بررسی روند رشد و تغییرات فعالیت آنزیمی و آنتی‌اکسیدانی در بادام رقم شاهرود ۱۲ روی برخی از پایه‌های پرونوس در مقایسه با خود پایه‌ها تحت تنش شوری

طاهر سقلی[۱]، علی ایمانی*[۲]، محمد اسماعیل امیری[۱]، حامد رضایی[۳] و علی مومن‌پور[٤]

[۱] گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه زنجان، زنجان، [*۲] پژوهشکده میوه‌های سردسیری و معتدله، مؤسسه تحقیقات باغبانی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، [۳] سازمان تحقیقات خاک و آب، آموزش وترویج کشاورزی، کرج، [٤]مرکزملی تحقیقات شوری،سازمان تحقیقات،آموزش وترویج کشاورزی،یزد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۰۳، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۷/۰۸/۱۹)

چکیده

از اثرات مهم شوری در گیاهان می‌توان به روند رشد و تغییرات فعالیت سیستم آنزیمی و آنتی‌اکسیدانی آنها اشاره نمود. در این تحقیق، اثر تنش شوری بر روند رشد و فعالیت سیستم آنزیمی و آنتی‌اکسیدانی بادام رقم شاهرود ۱۲روی برخی پایه‌های پرونوس (بادام تلخ بذری، تترا، GF677 و GN15) و خود پایه‌ها بدون پیوند (بادام تلخ بذری به‌صورت دانهال، تترا، GF677 و GN15 هر سه به‌صورت پایه‌های رویشی)، تحت تنش شوری در قالب یک آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور ۸ ترکیب پایه و پنج سطح شوری آب آبیاری در سه تکرار بررسی شد. نتایج نشان داد سطوح مختلف شوری باعث کاهش معنی‌دار تعداد برگ در شاخه اصلی و همچنین جمع کل برگ‌های پایه‌ها، قطر و ارتفاع پیوندک و وزن تر اندام هوایی شد. بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانت کل در ترکیب پیوند بادام شاهرود ۱۲ بر پایه GF_{677} در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر به میزان ۳۰/۹۷ درصد مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با سایر ترکیبات پیوندی (پیوند بادام شاهرود ۱۲ بر روی سایر پایه‌ها) و پایه‌های مورد بررسی داشت. کمترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانتی کل هم در ترکیب پیوند بادام شاهرود ۱۲ روی پایه تترا به میزان ۱۰/۰۱ درصد به‌دست آمد. البته ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز در تمامی ترکیبات پیوندی (پیوند بادام شاهرود ۱۲ بر روی سایر پایه‌ها) و پایه‌های مطالعه‌شده، ابتدا با افزایش غلظت نمک افزایش و سپس با افزایش بیشتر سطح شوری، مقدار آنها کاهش یافت. در مجموع براساس نتایج ارائه‌شده می توان چنین نتیجه‌گیری نمود که در بین ترکیبات پیوندی و پایه‌های مورد بررسی، رقم شاهرود ۱۲ پیوندشده روی پایه GF_{677} متحمل‌ترین ترکیب پیوندی به تنش شوری با وزن تر هوایی (۱٦۳/۵ گرم) و همان رقم پیوندشده روی پایه بادام بذری با وزن تر هوایی (۷ /۱٤۲ گرم) حساس‌ترین ترکیب پیوندی بود.

کلمات کلیدی: بادام، پراکسیداز، آنزیم، رادیکال آزاد، ژنوتیپ

مقدمه

تنش شوری تنش محیطی است که رشد و نمو گیاهان و تولید محصولات کشاورزی را در بیشتر نقاط جهان متأثر می‌سازد. اثر منفی شوری بر رشد گیاهان و توسعه آنها همراه با

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: Imani_a45@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.7.7]

پایین‌آمدن پتانسیل اسمزی محلول خاک، تغییر در گرفتن مواد مغذی، تأثیر یون‌های سدیم و کلراید یا ترکیبی از این عوامل است. این تأثیرات منجر به تغییرات در مورفولوژی، بیوشیمی، فیزیولوژی سلولی، بافت‌ها، اندام‌ها و کل سطح گیاه می‌شود (جعفری‌نیا، ۱۳۹۰).

پژوهش‌های انجام‌یافته نشان می‌دهند که شاخص‌های مورفولوژیکی بادام از جمله رشد طولی، قطر تنه، ضخامت برگ‌ها و حوزه گسترش ریشه‌ها با افزایش شوری کاهش می‌یابند که علت این کاهش رشد و عملکرد را معمولاً مربوط به سمیت یونی و تنش خشکی ناشی از افزایش پتانسیل اسمزی محلول خاک دانسته‌اند (مؤمن‌پور و همکاران، ۱۳۹٤؛ Noitskis,1997). Noitskis و همکاران (۱۹۹۷) طی مطالعاتی که در مورد تأثیر سطوح شوری صفر، ۱/۸ و ۳/٦ گرم در لیتر سدیم کلرید روی ارقام مختلف بادام انجام داده‌اند، به این نتیجه رسیدند که ارقام بادام عکس‌العمل متفاوتی به سطوح مختلف شوری نشان می‌دهند. در تحقیقی اثر سدیم کلرید در چهار سطح صفر، ٤، ۸ و ۱٦ دسی‌زیمنس بر متر بر خصوصیات مورفولوژی برخی از ارقام دیر گل بادام که روی پایه GF_{677} پیوند شده بودند مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که با افزایش سطح شوری شاخص‌های رشدی گیاهان به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابند و کمترین میزان رشد و درصد نکروزه‌شدن برگ در سطوح شوری ۸ و ۱٦ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب در ارقام آراز، اسکندر و نان پاریل و بیشترین درصد نکروزه‌شدن برگ به‌ترتیب در رقم‌های منقا، سهند و آذر مشاهده شد (بای بوردی، ۱۳۹۲). در پژوهش دیگری اثر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک در برخی از ژنوتیپ‌های انتخابی بادام پیوندشده روی پایه GF677 بررسی و گزارش شد که با اعمال تنش شوری و افزایش غلظت آن شاخص‌های رشدی شامل ارتفاع شاخه، قطر شاخه، تعداد برگ کل، تعداد برگ‌های سبز، تراکم برگ روی شاخه اصلی، سطح برگ و نسبت سطح برگ، وزن تر و خشک برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی و وزن تر و خشک ریشه، در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده کاهش یافتند. همچنین آنها گزارش کردند، با افزایش سطوح شوری تا ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر نشانه‌های سوختگی در حاشیه برگ‌های ژنوتیپ‌های مطالعه شده به تدریج ظاهر و با حالت پیش‌رونده در طول زمان، باعث پژمردگی و در نهایت ریزش کامل برگ‌ها می‌شود که این روند در میان ژنوتیپ‌ها متفاوت بود. به طوریکه رقم شاهرود ۱۲ کم‌ترین علائم را نشان داد (مومن‌پور و همکاران، ۱۳۹٤). بروز سوختگی حاشیه‌ای در برگ‌های ارقام حساس به شوری، به کاهش محتوای نسبی آب و پتانسیل اسمزی و تجمع یون‌های سمی از قبیل کلر و سدیم نسبت داده شده است (Karakas, 2000).

گزارش شده است که تنش شوری هومئوستازی پتانسیل آب و توزیع یون را هم در سطح سلول و هم در سطح کل گیاه بر هم می‌زند و موجب تنش اسمزی می‌شود. این کمبود آب موجب ایجاد گونه‌های اکسیژن واکنش‌پذیر (ROS) مانند هیدروژن سوپراکسید، رادیکال هیدروکسید و اکسیژن می‌شود. این اکسیژن‌های فعال‌شده سیتوزولی، موجب اختلال در متابولیسم از طریق خسارت اکسیداتیو بر لیپیدها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک می‌شود و فعالیت آنزیم‌های اکسیدانت مانند کاتالاز، پراکسیداز، آسکوربات و گلوتامین رداکتاز را تحت تنش افزایش می‌دهد (Sorkheh *et al*., 2012). در محیط شور به دلیل شرایط خاص شیمیایی و بالابودن غلظت برخی عناصر نظیر سدیم و کلرید قابلیت استفاده و جذب عناصر غذایی گیاه تحت تأثیر قرار می‌گیرد. از مهم‌ترین آثار شوری می‌توان به کاهش آب قابل استفاده گیاه، ایجاد مسمومیت توسط برخی یون‌های سمی، فعالیت کم عناصر غذایی ضروری، ناهنجاری‌های تغذیه‌ای، کاهش رشد و کیفیت محصول اشاره کرد (احمدی قشلاقی و همکاران، ۱۳۹٤). بسته‌شدن روزنه‌ها تحت تأثیر تنش شوری می‌تواند سبب ایجاد اکسیژن‌های فعال سیتوزولی و همچنین افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی نظیر سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، پراکسیداز (POX) و کاتالاز (CAT)، آسکوربات پراکسیداز (APOX) و گلوتاتیون ردوکتاز (GR) گردد. گزارش شده که در بیشتر گیاهان تراریخته متحمل به نمک آنزیم‌های گلوتاتیون پراکسیداز،

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.7.7]

سوپراکسید دیسموتاز، آسکوربات پراکسیدازها و گلوتاتیون ردوکتاز بیان بیشتری دارند(Erturk *et al.*, 2007; Sorkheh *et al.*, 2012).

تحقیقات متعددی نشان داده است که آستانه تحمل اکثر درختان میوه هسته‌دار ازجمله بادام نسبت به تنش شوری پایین است، به طوریکه در شوری ۲/۸، ٤/۱ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب ۲۵، ۵۰ ۱۰۰ درصد از عملکرد آن با کاهش روبرو گردید (Grattan and Grieve, 1999). بنابراین در بادام نیز همانند سایر درختان میوه، انتخاب پایه و پیوندک‌های متحمل راهبرد بسیار مناسبی به‌منظور کاهش عوارض ناشی از شوری به‌ویژه در نواحی خشک کشور است. پژوهشگران تحمل پایه GF677 نسبت به سطوح مختلف شوری حاصل از نمک طبیعی را مورد بررسی و نشان داده‌اند که این پایه نسبت به شوری ٤/۹ دسی‌زیمنس بر متر متحمل است (مؤمن‌پور و همکاران، ۱۳۹٤). همچنین، گزارش شده است که پایه GF677 از طریق مکانیسم تدافعی ایجاد محدودیت در جذب و یا انتقال سدیم به قسمت‌های هوایی و نیز حفظ سطح مناسبی از پتاسیم، می‌تواند شوری تا ۵۰ میلی‌مولار (۵/۲ دسی‌زیمنس بر متر) را تحمل کند (اورعی و همکاران، ۱۳۸۸). بنابراین با توجه به گزارش‌های موجود از این پایه می‌توان به‌عنوان یک پایه متحمل به شوری برای مناطقی با شوری متوسط (در حدود ۵ دسی‌زیمنی بر متر) استفاده نمود. گرچه شواهد نشان می‌دهند که بادام رقم شاهرود ۱۲ بر روی پایه GF677 نسبت به شوری متحمل است (مؤمن‌پور و همکاران، ۱۳۹٤) ولی هنوز ترکیب این رقم با سایر پایه‌های متداول مورد تحقیق قرار نگرفته است و اطلاعاتی وجود ندارد. بنابراین در این تحقیق پایه‌های بذری بادام تلخ، پایه تترا و پایه GN15 نسبت به شوری با پایه GF677 به‌منظور تعیین متحمل‌ترین ترکیب پایه و پیوندک بادام به تنش شوری با بررسی فعالیت‌های آنزیمی مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق اثر تنش شوری بر روند رشد و فعالیت سیستم آنزیمی و آنتی‌اکسیدانی بادام رقم شاهرود ۱۲روی برخی پایه‌های پرونوس (بادام تلخ بذری، تترا، GF677 و GN15) و خود پایه‌ها بدون پیوند (بادام تلخ بذری به‌صورت دانهال، تترا، GF677 و GN15 هر سه به‌صورت پایه‌های رویشی) تحت تنش شوری در قالب یک آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور ۸ ترکیب پایه و پنج سطح شوری آب آبیاری در سه تکرار بررسی شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مخلوط خاکی مورد استفاده و وضعیت رشدی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شروع اعمال تیمار شوری به‌ترتیب در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده‌اند. در این آزمایش رقم شاهرود ۱۲ بر روی پایه‌های GF677، GN15، پایه بذری بادام تلخ و تترا پیوندشده (و هر یک از پایه‌های دو ساله نامبرده بدون عمل پیوند به‌عنوان شاهد) مورد بررسی قرار گرفتند. به‌منظور اعمال تیمارهای شوری با غلظت‌های صفر، ۲، ٤، ٦ و ۸ دسی‌زیمنس‌برمتر، از نمک سدیم کلرید استفاده شد. برای اجتناب از ایجاد شوک ناگهانی و پلاسمولیز، افزودن نمک‌ها به‌صورت تدریجی انجام و در مدت یک هفته به غلظت نهایی رسانده شد. بدین منظور، ابتدا گیاهان با تیمارهای صفر، ۲ و ٤ دسی‌زیمنس‌برمتر آبیاری شدند و برای اعمال تیمار شوری با غلظت‌های ٦ و ۸ دسی‌زیمنس‌برمتر در مرتبه دوم گیاهان با تیمار ٦ دسی‌زیمنس‌برمتر آبیاری شدند و در نهایت در مرتبه سوم گیاهانی که قرار بود با تیمار ۸ دسی‌زیمنس‌بر متر آبیاری شوند، با این غلظت از نمک موجود در آب، آبیاری شدند. میزان رطوبت خاک گلدان‌ها در سطح ظرفیت مزرعه قبل از انتقال گیاهان به گلدان به کمک دستگاه صفحه فشار مدل (F1, USA) تعیین شد. آبیاری گلدان‌ها با توجه به تغییرات وزن آنها و نیاز آبشویی انجام شد. به طوریکه طی دوره آزمایش (۹۱ روز) تیمارهای صفر و ۲ دسی‌زیمنس بر متر ۲۲ مرتبه، تیمار ٤ دسی‌زیمنس بر متر ۲۱ مرتبه و تیمارهای ٦ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر ۱۹ مرتبه اعمال شدند.

به‌منظور اندازه‌گیری میزان افزایش قطر، ارتفاع و تعداد برگ سبز گیاهان مورد نظر قبل از شروع اعمال تیمار شوری قطر و ارتفاع آنها یاداشت گردید و مجدداً صفات مورد نظر در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.7.7]

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مخلوط خاکی مورد استفاده

ویژگی	مقدار	ویژگی	مقدار
رطوبت اشباع (درصد)	٤١	بافت	لوم
رطوبت ظرفیت زراعی (درصد)	٢٠/١٤	کلسیم محلول (قسمت در میلیون)	١١٦/٥
رطوبت نقطه پژمردگی (درصد)	١٠/١	منیزیم (قسمت در میلیون)	٢٩١/٢
شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	١/٥٠	کربنات کلسیم معادل (درصد)	١٢/٦
واکنش خاک	٧/٥	مس (قسمت در میلیون)	٢/٦
نیتروژن (درصد)	٠/٢١	روی (قسمت در میلیون)	٦/٤
کربن آلی (درصد)	١/٧٠	آهن (قسمت در میلیون)	٢٣/٩
فسفر قابل جذب (قسمت در میلیون)	١٠١/١	پتاسیم قابل جذب (قسمت در میلیون)	٥٨٠
شن (درصد)	٣٩	منگنز قابل جذب (قسمت در میلیون)	٢١/٢
سیلت (درصد)	٤٤	سدیم محلول (قسمت در میلیون)	٨٧/١٥
رس (درصد)	١٧		

پایان آزمایش اندازه‌گیری شدند و مقادیر افزایش‌یافته محاسبه شدند. به‌منظور اندازه‌گیری وزن تر و خشک برگ‌ها شاخه اصلی و انشعابات شاخه اصلی در پایان آزمایش از گیاهان جدا و وزن شدند و سپس به مدت ٤٨ ساعت در دمای ٧٥ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و وزن خشک آنها محاسبه شد. همچنین در پایان آزمایش فعالیت‌های آنزیمی شامل آنزیم‌های کاتالاز (Chance and Maehly, 1955)، آسکوربات پراکسیداز (Nakano and Asad, 1981)، آنتی‌اکسیدانت کل (Singleton *et al.*,1999)، هیدروژن پراکسید (Velikova *et al.*, 2000)، پراکسیداز (Cesarino *et al.*, 2012) مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. تجزیه و تحلیل داده‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) انجام و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و نرم‌افزار MSTATC (ورژن ۱۰. ۲) صورت گرفت.

نتایج و بحث

همان طوریکه از نتایج تجزیه واریانس بر می‌آید اثرات ساده شوری و ژنوتیپ و همچین اثر متقابل آنها بر تمامی خصوصیات مورفولوژیک ژنوتیپ‌ها معنی‌دار بود ($P < 0.05$؛ جدول ۲). از طرفی نتایج مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف شوری بر ژنوتیپ‌های مورد بررسی مشخص نمود که در همه ژنوتیپ‌ها اعمال تنش شوری متفاوت بود و در همه ژنوتیپ‌ها بیشترین میزان قطر و طول پیوندک در سطح شوری صفر و کمترین آن در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد. در خصوص ارتفاع پیوندک نیز بیشترین کاهش ارتفاع پیوندک نسبت به سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر در پایه تترا به میزان ٤٣ درصد و بیشترین مقدار کاهش نیز در پایه بادام بذری به میزان ١٥٣ درصد به‌دست آمد. پیوند رقم شاهرود ۱۲ بر روی پایه GF677 باعث کاهش در میزان کاهش ارتفاع پیوندک نسبت به سطح شوری شاهد گردید و باعث بهبودی در مقدار ارتفاع پیوندک گردید. درمجموع در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، شاهرود ۱۲ پیوندشده روی پایه GF677 نسبت به سایر پیوندک‌ها از تحمل به شوری خوبی برخوردار بود (جدول ۲).

سطوح مختلف شوری باعث کاهش معنی‌دار تعداد برگ در شاخه اصلی و همچنین جمع کل برگ‌های پایه‌ها شد. بیشترین تعداد برگ در شاخه اصلی در رقم شاهرود ۱۲ پیوندشده روی پایه GN15 در سطح شوری صفر دسی‌زیمنس بر متر به میزان ۱۱۱ برگ به‌دست آمد اما شوری باعث کاهش این مقدار برگ به تعداد ۳۵ عدد در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر گردید.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.7.7]

جدول ۲- اثر متقابل شوری و ژنوتیپ‌های بادام بر صفات مورفولوژیکی رقم شاهرود ۱۲ بر برخی از پایه‌های پرونوس در مقایسه با خود پایه‌ها تحت تنش شوری

ژنوتیپ	سطح شوری	قطر پیوندک (میلیمتر)	ارتفاع پیوندک (سانتیمتر)	تعداد برگ شاخه اصلی	تعداد برگ‌ها	وزن تر اندام هوایی (گرم)
میانگین مربعات	–	۱/۱۵*	۵۶/۴۷*	۱۵۱/۱۵*	۸۰۱*	۲۷۴/۵۶*
پایه تترا	۰	۱۱/۶۸$^{c-e}$	۱۰۲/^{۸}$^{b-e}$	۷۵/۳۳^{bc}	۲۸۹^{ef}	۳۱۴ ^{c}
	۲	۱۰/۸۶$^{d-h}$	۹۲/۹۶$^{c-i}$	۴۹$^{d-h}$	۲۵۵$^{f-h}$	۲۷۳ ^{de}
	۴	۹/۸۹$^{h-j}$	۸۳/۷۶$^{g-l}$	۴۵$^{e-j}$	۱۹۰/۷$^{j-l}$	۲۲۴/۷ ^{gh}
	۶	۸/۳۶$^{l-o}$	۸۵$^{g-k}$	۳۹$^{g-j}$	۱۳۸$^{m-o}$	۱۷۹/۱ ^{kl}
	۸	۷/۱۸$^{o-q}$	۷۱/۵۳$^{k-n}$	۱۸/۳۳^{lm}	۸۰/۳۳^{p}	۱۴۶/۶ ^{no}
شاهرود ۱۲ پیوندشده روی پایه تترا	۰	۱۴/۳۷^{b}	۱۰۶/۷^{bc}	۷۹/۳۳^{b}	۴۰۴/۷^{a}	۳۶۴ ^{a}
	۲	۱۱/۵۵$^{c-e}$	۹۷/۶$^{c-g}$	۶۳/۳۳$^{b-e}$	۲۴۹/۳$^{d-f}$	۲۸۹ ^{d}
	۴	۱۰/۳۱$^{e-i}$	۸۵/۰۶$^{g-k}$	۴۶/۶۶$^{d-i}$	۲۲۱$^{h-j}$	۲۴۲/۱ ^{fg}
	۶	۹/۲۸$^{i-l}$	۷۸/۹۳$^{i-m}$	۴۰/۶۶$^{f-k}$	۱۸۰/۷$^{j-m}$	۲۱۲/۷ $^{h-j}$
	۸	۷/۳$^{n-q}$	۵۹/۱$^{n-p}$	۲۳$^{k-m}$	۱۱۲/۳$^{n-p}$	۱۵۳/۳ ^{mn}
پایه بادام بذری	۰	۱۱/۶۵$^{c-e}$	۱۰۳/۲$^{b-d}$	۷۰/۶۶^{bc}	۳۵۲^{bc}	۳۳۵/۵ ^{bc}
	۲	۱۰/۷۳$^{d-h}$	۸۹/۹$^{d-j}$	۴۷/۶۶$^{d-i}$	۲۷۲$^{e-g}$	۲۸۰/۹ ^{d}
	۴	۹/۸$^{h-k}$	۸۱/۶$^{h-l}$	۴۲/۶۶$^{f-k}$	۱۷۸/۳$^{j-m}$	۲۱۶/۹ $^{h-j}$
	۶	۸/۱$^{l-p}$	۷۰/۹۶$^{l-n}$	۳۸$^{g-k}$	۱۱۴$^{n-p}$	۱۶۵/۴ $^{l-n}$
	۸	۵/۵۳^{r}	۴۰/۷۳^{q}	۱۰^{m}	۳۵/۳۳^{q}	۱۲۶/۲ ^{o}
شاهرود۱۲ پیوندشده روی پایه بادام بذری	۰	۱۲/۳۱^{c}	۱۰۶/۶^{bc}	۷۵/۳۳^{bc}	۳۷۹/۳^{ab}	۳۳۷/۸ ^{b}
	۲	۱۱/۴۳$^{c-f}$	۹۷/۸۶$^{c-g}$	۶۰/۶۶$^{b-f}$	۲۷۶$^{e-g}$	۲۹۰/۳ ^{d}
	۴	۱۰/۱۹$^{f-i}$	۸۷/۱$^{f-j}$	۴۵/۶۶$^{e-j}$	۱۹۵/۷$^{i-k}$	۲۱۳/۱ $^{h-j}$
	۶	۹/۲۱$^{i-l}$	۷۸/۸$^{i-m}$	۳۸/۳۳$^{g-k}$	۱۰۸$^{n-p}$	۱۷۳/۶ ^{lm}
	۸	۶/۹^{pq}	۵۴/۷۳^{op}	۲۸$^{i-m}$	۸۶/۳۳^{p}	۱۴۲/۷ ^{no}
پایه GF677	۰	۱۱/۷۱^{cd}	۱۰۳/۷$^{b-d}$	۹۹/۳۳^{a}	۴۱۲^{a}	۳۸۴/۸ ^{a}
	۲	۱۱/۰۳$^{c-h}$	۹۵/۰۶$^{c-h}$	۵۶/۶۶$^{c-g}$	۳۱۱$^{c-e}$	۳۲۱/۶ ^{bc}
	۴	۱۰/۰۵$^{g-i}$	۸۵/۵$^{f-k}$	۴۶/۶۶$^{d-i}$	۲۲۵$^{h-j}$	۲۵۶/۲ ^{ef}
	۶	۸/۵۵$^{k-n}$	۷۵/۷۳$^{j-m}$	۳۴$^{h-l}$	۱۵۰$^{k-n}$	۱۹۷/۷ ^{jk}
	۸	۶/۱۷^{qr}	۵۱/۱۶^{pq}	۲۹/۶۶$^{h-l}$	۹۶^{op}	۱۵۸/۹ $^{l-n}$
شاهرود ۱۲ پیوندشده روی پایه GF677	۰	۱۴/۳۸^{b}	۱۱۲/۴^{ab}	۱۱۳/۷^{a}	۴۱۲/۷^{a}	۳۸۰/۵ ^{a}
	۲	۱۱/۶$^{c-e}$	۹۹/۴۶$^{b-f}$	۶۹/۳۳^{bc}	۳۳۹/۳$^{b-d}$	۳۳۲/۶ ^{bc}
	۴	۱۰/۳۲$^{e-i}$	۹۴/۷$^{c-h}$	۶۳/۳۳$^{b-e}$	۲۴۱/۷$^{g-i}$	۲۸۶/۸ ^{de}
	۶	۹/۷۴$^{h-k}$	۸۲/۸$^{h-l}$	۴۱/۶۶$^{f-k}$	۱۷۸/۳$^{j-m}$	۲۲۲/۳ $^{g-i}$
	۸	۷/۸۷$^{m-p}$	۶۵/۸۳$^{m-o}$	۳۷/۶۶$^{g-l}$	۱۱۸/۳$^{n-p}$	۱۶۳/۵ $^{l-n}$

مقدار میانگین مربعات برای هر صفت مربوط به اثر متقابل شوری و ژنوتیپ است (معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد). میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر صفت دارای حروف متفاوت هستند، براساس آزمون دانکن، در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند.**

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.7.7]

ادامه جدول ۲-

ژنوتیپ	سطح شوری	قطر پیوندک (میلیمتر)	ارتفاع پیوندک (سانتیمتر)	تعداد برگ شاخه اصلی	تعداد برگ‌ها	وزن تر اندام هوایی (گرم)
میانگین مربعات	–	۱/۱۵ *	۵٦/٤۷ *	۱۵۱/۱۵ *	۸۰۱ *	۲۷٤/۵٦ *
پایه GN15	۰	۱۲/۲٦^{c}	۱۰٦/٤^{bc}	۷٦/۳۳^{bc}	۳۵۲^{bc}	۳۷۲/٦^{a}
	۲	۱۱/۳۲$^{c-g}$	۹٤/۱$^{c-h}$	۵۷/٦٦$^{c-g}$	۲۷۲/۷$^{e-g}$	۳۲٤/۹^{bc}
	٤	۱۰/۱٤$^{f-i}$	۸٦/۲٦$^{f-j}$	٤۵/۳۳$^{e-j}$	۱۹۸/۷^{ij}	۲۵٦/۷^{ef}
	٦	۸/٦۵$^{j-m}$	۷۷/۵$^{j-m}$	۳۷/٦٦$^{g-l}$	۱۳۸$^{m-o}$	۱۹۸/٦^{jk}
	۸	٦/۸٦^{pq}	٤۹/٦۳^{pq}	۲٦$^{j-m}$	۹۷^{op}	۱٦۳/۱$^{l-n}$
شاهرود۱۲ پیوندشده روی پایه GN15	۰	۱۵/۹٦^{a}	۱۲۰/۲^{a}	۱۱۱/۳^{a}	۳۸۳/۳^{ab}	۳۷۳/۲^{a}
	۲	۱۱/٦٤$^{c-e}$	۱۰۲/۵$^{b-e}$	٦۵/٦٦$^{b-d}$	۳۱٤/۷$^{c-e}$	۳۱۸/۵^{bc}
	٤	۱۰/٤۲$^{d-i}$	۸۹/۰٦$^{e-j}$	٤۷/٦٦$^{d-i}$	۲۲۳/۳$^{h-j}$	۲٤۲/٤^{fg}
	٦	۹/۷۷$^{h-k}$	۸۱/۳$^{h-l}$	٤۰/۳۳$^{g-k}$	۱٤۹/۷$^{l-n}$	۲۰۱/۵^{ij}
	۸	۷/۷۵$^{m-p}$	٦۰/۹٦$^{n-p}$	۳۵/۳۳$^{h-l}$	۹٤/۳۳^{op}	۱۵۱/۵^{mn}

مقدار میانگین مربعات برای هر صفت مربوط به اثر متقابل شوری و ژنوتیپ است (معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد). میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر صفت دارای حروف متفاوت هستند، براساس آزمون دانکن، در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند.**

پایه GF677 نیز در سطح شوری صفر دارای ۹۹ برگ در شاخه اصلی و مجموع ٤۱۲ برگ بود که در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر مقدار آنها به‌ترتیب به ۲۹ و ۹٦ عدد کاهش پیدا کرد. رقم شاهرود ۱۲ پیوندشده بر پایه GF677 تعداد برگ در شاخه اصلی در سطوح شوری صفر و ۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب برابر ۱۱۳ و ٤۱۲ و مجموع کل برگ‌ها (در سطح شوری صفر و سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب ۳۷ و ۱۱۸ بود. نتایج نشان داد که رقم شاهرود ۱۲ پیوندشده روی پایه GF677 شرایط بهتری نسبت به پایه شاهد GF677 داشت و بهتر توانست تنش شوری را تحمل نماید (جدول ۲). وزن تر اندام هوایی نیز در تمامی تیمارهای مورد بررسی کاهش معنی‌دار با افزایش میزان شوری را از صفر تا ۸ دسی‌زیمنس بر متر نشان داد و کمترین و بیشترین میزان کاهش وزن تر اندام هوایی در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس نسبت به سطح صفر به‌ترتیب در پایه تترا (۱۱۵ درصد) و پایه بادام بذری (۱٦٦ درصد) مشاهده شد (جدول ۲). Karimi و همکاران (۲۰۱۲) گزارش نمودند که پارامترهای رشدی و مورفولوژیکی پسته نیز تحت تأثیر تنش شوری قرار گرفتند و افزایش شوری باعث کاهش این پارامترها گردید. نتایج این تحقیق با نتایج باقرزاده و همکاران (۱۳۹۵) در پایه‌های پسته بادامی همخوانی دارد. Zrig و همکاران (۲۰۱٦) نیز کاهش معنی‌دار طول پیوندک درنتیجه افزایش تنش شوری را گزارش نمودند. عموماً نتایج نشان داده که تأثیر پایه روی رشد اندام هوایی و خصوصیات مورفولوژیکی با توانایی آن در به حداقل رساندن جذب یون‌های سمی و زمان باز چرخ عناصر غذایی مرتبط است (Martinez-Rodriguez *et al.*, 2008). غلظت‌های بالاتر Na^{+} در خاک یا در آب آبیاری می‌تواند فراهمی عناصر غذایی و جذب را کاهش داده و نسبت‌های $Ca2^{+}/Na^{+}$، K^{+}/Na^{+} و Mg^{2+}/Na^{+} در گیاهان و فعالیت‌های بیوشیمیایی را کاهش می‌دهند (Zrig *et al.*, 2016). همچنین شوری با چندین جنبه فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی شامل فتوسنتز، جذب عناصر غذایی و بیوسنتز رنگدانه‌ها و آنتی‌اکسیدانت‌ها و کارکرد آنها تداخل ایجاد می‌کند (Zrig *et al.*, 2016). درنتیجه گیاه به آسیب ویژه یونی و همچنین اختلالات تغذیه‌ای حساس و آسیب‌پذیر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.7.7]

جدول ۳- اثر متقابل شوری و ژنوتیپ‌های بادام بر تغییرات فعالیت آنزیمی و آنتی‌اکسیدانی در بادام رقم شاهرود ۱۲ روی برخی از پایه‌های پرونوس در مقایسه با خود پایه‌ها تحت تنش شوری

ژنوتیپ	سطح شوری	کاتالاز	آسکوربات پروکسیداز	پروکسیداز	آنتی‌اکسیدانت کل (٪)	پروکسید هیدروژن (میکروگرم بر گرم وزن تر)
		(میکرو مول بر گرم وزن تر در دقیقه)				
میانگین مربعات	–	۰/۷۰۵**	۱۶/۰۳**	۰/۰۱۵**	۳۰/۳۳**	۳۲/۶۶**
پایه تترا	۰	۰/۶۷$^{h-o}$	۶/۷۹$^{b-h}$	۰/۱۵$^{l-n}$	۱۱/۰۱st	۲۶/۲۵$^{o-s}$
	۲	۰/۸۸$^{f-o}$	۷/۹$^{a-h}$	۰/۲^{ij}	۱۱/۱۵^{s}	۳۰/۷۳$^{j-q}$
	٤	۰/۵۲$^{j-o}$	۵/۳٤$^{e-h}$	۰/۲۵^{fg}	۱۳/۱۹^{qr}	۳۷/۱٤$^{f-j}$
	٦	۰/۲۸$^{m-o}$	۳/۳٤^{gh}	۰/۰٦^{q}	۱٤/۵۸^{op}	٤۸/۳۹$^{b-d}$
	۸	۰/۱٦^{o}	۲/۷۸^{h}	۰/۰۳^{r}	۱۲/٦۹^{r}	۵۲/۵۲^{ab}
شاهرود ۱۲ پیوندشده روی پایه تترا	۰	۱/۰۱$^{e-o}$	۷/۷۹$^{a-h}$	۰/۱۷^{kl}	۱۰/۰۱^{t}	۲۳/٦٤$^{q-s}$
	۲	۱/٤۹$^{b-j}$	٦/۱۲$^{d-h}$	۰/۲۳^{gh}	۱۰/۹۹st	۲۹/٦۱$^{k-r}$
	٤	۱/۸۹$^{b-e}$	٤/٦۷$^{e-h}$	۰/۲۵^{fg}	۱٦/٦۵^{lm}	۳٤/۸٤$^{i-m}$
	٦	۲/۱$^{b-d}$	٤/۳٤$^{f-h}$	۰/۳^{d}	۲۵/٦٦^{e}	۳۷/۳۲$^{f-j}$
	۸	۱/۵۲$^{b-i}$	۳/۲۳^{gh}	۰/۲^{ij}	۳۱/۰۲^{a}	٤۲/۷۱$^{d-g}$
پایه بادام بذری	۰	۰/٦۷$^{h-o}$	۷/۱۲$^{b-h}$	۰/۱۵$^{l-n}$	۱۰/۸۸st	۲۳/۰۵^{rs}
	۲	۰/۷$^{g-o}$	۹/٦۷$^{a-h}$	۰/۲^{ij}	۱۰/۹۵st	۲۸/۳۳$^{m-s}$
	٤	۰/۵۲$^{j-o}$	۳/٤۵^{gh}	۰/۲۳^{gh}	۱۲/٤۲^{r}	۳۵/٤۳$^{h-l}$
	٦	۰/۳۱$^{l-o}$	۳/۲۳^{gh}	۰/۵^{b}	۱۸/۹٤^{k}	٤۳/۸٦$^{c-f}$
	۸	۰/۱۳^{o}	۲/۵٦^{h}	۰/۲۷^{ef}	۱٦/۲٦^{mn}	۵۵^{a}
شاهرود ۱۲ پیوندشده روی پایه بادام بذری	۰	۰/۹۵$^{e-o}$	۸/۷۹$^{a-h}$	۰/۱۳$^{n-p}$	۱۰/٤۲st	۲۷/٦۷$^{n-s}$
	۲	۱/۱۹$^{d-n}$	۸/۱۳$^{a-h}$	۰/۲^{ij}	۱٤/٤٦^{p}	۳۲/۰۹$^{i-o}$
	٤	۱/۷$^{b-f}$	۵/۱۲$^{e-h}$	۰/۲٦^{f}	۱۷/۳۳^{l}	۳۵/٦۷$^{h-l}$
	٦	۲/٤^{ab}	۳/٦۷^{gh}	۰/۲۷^{ef}	۲٦/۸۷^{d}	٤۲/۰٤$^{d-n}$
	۸	۱/۳۷$^{c-k}$	۲/۸۹^{gh}	۰/۲۹^{de}	۱۸/٦^{k}	٤۵/۳۲$^{c-e}$
پایه GF677	۰	۱/۰٤$^{e-o}$	۷/۲٤$^{b-h}$	۰/۱٦^{lm}	۱۵/۷۱^{mn}	۲۵/۱۹$^{o-s}$
	۲	۱/۵۲$^{b-i}$	۱۰/۰۲$^{a-g}$	۰/۱۹^{jk}	۱۹/۰٤^{k}	۲۸/۹۷$^{l-s}$
	٤	۰/۷$^{g-o}$	٦/۳٤$^{c-h}$	۰/۲۱$^{h-j}$	۱۹/۳۹^{jk}	۳۷/۱۱$^{f-j}$
	٦	۰/۵۸$^{i-o}$	۳/۳٤^{gh}	۰/۱۱^{p}	۲۲/۹۳^{f}	٤۳/۵٦$^{c-f}$
	۸	۰/۲۵^{no}	۲/۸۹^{gh}	۰/۰۷^{q}	۲۹/٦۲^{b}	٤۹/٦۷$^{a-c}$

مقدار میانگین مربعات برای هر صفت مربوط به اثر متقابل شوری و ژنوتیپ است (معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد). میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر صفت دارای حروف متفاوت هستند، براساس آزمون دانکن، در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند.**

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.7.7]

ادامه جدول ۳-

ژنوتیپ	سطح شوری	کاتالاز	آسکوربات پروکسیداز	پروکسیداز	آنتی‌اکسیدانت کل (٪)	پروکسید هیدروژن (میکروگرم بر گرم وزن تر)
		(میکرو مول بر گرم وزن تر در دقیقه)				
میانگین مربعات	–	۰/۷۰۵**	۱۶/۰۳**	۰/۰۱۵**	۳۰/۳۳**	۳۲/۶۶**
شاهرود ۱۲ پیوندشده روی پایه GF677	۰	۰/۹۵$^{e-o}$	۹/۲۴$^{a-h}$	۰/۱۲^{op}	۱۳/۸۱^{pq}	۲۲/۳۶^{s}
	۲	۱/۲۸$^{d-l}$	۱۱/۵۸$^{a-e}$	۰/۱۴$^{m-o}$	۱۸/۵۲^{k}	۲۳/۹۳$^{p-s}$
	۴	۱/۷$^{b-f}$	۱۲/۴۷$^{a-d}$	۰/۲۱$^{h-j}$	۲۰/۱۶^{ij}	۲۶/۴۴$^{o-s}$
	۶	۳/۰۴^{a}	۱۴/۳۶^{a}	۰/۲۷^{ef}	۲۷/۸۱^{c}	۲۸/۲$^{m-s}$
	۸	۱/۲۵$^{d-m}$	۱۲/۹۲$^{a-d}$	۰/۳۴^{c}	۳۰/۹۷^{a}	۳۴/۰۴$^{i-n}$
پایه GN15	۰	۱/۱۹$^{d-n}$	۷/۷۹$^{a-h}$	۰/۱۶^{lm}	۱۵/۷۸^{mn}	۲۳/۸۵$^{p-s}$
	۲	۱/۶۴$^{b-h}$	۱۱/۴۷$^{a-e}$	۰/۲^{ij}	۱۸/۶۲^{k}	۲۹/۰۲$^{k-s}$
	۴	۰/۷۹$^{f-o}$	۷/۵۷$^{a-h}$	۰/۲۲^{hi}	۲۰/۸۳^{hi}	۳۵/۰۵$^{i-m}$
	۶	۰/۴۹$^{k-o}$	۳/۳۴^{gh}	۰/۱۲^{op}	۲۲/۹^{f}	۳۸/۸۷$^{e-i}$
	۸	۰/۲۲^{no}	۲/۷۸^{h}	۰/۶۲^{a}	۲۱/۵۹^{gh}	۴۸/۴۷$^{b-d}$
شاهرود ۱۲ پیوندشده روی پایه GN15	۰	۰/۹۵$^{e-o}$	۸/۳۵$^{a-h}$	۰/۱۱^{p}	۱۳/۸۳^{pq}	۲۵/۳$^{vo-s}$
	۲	۱/۳۱$^{c-k}$	۹/۱۳$^{a-h}$	۰/۱۵$^{l-n}$	۱۵/۴۹^{no}	۲۷/۰۳$^{o-s}$
	۴	۲/۰۱$^{b-d}$	۱۰/۸$^{a-f}$	۰/۲۳^{gh}	۱۷/۲۴^{l}	۲۹/۱۳$^{k-s}$
	۶	۲/۲۵$^{a-c}$	۱۳/۳۶$^{a-c}$	۰/۲۶^{f}	۲۲/۴۸^{fg}	۳۰/۸۴$^{j-p}$
	۸	۱/۶۷$^{b-g}$	۱۳/۷^{ab}	۰/۳۱^{d}	۲۸/۱۴^{c}	۳۲/۰۱$^{g-k}$

مقدار میانگین مربعات برای هر صفت مربوط به اثر متقابل شوری و ژنوتیپ است (معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد). میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر صفت دارای حروف متفاوت هستند، براساس آزمون دانکن، در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند.**

می‌گردد که ممکن است رشد و عملکرد را تحت تأثیر قرار دهد (Grattan and Grieve, 1999). در این زمینه، توانایی گیاهان پیوندزده‌شده برای مقابله با اثرات ناشی از تنش شوری تا حد زیادی به پایه بستگی دارد.

جدول ۳ نتایج تجزیه واریانس تأثیر شوری و ژنوتیپ و اثر متقابل آنها بر فعالیت آنزیمی پایه‌ها را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که اثرات ساده شوری و ژنوتیپ و همچین اثر متقابل آنها بر تمامی فعالیت‌های آنزیمی گیاه معنی‌دار بود ($P < 0.01$؛ جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین تأثیر متقابل شوری × ژنوتیپ نشان داد که رقم شاهرود پیوندشده بر روی پایه GF677 در سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین مقدار فعالیت آنزیم کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز را به خود اختصاص داد که البته فعالیت این دو آنزیم در رقم شاهرود پیوندشده روی پایه GF677 در سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری با رقم شاهرود پیوندشده بر روی پایه GN15 در همان سطح شوری نداشت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین تأثیر شوری و ژنوتیپ بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانت‌های کل و پراکسیداز نیز نشان داد که بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانت کل در رقم شاهرود پیوندشده بر پایه GF677 در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر به میزان ۳۰/۹۷ درصد مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با سایر ژنوتیپ‌ها و پایه‌های مورد بررسی داشت. کمترین میزان

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]

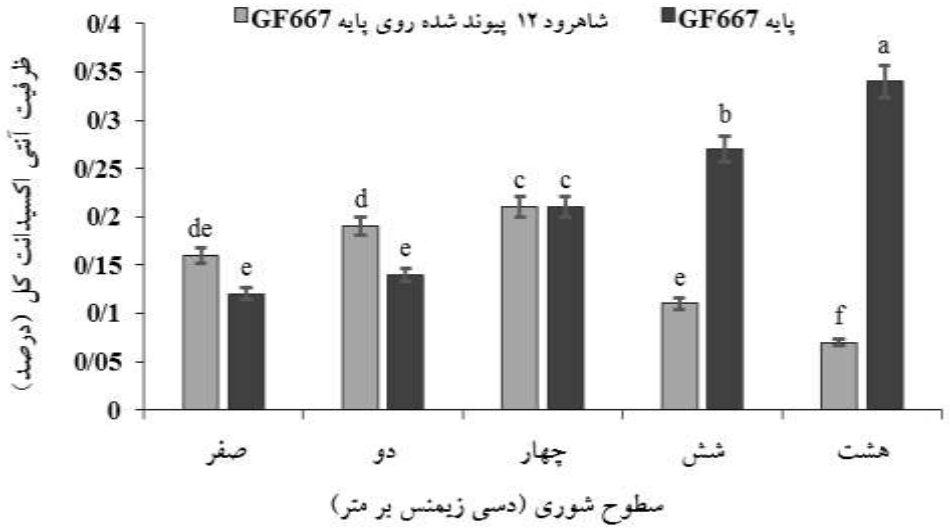
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.7.7]

فعالیت آنتی‌اکسیدانتی کل هم در رقم شاهرود پیوندشده بر پایه تترا به میزان ۱۰/۰۱ درصد به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با برخی از ژنوتیپ‌های مورد بررسی نداشت. بیشترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز نیز در پایه شاهد GN15 در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر به میزان ۰/٦۲ به‌دست آمد که اختلاف قابل ملاحظه‌ای با سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی داشت (جدول ۳). در مجموع، براساس نتایج به‌دست آمده رقم شاهرود پیوندشده بر پایه GF677 با افزایش شوری میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت را افزایش داده و درنتیجه تحمل بیشتری به تنش شوری را نشان داد. شکل ۱ ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی کل شاهرود ۱۲ پیوندشده روی پایه GF667 را با پایه GF667 مقایسه می‌کند. همانطور که در شکل نیز نشان داده شده است، تا سطح شوری ٤ دسی‌زیمنس بر متر پایه GF667 شرایط بهتری از نظر میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی داشته و میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی به مراتب بالاتری نسبت به رقم شاهرود ۱۲ پیوندشده روی این پایه داشته است. اما با افزایش سطح شوری تا ٦ و ۸ دسی‌زیمنس باعث کاهش معنی‌دار ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی کل در مقایسه با ژنوتیپ پیوندشده گردید و کمترین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی پایه GF667 در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد در حالیکه در رقم شاهرود ۱۲ پیوندشده روی پایه GF667 بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی کل در همین سطح شوری ثبت گردید. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که پیوند رقم شاهرود ۱۲ روی پایه GF667 منجر به افزایش مقاومت این ژنوتیپ نسبت به شوری بالا شده است (شکل ۱). Erturk و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که تنش شوری باعث افزایش معنی‌دار در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت گردید. افزایش مقادیر آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز و کاتالاز بالاتر از آسکوربات پراکسیداز بود. افزایش فعالیت آنزیم‌ها می‌تواند بیانگر پاسخ دفاعی به آسیب سلولی القاشده توسط غلظت‌های بالای شوری در محیط کشت باشد که در مورد پایه‌های سیب به‌صورت درون شیشه‌ای نیز رخ داد (Molassiotis *et al.*, 2006). مشایخی و همکاران (۱۳۹٤) نشان دادند که فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت (کاتالار و پراکسیداز) در پایه GF677 تحت تأثیر شوری قرار گرفت. قرارگیری گیاهان در شرایط نامساعد محیطی نظیر تنش شوری منجر به افزایش تولید هیدروژن پراکسید می‌گردد (Michalak, 2006). خنثی‌کردن هیدروژن پراکسید برای بقای سلولی اهمیت ویژه ای دارد (Asada, 2006). برای محافظت در برابر این گونه‌های سمی سلولی، سلول‌های گیاه و اندامک‌هایی نظیر کلروپلاست، میتوکندری و پراکسیزوم سیستم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانت را بکار می‌برند (Jithesh *et al.*, 2006). گیاهان مقاوم به شوری دارای سیستم آنتی‌اکسیدانی کار آمدتری هستند. فعالیت این آنزیم‌ها بسته به گونه گیاهی و شرایط تنش متغیر است. فعالیت بیشتر این آنزیم‌ها از میزان تنش اکسیداتیو کاسته و از فرآیندهای متابولیکی که ضامن بقای سلول و گیاه هستند محافظت می‌کند (Molassiotis *et al.*, 2006). این افزایش فعالیت آنزیم‌ها یک واکنش دفاعی برای جلوگیری از آسیب سلولی است که گیاه در واکنش به غلظت‌های بالای سدیم کلرید از خود نشان می‌دهد. آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نقش مهمی در تجزیه هیدروژن پراکسید دارند. در واقع هیدروژن پراکسید می‌تواند به مولکول‌های زیستی مهم مثل لیپیدها، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و کلروفیل‌ها آسیب جدی وارد کرده و منجر به مرگ سلولی می‌گردد (Gholami *et al.*, 2012). Seday و همکاران (۲۰۱٤) نیز افزایش فعالیت آسکوربات پراکسیداز و گایاکول پراکسیداز در پایه‌ها با افزایش سطح شوری را نشان دادند. نتایج این تحقیق با نتایج Rahemi و همکاران (۲۰۱۷) در ارقام زیتون نیز همخوانی دارد. مقدار هیدروژن پراکسید نیز در تمامی ژنوتیپ‌های مورد بررسی به‌صورت معنی‌داری با افزایش میزان شوری از صفر تا ۸ دسی‌زیمنس بر متر افزایش پیدا کرد و بیشترین و کمترین مقدار افزایش در میزان هیدروژن پراکسید در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس تا صفر در ژنوتیپ‌های پایه بادام بذری و شاهرود۱۲ پیوندشده روی پایه GN15 به مقدار به‌ترتیب ۱۳۹ و ۲۸ درصد ثبت شد (جدول ۳).

مقدار میانگین مربعات برای هر صفت، مربوط به اثر متقابل

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.7.7]



شکل ۱- مقایسه ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی کل رقم شاهرود ۱۲ پیوندشده روی پایه GF667 با پایه شاهد GF667 در سطوح مختلف شوری

جدول ٤- همبستگی تغییرات فعالیت آنزیمی و آنتی‌اکسیدانی در بادام رقم شاهرود ۱۲ روی برخی از پایه‌های پرونوس در مقایسه با خود پایه‌ها تحت تنش شوری

پارامتر	کاتالاز	آسکوربات پروکسیداز	آنتی‌اکسیدانت کل	پروکسیداز	هیدروژن پروکسید
کاتالاز	۱				
آسکوربات پروکسیداز	۰/٥٤٦ **	۱			
آنتی‌اکسیدانت کل	۰/۳۷۹ *	۰/۰۸۱ ns	۱		
پروکسیداز	۰/۷۲۳ **	۰/٤۳۲ *	۰/۳۳ *	۱	
هیدروژن پروکسید	-۰/۳۸٦ *	/۳٦۱ *	۰/۳٦۱ **	-۰/۲۹۸ ns	۱

شوری و ژنوتیپ است (** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد). میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر صفت دارای حروف متفاوت هستند، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند نتایج حاصل از همبستگی بین تغییرات فعالیت آنزیمی و آنتی‌اکسیدانی در بادام تحت تنش شوری در جدول ٤ مشاهده می شود که بین همبستگی آنها تفاوت وجود داشت.

همان طوریکه در جدول ٤ مشاهده می‌شود بین تغییرات فعالیت آنزیمی و آنتی‌اکسیدانی در بادام تحت تنش شوری همبستگی متفاوت وجود دارد. طوریکه بیشترین همبستگی بین پروکسیداز و کاتالاز به میزان r = /۷۲۳ مشاهده گردید و این در حالی است کمترین همبستگی بین آنتی‌اکسیدانت کل و آسکوربات پروکسیداز به میزان r = /۰۸۱ وجود داشت با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق چنین استنباط می‌شود که شاهرود ۱۲ روی پایه جی اف ٦۷۷ در مقایسه با پایه بذری دارای بالاترین آنتی‌اکسیدان‌ها در شرایط شوری دارای ظرفیت بالاتری بوده و جهت حذف گونه‌های فعال اکسیژن تولیدی است. لذا اغلب از این ویژگی به‌عنوان یک شاخص قابل اعتماد جهت بیان افزایش تحمل شوری استفاده می‌شود. در گزارش‌های متعددی نیز این موارد اشاره و تأکید شده است (باقرزاده و همکاران، ۱۳۹۵؛ بای‌بوردی، ۱۳۹۲).

نتیجه‌گیری

در مجموع براساس نتایج به‌دست آمده بادام شاهرود۱۲

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.7.7]

پیوندشده بر پایه GF677 با افزایش شوری میزان خصوصیات مورفولوژیکی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت را افزایش داده و درنتیجه تحمل بیشتری به تنش شوری را نشان داد. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، ابتدا با افزایش غلظت نمک افزایش و سپس با افزایش بیشتر سطح شوری مقدار آنها کاهش یافت که نشان می‌دهد ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده با استفاده از مکانیزم‌های آنزیمی می‌توانند با اثرات مخرب شوری مقابله کنند که روند تغییرات در تمامی فعالیت‌های آنزیمی مورد مطالعه تحت تأثیر نوع ژنوتیپ پیوندی است. در مجموع براساس نتایج ارائه‌شده می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که در بین ترکیبات پیوندی و پایه‌های مورد بررسی رقم شاهرود ۱۲ پیوندشده روی پایه GF_{677} متحمل‌ترین ترکیب پیوندی و همان رقم پیوندشده روی پایه بادام بذری حساس‌ترین ترکیب پیوندی به تنش شوری بود. پس بنابراین نوع پایه چه به‌صورت بدون پیوند و چه به‌صورت ترکیب پیوندی تحت تیمار شوری واکنش‌های مختلف نشان می‌دهد لذا توجه به نوع پایه کاربردی در شرایط شوری می‌تواند از مشکلات بعدی جلوگیری نماید.

منابع

احمدی قشلاقی، س.، اصغرزاد، ن. و توسلی، ع. ر. (۱۳۹٤) بررسی جذب عناصر غذایی و عملکرد گیاه ذرت میکوریزی در شرایط تنش شوری. دانش آب و خاک ۲۵: ۸۹-۷۹.

اورعی، م.، طباطبایی، ج.، فلاحی ا. و ایمانی، ع. (۱۳۸۸) اثرات تنش شوری و پایه بر رشد، شدت فتوسنتز، غلظت عناصر غذایی و سدیم درخت بادام. نشریه علوم باغبانی ۲۳: ۱٤۰-۱۳۱.

باقرزاده، ت.، کاوسی، ح. ر.، خضری، م. و میرزایی، س. (۱۳۹۵) مطالعه الگوی بیان پروتئین و برخی خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی در پایه‌های پسته بادامی سفید و بادامی زرند تحت تنش شوری. مجله بیوتکنولوژی کشاورزی ۸: ۳۲-۱۵.

بای‌بوردی، ا. (۱۳۹۲) ارزیابی تحمل ارقام دیر گل بادام به شوری. تولید و فرآوری محصولات باغی و زراعی ۳: ۲۲۵-۲۱۷

جعفری‌نیا، م. (۱۳۹۰) مطالعه پاسخ فلورسنس کلروفیل a در گیاه کلزا (*Brassica napus* L.) تحت تنش شوری. پایان‌نامه دکتری، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

مشایخی، م.، امیری، م. ع. و حبیبی، ف. (۱۳۹٤) بررسی واکنش‌های بیوشیمیایی و فعالیت آنزیمی پایه GF677 (هیبرید هلو و بادام) به تنش شوری در شرایط درون شیشه‌ای. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۹: ۳۱۵-۲۱۷.

مؤمن‌پور، ع.، بخشی، د.، ایمانی، ع. و رضایی، ح. (۱۳۹٤) اثر تنش شوری بر خصوصیات رشدی و غلظت عناصر غذایی در رقم‌های بادام 'شاهرود ۱۲'، 'تونو' و ژنوتیپ '۱٦-۱' پیوندشده روی پایهٔ GF677. به زراعی کشاورزی ۱۷: ۱۹۷-۲۱٦.

Cesarino, I. A., Araujo, P. M., Sampaio, J. L., Paes, L. and Mazzafera, P. (2012) Enzymatic activity and proteomic profile of class III peroxidases during sugarcane stem development. Plant Physiological and Biochemistry 55: 66-76.

Chance, B. and Maehly, A. C. (1955) Assay of catalases and peroxidase. In: Methods in Enzymology (Eds. Colowickand, S. P. and Kaplan, N. O.) Pp. 764-775. Academic Press, New York.

Erturk, U., Sivritepe, N., Yerlikaya, C., Bor, M., Ozdemir, F. and Turkan, I. (2007) Responses of the cherry rootstock to salinity in vitro. Biological Plantarium 51: 597-600.

Gholami, M., Rahemi, M., Kholdebarinc, B. and Rastegar, S. (2012) Biochemical responses in leaves of four fig cultivars subjected to water stress and recovery. Scientia Horticulturae 148: 109-117.

Grattan, S. R. and Grieve, C. M. (1999) Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. Scientia Horticulturae 78: 127-157.

Jithesh, M. N., Prashanth, S. R., Sivaprakash, K. R. and Parida, A. K. (2006) Antioxidative response mechanisms in halophytes: their role in stress defence. Indian Academy of Sciences 85: 237-254.

Karimi, H. R., Zamani, Z., Ebadi, A. and Fatahi, R. (2012) Effects of water salinity on growth indices and physiological parameters in some wild pistachio. International Journal of Nuts and Related Sciences 3: 41-48.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.7.7]

Karakas, B., Bianco, R. L and Rieger, M. (2000) Association of marginal leaf scorches with sodium accumulation in salt-stressed peach. Horticulture Science 35: 83-84.

Martinez-Rodriguez, M. M., Estan, M. T., Moyano, E., Garcia-Abellan, J. O., Flores, F. B., Campos, J. F., Al-Azzawi, M. J., Flowers, T. J. and Bolarin, M. C. (2008) The effectiveness of grafting to improve salt tolerance in tomato when an 'excluder' genotype is used as scion. Environmental and Experimental Botany 63: 392-401.

Michalak, A. (2006) Phenolic compounds and their antioxidant activity in plants growing under heavy metal stress. Polish Journal of Environmental Studies 15: 523-530

Molassiotis, A. N., Sotiropoulos, T., Tanou, G., Kofidis, G., Diamantidis, G. and Therios, I. (2006) Antioxidant and anatomical responses in shoot culture of the apple rootstock MM 106 treated with NaCl, KCl, mannitol or sorbitol. Biological Plantarium 50: 61-68.

Nakano, Y. and Asad, K. (1981) Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplast. Plant Cell and Environment 22: 867-880.

Noitskis, B., Dimassi, k. and Therios, I. (1997) Effect of NaCl induced salinity on growth, chemical composition and water relation of two almond (*Prunus amygdalus* L.) cultivars and the hybrid GF677 (*Prunus amygdalus- Prunus persica*). Acta Horticulturae 449: 641-648.

Rahemi, M., Karimi, S., Sedaghat, S. and Rostami, A. (2017) Physiological responses of olive cultivars to salinity stress. Advances in Horticultural Science 31: 53-59.

Seday, U., Gulsen O., Uzun, A. and Toprak, G. (2014) Response of Citrus rootstocks to different salinity levels for morphological and antioxidative enzyme activities. The Journal of Animal and Plant Sciences 24: 512-520.

Singleton, V. L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventos, R. (1999) Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Journal of Mythology and Enzymology 299: 152-178.

Sorkheh, K., Shiran, B., Rouhi, V. and Khodambashi, M. (2012) Salt stress induction of some key antioxidant enzymes and metabolites in eight Iranian wild almond species. Acta Journal of Plant Physiology 34: 203-213.

Velikova, V., Yordanov, I. and Edreva, A. (2000) Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants. Plant Science 151: 59-66.

Zrig, A., Ben Mohamed, H., Tounekti, T., Khemira, H., Serrano, M., Valeroc, D. and Vadel, A. M. (2016) Effect of rootstock on salinity tolerance of sweet almond (cv. Mazzetto). South African Journal of Botany 102: 50-59.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.7.7]

An investigating of the changes of enzymatic and antioxidant activity in almond cultivar Shahrood 12 on some of the Prunus rootstocks in comparison with the rootstocks under salinity stress

Taher Sagali [1], Ali. Imani[*2], Mohammad Esmaeil Amiri [1], Hamed Rezaei[3], Ali Momenpour[4]

[1] Department of Horticulture Science, University of Zanjan, Science and Research Branch, Zanjan, Iran
[2*]Temperate Fruit Research Center, Horticultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
[3] Soil and Water Research Institute Agricultural Research,Education and Extention Organization ,Karaj, Iran
[4] National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO)
(Received: 23/04/2018, Accepted: 10/11/2018)

Abstract

One of the important effects of salinity in plants can be noted in growth trend and the process of changes in the activity of the enzyme system and their antioxidant properties. In this research, the effects of salinity stress on the enzyme system and their antioxidant properties of almond (Shahrood 12) on some of the prunus rootstocks (Bitter Almond, Tetra, GF677, GN15) and under salt stress in a factorial experiment based on a completely randomized design with two factors including 8 scion-rootstock compositions and five levels of irrigation water salinity were investigated in three replications. The results showed that different levels of salinity significantly reduced the number of leaves in the main branch, as well as the total number of leaf in rootstocks, the diameter and height of the scion, and the fresh weight of the aria parts. The highest total antioxidant activity was observed in Shahrood 12 on GF677, at a salinity level of 8dS m^{-1}, with a rate of 30.97%, which had a significant difference with other graft compounds and without graft rootstocks. The lowest total antioxidant activity was observed in the combination of Shahrood 12 on the Tetra rootstock at 10.1%. The antioxidant capacity, activity of catalase enzymes, ascorbate peroxidase in all studied graft compounds and without graft rootstocks increased with increasing salt concentration, and then, with increasing salinity levels, their amounts were decreased. On the basis of the results, it can be concluded that among the graft compounds and without graft rootstocks, Shahrood 12, which is grafted on the GF677 rootstock, is the most tolerant combination of salinity stresses with aerial fresh weight (163.5 g) and the same cultivar grafted on the almond seedling, was the most sensitive compound with the fresh air weights (14.77 g).
Keywords: Almond, Peroxidase, Enzyme, Free radical, Genotype

Corresponding author, Email: Imani_a45@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.7.7]