



# بزرگای کشاورزی

دوره ۲۱ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۸

صفحه‌های ۳۳۶-۳۲۳

## ارزیابی صفات بیوشیمیایی در برخی پایه‌های پسته تحت تنش شوری به منظور انتخاب پایه‌های متحمل

خیرمحمد محمدی<sup>۱</sup>، علی عبادی<sup>۲\*</sup>، محمدعلی عسکری سرچشمه<sup>۳</sup>، محمدرضا فتاحی‌مقدم<sup>۴</sup>، حسین حکم‌آبادی<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی دکتری، گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

۲. استاد، گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

۳. دانشیار، گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

۴. استادیار، پژوهشکده پسته، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی استان سمنان، مرکز دامغان، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۴/۱۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۱۰/۱۱

### چکیده

گیاهان هنگام مواجه شدن با انواع تنش‌های محیطی از سیستم آنتی‌اکسیدانی جهت مقابله با عوارض ناشی از تنش استفاده می‌کنند. در این تحقیق به منظور بررسی اثر تنش شوری ناشی از افزایش کلرید سدیم بر سیستم آنتی‌اکسیدانی و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک دانه‌های پسته (بادامی‌ریز زرنده، قزوینی، سرخس، آتلانتیکا، UCBI و دورگ‌های BadamiRiz-e cv. *Pistacia vera* × *P. Integerrima*—cv. *BadamiRiz-e* × *P. Integerrima*، *P. vera* × *P. atlantica* Desf × *P. Integerrima*، و فضای سبز (دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی) با سه تکرار در بستر کوکوپیت و پرلایت انجام شد. عوامل آزمایش شامل تنش شوری (صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ میلی‌مولار) و پایه بودند. اعمال تنش در سال دوم به مدت نه هفته انجام گردید. در پایان آزمایش برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی دانه‌ها اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که با افزایش سطح شوری، سطح برگ و کلروفیل کل در گیاهان مورد مطالعه کاهش یافتند. پایه آتلانتیکا بیش‌ترین و پایه بادامی‌ریز زرنده کمترین کاهش را در این خصوص نشان دادند. هم‌چنین با افزایش سطح شوری، میزان پرولین برگ، فنول کل و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان افزایش یافتند. بیش‌ترین افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در دورگ بادامی‌ریز زرنده × ایتگریما، پایه‌های بادامی‌ریز زرنده و قزوینی مشاهده شد. با توجه به نتایج این پژوهش به نظر می‌رسد دورگ بادامی‌ریز زرنده × ایتگریما، پایه‌های بادامی‌ریز زرنده و قزوینی توانایی بیش‌تری در حفظ پروتئین‌های برگ داشته و تحمل بالاتری نسبت به تنش شوری دارند.

**کلیدواژه‌ها:** آتلانتیکا، پرولین، تحمل به شوری، سطح برگ، فعالیت آنزیمی.

## Evaluation of Biochemical Traits in Some Pistachio Rootstocks under Salt Stress for Selection of Tolerant Rootstocks

Khier Mohammad Mohammadi<sup>1</sup>, Ali Ebadi<sup>2\*</sup>, Mohammad Ali Askari Sarchishmeh<sup>3</sup>, Mohammad Reza Fattahi Moghaddam<sup>2</sup>, Hossein Hokmabadi<sup>4</sup>

1. Ph.D. Candidate, Department of Horticultural Science and Landscape Engineering, Faculty of Agricultural Science and Engineering, College of Agricultural and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

2. Professor, Department of Horticultural Science and Landscape Engineering, Faculty of Agricultural Science and Engineering, College of Agricultural and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

3. Associate Professor, Department of Horticultural Science and Landscape Engineering, Faculty of Agricultural Science and Engineering, College of Agricultural and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

4. Assistant Professor, Pistachio Research center, Agricultural Research Education and Extension Organization of Semnan Province, Dameghan center, (Iran).

Received: July 6, 2018

Accepted: January 1, 2019

### Abstract

When facing different stresses, plants employ antioxidant mechanism. The present research studies the effect of salinity stress, caused by increased amounts of sodium chloride, on the antioxidative system as well as some physiological characteristics of selected pistachio seedlings (*Badami-Riz-e-Zarand*, *Qazvini*, *Sarakhs*, *Atlantica UCBI*, and Hybrids of *Pistacia. vera* cv. *Badami-Riz-e-Zaarand* × *P. Integerrima*, *P. vera* cv. *Sharakhs* × *P. Integerrima*, *P. atlantica* Desf. × *P. Integerrima*). It carries out a greenhouse experiment as a factorial-based on a completely randomized design with three replicates in cocopit and perlite media. The treatments are consisted of four salinity levels (0, 75, 150, and 225 mM NaCl) along with above-mentioned root stocks. Salinity stress has been applied in the second year of seedling growth for nine weeks. The study measures some physiological and biochemical traits of the seedlings at the end of the experiment, its results showing that leaf area and total chlorophyll contents have decreased in all treated plants. Accordingly, under salinity stress *Atlantica* rootstock displays the greatest reduction, and *Badami-Riz-e-Zarand*, the lowest. Also, the study shows that by increasing salinity levels, the levels of proline, total phenol content, and antioxidant enzymes activity turn out to stand higher in *Badami-Riz-e-Zarand* × *P. Integerrima*, *Badami-Riz-Zarand*, and *Qazvini*, in comparison to other rootstocks. It seems that a hybrid of *Badami-Riz-e-Zarand* × *P. Integerrima*, *Badami-Riz-Zarand*, and *Qazvini* rootstocks is more capable of sustaining leaf water and proteins, being therefore more resistant to salinity stress.

**Keywords:** Atlantic, enzymatic activity, leaf area, proline, salt tolerance.

## ۱. مقدمه

سیستم‌های غیر آنزیمی شامل: آسکوربیک اسید، گلوکاتایون، فلاونوئیدها، کاروتنوئیدها، پرولین و آلفاتوکوفرول می‌باشد. میزان تحمل به تنش‌های اکسیداتیو از جمله ویژگی‌هایی است که می‌تواند به گیاه در تحمل به دامنه وسیعی از تنش‌ها کمک کند (Meloni et al., 2003; Naza et al., 2011). علاوه بر آن، تنش شوری بیان ژن‌ها و تولید پروتئین‌ها را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (Kamiab et al., 2013). مطالعات انجام‌شده روی ارقام مختلف پسته نشان داد که تنش شوری باعث تغییر در الگوی پروتئین‌ها و پروتئین کل می‌گردد (Merati et al., 2015; Sohrabi et al., 2011).

افزایش کلرید سدیم در گیاه باعث، تجزیه پروتئین‌ها شده که نتیجه آن افزایش میزان اسیدهای آمینه می‌باشد که مهم‌ترین آن‌ها، پرولین است. پرولین به‌عنوان یک ماده محلول، سبب افزایش فشار اسمزی سلول، حفظ آماس سلولی، پایداری شکل طبیعی پروتئین‌ها و در نتیجه حفاظت و پایداری غشا می‌گردد (Rohman et al., 2010). در پژوهشی مشاهده شد که تجمع میزان پرولین در واریته‌های مقاوم به تنش خشکی بیش‌تر از واریته‌های حساس می‌باشد (Garaghanipur et al., 2014). هم‌چنین مشاهده شد که با افزایش شوری، میزان پرولین افزایش می‌یابد (Baquerzadeh et al., 2017).

تنش شوری رشد گیاه را به‌علت کاهش سرعت فتوسنتز، محدود می‌کند. تحت چنین شرایطی، ترکیبات فنولی بیش‌تری تولید می‌شود. علت آن را می‌توان سازوکارهای دفاعی خاص در گیاهان از قبیل افزایش غلظت فنول کل در برابر تنش دانست. افزایش ترکیبات فنولی به این علت است که گروه‌های هیدروکسیل آزاد متصل به حلقه آروماتیک به‌وسیله جاربگری رادیکال‌ها، کاهش اکسیژن منفرد، کلاته کردن فلز به‌وسیله باند شدن یون‌های سمی، آسیب‌های اکسیداتیو ناشی از یون‌ها را کاهش داده، به این ترتیب ساختارهای سیتوپلاسمی و

مناطق خشک و نیمه‌خشک بخش وسیعی از کشور ایران را در بر گرفته است. در این مناطق به‌علت تبخیر فراوان و بارندگی کم، روز به روز به شوری خاک‌ها افزوده شد، و هکتارها زمین قابل کشت و کار بر اثر تجمع بیش از حد نمک‌ها غیرقابل کشت می‌شوند (Mohajer Milani et al., 2004). یکی از عوامل مؤثر بر کاهش عملکرد گیاهان زراعی، تنش‌های محیطی است که حدود ۷۱ درصد از عملکرد گیاهان را کاهش می‌دهد (Ashraf & Harris, 2005). از این میزان، کاهش عملکرد در اثر تنش شوری ۲۰ درصد برآورد شده است. در حال حاضر، حجم قابل‌توجهی از منابع آبی جهان متأثر از شوری می‌باشد (Ashraf & Harris, 2005). تنش شوری از مهم‌ترین تنش‌های محیطی مؤثر در درختان پسته است که به‌طور قابل‌توجهی باعث کاهش محصول می‌گردد. زمانی که گیاهان در معرض تنش شوری قرار می‌گیرند دچار تغییرات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی می‌شوند که از جمله این تغییرات می‌توان به کاهش رشد، بسته‌شدن روزنه‌ها، تنظیم اسمزی، جداسازی و خروج یون‌های مضر از سیتوسول و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان اشاره کرد. تنش شوری باعث اختلال در کارکرد دستگاه فتوسنتزی شده و منجر به تولید گونه‌های اکسیژن فعال می‌گردد. رادیکال‌های آزاد سوپر اکسید، هیدروکسیل، اکسیژن منفرد و پراکسید هیدروژن عمده‌ترین گونه‌های اکسیژن فعال می‌باشند (Rohman et al., 2010). برای مقابله با تنش اکسیداتیو، سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی کارآمدی در گیاهان توسعه یافته است که می‌تواند رادیکال‌های آزاد را از بین برده و خنثی نماید. این سیستم‌ها شامل آنزیم‌های سوپراکسیددسموتاز (SOD)، کاتالاز (CAT)، آسکوربات پراکسیداز (POX)، گلوکاتایون پراکسیداز (GPX)، پلی‌فنول اکسیداز (PPO) هستند. هم‌چنین

۷ (کد A227) و بذور والد مادری بادامی ریز زرنند از درختان موجود در قطعه ۱، بلوک ۲، درختان شماره ۱ (کد A121)، شماره ۳ (کد A123)، شماره ۵ (کد A125) و بلوک ۱، درختان ۲ (کد A112)، ۵ (کد A115) درخت ۳ (کد A113) و بذور والد مادری سرخس از درختان موجود در پشت ساختمان ضبط پسته قطعه ۱، بلوک ۱، درختان شماره ۲ (کد C112)، شماره ۴ (کد C114)، شماره ۳ (کد C113) و بلوک ۲، درختان ۱ (کد C121)، ۵ (کد C125) انتخاب شدند. بذور والد مادری آتلاتیکا در مجموعه باغات مافون و سبزدهشت شهرستان سیرجان از درختان ماده با کد ۲۱، ۷ و ۸ استفاده شد.

برای انتخاب والد نر اینتگریمما در شهرستان ارزوئیه-شمارون از درخت شماه ۵ دانه گرده تهیه شد.

## ۱.۲. کاشت بذور

بذور برای کاشت، ابتدا به مدت ۱۰ دقیقه داخل محلول هیپوکلریت سدیم ۱ درصد قرار داده شد، و پس از شست‌وشو با آب معمولی به مدت ۵ دقیقه در محلول قارچ‌کش کاپتان پنچ در هزار ضد عفونی گردیدند. البته بذور آتلاتیکا و UCB1 به دلیل دارا بودن نیاز سرمایی، به مدت ۴۵ روز در داخل بستر ماسه مرطوب و ضد عفونی شده با محلول قارچ‌کش کاپتان در دمای  $4 \pm 1$  درجه سانتی‌گراد در سردخانه نگهداری شدند. پس از رفع نیاز سرمایی، همراه بذور دیگر داخل گلدان‌های پلاستیکی با ابعاد  $10 \times 15$  سانتی‌متر حاوی کوکوپیت و پرلایت با نسبت ۲ به ۱ در گلخانه گروه مهندسی علوم باغبانی دانشگاه تهران کاشته شدند. آبیاری گلدان‌ها تا مرحله دو برگی با آب معمولی صورت گرفت سپس تغذیه دانهاها با استفاده از محلول غذایی یک چهارم غلظت جانسون یا هوگلند (جدول ۱) انجام گردید. پس از گذشت دو ماه و رشد دانهاها، گیاهان حاصل به گلدان‌های بزرگ‌تر منتقل شدند.

کلروپلاستی را از اثر منفی شوری محافظت می‌کنند (Ashraf & Harris, 2005; Bradford, 1976).

با توجه به این‌که درختان پسته از طریق پیوند تکثیر می‌شوند استفاده از پایه‌های مناسب پسته که تحمل بالایی به تنش‌های محیطی از جمله شوری داشته باشند، اهمیت ویژه‌ای دارد. مهم‌ترین پایه‌هایی که در ایران برای درختان پسته استفاده می‌شود، پایه‌های بادامی‌ریز زرنند (مناطق مختلف استان کرمان)، سرخسی و بادامی سفید (استان‌های خراسان رضوی و جنوبی) و قزوینی (استان‌های قزوین، سمنان، تهران می‌باشند (Panahi et al., 2002). هدف از این تحقیق، مقایسه پایه‌های مختلف پسته به منظور یافتن متحمل‌ترین پایه نسبت به تنش شوری با بررسی برخی صفات مورفولوژیک و بیوشیمیایی می‌باشد.

## ۲. مواد و روش‌ها

پژوهش موردنظر در سال‌های ۹۶-۱۳۹۴ در گلخانه گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در کرج انجام گردید. از پنج پایه پسته بادامی‌ریز زرنند، قزوینی، سرخس، آتلاتیکا، UCB1 و (دورگ‌های بین اینتگریمما به‌عنوان والد پدری و بادامی ریز زرنند، سرخس و آتلاتیکا به‌عنوان والد مادری) استفاده شد. به منظور تولید بذور دورگ، تلاقی کنترل‌شده در مؤسسه تحقیقات پسته کشور (رفسنجان، ایستگاه ۲۲ بهمن) در بهار ۱۳۹۴ انجام گرفت. بذور UCB1 جهت تولید دانها از شرکت کوه‌بنان مزرعه ساوه تهیه شدند بذور والد مادری قزوینی از درختان موجود در مؤسسه تحقیقات پسته، ایستگاه شماره ۲ واقع در رفسنجان که به صورت توده بذری می‌باشند، استفاده شد. به این منظور از قطعه ۲، بلوک ۳، درختان شماره ۱ (کد A231)، شماره ۲ (کد A232)، شماره ۳ (کد A233) و بلوک ۲، درختان ۱ (کد A221)، ۵ (کد A225)، ۳ (کد A223) و درخت شماره

جدول ۱. غلظت ترکیبات محلول غذایی مورد استفاده

ترکیب غذایی	نیترات پتاسیم	نیترات کلسیم	منوآمونیم فسفات	سولفات منیزیم	پتاسیم کلرید	بوریک اسید	سولفات منگنز	سولفات روی	سولفات مس	مولیبدات آهن	کلات
مقدار (mg/l)	۶	۴	۲	۱/۹	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱

## ۲.۲. اعمال تیمارهای شوری

در سال دوم پس از رشد مناسب، از هر دورگ یا پایه گیاهانی که دارای شرایط رشدی مطلوب و یکنواخت بودند، به تعداد ۵۰ عدد انتخاب و به مدت نه هفته (از هفته دوم اردیبهشت سال ۱۳۹۶) تحت تیمارهای شوری با غلظت‌های صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ میلی‌مولار قرار گرفتند. شاهد، سطح صفر کلرید سدیم (گیاهان آبیاری‌شده با محلول غذایی بدون دریافت کلرید سدیم) بود. به منظور اعمال تیمار شوری، از نمک کلرید سدیم خالص آزمایشگاهی با برند Neutron استفاده شد. جهت اجتناب از ایجاد شوک ناگهانی و پلاسمولیز، افزایش غلظت نمک همراه با محلول غذایی به صورت تدریجی انجام شده و بعد از هر سه مرتبه آبیاری با تیمار شوری، آبیاری جهت شست‌وشو صورت گرفت. آبیاری با محلول غذایی حاوی کلرید سدیم به طور یک روز در میان انجام شد. هم‌چنین پس از هر سه مرتبه آبیاری زه‌آب تعدادی از گلدان‌ها به طور تصادفی جمع‌آوری و هدایت الکتریکی و pH آن‌ها اندازه‌گیری شد.

کلروفیل‌های a، b و کل در پایان دوره تنش صورت گرفت. جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر (حداکثر جذب نور کلروفیل a)، ۶۴۵ نانومتر (حداکثر جذب نور کلروفیل b) توسط دستگاه پلیت ریدر (Bioteck, Eon, USA) با استفاده از استون ۸۰٪ به‌عنوان شاهد قرائت گردید (Lawa, 1995).

برای استخراج و سنجش پرولین از معرف ناین‌هیدرین، طول موج ۵۲۰ نانومتر و رسم منحنی استاندارد استفاده شد (Bates et al., 1973). با توجه به مقادیر به‌دست‌آمده از نمونه‌های استاندارد پرولین، نمودار خط پرولین به‌دست آمد. مقادیر پرولین که از دستگاه پلیت ریدر به‌دست‌آمده را در این نمودار قرار داده شد تا مقدار پرولین خالص به‌دست آید. در این سنجش از تولوئن به‌عنوان شاهد استفاده گردید (Bates et al., 1973).

اندازه‌گیری فنول کل با روش معرف فولین-سیوکالتنو و استاندارد اسید گالیک به‌وسیله دستگاه پلیت ریدر و جذب آن در طول موج ۷۶۵ نانومتر صورت گرفت. این روش برای کلیه محلول‌های استاندارد اسید گالیک و رسم منحنی کالیبراسیون استاندارد به‌کار برده شد (Rohman et al., 2010).

پس از تهیه نمونه بافت برگ تازه با ازت مایع و با استفاده از بافر استخراج بافر فسفات پتاسیم با (pH=۷/۴) پس از ۲ دقیقه ورتکس، نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد با دور ۱۳۰۰۰ سانتریفیوژ (SIGMA 3-16k ساخت کشور آلمان) شدند. رو شناور به‌دست‌آمده در داخل تیوب‌های جداگانه ۱/۵ میلی‌لیتری

## ۳.۲. اندازه‌گیری صفات مورد ارزیابی

جهت اندازه‌گیری سطح برگ در انتهای آزمایش از هر تکرار ۱۰ عدد برگ کامل به‌صورت تصادفی انتخاب، سپس اندازه‌گیری سطح آن‌ها با استفاده از دستگاه سنجش سطح برگ مدل (CI-202, USA) انجام شد و میانگین سطح برگ برحسب سانتی‌مترمربع گزارش گردید. اندازه‌گیری غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی شامل

در نهایت، آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار و در هر تکرار ۱۰ گلدان (هر گلدان یک واحد آزمایش) انجام شد. در این آزمایش شاهد هر ژنوتیپ همان سطح صفر (گیاهان تیمار شده با محلول غذایی بدون کلرید سدیم) بود و برای هر رقم، مقایسه میانگین آماری با پایه یا دورگ سطح صفر انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌های آماری، با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) انجام و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و نرم‌افزار Minitab صورت گرفت.

### ۳. نتایج و بحث

نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که با افزایش غلظت کلرید سدیم میانگین سطح برگ کاهش یافت به طوری که بیش‌ترین کاهش در سطح ۲۲۵ میلی‌مولار مشاهده شد. نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که تنش شوری تأثیر معنی‌داری بر سطح برگ دانه‌های پسته دارد. اثرات اصلی شوری و پایه روی سطح برگ در سطح یک درصد معنی دار شدند. اما برهم‌کنش شوری و پایه روی سطح برگ معنی دار نشدند.

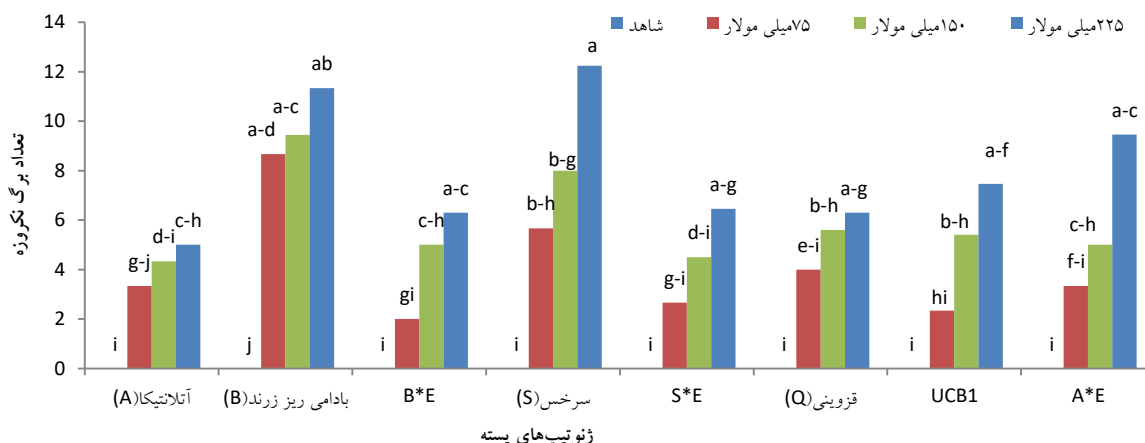
ریخته شدند. از این نمونه‌های جهت اندازه‌گیری فعالیت هر یک از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان استفاده گردید. اندازه‌گیری پروتئین کل با پلیت‌ریدر و با استفاده از استانداردها ۱۰ میلی‌گرم آلبومین گاوی (BSA) انجام گرفت (Bradford, 1976). از این محلول غلظت‌های ۲۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰، ۱۰۰۰ میکروگرم در میلی‌لیتر BSA ساخته و میزان جذب آن‌ها را محاسبه نموده و در نهایت منحنی استاندارد تهیه شد.

فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با استفاده از اسپکتروفتومتر (UV/Vis 2100 Plus, England) در طول موج ۲۴۰ نانومتر انجام شد (Aebi, 1984). برای سنجش آنزیم گایاکول پراکسیداز از بافر فسفات (pH=۷/۲) و فواصل ۲۰ ثانیه‌ای به مدت ۴ دقیقه در طول موج ۴۷۰ نانومتر استفاده گردید (Plewa et al., 1991). فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (APX) با روش EDTA سنجیده شد (Jebara et al., 2005). میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز (PPO) با استفاده از بافر فسفات (pH=۷/۲) و مقادیر اکسید شده پیروگالول در طول موج ۴۲۰ نانومتر سنجیده شد (Kar & Mishra, 1976). آنزیم‌ها بر اساس واحد پروتئین بر گرم وزن تر برگ اندازه‌گیری شدند.

جدول ۲. جدول تجزیه واریانس تأثیر سطوح شوری و ژنوتیپ بر برخی صفات دانه‌های پسته.

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر ساقه	وزن خشک ساقه	وزن خشک برگ‌های نکروزه	سطح برگ	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	محتوای نسبی آب برگ	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل
ژنوتیپ	۷	۲۷/۷۴**	۸/۱۳**	۵۶/۹۷**	۱۱۹۸**	۲۱/۲**	۵/۰۴**	۱۴۶/۰۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۷۵**	۰/۰۲۳**	۰/۰۹۵**
شوری	۳	۷/۹۱**	۳/۳۵**	۲۹۷**	۲۳۱۰**	۱۸/۶**	۳/۱۶**	۳۰۰/۱۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۵۳**	۰/۰۰۸**	۰/۱۰۴**
ژنوتیپ × شوری	۲۱	۰/۴۱ <sup>ns</sup>	۰/۱۵*	۹/۸**	۱۳۹۰ <sup>ns</sup>	۰/۵۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۶*	۴۱/۱۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۰۹**	۰/۰۰۲۳ <sup>ns</sup>
خطا	۶۴	۰/۴۳	۰/۲۹	۲/۵۵۲	۳۷۶۷	۰/۰۶	۰/۱۸	۹۰/۱۳	۰/۰۰۳۸	۰/۰۱۰	۰/۰۳۶
ضریب تغییرات (درصد)	۱۰/۲۷	۷/۴۹	۱۳/۹	۱۸	۱۳/۴	۱۰/۲	۱۴/۴۶	۹/۴	۱۲/۲۶	۱۲/۷۸	

ns و \*\* و \*\*\* اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و نبود اختلاف معنی‌داری.



شکل ۱. تأثیر سطوح متفاوت شوری و ژنوتیپ بر تعداد برگ نکروزه

(ارقام با حروف متفاوت، در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی دار با آزمون دانکن دارند. A: پایه آتلاتنیکا، B: بادامی ریز زرنند، B\*E: دورگ بادامی ریز زرنند × اینتگریمما، S: سرخس، S\*E: دورگ سرخس × اینتگریمما، Q: قزوینی، UCB1: پایه دورگ آتلاتنیکا × اینتگریمما، A\*E: دورگ آتلاتنیکا × اینتگریمما)

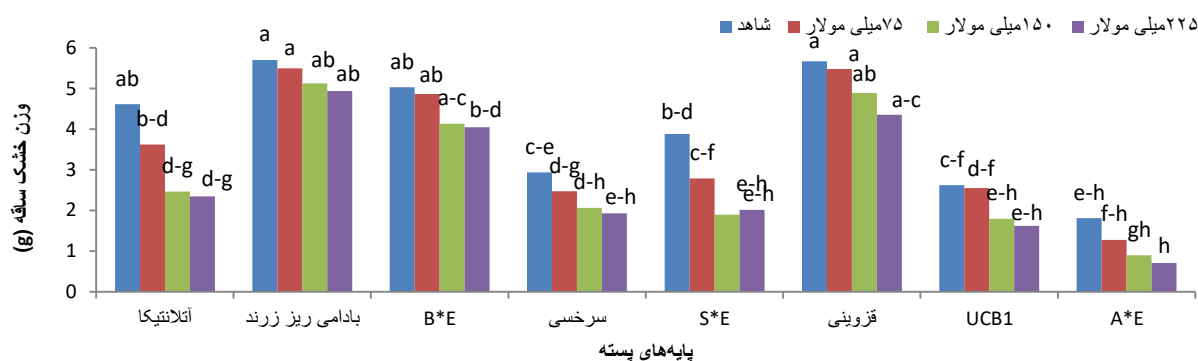
ژنوتیپ‌ها مورد مطالعه با یکدیگر، اختلاف معنی داری را نشان داد. برهم‌کنش شوری و ژنوتیپ در سطح ۵ درصد معنی دار شدند. به طوری که در سطح ۲۲۵ میلی مولار کمترین میزان کاهش وزن خشک ساقه در دانه‌های بادامی ریز زرنند (۰/۸ گرم) و دورگ بادامی ریز زرنند × اینتگریمما (۰/۹ گرم) و بیش‌ترین میزان کاهش وزن خشک ریشه در پایه آتلاتنیکا (۲/۲۷ گرم) نسبت به سطح شاهد مشاهده شد (شکل ۲).

همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود با افزایش غلظت شوری وزن تر و خشک ریشه در تمامی گیاهان مورد مطالعه کاهش یافت. میزان کاهش وزن خشک ریشه در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه با یکدیگر اختلاف معنی داری را نشان دادند. دانه‌های آتلاتنیکا با ۱/۸ گرم و دورگ سرخس × اینتگریمما با ۱/۴۵ گرم بیش‌ترین مقدار کاهش وزن خشک ریشه، دورگ بادامی ریز زرنند × اینتگریمما با ۰/۳۴ گرم و قزوینی با ۰/۴۵ گرم کمترین کاهش مقدار وزن خشک ریشه در سطح ۲۲۵ میلی مولار شوری نسبت به شاهد نشان دادند.

همان‌طور که در جدول ۲ و شکل ۱ مشاهده می‌شود، با افزایش غلظت شوری در آب آبیاری، تعداد برگ سوخته (نکروزه) تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، افزایش یافت. بیش‌ترین تعداد برگ نکروزه در سطح ۲۲۵ میلی مولار مشاهده شد. برهم‌کنش ژنوتیپ و شوری نشان‌دهنده معنی دار بودن تعداد برگ نکروزه در سطح ۱ درصد نسبت به گیاهان شاهد می‌باشد. تعداد برگ نکروزه در دانه‌های سرخس با ۶/۵۸ درصد، دورگ آتلاتنیکا × اینتگریمما با ۶/۱۴ درصد، UCB1 با ۵/۱۶ درصد، بیش‌ترین و در آتلاتنیکا با ۱/۲ درصد، قزوینی با ۲/۳ درصد و بادامی ریز زرنند با ۲/۶۸ درصد کمترین تعداد برگ نکروزه را نسبت به شاهد نشان دادند.

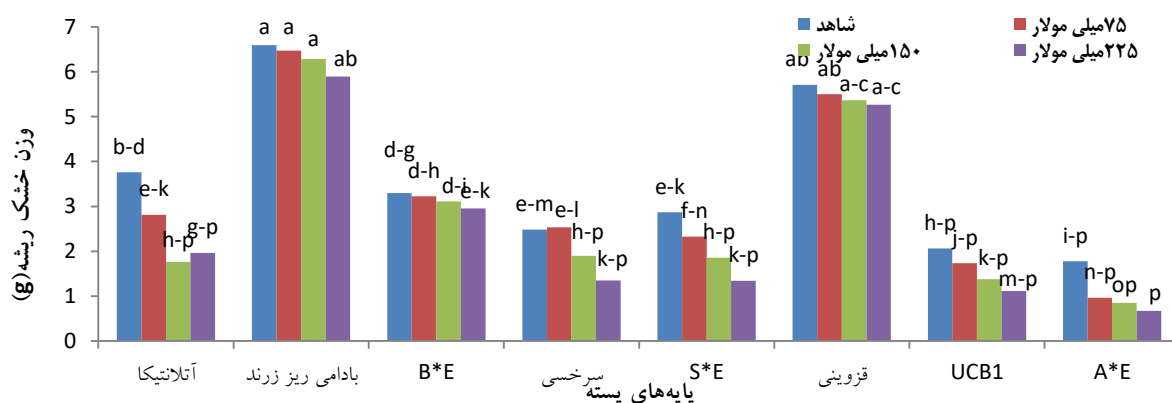
همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، با افزایش غلظت شوری، وزن تر و خشک ساقه و ریشه در تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نسبت به شاهد کاهش یافت. کمترین وزن تر و خشک ساقه در سطح ۲۲۵ میلی مولار، مشاهده شد. کاهش وزن تر و خشک ساقه و در بین

ارزیابی صفات بیوشیمیایی در برخی پایه‌های پسته تحت تنش شوری به منظور انتخاب پایه‌های متحمل



شکل ۲. تأثیر سطوح متفاوت شوری و ژنوتیپ بر وزن خشک ساقه

(ارقام با حروف متفاوت، در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی دار با آزمون دانکن دارند. A: پایه آتلانتیکا، B: بادامی ریز زرند، B\*E: دورگ بادامی ریز زرند × اینتگریمما، S: سرخسی، S\*E: دورگ سرخسی × اینتگریمما، Q: قزوینی، UCB1: پایه دورگ آتلانتیکا × اینتگریمما، A\*E: دورگ آتلانتیکا × اینتگریمما)



شکل ۳. تأثیر سطوح متفاوت شوری و ژنوتیپ بر وزن خشک ریشه

(ارقام با حروف متفاوت، در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی دار با آزمون دانکن دارند. A: پایه آتلانتیکا، B: بادامی ریز زرند، B\*E: دورگ بادامی ریز زرند × اینتگریمما، S: سرخسی، S\*E: دورگ سرخسی × اینتگریمما، Q: قزوینی، UCB1: پایه دورگ آتلانتیکا × اینتگریمما، A\*E: دورگ آتلانتیکا × اینتگریمما)

تر) و دورگ بادامی ریز زرند × اینتگریمما (۲/۹ میلی گرم بر گرم وزن تر) کمترین مقدار پرولین در دانه‌های آتلانتیکا (۲/۵۳ میلی گرم بر گرم وزن تر) نسبت به شاهد مشاهده شد (شکل ۴). نتیجه تحقیق حاضر با نتایج Kamiab et al. (2013) روی پسته و Perez-Pérez et al. (2009) روی لیمو مبنی بر افزایش میزان پرولین برگ در شرایط

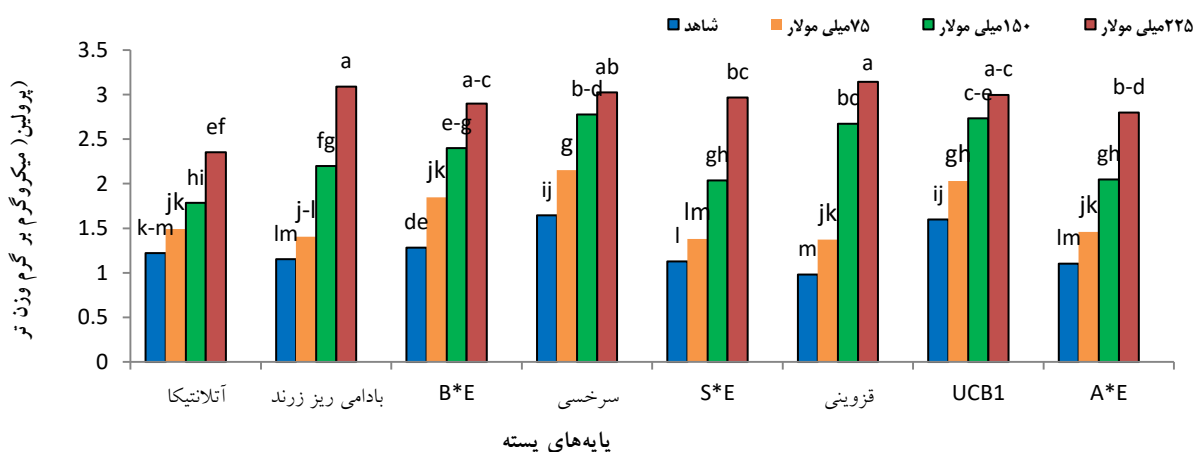
با افزایش غلظت کلرید سدیم، میزان پرولین نیز تحت تأثیر قرار گرفت و در تمام تیمارها، نسبت به شاهد (سطح صفر کلرید سدیم یا گیاهان آبیاری شده با محلول غذایی بدون دریافت کلرید سدیم) افزایش یافت، به طوری که در سطح ۲۲۵ میلی مولار بیشترین میزان پرولین در دانه‌های بادامی ریز زرند (۳/۰۸۸ میلی گرم بر گرم وزن

میلی مولار بیش تر از بقیه گیاهان مورد مطالعه بود. کاهش غلظت کلروفیلها در شرایط تنش شوری که با تحریک فعالیت آنزیم کلروفیلاز صورت می گیرد همبستگی دارد. این نتایج حاکی از آن است که تحت شرایط تنش شوری کاهش محتوای کلروفیل b نسبت به کلروفیل a با شدت بیش تر صورت می گیرد. یکی از اثرات افزایش کلرید سدیم بر گیاه، پیری زودرس برگ می باشد که عامل اصلی آن کاهش میزان کلروفیل است. کاهش کلروفیل موجب کاهش فتوسنتز و تشدید آسیب به ساختمان کلروپلاست می گردد. و با نتایج Lawa (1995) روی فتوسنتز گیاهان و Karim (2009) روی پسته مبنی بر کاهش میزان کلروفیل های برگ در شرایط تنش شوری همخوانی داشت.

طبق نتایج به دست آمده در این پژوهش، با افزایش سطوح شوری در تیمارهای مختلف، مقدار فنول کل افزایش یافت. تنش شوری تأثیر معنی داری بر مقدار فنول برگ دانهال های پسته دارد اما برهم کنش سطوح شوری و پایه در سطح یک درصد معنی دار بود.

تنش شوری همخوانی داشت. تجمع پرولین رابطه مثبت و مستقیم با افزایش مقاومت به تنش های محیطی بخصوص شوری ایجاد شده در گیاه دارد (Garaghanipur et al., 2014). زمانی که گیاه در معرض تنش شوری قرار می گیرد پروتئینها تجزیه شده و باعث افزایش اسیدهای آمینه می گردد. مهم ترین آنها پرولین است. تجمع پرولین در سیتوپلاسم مانند یک تنظیم کننده اسمزی در حفاظت ساختمان ماکرومولکولها در محیطی که تعادل یونی آن به هم خورده است، عمل می کند افزایش پرولین منجر به حفظ تورم و کاهش خسارت غشا در گیاهان می شود (Nazar et al., 2011).

نتایج جدول ۲ نشان می دهد که تنش شوری تأثیر معنی داری بر کلروفیل a، b و کل در برگ دانهال های پسته دارد. برهم کنش شوری و ژنوتیپ در سطح یک درصد در مورد کلروفیل a و b معنی دار ولی برای کلروفیل کل معنی دار نبود. شدت کاهش کلروفیل b در پایه UCB1 و دورگ آتلانتیکا × اینتگریمما در سطح ۲۲۵



شکل ۴. تأثیر سطوح متفاوت شوری و ژنوتیپ بر مقدار پرولین برگ

(ارقام با حروف متفاوت، در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی دار با آزمون دانکن دارند. A: پایه آتلانتیکا، B: بادامی ریز زرد، B\*E: دورگ بادامی ریز زرد × اینتگریمما، S: سرخس، S\*E: دورگ سرخس × اینتگریمما، Q: قزوینی، UCB1: پایه دورگ آتلانتیکا × اینتگریمما، A\*E: دورگ آتلانتیکا × اینتگریمما)



بیشترین مقدار افزایش فنول در سطح ۲۲۵ میلی‌مولار در دانه‌های بادامی ریز زرد (۲۸/۱۶ میکروگرم بر گرم وزن تر)، قزوینی (۲۱/۷۱ میکروگرم بر گرم وزن) و دورگ بادامی ریز زرد × انتیگرما (۲۵/۱۲ میکروگرم بر گرم وزن) و کمترین مقدار در آتلانتیکا (۲۲/۸۱ میکروگرم بر گرم وزن) و دورگ آتلانتیکا × انتیگرما (۲۱/۵۴ میکروگرم بر گرم وزن) مشاهده شد. ترکیبات فنولی از مهم‌ترین متابولیک‌های ثانویه است که در گیاهان تحت تنش شوری تولید می‌شوند، تولید این ترکیبات در اثر شوری در گیاهان مختلف گزارش شده است. ترکیبات فنولی با دادن الکترون به آنزیم‌های پراکسیداز و سمیت‌زدایی آن‌ها می‌تواند در سلول به‌عنوان آنتی‌اکسیدان قوی عمل کنند (Sakihama et al., 2002). افزایش فنول در پسته به تحمل گیاه در تنش شوری کمک می‌کند. یکی از دلایل تحمل بیشتر پسته به شوری را می‌توان افزایش مقدار فنول در زمان تنش دانست.

یکی از تغییرات بیوشیمیایی که در گیاه تحت تنش شوری ایجاد می‌شود تجمع گونه‌های اکسیژن فعال است که محصول اجتناب‌ناپذیر متابولیسم طبیعی سلول است و در غیاب مکانیسم‌های محافظتی می‌تواند متابولیسم طبیعی سلول را به میزان زیادی مختل کند. گیاهان برای مقابله با تنش شوری مکانیسم‌های مقاومتی متفاوتی را در پیش می‌گیرند که از آن جمله می‌توان به تجمع اسمولیت‌هایی مثل پرولین، قندهای احیا و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان اشاره کرد (Lotfi et al., 2010). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که اثر تیمارهای مختلف تنش شوری و پایه (ژنوتیپ) بر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، کاتالاز، گایاکول‌پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز و پلی‌فنول اکسیداز معنی‌دار است. با افزایش غلظت کلرید سدیم میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان،

کاتالاز، گایاکول‌پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز و پلی‌فنول اکسیداز افزایش یافت، کمترین مقدار فعالیت آنزیم کاتالاز مربوط به دانه‌های آتلانتیکا، UCB1 و دورگ آتلانتیکا × انتیگرما در سطح ۲۲۵ میلی‌مولار و بیشترین مقدار آن مربوط به دانه‌های قزوینی، بادامی ریز زرد و دورگ بادامی ریز زرد × انتیگرما می‌باشد (جدول ۳). نتیجه تحقیق حاضر با نتایج Baqerzadeh et al. (2017)، روی پسته و Kamiab et al. (2013)، مبنی بر افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در شرایط تنش شوری همخوانی داشت. کاتالاز به‌طور عمده در سیتوسول، میتوکندری و پراکسی‌زوم یافت می‌شود و منجر به حذف پراکسید هیدروژن اضافی می‌شود که در اثر تنفس نوری، بتا‌اکسیداسیون اسیدهای چرب و کاتابولیسم پورین‌ها تولید می‌گردد. افزایش فعالیت این آنزیم در گیاهان یک ویژگی سازشی می‌باشد، که با کاهش میزان پراکسید هیدروژن حاصل از متابولیسم سلولی از آسیب‌رسیدن به بافت گیاهی جلوگیری می‌کند. البته تغییر در فعالیت آنزیم کاتالاز به ژنوتیپ، مرحله‌ی رشد و متابولیک گیاه، طول و شدت تنش نیز بستگی دارد (Gao et al., 2008).

هم‌چنین نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به فعالیت آنزیم گایاکول‌پراکسیداز نشان داد که برهم‌کنش شوری و پایه، فعالیت این آنزیم را تحت تأثیر قرار داده است. فعالیت این آنزیم در همه گیاهان مورد مطالعه افزایش نشان داد، بیشترین افزایش در دانه‌های قزوینی با میانگین ۲۹/۹۳، بادامی ریز زرد با میانگین ۲۵/۲۳ و دورگ بادامی ریز زرد × انتیگرما با میانگین ۲۵/۴۶ واحد پروتئین و کمترین آن در دورگ سرخس × انتیگرما با میانگین ۱۸/۱۸ واحد پروتئین مشاهده شدند (جدول ۳، شکل ۵).

جدول ۳. جدول تجزیه واریانس تأثیر سطوح شوری و ژنوتیپ بر برخی صفات بیوشیمیایی دانه‌های پسته

منابع تغییرات	درجه آزادی	پرویلین	فنول کل	پروتئین کل	پلی فنول اکسیداز	آسکوربات پراکسیداز	گایاکول پراکسیداز	کاتالاز
ژنوتیپ	۷	۲/۲۶**	۲۵/۳۲*	۴/۱۳ <sup>ns</sup>	۲۳/۲۴**	۹/۲۴**	۳/۳۷ <sup>ns</sup>	۱/۶**
شوری	۳	۱۷/۵۴**	۱۹۳/۷**	۴/۱۲ <sup>ns</sup>	۱۱۲/۴**	۳۸۲/۵۳**	۱۲۶۷/۵**	۷۶/۰۶**
ژنوتیپ × شوری	۲۱	۰/۳۹*	۱۰/۳۲ <sup>ns</sup>	۴/۱۱ <sup>ns</sup>	۳/۴۴**	۴/۷*	۵/۹۲*	۰/۷۱ <sup>ns</sup>
خطا	۶۴	۰/۳۴	۱۱/۳۴	۴/۱۳	۱/۵	۲/۹۸	۶/۴۸	۰/۴
ضریب تغییرات (درصد)		۸/۴	۱۷/۴	۱۸	۸/۴	۹/۴	۱۲/۷۸	۱۰/۸۳

\*، \*\* و <sup>ns</sup>: اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و نبود اختلاف معنی داری.

میانگین ۱۶/۵۳ واحد پروتئین بیشترین و دورگ آتلاتنیکا × انتیگرما با میانگین ۹/۳۴ واحد پروتئین کمترین افزایش را در مقدار آنزیم آسکوربات پراکسیداز نشان دادند (شکل ۶). نتیجه تحقیق حاضر با نتایج (2012) Abbaspour et al.، (2017) Baqerzadeh et al.، روی پسته و (2010) Ghorbanli et al. روی گیاه زیره مبنی برافزایش میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در شرایط تنش شوری همخوانی داشت. آسکوربات پراکسیداز یکی از مهم‌ترین آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی است به‌عنوان پیام‌رسان برای خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد اکسیژن و حفاظت از سلول در برابر تنش اکسیداتیو نقش دارد (Arzani et al., 2013). از آنجایی که شوری باعث تولید گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود، بنابراین فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در سیتوسول و میتوکندری جهت سم‌زدایی افزایش می‌یابد. به‌همین دلیل بالاترین میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز طی مدت زمان ۴ دقیقه در سطح تنش ۲۲۵ میلی‌مولار مشاهده شد.

همان‌طور که در جدول ۳ و شکل ۷ مشاهده می‌شود، با افزایش میزان نمک کلرید سدیم، فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز در همه گیاهان مورد مطالعه افزایش معنی‌داری در سطح یک درصد نشان داد. حداکثر فعالیت پلی‌فنول‌اکسیداز در سطح ۲۲۵ میلی‌مولار در دورگ

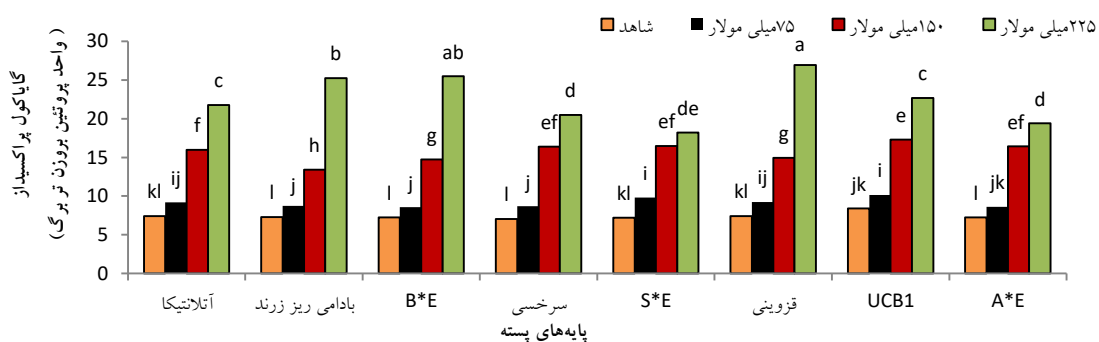
طی واکنشی که توسط آنزیم گلوکاتایون پراکسیداز کاتالیز می‌شود، ترکیبات فنولی گایاکول، الکترون خود را به پراکسید هیدروژن داده و آب تولید می‌کنند. تراگایاکول از گایاکول مربوطه توسط این واکنش کاتالیزوری به‌دست می‌آید. به‌همین جهت با شروع واکنش کاتالیزوری که به‌مرور و آرام‌آرام بر مقدار ترکیب تراگایاکول در محلول واکنش اضافه می‌شود، میزان جذب مخلوط واکنش نیز افزایش یافت (Pelwa et al., 1991). آنزیم گایاکول پراکسیداز با تجزیه ایندول تری استیک اسید (IAA)، تولید لیگنین و مصرف پراکسید هیدروژن باعث تحمل گیاهان در برابر بسیاری از تنش‌های زنده و غیرزنده می‌شود (Radotic et al., 2000). این آنزیم از اکسیداسیون ترکیبات فنولی مانند گایاکول، به‌منظور سم‌زدایی و تجزیه آب‌اکسیژنه استفاده می‌کند (Abbaspour et al., 2012).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که با افزایش تنش شوری میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز افزایش یافت. اثرات اصلی شوری و پایه در سطح یک درصد و برهم‌کنش شوری و پایه در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان داد. در سطح ۲۲۵ میلی‌مولار دورگ بادامی‌ریز زرد × انتیگرما با میانگین ۱۶/۸۳ واحد پروتئین و دانه‌های قزوینی با

## ارزیابی صفات بیوشیمیایی در برخی پایه‌های پسته تحت تنش شوری به منظور انتخاب پایه‌های متحمل

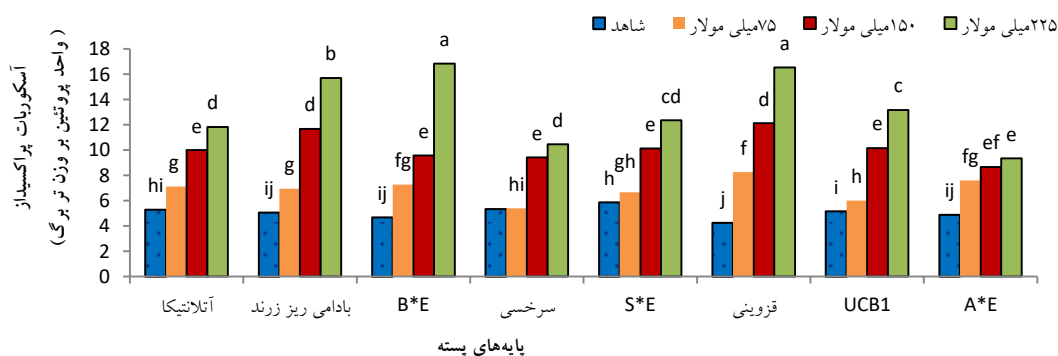
کربن است که در نتیجه آن رشد کاهش می‌یابد. هم‌چنین افزایش تنفس در این شرایط سبب تولید این یون‌های مخرب در میتوکندری سلول می‌شود. افزایش فعالیت PPO ممکن است منجر به حفظ محتوای اکسین شود. که می‌تواند سبب افزایش رشد سلول و دیواره سلولی شود (Fletcher *et al.*, 2000). یکی از دلایل افزایش فعالیت این آنزیم در گیاهان با برگ‌های بزرگ مثل بادامی ریز زرد را می‌توان حفظ محتوای اکسین و رشد سلول و دیواره سلولی دانست.

بادامی ریز زرد × انتیگرما بود. هم‌چنین افزایش فعالیت این آنزیم در پایه‌های آتلانتیکا و UCB1 نسبت به سایر پایه‌ها به مقدار قابل توجهی کمتر بود. در پایه UCB1 در سطوح تنش شوری ۱۵۰ میلی‌مولار و ۲۲۵ میلی‌مولار اختلاف ناچیز، ولی در بادامی ریز زرد در این سطوح اختلاف زیاد مشاهده شد. آنیون‌های سوپر اکسید به وسیله تنش شوری در سلول تولید می‌شود، زیرا مهم‌ترین تأثیر تنش شوری بسته شدن روزنه‌ها و کاهش تثبیت دی‌اکسید



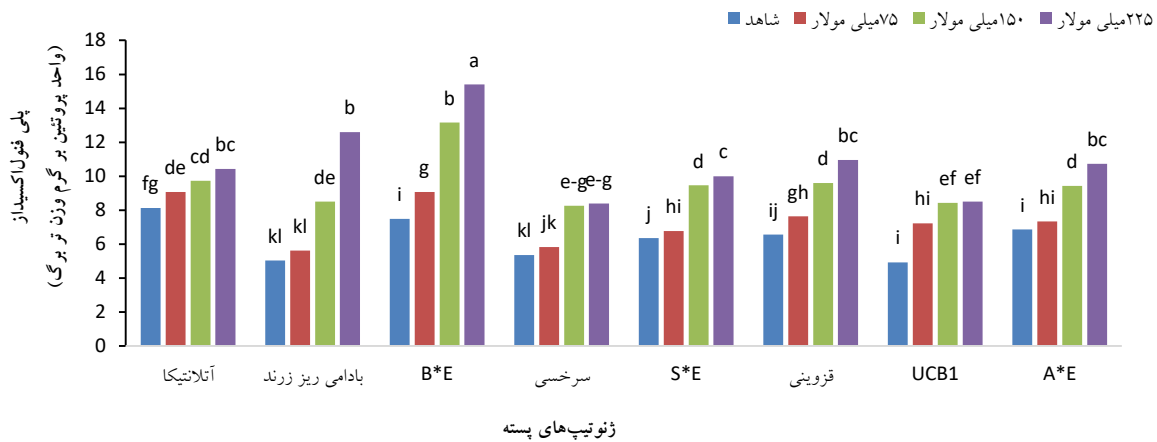
شکل ۵. تأثیر سطوح متفاوت شوری و ژنوتیپ بر فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز

(ارقام با حروف متفاوت، در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار با آزمون دانکن دارند. A: پایه آتلانتیکا، B: بادامی ریز زرد، B\*E: دورگ بادامی ریز زرد × انتیگرما، S: سرخسی، S\*E: دورگ سرخسی × انتیگرما، Q: قزوینی، UCB1: پایه دورگ آتلانتیکا × انتیگرما، A\*E: دورگ آتلانتیکا × انتیگرما)



شکل ۶. تأثیر سطوح متفاوت شوری و ژنوتیپ بر فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز

(ارقام با حروف متفاوت، در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار با آزمون دانکن دارند. A: پایه آتلانتیکا، B: بادامی ریز زرد، B\*E: دورگ بادامی ریز زرد × انتیگرما، S: سرخسی، S\*E: دورگ سرخسی × انتیگرما، Q: قزوینی، UCB1: پایه دورگ آتلانتیکا × انتیگرما، A\*E: دورگ آتلانتیکا × انتیگرما)



شکل ۷. تأثیر سطوح متفاوت شوری و ژنوتیپ بر آنزیم پلی فنول اکسیداز

(ارقام با حروف متفاوت، در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی دار با آزمون دانکن دارند. A: پایه آتلاتیکا، B: بادامی ریز زرد، B\*E: دورگ بادامی ریز زرد × انتیگریمما، S: سرخس، S\*E: دورگ سرخس × انتیگریمما، Q: قزوینی، UCB1: پایه دورگ آتلاتیکا × انتیگریمما، A\*E: دورگ آتلاتیکا × انتیگریمما)

#### ۴. نتیجه گیری

و کمترین میزان فعالیت در شاهد مشاهده شدند. بالاتری میزان فعالیت آنزیم‌های گایاکول پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز در دانه‌های قزوینی و دورگ بادامی ریز زرد × انتیگریمما و کمترین آن در دورگ آتلاتیکا × انتیگریمما مشاهده شد. همچنین بیشترین مقدار فعالیت آنزیم پلی فنول اکسیداز در دانه‌های بادامی ریز زرد و دورگ بادامی ریز زرد × انتیگریمما مشاهده شدند. با توجه به این که همه پایه‌های مورد مطالعه پایه‌های متحمل به شوری بودند، پایه‌های بادامی ریز زرد، قزوینی و دورگ بادامی ریز زرد × انتیگریمما در سطوح بالای شوری با حفظ بیشترین سطح برگ و کلروفیل و بالاترین سطح فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی متحمل‌ترین پایه‌ها و پایه آتلاتیکا با تحمل پایین، حساس‌ترین پایه شناسایی گردیدند که لازم است در آینده پیوند ارقام مختلف روی این پایه‌ها (دورگ بادامی ریز زرد × انتیگریمما، بادامی ریز زرد و قزوینی) انجام و مقاومت پایه‌های پیوندی و رفتار پیوندک نسبت به سطوح مختلف شوری مورد ارزیابی قرار گیرد.

به‌طور کلی بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش مشخص گردید که افزایش کلرید سدیم سبب کاهش شاخص‌های رویشی و افزایش درصد برگ‌های نکروزه گردید. غلظت کلروفیل a، b و کل، شاخص کلروفیل و مقدار کارتنوئیدها تحت تأثیر کلرید سدیم قرار گرفته و در اثر تنش شوری کاهش پیدا کردند. همچنین نتایج نشان می‌دهد که با افزایش کلرید سدیم میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان نیز تحت تأثیر قرار گرفت. افزایش سطوح شوری باعث ایجاد اختلال در کارکرد دستگاه فتوسنتزی شده و منجر به تولید گونه‌های اکسیژن فعال می‌گردد. رادیکال‌های آزاد سوپر اکسید، هیدروکسیل، اکسیژن منفرد، و پراکسید هیدروژن عمده‌ترین گونه‌های اکسیژن فعال تولید شده در این شرایط می‌باشند. گیاهان جهت مقابله با عوارض ناشی تنش شوری فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان را افزایش می‌دهند تا رادیکال‌های آزاد را از بین برده و خشتی نمایند. بالاترین میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان در سطح ۲۲۵ میلی مولار تنش شوری

## ۵. منابع

- Abbaspour, H. (2012). Effect of Salinity on Peroxidation of Lipids, Antioxidant Enzymes and Proline Accumulation in Pistachio Plants. *Iranian Medicinal Plants Res*, 6, 526-529. (In Persian)
- Aebi, H. (1984). Catalase in vitro. *Methods in enzymology*, 105, 121-126.
- Arzani, K., Ghasemi, M., Yadollahi, A. & Hokmabadi, H. (2013). Study of foliar epidermal anatomy of four pistachio rootstocks under water stress. *Idesia (Aricaultur)*, 31, 101-107.
- Ashraf, M. & Harris, P.J.C. (2005). Abiotic Stresses: Plant Resistance through Breeding and Molecular Approaches. *Haworth Press, New York, USA*, 54, 376-386.
- Baqerzadeh, A., Kavousi, H., Khezri, M. & Mirzayee S. (2017). Study of protein expression pattern and some morphological and biochemical characteristics in pistachio roots of white almond and almonds in Zarand under salinity stress. *Agricultural Biotechnology*, 8, 16-32. (In Persian).
- Bates, L. S., Waldren, R. P. & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *plant soil and water relationship*, 39, 205-207.
- Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248-254.
- Fletcher, R., Gilley, A., Davis, T. & Sankhla, N. (2000). Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. *Horticultural Research*, 24, 55-138.
- Gao, S., Ouyang, C., Wang, S., Xu, Y., Tang, L. & Chen, F. (2008). Effects of salt stress on growth, antioxidant enzyme and phenylalanine ammonia-lyase activities in *Jatropha curcas* L. seedlings. *Plant soil and Environment*, 54(9), 374-381.
- Garaghanipur, N., Shiran, B., Khodambashie, M. & Molaie, A.R. (2014). Study of Proline accumulation and gene expression of P5CS in leaves and flower buds of common bean cultivars under drought stress. *Journal of Agricultural Biotechnology*, 6, 129-141.
- Ghorbanli, M., Ahmadi, F., Manfard, A. & Bakhshi Khaniki Gh. (2010). The effect of salinity stress and its interaction with ascorbate on the activity of catalase, ascorbate peroxidase, proline and malondialdehyde in cumin (*Cuminum cyminum* L.) four weeks after germination. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plant*, 28, 14-27. (In Persian).
- Jebara, S., Jebara, M., Limam, F. & Elarbi A, M. (2005). Changes in ascorbate peroxidase, catalase, guaiacol peroxidase and superoxide dismutase activities in common bean (*Phaseolus vulgaris*) nodules under salt stress. *Plant Physiology*, 162, 929-936.
- Kamiab, F., Talaie, A., Khezri, M. & Javanshah, A. (2013). Exogenous application of free polyamines enhances salt tolerance of pistachio (*Pistacia vera* L.) seedlings. *Plant Growth Regulation*, 72, 257-268
- Kar, M., & Mishra, D. (1976). Catalase, peroxidase, polyphenol oxidase activities during rice senescence. *Plant Physiology*, 57, 315-319.
- Lawa, D. W. (1995). The effect of water deficit on photosynthesis. In: N. Smirnov (ed) *Environment and plant Metabolism*. 4, 143-165.
- Lotfi, N., Vahdati, K., Kholdebarin, B. & Najafian Ashrafi, E. (2009). Germination, mineral composition and ion uptake in walnut under salinity conditions. *HortScience*, 44(5), 1352-1357.
- Merati, M., Niknam, O., Hassanpour, H. & Mirmosomi M. (2014). Comparativ effects of salt stress on growth and antioxidative responses in different organs of Pennyroyal (*Mentha pulegium* L.). *Journal of plant Research*, 28, 1097-1107. (In Persian)
- Meloni, D. A., Oliva, M. A., Martinez, C. A. & Cambraia, J. (2003). Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stress. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 15, 12-21.
- Mohajer Milani, P., Molahsini, H. & Nouri Hosseini S. (2004). Increasing the efficiency of irrigation with salt water in cotton and corn with one-dip leakage irrigation. *Iran Soil and Water Science*, 18, 36-39. (In Persian)
- Nazar, R., Iqbal, N., Syeed, SA. & Khan, N. (2011). Salicylic acid alleviates decreases in photosynthesis under salt stress by enhancing nitrogen and sulfur assimilation and antioxidant metabolism differentially in two mungbean cultivar. *Plant Physiology*, 168, 807-815.
- Panahi, B., Ismail Poor, B., farbod., F, Mozanpur Kermani, M. & Ferir mehan, H. (2002). Pistachios: Planting, keeping and harvesting (PP. 54). *Agricultural Extension Education*. (In Persian)
- Pe rez-Pe´rez, J. G., Robles, J. M., Tovar, J. C. & Botia, P. (2009). Response to drought and salt stress of lemon ‘Fino 49’ under field conditions: Water relations, osmotic adjustment and gas exchange. *Scientia Horticulturae*, 122, 83-90.
- Plewa, M. J., Smith, S. R. & Wagner, E. D. (1991). Diethylthiocarbamate suppresses the plant

- activation of aromatic amines into mutagens by inhibiting tobacco cell peroxidase. *Mutation Research Journal*, 247, 57-64.
- Radotic, K., Ducic, T. & Mutavdzic, D. (2000). Changes in peroxidase activity and isoenzymes in spruce needles after exposure to different concentrations of cadmium. *Environmental and Experimental Botany*, 44, 105-113.
- Rohman, A., Riyanto, S., Yuniarti, N., Saputra, W. R., Utami, R. & Mulatsih, W. (2010). Antioxidant activity, total phenolic, and total flavonoid of extracts and fractions of red fruit (*Pandanus conoideus* Lam). *Department of Pharmaceutical Chemistry Indonesia Gadjah Mada University International Food Research Journal*, 17, 97-106.
- Sohrabi, N., Tajabadipour, A., Motamed, N. & Seyedi, M. (2011). A change in leaves protein pattern of some pistachio cultivars under salinity condition. *International Journal of Nuts and Related Sciences*, 2, 67-74.