیشترین مقدار آنتوسیانین کل در نمونه‌های شاهد رقم بر گرم وزن تر و کمترین آن در غلظت ۱/۵ میلی مولار کرونتین در رقم زرافشانی (۰/۲۲ میلی گرم بر گرم وزن تر) مشاهده گردید (جدول ۳). در اثرات متقابل میان کرونتین و شوری نیز اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ میان دو رقم مشاهده شد، به طوری که بیشترین مقدار آنتوسیانین کل در شرایطی که تیمار کرونتین اعمال نشده بود و در غلظت ۷۵ میلی مولار کلرید سدیم به مقدار ۱/۱۱ میلی گرم بر گرم وزن تر و کمترین آن در غلظت ۱/۵ میلی مولار کرونتین و بدون اعمال تیمار شوری به میزان ۰/۵۶ میلی گرم بر گرم وزن تر گزارش شد (جدول ۴).

میلی مولار کرونتین و بدون اعمال تیمار شوری به میزان ۰/۳۹ میلی گرم بر گرم وزن تر گزارش شد (جدول ۴).

#### فنل کل

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

در اثرات متقابل میان رقم و تیمار کرونتین نیز اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ در بین دو رقم گزارش شد، بدین ترتیب که بیشترین مقدار فنل کل در نمونه‌های شاهد رقم زالکی با ۰/۷۳ میلی گرم بر گرم وزن تر و کمترین آن در غلظت ۱/۵ میلی مولار کرونتین در رقم زرافشانی (۰/۳۹ میلی گرم بر گرم وزن تر) مشاهده گردید (جدول ۳). در اثرات متقابل میان کرونتین و شوری نیز اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ میان دو رقم مشاهده شد، به طوری که بیشترین مقدار فنل کل در شرایطی که تیمار کرونتین اعمال نشده بود و در غلظت ۷۵ میلی مولار کلرید سدیم به مقدار ۱/۱۱ میلی گرم بر گرم وزن تر و کمترین آن در غلظت ۱/۵ میلی مولار کرونتین و بدون اعمال تیمار شوری به میزان ۰/۵۶ میلی گرم بر گرم وزن تر گزارش شد (جدول ۴).

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

کلروفیل کل	کلروفیل a	کلروفیل b	پروآنتوسیانیدین کل	فلاونوئید کل	آنتوسیانین کل	فنل کل
۶۵۳۱/۱ *	۴۳۱۱/۲ *	۲۱۲۰/۰۳ *	۷۳۴۱/۲ *	۵۲۱۵/۰۷ *	۶۲۷۸/۱۲ *	۱۱۴۵۴/۸ *
۹۸۷/۴ *	۷۶۶/۱ *	۱۹۷/۸ *	۱۵۶۴/۰۰ *	۱۰۴۵/۶۵ *	۱۴۸۷/۴۳ *	۱۹۵۱/۸۹ *
۷۱/۸۶ *	۵۵/۸۱ *	۳۲۱۱/۸ *	۱۴/۸۴ *	۱۱/۳۱ *	۱۹/۰۴ *	۳۵/۶۱ *
۱۷۷/۱۰ *	۱۱۶/۸ *	۱۲۶/۵۹ *	۱۸۹/۴۳ **	۱۰۹/۰۵ **	۲۰۱/۸ **	۲۳۱/۳۴ **
۵۴۹/۸۶ *	۴۴۹/۱۰ *	۹۶/۸ *	۸۱۶/۹۶ **	۳۰۷/۸۹ **	۸۰۰/۱۳ **	۱۱۰۹/۱۰ **
۲۵/۹۹ **	۲۰/۵۵ **	۷/۸۳ **	۶۹/۷۲ **	۵۰/۸۴ **	۷۷/۹۱ **	۸۱/۴۱ **
۹/۶	۹/۴۶	۹/۱۰	۱/۱۹	۱/۲۵	۱/۸۶	۲/۱۳

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

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)
۰/۰۰۵۱ b	۰/۰۰۳۹ b	۰/۰۰۱۲ b	۰/۸۹ a	۰/۷۱ a	۰/۹۰ a	۰/۹۳ a
۰/۰۰۷۹ a	۰/۰۰۶۱ a	۰/۰۰۸۱ a	۰/۴۳ b	۰/۲۲ b	۰/۵۱ b	۰/۸۵ b
۰/۰۰۷۸ c	۰/۰۰۶۹ c	۰/۰۰۳ c	۰/۴۳ a	۰/۳۸ a	۰/۴۲ a	۰/۸۵ a
۰/۰۰۹۳ a	۰/۰۰۸۵ a	۰/۰۰۰۸ a	۰/۳۵ b	۰/۳۳ b	۰/۳۸ b	۰/۷۹ b
۰/۰۰۸۲ b	۰/۰۰۷۳ b	۰/۰۰۵ b	۰/۲۵ c	۰/۲۴ c	۰/۲۲ c	۰/۷۱ bc
۰/۰۰۸۱ a	۰/۰۰۷۰ a	۰/۰۰۲۱ a	۰/۳۹ d	۰/۲۵ d	۰/۴۲ d	۰/۵۹ c
۰/۰۰۶۷ b	۰/۰۰۵۳ b	۰/۰۰۱۴ b a	۰/۵۳ c	۰/۳۸ c	۰/۵۰ c	۰/۶۸ bc
۰/۰۰۳۴ c	۰/۰۰۲۹ c	۰/۰۰۱۵ b	۰/۸۹ b	۰/۷۴ b	۰/۶۹ b	۰/۷۳ b
۰/۰۰۱۵ d	۰/۰۰۱۱ d	۰/۰۰۱۲ bc	۱/۰۳ a	۰/۹۱ a	۰/۹۳ a	۰/۸۹ a

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

کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر)	پروآنتوسیانیدین کل (میلی گرم بر گرم عصاره)	فلاونوئید کل (میلی گرم بر گرم عصاره)	آنتوسیانین کل (میلی گرم بر گرم عصاره)	فنل کل (میلی گرم بر گرم عصاره)
۰/۰۰۸۰۱ b	۰/۰۰۶۳ b	۰/۰۰۱۷ ab	۰/۴۴ g	۰/۴۰ d	۰/۴۲ g	۰/۶۱ d
۰/۰۰۵۹ e	۰/۰۰۴۰ d	۰/۰۰۱۹ ab	۰/۶۱ e	۰/۵۱ cd	۰/۵۶ f	۰/۷۳ cd
۰/۰۰۳۳ g	۰/۰۰۲۱ f	۰/۰۰۱۲ b	۰/۸۰ c	۰/۶۳ c	۰/۷۶ d	۰/۸۸ c
۰/۰۰۱۱ i	۰/۰۰۰۹ h	۰/۰۰۰۲ d	۱/۱۲ a	۰/۸۹ a	۱/۱ a	۱/۰۵ a
۰/۰۰۹۲۱ a	۰/۰۰۷۱۲ a	۰/۰۰۲۰ a	۰/۱۹ ij	۰/۰۹ h	۰/۱۲ j	۰/۴۹ f
۰/۰۰۶۶ d	۰/۰۰۴۱ d	۰/۰۰۲۵ a	۰/۳۳ h	۰/۱۹ g	۰/۲۹ i	۰/۶۲ d
۰/۰۰۵۲ e	۰/۰۰۳۰ e	۰/۰۰۲۲ ab	۰/۵۳ f	۰/۳۰ e	۰/۴۵ g	۰/۷۹ cd
۰/۰۰۳۱ g	۰/۰۰۲۳ f	۰/۰۰۰۸ c	۰/۷۱ d	۰/۵۸ cd	۰/۶۹ e	۰/۹۴ b
کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر)	پروآنتوسیانیدین (میلی گرم بر گرم عصاره)	فلاونوئید (میلی گرم بر گرم عصاره)	آنتوسیانین (میلی گرم بر گرم عصاره)	فنل کل (میلی گرم بر گرم عصاره)
۰/۰۰۷۹ b	۰/۰۰۶۹ b	۰/۰۰۱۰ de	۰/۴۳ a	۰/۴۰ a	۰/۵۶ a	۰/۷۳ a
۰/۰۰۶۱ c	۰/۰۰۴۸ d	۰/۰۰۲۳ c	۰/۳۸ ab	۰/۳۱ b	۰/۴۸ b	۰/۶۲ b
۰/۰۰۴۰ e	۰/۰۰۲۶ f	۰/۰۰۱۴ d	۰/۲۲ b	۰/۱۹ c	۰/۳۶ c	۰/۴۹ cd
۰/۰۰۹۴ a	۰/۰۰۸۱ a	۰/۰۰۱۳ d	۰/۳۱ ab	۰/۲۹ bc	۰/۴۰ b	۰/۶۸ b
۰/۰۰۸۱ b	۰/۰۰۷۳ b	۰/۰۰۴۰ a	۰/۲۵ b	۰/۲۰ bc	۰/۳۳ c	۰/۵۳ 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

کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر)	پروآنتوسیانیدین کل (میلی گرم بر گرم عصاره)	فلاونوئید کل (میلی گرم بر گرم عصاره)	آنتوسیانین کل (میلی گرم بر گرم عصاره)	فنل کل (میلی گرم بر گرم عصاره)
۰/۰۰۸۴ b	۰/۰۰۶۹ c	۰/۰۰۱۵ c	۰/۴۱ h	۰/۴۷ f	۰/۵۹ f	۰/۶۵ e
۰/۰۰۹۲ a	۰/۰۰۸۵ a	۰/۰۰۰۷ d	۰/۳۹ hi	۰/۳۸ g	۰/۵۱ f	۰/۵۸ f
۰/۰۰۷۰ c	۰/۰۰۶۲ c	۰/۰۰۰۸ d	۰/۳۵ i	۰/۳۵ g	۰/۳۹ h	۰/۵۶ f
۰/۰۰۵۹ e	۰/۰۰۴۱ e	۰/۰۰۱۸ c	۰/۶۵ f	۰/۵۶ e	۰/۶۶ e	۰/۷۸ d
۰/۰۰۶۰ d	۰/۰۰۳۸ f	۰/۰۰۲۲ b	۰/۵۷ g	۰/۴۹ f	۰/۵۵ f	۰/۷۱ d
۰/۰۰۶۷ d	۰/۰۰۳۰ f	۰/۰۰۳۷ a	۰/۵۰ g	۰/۴۶ f	۰/۵۱ f	۰/۶۵ e
۰/۰۰۳۳ g	۰/۰۰۱۹ h	۰/۰۰۱۴ c	۰/۸۷ d	۰/۶۶ d	۰/۷۹ d	۰/۹۱ b
۰/۰۰۴۹ f	۰/۰۰۳۳ f	۰/۰۰۱۶ c	۰/۷۲ e	۰/۶۳ d	۰/۷۲ d	۰/۷۹ d
۰/۰۰۴۰ f	۰/۰۰۲۸ g	۰/۰۰۱۲ c	۰/۶۸ f	۰/۵۹ e	۰/۶۸ e	۰/۶۹ e
۰/۰۰۱۱ i	۰/۰۰۰۷ i	۰/۰۰۰۴ d	۱/۲۷ a	۰/۹۲ a	۱/۱۹ a	۱/۱۱ a
۰/۰۰۲۱ h	۰/۰۰۱۵ h	۰/۰۰۰۶ d	۱/۱۰ b	۰/۸۱ b	۰/۹۷ b	۰/۹۸ b
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 از جمله 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 سالیسیلیک 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. متیل جاسمونات 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). به دلیل تشابه ساختاری کرونتین 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 کرونتین 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). به طوری که با افزایش غلظت کرونتین 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. به نحوی 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 کلروفیل‌لاز 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 کرونتین، 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 این رو 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 کرونتین نیز مشاهده گردید که مقادیر پرولین، در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار کرونتین 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 کرونتین 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 کرونتین نیز به‌عنوان ماده‌ای که می‌تواند فاکتورهای تنش‌زای شوری را تعدیل کند مورد توجه قرار گرفته است.

## سپاسگزاری

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

## منابع مورد استفاده

- 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. *Photosynthetica*, 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.
- 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 growth, 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.
- Eijkelhoff, C. and Dekker, J.P., 1997. A routine method to determine the chlorophyll a, pheophytin a and -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.

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

S.F. Taghizadeh<sup>1\*</sup>, H. Aroiee<sup>2</sup> and J. Asili<sup>3</sup>

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.