Archive of SID

به‌زراعی کشاورزی
دوره ۲۱ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۸
صفحه‌های ۳۳۶-۳۲۳

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

خیرمحمد محمدی[۱]، علی عبادی[۲*]، محمدعلی عسکری سرچشمه[۳]، محمدرضا فتاحی‌مقدم[۲]، حسین حکم‌آبادی[۴]
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 مواجه‌شدن با انواع تنش‌های محیطی از سیستم آنتی‌اکسیدانی جهت مقابله با عوارض ناشی از تنش استفاده می‌کنند. در این تحقیق به‌منظور بررسی اثر تنش شوری ناشی از افزایش کلرید سدیم بر سیستم آنتی‌اکسیدانی و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک دانهال‌های پسته (بادامی‌ریز زرند، قزوینی، سرخس، آتلانتیکا، UCB1 و دورگ‌های *Pistacia vera* ، Zarand × *P. Integerrima*--cv. BadamiRiz-e، cv. Sharakhs × *P. Integerrima P. vera P. atlantica* Desf × *P. Integerrima*) آزمایشی گلخانه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در گروه علوم باغبانی 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 به‌مدت نه هفته انجام گردید. در پایان آزمایش برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی دانهال‌ها 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 زرند 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 زرند× اینتگریما، پایه‌های بادامی‌ریز زرند و قزوینی مشاهده شد. با توجه به نتایج این پژوهش به‌نظر می‌رسد دورگ بادامی‌ریز زرند× اینتگریما، پایه‌های بادامی‌ریز زرند 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[1], Ali Ebadi[2*], Mohammad Ali Askari Sarchishmeh[3], Mohammad Reza Fattahi Moghaddam[2], Hossein Hokmabadi[4]
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 Extention 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 UCB1, 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.

* نویسنده مسئول
Email: aebadi@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

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)، گلوتاتیون پراکسیداز (GPX)، پلی‌فنول اکسیداز (PPO) هستند. هم‌چنین سیستم‌های غیر آنزیمی شامل: آسکوربیک اسید، گلوتاتیون، 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 (Baqerzadeh *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 جاروبگری 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

www.SID.ir

Archive of SID

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 زرند (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 به‌منظور 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 زرند، قزوینی، سرخس، آتلانتیکا، UCB1 و (دورگ‌های بین انتیگریما به‌عنوان والد پدری و بادامی ریز زرند، سرخس و آتلانتیکا به‌عنوان والد مادری) استفاده شد. به‌منظور تولید بذور دورگ، تلاقی کنترل‌شده در مؤسسه تحقیقات پسته کشور (رفسنجان، ایستگاه ۲۲ بهمن) در بهار ۱۳۹۴ انجام گرفت. بذور UCB1 جهت تولید دانهال 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 به‌صورت توده بذری می‌باشند، استفاده شد. به این منظور از قطعه ۲، بلوک ۳، درختان شماره ۱ (کد A۲۳۱)، شماره ۲ (کد A۲۳۲)، شماره ۳ (کد A۲۳۳) و بلوک ۲، درختان ۱ (کد A۲۲۱)، ۵ (کد A۲۲۵)، ۳ (کد A۲۲۳) و درخت شماره ۷ (کد A۲۲۷) و بذور والد مادری بادامی ریز زرند از درختان موجود در قطعه ۱، بلوک ۲، درختان شماره ۱ (کد A۱۲۱)، شماره ۳ (کد A۱۲۳)، شماره ۵ (کد A۱۲۵) و بلوک ۱، درختان ۲ (کد A۱۱۲)، ۵ (کد A۱۱۵) درخت ۳ (کد A۱۱۳) و بذور والد مادری سرخس از درختان موجود در پشت ساختمان ضبط پسته قطعه ۱، بلوک ۱، درختان شماره ۲ (کد C۱۱۲)، شماره ۴ (کد C۱۱۴)، شماره ۳ (کد C۱۱۳) و بلوک ۲، درختان ۱ (کدC۱۲۱)، ۵ (کد C۱۲۵) انتخاب شدند. بذور والد مادری آتلانتیکا در مجموعه باغات مافون و سبزدشت شهرستان سیرجان از درختان ماده با کد ۲۱، ۷ و ۸ استفاده شد.

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

۲. ۱. کاشت بذور

بذور برای کاشت، ابتدا به‌مدت ۱۰ دقیقه داخل محلول هیپوکلریت سدیم ۱درصد قرار داده شد، و پس از شست‌وشو با آب معمولی به‌مدت ۵ دقیقه در محلول قارچ‌کش کاپتان پنج در هزار ضد عفونی گردیدند. البته بذور آتلانتیکا و UCB1 به‌دلیل دارا بودن نیاز سرمایی، به‌مدت ۴۵ روز در داخل بستر ماسه مرطوب و ضدعفونی‌شده با محلول قارچ‌کش کاپتان در دمای ۱± ۴ درجه سانتی‌گراد در سردخانه نگهداری شدند. پس از رفع نیاز سرمایی، همراه بذور دیگر داخل گلدان‌های پلاستیکی با ابعاد ۱۵×۱۰ 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 دانهال‌ها با استفاده از محلول غذایی یک چهارم غلظت جانسون یا هوگلند۲ (جدول ۱) انجام گردید. پس از گذشت دو ماه و رشد دانهال‌ها، گیاهان حاصل به گلدان‌های بزرگ‌تر منتقل شدند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. غلظت ترکیبات محلول غذایی مورد استفاده

ترکیب غذایی	نیترات پتاسیم	نیترات کلسیم	منوآمونیوم فسفات	سولفات منیزیم	پتاسیم کلرید	بوریک اسید	سولفات منگنز	سولفات روی	سولفات مس	مولیبدات	کلات آهن
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 به‌مدت 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. به‌منظور 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 به‌صورت تدریجی انجام‌شده و بعد از هر سه مرتبه آبیاری با تیمار شوری، آبیاری جهت شست‌وشو صورت گرفت. آبیاری با محلول غذایی حاوی کلرید سدیم به‌طور یک روز در میان انجام شد. هم‌چنین پس از هر سه مرتبه آبیاری زه‌آب تعدادی از گلدان‌ها به‌طور تصادفی جمع‌آوری و هدایت الکتریکی و pH آن‌ها اندازه‌گیری شد.

۲. ۳. 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 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 (Biotek, Eon, USA) با استفاده از استون ۸۰٪ به‌عنوان شاهد قرائت گردید (Lawa, 1995).

برای استخراج و سنجش پرولین از معرف نین‌هیدرین، 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- سیوکالتئو 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 از ازت مایع و با استفاده از بافر استخراج بافر فسفات پتاسیم با (pH=۷/۴) پس از ۲ دقیقه ورتکس، نمونه‌ها به‌مدت 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

www.SID.ir

Archive of SID

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 به‌مدت 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 پلی‌فنل‌اکسیداز (PPO) با استفاده از بافر فسفات (pH=۷/۲) و مقادیر اکسیدشده پیروگالول در طول موج ۴۲۰ نانومتر سنجیده شد (Kar & Mishra, 1976). آنزیم‌ها بر اساس واحد پروتئین بر گرم وزن تر برگ ندازه‌گیری شدند.

در نهایت، آزمایش به‌صورت 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 تیمارشده با محلول غذایی بدون کلرید سدیم) بود و برای هر رقم، مقاسیه میانگین آماری با پایه یا دورگ سطح صفر انجام شد. تجزیه‌وتحلیل 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 به‌طوری‌که بیش‌ترین کاهش در سطح ۲۲۵ میلی‌مولار مشاهده شد. نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که تنش شوری تأثیر معنی‌داری بر سطح برگ دانهال‌های 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 معنی‌دار نشدند.

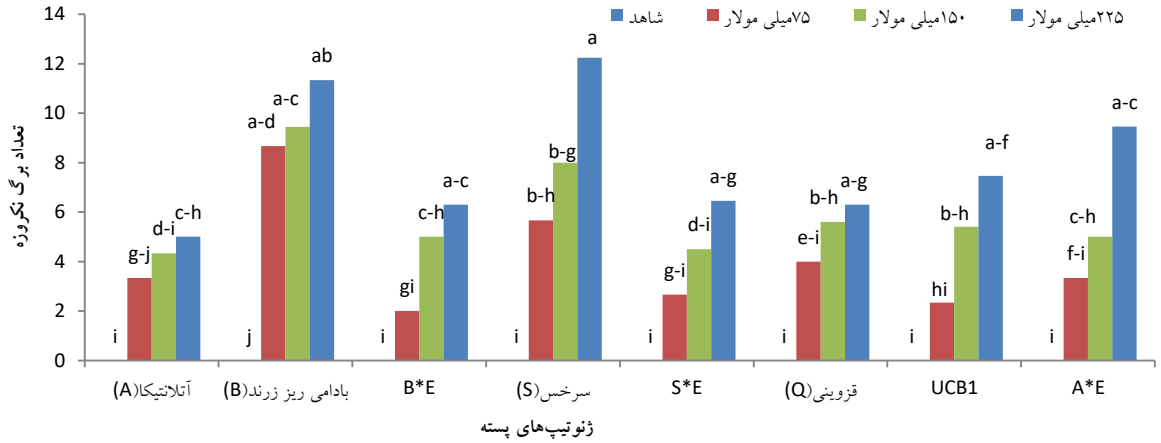
جدول ۲. جدول تجزیه واریانس تأثیر سطوح شوری و ژنوتیپ بر برخی صفات دانهال‌های پسته.

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر ساقه	وزن خشک ساقه	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^{ns}	۰/۰۷۵**	۰/۰۰۲۳**	۰/۰۹۵**
شوری	۳	۷/۹۱**	۳/۳۵**	۲۹۷**	۲۳۱۰**	۱۸/۶**	۳/۱۶**	۳۰۰/۱۴^{ns}	۰/۵۳**	۰/۰۰۸**	۰/۱۰۴**
ژنوتیپ × شوری	۲۱	۰/۴۱^{ns}	۰/۱۵*	۹/۸**	۱۳۹۰^{ns}	۰/۵۳^{ns}	۰/۰۶*	۴۱/۱۹^{ns}	/۰۰۲**	۰/۰۰۰۹**	۰/۰۰۲۲^{ns}
خطا	۶۴	۰/۴۳	۰/۲۹	۲/۵۵۲	۳۷۶۷	۰/۶	۰/۱۸	۹۰/۱۳	۰/۰۰۳۸	۰/۰۱۰	۰/۳۶
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰/۲۷	۷/۴۹	۱۳/۹	۱۸	۱۳/۴	۱۰/۲	۱۴/۴۶	۹/۴	۱۲/۲۶	۱۲/۷۸

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

www.SID.ir

Archive of SID



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

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

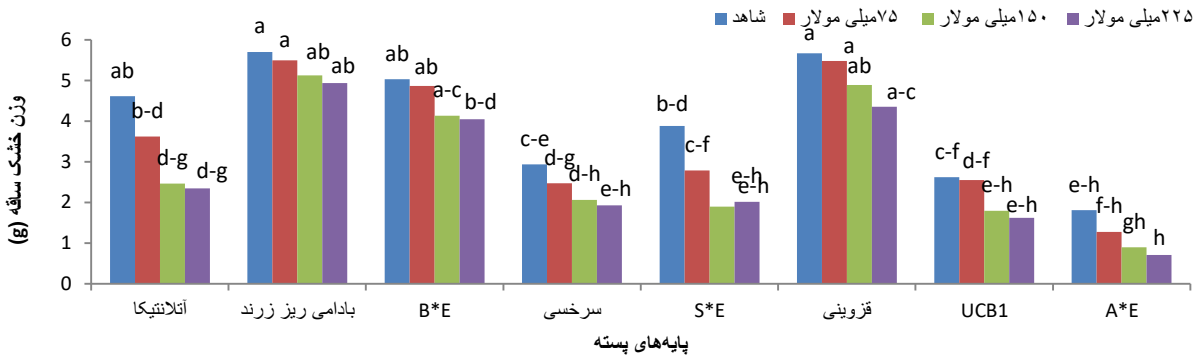
همان‌طورکه در جدول ۲ و شکل ۱ مشاهده می‌شود، با افزایش غلظت شوری در آب آبیاری، تعداد برگ سوخته (نکروزه) تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، افزایش یافت. بیش‌ترین تعداد برگ نکروزه در سطح ۲۲۵ میلی‌مولار مشاهده شد. برهم‌کنش ژنوتیپ و شوری نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تعداد برگ نکروزه در سطح ۱ درصد نسبت به گیاهان شاهد می‌باشد. تعداد برگ نکروزه در دانهال‌های سرخس با ۶/۵۸ درصد، دورگ آتلانتیکا× انتیگریما با ۶/۱۴ درصد، UCB1 با ۵/۱۶ درصد، بیش‌ترین و در آتلانتیکا با ۱/۲ درصد، قزوینی با ۲/۳ درصد و بادامی ریز زرند با ۲/۶۸ درصد کمترین تعداد برگ نکروزه را نسبت به شاهد نشان دادند.

همان‌طورکه 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 ژنوتیپ‌ها موردمطالعه با یکدیگر، اختلاف معنی‌داری را نشان داد. برهم‌کنش شوری و ژنوتیپ در سطح ۵درصد معنی‌دار شدند. به‌طوری‌که در سطح ۲۲۵میلی‌مولار کمترین میزان کاهش وزن خشک ساقه در دانهال‌های بادامی ریززند (۰/۸ گرم) و دورگ بادامی ریز زرند× انتیگریما (۰/۹ گرم) و بیش‌ترین میزان کاهش وزن خشک ریشه در پایه آتلانتیکا (۲/۲۷ گرم) نسبت به سطح شاهد مشاهده شد (شکل ۲).

همان‌طورکه 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 معنی‌داری را نشان‌دادند. دانهال‌های آتلانتیکا با ۱/۸گرم و دورگ سرخس× اینتگریما با ۱/۴۵گرم بیش‌ترین مقدار کاهش وزن خشک ریشه، دورگ بادامی ریز زرند× اینتگریما با ۰/۳۴ گرم و قزوینی با ۰/۴۵ گرم کمترین کاهش مقدار وزن خشک ریشه در سطح ۲۲۵ میلی‌مولار شوری نسبت به شاهد نشان دادند.

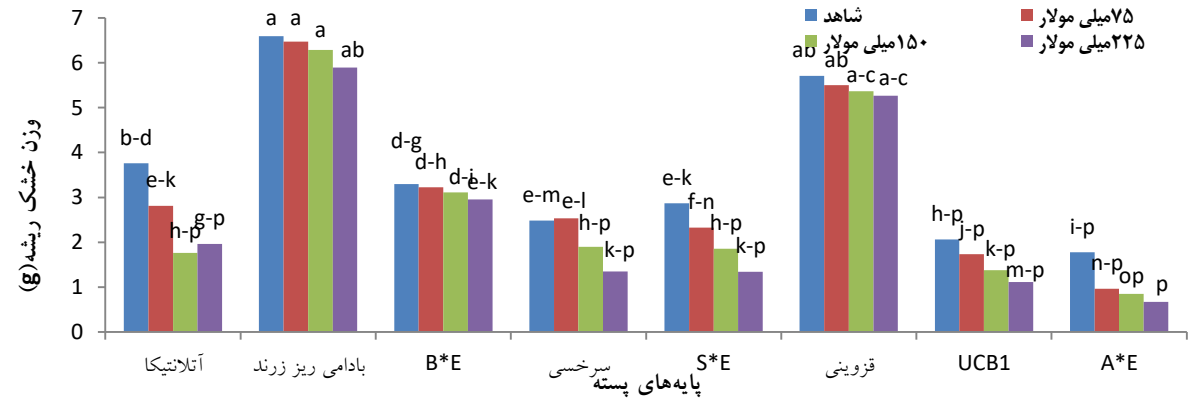
www.SID.ir

Archive of SID



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

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



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

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

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 آبیاری‌شده با محلول غذایی بدون دریافت کلرید سدیم) افزایش یافت، به‌طوری‌که در سطح ۲۲۵ میلی‌مولار بیش‌ترین میزان پرولین در دانهال‌های بادامی ریز زرند (۳/۰۸۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و دورگ بادامی ریز زرند× انتیگریما (۲/۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) کمترین مقدار پرولین در دانهال‌های آتلانتیکا (۲/۵۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) نسبت به شاهد مشاهده شد (شکل ۴). نتیجه تحقیق حاضر با نتایج Kamiab *et al.* (2013) روی پسته و Perez-Pe´rez et al. (2009) روی لیمو مبنی بر افزایش میزان پرولین برگ در شرایط

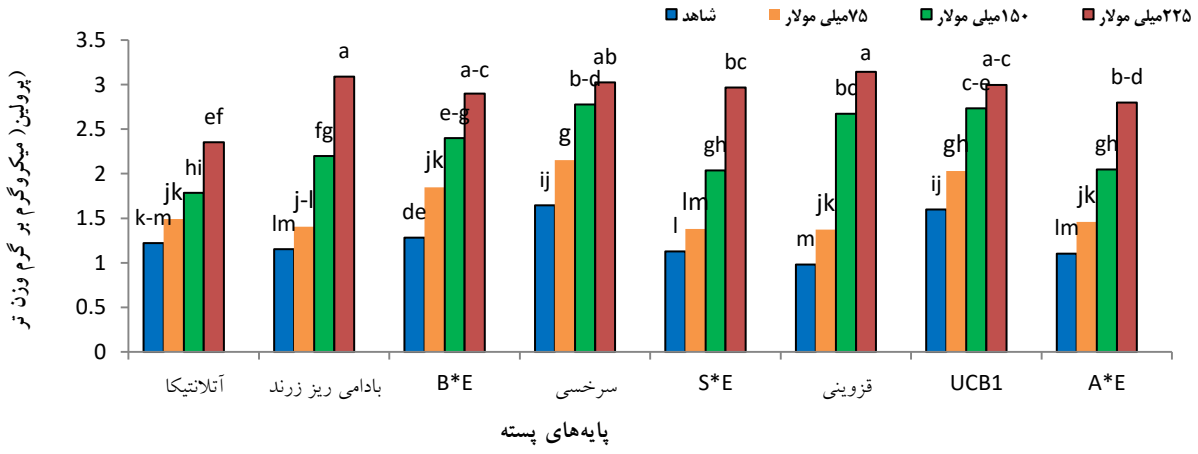
www.SID.ir

Archive of SID

تنش شوری همخوانی داشت. تجمع پرولین رابطه مثبت و مستقیم با افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی بخصوص شوری ایجادشده در گیاه دارد (Garaghanipur *et al.*, 2014). زمانی‌که گیاه در معرض تنش شوری قرار می‌گیرد پروتئین‌ها تجزیه شده و باعث افزایش اسیدهای آمینه می‌گردد. مهم‌ترین آن‌ها پرولین است. تجمع پرولین در سیتوپلاسم مانند یک تنظیم‌کننده اسمزی در حفاظت ساختمان ماکرومولکول‌ها در محیطی که تعادل یونی آن به‌هم‌خورده است، عمل می‌کند افزایش پرولین منجر به حفظ تورم و کاهش خسارت غشا در گیاهان می‌شود (Nazar *et al.*, 2011).

نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که تنش شوری تأثیر معنی‌داری بر کلروفیل a، b و کل در برگ دانهال‌های پسته دارد. برهم‌کنش شوری و ژنوتیپ در سطح یک درصد در مورد کلروفیل a و b معنی‌دار ولی برای کلروفیل کل معنی‌دار نبود. شدت کاهش کلروفیل b در پایه UCB1 و دورگ آتلانتیکا× انتیگریما در سطح ۲۲۵ میلی‌مولار بیش‌تر از بقیه گیاهان مورد مطالعه بود. کاهش غلظت کلروفیل‌ها در شرایط تنش شوری که با تحریک فعالیت آنزیم کلروفیلاز صورت می‌گیرد همبستگی دارد. این نتایج حاکی از آن است که تحت شرایط تنش شوری کاهش محتوای کلروفیل b نسبت به کلروفیل a با شدت بیش‌تر صورت می‌گیرد. یکی از اثرات افزایش کلرید سدیم بر گیاه، پیری زودرس برگ می‌باشد که عامل اصلی آن کاهش میزان کلروفیل است. کاهش کلروفیل موجب کاهش فتوسنتز و تشدید آسیب به ساختمان کلروپلاست می‌گردد. و با نتایج Lawa (1995) روی فتوسنتز گیاهان و Karim (2009) روی پسته مبنی بر کاهش میزان کلروفیل‌های برگ در شرایط تنش شوری همخوانی داشت.

طبق نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش، با افزایش سطوح شوری در تیمارهای مختلف، مقدار فنول کل افزایش یافت. تنش شوری تأثیر معنی‌داری بر مقدار فنول برگ دانهال‌های پسته دارد اما برهم‌کنش سطوح شوری و پایه در سطح یک درصد معنی‌دار بود.



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

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

www.SID.ir

Archive of SID

بیش‌ترین مقدار افزایش فنول در سطح ۲۲۵ میلی‌مولار در دانهال‌های بادامی ریز زرند (۲۸/۱۶ میکروگرم برگرم وزن تر)، قزوینی (۲۱/۷۱ میکروگرم بر گرم وزن) و دورگ بادامی‌ریز زرند× انتیگریما (۲۵/۱۲ میکروگرم بر گرم وزن) و کمترین مقدار در آتلانتیکا (۲۲/۸۱ میکروگرم بر گرم وزن) و دورگ آتلانتیکا× انتیگریما (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 می‌توانند متابولیسم طبیعی سلول را به میزان زیادی مختل کنند. 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 دانهال‌های آتلانتیکا، UCB1 و دورگ آتلانتیکا× انتیگریما در سطح ۲۲۵ میلی‌مولار و بیش‌ترین مقدار آن مربوط به دانهال‌های قزوینی، بادامی ریز زرند و دورگ بادامی ریز زرند× انتیگریما 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 پراکسیدهیدروژن 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 نشان‌داد که برهم‌کنش شوری و پایه، فعالیت این آنزیم را تحت تأثیر قرار داده است. فعالیت این آنزیم در همه گیاهان مورد مطالعه افزایش نشان‌داد، بیش‌ترین افزایش در دانهال‌های قزوینی با میانگین ۲۹/۹۳، بادامی ریز زرند با میانگین ۲۵/۲۳ و دورگ بادامی ریز زرند× انتیگریما با میانگین ۲۵/۴۶ واحد پروتئین و کمترین آن در دورگ سرخس× انتیگریما با میانگین ۱۸/۱۸ واحد پروتئین مشاهده شدند (جدول ۳، شکل ۵).

www.SID.ir

Archive of SID

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

منابع تغییرات	درجه آزادی	پرولین	فنول کل	پروتئین کل	پلی‌فنول اکسیداز	آسکوربات پراکسیداز	گایاکول پراکسیداز	کاتالاز
ژنوتیپ	۷	۲/۲۶**	۲۵/۳۲*	۴/۱۳^{ns}	۲۳/۲۴**	۹/۲۴**	۳/۳۲^{ns}	۱/۶**
شوری	۳	۱۷/۵۴**	۱۹۳/۷**	۴/۱۲^{ns}	۱۱۲/۴**	۳۸۲/۵۳**	۱۲۶۷/۵**	۷۶/۰۶**
ژنوتیپ × شوری	۲۱	۰/۳۹*	۱۰/۳۲^{ns}	۴/۱۱^{ns}	۳/۴۴**	۴/۷*	۵/۹۲*	۰/۷۱^{ns}
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 ns: اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و نبود اختلاف معنی‌داری.

طی واکنشی که توسط آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز کاتالیز می‌شود، ترکیبات فنولی گایاکول، الکترون خود را به پراکسید هیدروژن داده و آب تولید می‌کنند. تتراگایاکول از گایاکول مربوطه توسط این واکنش کاتالیزوری به‌دست می‌آید. به‌همین جهت با شروع واکنش کاتالیزوری که به‌مرور و آرام‌آرام بر مقدار ترکیب تتراگایاکول 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).

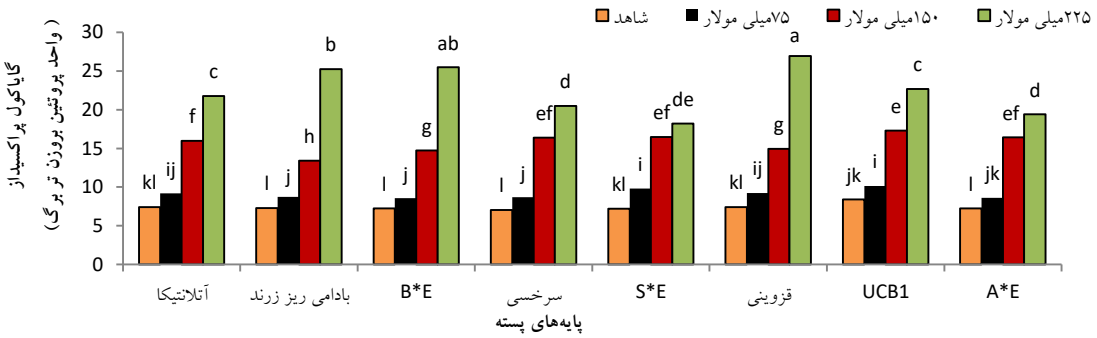
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که با افزایش تنش شوری میزان فعالیت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز افزایش یافت. اثرات اصلی شوری و پایه در سطح یک درصد و برهم‌کنش شوری و پایه در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان داد. در سطح ۲۲۵ میلی‌مولار دورگ بادامی‌ریز زرند× انتیگریما با میانگین ۱۶/۸۳ واحد پروتئین و دانهال‌های قزوینی با میانگین ۱۶/۵۳ واحد پروتئین بیش‌ترین و دورگ آتلانتیکا× انتیگریما با میانگین ۹/۳۴ واحد پروتئین کمترین افزایش را در مقدار آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز نشان‌دادند (شکل ۶). نتیجه تحقیق حاضر با نتایج Abbaspour *et al*. (2012)، Baqerzadeh *et al*. (2017)، روی پسته و Ghorbanli *et al*. (2010) روی گیاه زیره مبنی برافزایش میزان فعالیت آنزیم آسکورات 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). ازآنجایی‌که شوری باعث تولید گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود، بنابراین فعالیت آنزیم آسوربات‌پراکسیداز در سیتوسول و میتوکندری جهت سم‌زدایی افزایش می‌یابد. به‌همین دلیل بالاترین میزان فعالیت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز طی مدت زمان ۴ دقیقه در سطح تنش ۲۲۵ میلی‌مولار مشاهده شد.

همان‌طورکه 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 پلی‌فنول اکسیداز در سطح ۲۲۵ میلی‌مولار در دورگ

www.SID.ir

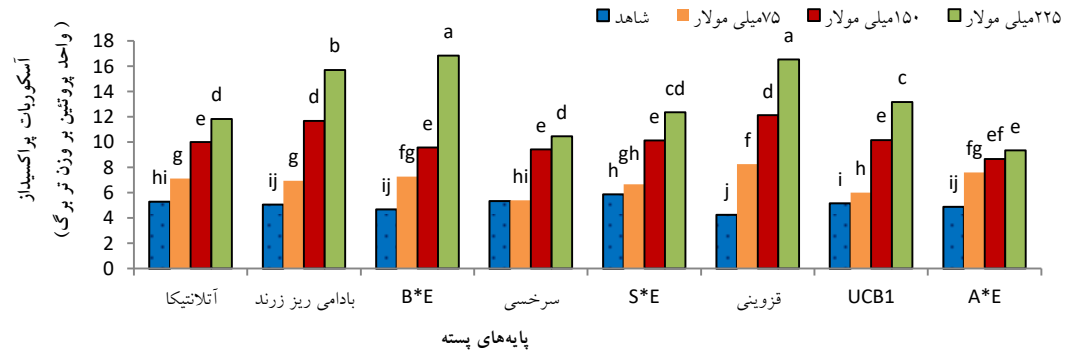
Archive of SID

بادامی ریز زرند× انتیگریما بود. هم‌چنین افزایش فعالیت این آنزیم در پایه‌های آتلانتیکا و UCB1 نسبت به سایر پایه‌ها به مقدار قابل‌توجهی کمتر بود. در پایه UCB1 در سطوح تنش شوری ۱۵۰ میلی‌مولار و ۲۲۵ میلی‌مولار اختلاف ناچیز، ولی در بادامی ریز زرند در این سطوح اختلاف زیاد مشاهده شد. آنیون‌های سوپر اکسید به‌وسیله تنش شوری در سلول تولید می‌شود، زیرا مهم‌ترین تأثیر تنش شوری بسته شدن روزنه‌ها و کاهش تثبیت دی‌اکسید 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 زرند را می‌توان حفظ محتوی اکسین و رشد سلول و دیواره سلولی دانست.



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

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

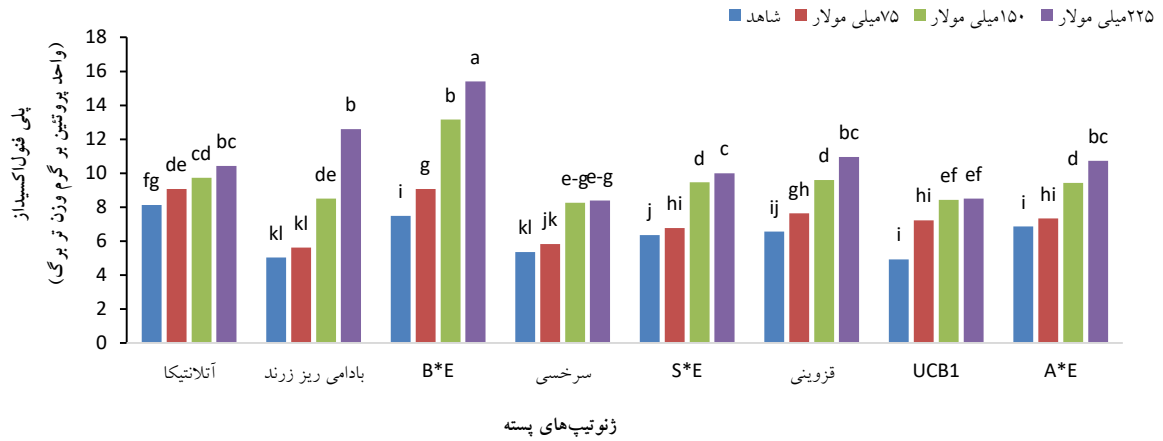


شکل ۶. تأثیر سطوح متفاوت شوری و ژنوتیپ بر فعالیت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز

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

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷. تأثیر سطوح متفاوت شوری و ژنوتیپ بر آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز

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

۴. نتیجه‌گیری

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 آنتی‌اکسیدان 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 آنتی‌اکسیدان را افزایش می‌دهند تا رادیکال‌های آزاد را از بین برده و خنثی نماید. بالاترین میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در سطح ۲۲۵ میلی‌مولار تنش شوری و کمترین میزان فعالیت در شاهد مشاهده شدند. بالاتری میزان فعالیت آنزیم‌های گایاکول پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز در دانهال‌های قزوینی و دورگ بادامی ریز زرند× انتیگریما و کمترین آن در دورگ آتلانتیکا× انتیگریما مشاهده شد. هم‌چنین بیش‌ترین مقدار فعالیت آنزیم پلی‌فنول اکسیداز در دانهال‌های بادامی ریز زرند و دورگ بادامی‌ریز زرند× انتیگریما مشاهده شدند. با توجه به این‌که همه پایه‌های مورد مطالعه پایه‌های متحمل به شوری بودند، پایه‌های بادامی ریز زرند، قزوینی و دورگ بادامی ریز زرند× انتیگریما در سطوح بالای شوری با حفظ بیش‌ترین سطح برگ و کلروفیل و بالاترین سطح فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی متحمل‌ترین پایه‌ها و پایه آتلانتیکا با تحمل پایین، حساس‌ترین پایه شناسایی گردیدند که لازم است در آینده پیوند ارقام مختلف روی این پایه‌ها (دورگ بادامی ریز زرند× انتیگریما، بادامی ریز زرند و قزوینی) انجام و مقاومت پایه‌های پیوندی و رفتار پیوندک نسبت به سطوح مختلف شوری مورد ارزیابی قرار گیرد.

www.SID.ir

Archive of SID

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 quantitaion 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. *Horticutual 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-lyae activities in *Jatropha cursas* 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. Smirnoff (ed) *Envirnment and plant Metabobolism*. *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). Diethyldithiocarbamate suppresses the plant

www.SID.ir

Archive of SID

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 perxidase 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 flavaonoid 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.

www.SID.ir