



دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرج

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

جلد بیست و ششم، شماره چهارم، ۱۳۹۸

۷۹-۹۵

<http://jopp.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jopp.2019.15331.2377

تأثیر نوع پایه بر صفات ریخت‌شناسی و زیست-شیمیایی تحمل به تنش شوری در بادام رقم شاه‌رود-۱۲

طاهر سقلی^۱، * محمداسماعیل امیری^۲، علی ایمانی^۳، حامد رضایی^۴ و علی مومن‌پور^۵

^۱ دانشجوی دکتری گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران، ^۲ استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران، ^۳ دانشیار پژوهشکده میوه‌های سردسیری و معتدله، مؤسسه تحقیقات باغبانی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران، ^۴ استادیار تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، ^۵ استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۲۲

چکیده

سابقه و هدف: تنش شوری یکی از تهدیدات جدی برای تولیدات کشاورزی محسوب می‌شود. تنش شوری می‌تواند ویژگی‌های ریخت‌شناسی و زیست-شیمیایی گیاهان را تحت‌تأثیر قرار دهد. پژوهش‌های متعددی نشان داده‌اند که آستانه تحمل بیش‌تر درختان میوه هسته‌دار از جمله بادام نسبت به تنش شوری پایین است، به‌طوری‌که در شوری ۲/۸، ۴/۱ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد از عملکرد آن‌ها کاهش می‌یابد. 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 می‌باشد. هدف این پژوهش بررسی ویژگی‌های ریخت‌شناسی و زیست-شیمیایی چندین ترکیب پایه و پیوندک بادام در مقایسه با خود پایه‌های بدون پیوند جهت یافتن متحمل‌ترین ترکیب پایه و پیوندک در مقایسه با پایه‌های بدون پیوند به تنش شوری می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، اثر تنش شوری بر صفات ریخت‌شناسی، میزان نکروزه‌شدن و درصد ریزش برگ‌ها، درصد برگ‌های سبز و مجموع تعداد برگ و همچنین، در پایان آزمایش ویژگی‌های زیست-شیمیایی شامل محتوای پرولین، فنول کل، پروتئین، مالون دی‌آلدئید، سایر آلدئیدها و کربوهیدرات‌های محلول و نامحلول در بادام رقم شاه‌رود ۱۲ پیوندشده روی برخی پایه‌های پرونوس (پایه بذری بادام تلخ و پایه‌های رویشی تترا، GF677 و GN15) و در مقایسه با خود پایه‌ها در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور شامل ۸ سطح پایه و ترکیب پایه و پیوندک (پایه بذری بادام تلخ و پایه‌های رویشی تترا، GF677 و GN15 و پیوند شاه‌رود ۱۲ بر روی این ۴ پایه) و پنج سطح شوری آب آبیاری (۰/۳، ۲، ۴، ۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر) در سه تکرار در گلخانه مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی کرج مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: در همه تیمارها با افزایش سطح شوری از ۰/۳ تا هشت دسی‌زیمنس بر متر، میزان نکروزه‌شدن برگ و درصد ریزش برگ افزایش یافت. در سطح شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر کم‌ترین (۲/۶۶ درصد) و بیش‌ترین (۷/۶۶ درصد) درصد نکروزه‌شده برگ‌ها به‌ترتیب در رقم شاه‌رود ۱۲ پیوندشده روی پایه GF677 و رقم شاه‌رود ۱۲ پیوندشده روی پایه تترا مشاهده شد. بیش‌ترین (۱۰/۳ درصد) و کم‌ترین (۲/۲۵ درصد) مقدار ریزش برگ‌ها در سطح شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر نیز به‌ترتیب

* مسئول مکاتبه: m-amiri@yahoo.com

در رقم شاهرود ۱۲ پیوندشده روی پایه تترا و پایه بادام تلخ بذری به‌دست آمد. در سطح شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر، بیش‌ترین میزان پرولین (۶۷/۹۱ میکرومول بر گرم وزن تازه) در ژنوتیپ شاهرود ۱۲ پیوندشده روی پایه GF677 به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر ترکیبات پیوندی (پیوند بادام شاهرود ۱۲ بر روی سایر پایه‌ها) و پایه‌های بدون پیوند مورد بررسی داشت. با افزایش شوری از ۰/۳ تا هشت دسی‌زیمنس بر متر، بیش‌ترین (۱۱۲ درصد) و کم‌ترین (۴۱/۶ درصد) مقدار افزایش در میزان آلدئیدها به‌ترتیب در پایه بادام بذری و ترکیب شاهرود GF677/۱۲ مشاهده شد. با افزایش شوری تا چهار دسی‌زیمنس بر متر، مقدار فنول در همه ترکیبات پیوندی و پایه‌های بدون پیوند روندی افزایشی نشان داد که با افزایش بیش‌تر شدت تنش شوری تا هشت دسی‌زیمنس بر متر، این ترکیبات کاهش قابل‌ملاحظه‌ای نشان دادند.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج به‌دست آمده می‌توان نتیجه‌گیری نمود که در بین ترکیبات پیوندی و پایه‌های مورد بررسی، رقم شاهرود ۱۲ پیوندشده روی پایه GF677 متحمل‌ترین ترکیب پیوندی به تنش شوری و همان رقم پیوندشده روی پایه بادام بذری حساس‌ترین ترکیب پیوندی بود.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، ژنوتیپ، شوری، فنول، کربوهیدرات، مالون آلدئید

مقدمه

پژوهش‌های انجام‌یافته نشان می‌دهند که با افزایش شوری، شاخص‌های ریخت‌شناسی بادام از جمله رشد طولی، قطر تنه، ضخامت برگ‌ها و گسترش ریشه‌ها 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 (۲۶) و (۲۹). نوتساکیس و همکاران (۱۹۹۷)، طی بررسی تأثیر سطوح شوری صفر، ۱/۸ و ۳/۶ گرم در لیتر کلرید سدیم روی ارقام مختلف بادام به این نتیجه رسیدند که ارقام بادام عکس‌العمل متفاوتی به سطوح مختلف شوری نشان می‌دهند (۲۹). در پژوهشی، اثر کلرید سدیم در چهار سطح صفر، چهار، هشت و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر بر خصوصیات ریخت‌شناسی برخی از ارقام دیرگل بادام پیوندشده روی پایه GF677 بررسی 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 هشت و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب در ارقام آراز، اسکندر و نان‌پاریل و بیش‌ترین درصد نکروزه‌شدن برگ به‌ترتیب در

تنش‌های غیرزیستی مانند خشکی، شوری، درجه حرارت بالا، سمیت مواد شیمیایی و تنش‌های اکسیداتیو تهدیدی جدی برای کشاورزی و محیط‌زیست می‌باشند. شوری آب و خاک یکی از مشکلات جدی در کشاورزی است. کمبود منابع آب شیرین و استفاده از آب‌های شور یا آب‌های با کیفیت پایین برای آبیاری موجب افزایش شوری خاک می‌گردد (۳۵). انتظار می‌رود که افزایش شوری زمین‌های زراعی، اثرات مخرب جهانی داشته و احتمال داد که ۳۰ درصد از زمین‌های کشاورزی در ۲۵ سال آینده و تا ۵۰ درصد تا سال ۲۰۵۰ غیرقابل‌استفاده شوند (۳). اثرات مخرب شوری روی رشد گیاه شامل پتانسیل اسمزی پایین در محلول خاک، عدم تعادل تغذیه‌ای و اثر یون‌های خاص (تنش شوری) یا ترکیبی از این عوامل می‌باشد. شوری عامل شناخته‌شده‌ای است که تأثیر منفی بر تولید بسیاری از محصولات در سرتاسر جهان دارد. غلظت‌های بالای نمک به‌علت ایجاد عدم تعادل تغذیه‌ای در یونها، تأثیر منفی بر رشد گیاه دارند (۲۹).

رقم‌های متقا، سهند و آذر مشاهده شد (۸). در پژوهش دیگری، اثر تنش شوری بر خصوصیات ریخت‌شناسی و فیزیولوژیک برخی از ژنوتیپ‌های انتخابی بادام پیوند شده 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، وزن‌تر و خشک برگ، وزن‌تر و خشک اندام هوایی و وزن‌تر و خشک ریشه، در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده، کاهش یافتند. همچنین، آن‌ها گزارش کردند، با افزایش سطوح شوری تا ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر، نشانه‌های سوختگی در حاشیه برگ‌های ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده به تدریج ظاهر و با حالت پیش‌رونده در طول زمان، باعث پژمردگی و در نهایت ریزش کامل برگ‌ها می‌شود و این روند در میان ژنوتیپ‌ها متفاوت بود به طوری که رقم شاهرود ۱۲ کم‌ترین علائم را نشان داد (۲۵). بروز سوختگی حاشیه‌ای در برگ‌های ارقام حساس به شوری به کاهش محتوای نسبی آب و پتانسیل اسمزی همچنین، تجمع یون‌های سمی مانند کلر و سدیم نسبت داده شده است (۱۰ و ۱۸).

تنش شوری بر برخی فرایندهای سوخت‌وسازی اصلی مانند فتوسنتز، ساخت پروتئین و سوخت‌وساز چربی‌ها و ATP تأثیرگذار است (۳۲)، که از طریق دو فرآیند اسمزی (کم‌آبی سلولی) و سمیت (تجمع یون‌ها) بر سلول‌های گیاه، اختلال در رشد، تعادل یونی، فتوسنتز و تثبیت نیتروژن در میان سایر فرایندهای کلیدی فیزیولوژیک تأثیرگذارتر است (۳۲).

گیاهان به‌منظور مقابله با استرس برخی از سامانه‌های دفاعی را فعال می‌کنند که یکی از سامانه‌ها تغییر در متابولیت‌ها می‌باشد. گلايسين بتائين

(N,N,N-trimethylglycine betaine) و پرولین از مهم‌ترین اسمولیت‌های محافظت‌کننده اسمزی هستند که در پاسخ به تنش‌ها مانند تنش شوری توسط بسیاری از گیاهان (اما نه همه گیاهان) ساخت می‌شوند؛ بنابراین در حفظ حالت اسمزی سلول و تخفیف اثرات تنش غیرزیستی کمک‌کننده هستند (۱۱). مؤمن‌پور و همکاران (۲۰۱۴) مشاهده کردند که با اعمال تنش شوری شدید طی پنج هفته نسبت به حالت شاهد میزان فلورسانس کلروفیل در گیاهان بادام پیوندشده روی GF677 کاهش چشمگیری داشتند (۲۶). اثر غلظت‌های مختلف شوری روی شدت فتوسنتز و میزان کلروفیل در دو پایه GF677 و Tuono بادام مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که با افزایش غلظت شوری شدت فتوسنتز و میزان کلروفیل برگ به‌طور معنی‌داری در هر دو پایه کاسته می‌شود ولی این میزان کاهش در پایه بذری Tuono بیش‌تر از پایه GF677 بود (۲۶). ماسابی و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که با افزایش شوری میزان تبادل گازی گیاهان هلو کاهش می‌یابد (۲۳). سرعت اسیمیلاسیون خالص گیاهان Arm/GF پس از دو هفته تیمار در غلظت‌های ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار NaCl نسبت به شاهد به‌ترتیب ۷۴ و ۵۶ درصد کاهش یافت (۲۳). بسته شدن روزنه‌ها تحت‌تأثیر تنش شوری می‌تواند سبب ایجاد اکسیژن‌های فعال سیتوزولی، مالون دی‌آلدئید و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانسی گردد (۱۲ و ۳۳).

پژوهش‌های متعددی نشان داده است که آستانه تحمل اکثر درختان میوه هسته‌دار از جمله بادام نسبت به تنش شوری پایین است، به طوری که در شوری ۲/۸، ۴/۱ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد از عملکرد آن با کاهش روبرو گردید (۱۵). بنابراین، در بادام نیز همانند سایر درختان میوه،

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، اثر تنش شوری بر ویژگی‌های ریخت‌شناختی و زیست-شیمیایی پیوند رقم شاهرود ۱۲ روی پایه بذری بادام تلخ و پایه‌های رویشی تترا، GF677 و GN15 در مقایسه با خود این پایه‌های بدون پیوند نسبت به شوری در قالب یک آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با دو عامل پایه و پایه و پیوندک در هشت سطح و شوری آب آبیاری در پنج سطح و در سه تکرار در گلخانه مؤسسه تحقیقات باغبانی کرج انجام شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مخلوط خاکی مورد استفاده در شروع اعمال تیمار شوری در جدول ۱ نشان داده شده است. در این آزمایش رقم شاهرود ۱۲ به صورت پیوند شکمی روی پایه‌های GF677، GN15، پایه بذری بادام تلخ و تترا پیوندشده و هر یک از پایه‌های نام‌برده بدون عمل پیوند و پس از رشد کافی پیوندک‌ها (یک سال پس از عمل پیوند)، اعمال تیمارهای شوری آغاز شد و به مدت سه ماه (۱۳ هفته)، ادامه یافت و گیاهان مورد بررسی قرار گرفتند.

به منظور اعمال تیمارهای شوری با غلظت‌های دو، چهار، شش و هشت دسی‌زیمنس بر متر، از نمک کلرید سدیم استفاده شد. آب شرب شهر کرج با شوری ۰/۳ دسی‌زیمنس بر متر به عنوان شاهد استفاده شد. برای اجتناب از ایجاد شوک ناگهانی و پلاسمولیز در گیاهان تحت تیمار شش و هشت دسی‌زیمنس بر متر، افزودن نمک‌ها به صورت تدریجی انجام شده و در مدت یک هفته به غلظت نهایی رسانده شد. بدین منظور، ابتدا گیاهان با تیمارهای ۰/۳، دو و چهار دسی‌زیمنس بر متر، آبیاری شدند و برای اعمال تیمار شوری با غلظت‌های شش و هشت دسی‌زیمنس بر متر، در مرتبه دوم گیاهان با تیمار شش دسی‌زیمنس بر متر آبیاری شدند و در نهایت در مرتبه سوم گیاهانی که قرار بود با تیمار هشت دسی‌زیمنس بر متر آبیاری شوند، با این غلظت از نمک موجود در آب،

انتخاب پایه و پیوندک‌های متحمل، راهبرد بسیار مناسبی به منظور کاهش عوارض ناشی از شوری به ویژه در نواحی خشک کشور می‌باشد. 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، ۴/۹ دسی‌زیمنس بر متر، متحمل است (۲۶). همچنین، گزارش شده است که پایه GF677 از طریق راهبرد 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 (۳۱). بر اساس پژوهش‌های قبلی مؤمن‌پور و همکاران (۲۳) مشخص شده که ژنوتیپ شاهرود ۱۲ پیوندشده روی پایه GF677 بیش‌ترین تحمل به شوری را دارا می‌باشد اما به احتمال زیاد می‌توان با آزمایش‌های بیش‌تر این رقم و ترکیب آن با سایر پایه‌های متداول در کشت و کار بادام ترکیب مقاوم‌تری را یافت؛ بنابراین، با توجه به گزارش‌های موجود، از این پایه می‌توان به عنوان یک پایه متحمل به شوری برای مناطقی با شوری متوسط (در حدود ۵ دسی‌زیمنس بر متر) استفاده نمود. گرچه شواهد نشان می‌دهند که بادام رقم شاهرود ۱۲ روی پایه GF677 نسبت به شوری متحمل است، ولی هنوز ترکیب این رقم با سایر پایه‌های متداول مورد پژوهش قرار نگرفته است و اطلاعاتی وجود ندارد؛ بنابراین هدف از این پژوهش بررسی تحمل به شوری رقم شاهرود ۱۲ روی پایه بذری بادام تلخ و پایه‌های رویشی تترا، GF677 و GN15 در مقایسه با خود این پایه‌های بدون پیوند نسبت به شوری به منظور تعیین متحمل‌ترین ترکیب پایه و پیوندک بادام در مقایسه با خود پایه‌ها بود.

بین دو آبیاری در این تیمارها را افزایش می‌داد و در نتیجه تعداد دفعات آبیاری در تیمارهای شوری با غلظت‌ها بالاتر در طول دوره آزمایش نسبت به گیاهان شاهد، کاهش یافتند.

صفات برگ‌گی مرتبط با تنش شوری مانند میزان نکروزه برگ، درصد ریزش برگ، درصد برگ‌های سبز و مجموع تعداد برگ در تیمارهای مختلف مورد محاسبه قرار گرفتند (۲۵). همچنین، ویژگی‌های بیوشیمیایی شامل محتوای پرولین (۷)، فنول کل (۵)، پروتئین (۹)، مالون دی‌آلدئید (۱۷)، سایر آلدئیدها (۱۴) و کربوهیدرات‌های محلول و نامحلول (۱۹) مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. تجزیه و تحلیل داده‌های آماری، با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱)، انجام و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن و نرم‌افزار MSTAT-C (نسخه ۱۰)، صورت گرفت.

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 لحاظ نیاز آبیاری، انجام شد و به هر گلدان در هر بار از اعمال تنش شوری، ۲ لیتر آب از تیمار موردنظر، اضافه شد. به‌طوری‌که در طی دوره تنش (سه‌ماه)، تیمارهای ۰/۳ و ۲ دسی‌زیمنس بر متر، ۲۲ مرتبه، تیمار ۴ دسی‌زیمنس بر متر، ۲۱ مرتبه و تیمار ۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر، ۱۹ مرتبه، اعمال شدند. تعداد دفعات کم‌تر آبیاری در سطوح ۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر به دلیل کاهش سرعت رشد گیاهان و کاهش تبخیر و تعرق توسط آن‌ها از یک طرف و وجود نمک بیش‌تر در خاک این گلدان‌ها بود. این شرایط باعث حفظ رطوبت به‌مدت بیش‌تری شده و فاصله زمان

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مخلوط خاکی مورد استفاده.

Table 1. Physical and chemical traits of used soil mixture.

| مقدار Value | ویژگی Properties | مقدار Value | ویژگی Properties |
|----------------|--|----------------|--|
| لوم Loam | بافت Texture | 41 | رطوبت اشباع (درصد) SP (%) |
| 116.5 | کلسیم محلول (میلی‌گرم در لیتر) Calcium (mg.L ⁻¹) | 20.14 | رطوبت ظرفیت زراعی (درصد) FC (%) |
| 291.2 | منیزیم (میلی‌گرم در لیتر) Magnesium (mg. L ⁻¹) | 10.1 | رطوبت نقطه پژمردگی (درصد) PWP (%) |
| 12.6 | کربنات کلسیم معادل (درصد) CaCO ₃ (%) | 1.50 | شوری (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS/m) |
| 2.6 | مس (میلی‌گرم در لیتر) Cu (mg. L ⁻¹) | 8.5 | واکنش خاک pH |
| 6.4 | روی (میلی‌گرم در لیتر) Zn (mg. L ⁻¹) | 0.21 | نیترژن (درصد) N (%) |
| 23.9 | آهن (میلی‌گرم در لیتر) Fe (mg. L ⁻¹) | 1.70 | کربن آلی (درصد) OC (%) |
| 580 | پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم در لیتر) K (mg. L ⁻¹) | 101.1 | فسفر قابل جذب (میلی‌گرم در لیتر) P (mg. L ⁻¹) |
| 21.2 | منگنز قابل جذب (میلی‌گرم در لیتر) Mn (mg. L ⁻¹) | 39 | شن (درصد) Sand (%) |
| 87.15 | سدیم محلول (میلی‌گرم در لیتر) Soluble Na (mg. L ⁻¹) | 44 | سیلت (درصد) Silt (%) |
| | | 17 | رس (درصد) Clay (%) |

نتایج و بحث

صفات ریخت‌شناسی: جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس تأثیر شوری، ژنوتیپ و اثر متقابل آن‌ها بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی پایه‌ها را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که اثرات ساده شوری و ژنوتیپ همچنین، اثر متقابل آن‌ها بر تمامی صفات گیاه معنی‌دار بود ($P \leq 0/01$; جدول ۲). در همه پایه‌های مورد بررسی با افزایش سطح شوری، درصد نکرروز بین ۵۰ تا ۱۰۰ درصد افزایش پیدا کرد و در شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر به بیش‌ترین مقدار خود رسید. درصد نکرروز ۵۰ تا ۱۰۰ درصد در تیمارهای شوری ۰/۳ و دو دسی‌زیمنس بر متر مشاهده نشد. بیش‌ترین درصد نکرروز (۷/۶۶) در سطح شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر در رقم شاهرود ۱۲ پیوند شده روی پایه تترا به‌دست آمد. درصد نکرروز ۵۰ تا ۱۰۰ درصد در رقم شاهرود ۱۲ پیوند شده روی بادام تلخ و پایه GF677 تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. کم‌ترین مقدار درصد نکرروز ۵۰ تا ۱۰۰ درصد (۲/۶۶) در سطح شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر در رقم شاهرود ۱۲ پیوند شده روی پایه GF677 مشاهده شد (جدول ۲). درصد ریزش برگ‌ها نیز در پایه‌های مورد بررسی با افزایش سطح شوری از ۰/۳ تا هشت دسی‌زیمنس بر متر افزایش پیدا کرد و بیش‌ترین مقدار ریزش برگ‌ها در رقم شاهرود ۱۲ پیوند‌شده روی پایه تترا به‌میزان ۱۰/۳ درصد به‌دست آمد. در تمامی ارقام مورد بررسی، هیچ‌گونه ریزش برگ‌ها در تیمارهای شوری ۰/۳، دو و چهار دسی‌زیمنس بر متر مشاهده نشد، اما افزایش شوری تا شش و هشت دسی‌زیمنس بر متر باعث ریزش معنی‌داری برگ گردید. کم‌ترین درصد ریزش برگ در سطح شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر به‌میزان ۲/۲۵ درصد در پایه بادام تلخ به‌دست آمد (جدول ۲). سطوح مختلف شوری باعث کاهش معنی‌دار درصد برگ‌های سبز و همچنین جمع کل برگ‌های پایه‌ها شد. بیش‌ترین درصد کاهش

برگ‌های سبز در رقم شاهرود ۱۲ روی پایه تترا در سطح شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر به‌میزان ۳۱/۴ درصد به‌دست آمد. پایه GF677 نیز در سطح شوری ۰/۳ دارای مجموع ۴۱۲ برگ بود که در شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر مقدار آن ۹۶ عدد کاهش پیدا کرد. رقم شاهرود ۱۲ روی پایه GF677 مجموع کل برگ‌ها در سطوح شوری ۰/۳ و هشت دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب برابر ۳۷ و ۱۱۸ (در سطح شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر) بود. نتایج نشان داد که رقم شاهرود ۱۲ روی پایه GF677 شرایط بهتری نسبت به خود پایه GF677 (به‌عنوان شاهد و بدون پیوند) داشت و بهتر توانست تنش شوری را تحمل نماید (جدول ۲). نتایج مشابهی توسط نویتساکیس و همکاران (۱۹۹۷) در ارقام بادام گزارش شده که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد (۳۰). زیرگ و همکاران (۲۰۱۶) نیز کاهش معنی‌دار صفات ریخت‌شناسی در نتیجه افزایش تنش شوری را گزارش نمودند (۳۸). عموماً نتایج نشان داده که تأثیر پایه روی رشد اندام هوایی و خصوصیات ریخت‌شناسی با توانایی آن در به حداقل رساندن جذب یون‌های سمی و زمان باز چرخ عناصر غذایی مرتبط است (۲۱). غلظت‌های بالاتر Na^+ در خاک یا در آب آبیاری می‌تواند فراهمی عناصر غذایی و جذب را کاهش داده و نسبت‌های Ca^{2+}/Na^+ ، K^+/Na^+ و Mg^{2+}/Na^+ در گیاهان و فعالیت‌های زیست-شیمیایی را کاهش می‌دهند (۳۸). همچنین، شوری با چندین جنبه فیزیولوژیکی و زیست-شیمیایی شامل فتوسنتز، جذب عناصر غذایی و بیوسنتز رنگ‌دانه‌ها و آنتی‌اکسیدانت‌ها و کارکرد آن‌ها تداخل ایجاد می‌کند (۳۸). در نتیجه گیاه به آسیب ویژه یونی و همچنین اختلالات تغذیه‌ای حساس و آسیب‌پذیر می‌گردد که ممکن است رشد و عملکرد را تحت تأثیر قرار دهد (۱۵). در این زمینه، توانایی گیاهان پیوندی برای مقابله با اثرات ناشی از تنش شوری تا حد زیادی به پایه بستگی دارد.

جدول ۲- اثر متقابل شوری و ژنوتیپ بر صفات ریخت‌شناختی رقم شاهرود ۱۲ روی پایه بذری بادام تلخ و همچنین روی پایه‌های رویشی تترا، GF677 و GN15 در مقایسه با خود این پایه‌های بدون پیوند در سطوح مختلف شوری.

Table 2. Interaction effect of salinity and genotype on morphological parameters of Shahrood 12 cultivar on the rootstock of bitter almond seeding, as well as on the vegetative rootstocks of Tetra, GF677 and GN15 in comparison with these without grafted rootstocks in different salinity levels.

| مجموع | درصد | درصد | درصد نکروز | سطح شوری | ژنوتیپ |
|----------------------|--------------------------|-------------------------|--|--------------------------------------|--|
| تعداد برگ | برگ‌های سبز | ریزش برگ | بین ۱۰۰-۵۰ درصد | (dS.m ⁻¹) | Genotype |
| Sum of leaf | Percentage of green leaf | Percentage of leaf lose | Percentage of necrosis between 50-100% | Salinity level (dS.m ⁻¹) | |
| 801* | 83.61** | 21.94** | 6.29** | - | میانگین |
| 289 ^{ef} | 100 ^a | 0 ^l | 0 ^k | 0.3 | Tetra |
| 255 ^{f-h} | 99.03 ^{ab} | 0 ^l | 0 ^k | 2 | |
| 19.07 ^l | 94.38 ^{fg} | 1.02 ^{jk} | 2.03 ⁱ | 4 | |
| 138 ^{m-o} | 88.09 ^j | 4.7 ^{de} | 4.16 ^d | 6 | |
| 80.33 ^p | 86.9 ^j | 5.9 ^c | 3.43 ^{ef} | 8 | |
| 383.3 ^{ab} | 100 ^a | 0 ^l | 0 ^k | 0.3 | شاهرود ۱۲ / تترا Shahrood 12/tetra |
| 314.7 ^{c-e} | 98.46 ^{a-d} | 0 ^l | 0 ^k | 2 | |
| 223.3 ^{b-j} | 96.71 ^c | 0.49 ^{kl} | 1.02 ^j | 4 | |
| 149.7 ^{f-n} | 87.61 ^j | 3.21 ^f | 2.83 ^{f-h} | 6 | |
| 94.33 ^{op} | 69.6 ^m | 10.3 ^a | 7.66 ^a | 8 | |
| 352 ^{bc} | 100 ^a | 0 ^l | 0 ^k | 0.3 | Bitter almond |
| 272.7 ^{c-g} | 97.21 ^{de} | 0 ^l | 0 ^k | 2 | |
| 198.7 ^{ij} | 97.26 ^{b-d} | 0 ^l | 0 ^k | 4 | |
| 138 ^{m-o} | 84.95 ^k | 2.22 ^{gh} | 2.51 ^{g-i} | 6 | |
| 97 ^{op} | 87.47 ^j | 2.25 ^{gh} | 2.99 ^{fg} | 8 | |
| 404.7 ^a | 100 ^a | 0 ^l | 0 ^k | 0.3 | شاهرود ۱۲ / بادام تلخ بذری Shahrood 12/ Bitter almond |
| 249.3 ^{d-f} | 97.96 ^{b-e} | 0 ^l | 0 ^k | 2 | |
| 221 ^{h-j} | 94.78 ^f | 0 ^l | 0.49 ^{kl} | 4 | |
| 180.7 ^{i-m} | 87.83 ^j | 3.96 ^e | 4.21 ^d | 6 | |
| 112.3 ^{n-p} | 79.58 ^l | 9.41 ^b | 5.19 ^b | 8 | |
| 352 ^{bc} | 100 ^a | 0 ^l | 0 ^k | 0.3 | GF677 |
| 272 ^{c-g} | 98.77 ^{a-c} | 0 ^l | 0 ^k | 2 | |
| 178.3 ^{j-m} | 97.98 ^{b-e} | 0.17 ^l | 0.96 ^j | 4 | |
| 114 ^{n-p} | 93.98 ^{fg} | 2.04 ^{hi} | 2.78 ^{f-h} | 6 | |
| 35.33 ^q | 87.65 ^j | 4.19 ^c | 5.11 ^c | 8 | |
| 379.3 ^{ab} | 100 ^a | 0 ^l | 0 ^k | 0.3 | شاهرود ۱۲ / GF677 Shahrood 12/GF677 |
| 276 ^{c-g} | 99.35 ^{ab} | 0 ^l | 0 ^k | 2 | |
| 195.7 ^{h-k} | 98.93 ^{ab} | 0 ^l | 0.15 ^k | 4 | |
| 108 ^{n-p} | 91.95 ^h | 3.03 ^{fg} | 2.76 ^{f-i} | 6 | |
| 86.33 ^p | 93.5 ^{fg} | 2.6 ^{f-h} | 2.66 ^{g-i} | 8 | |
| 412.7 ^a | 100 ^a | 0 ^l | 0 ^k | 0.3 | GN15 |
| 339.3 ^{b-d} | 99.24 ^{ab} | 0 ^l | 0 ^k | 2 | |
| 241.7 ^{e-i} | 98.89 ^{ab} | 0 ^l | 0 ^k | 4 | |
| 178.3 ^m | 93.49 ^{fg} | 1.86 ^{hi} | 2.18 ^{hi} | 6 | |
| 118.3 ^{n-p} | 90.57 ^h | 2.87 ^{fg} | 3.9 ^{de} | 8 | |
| 412 ^a | 100 ^a | 0 ^l | 0 ^k | 0.3 | شاهرود ۱۲ / GN15 Shahrood 12/ GN15 |
| 311 ^{c-e} | 98.59 ^{a-d} | 0 ^l | 0 ^k | 2 | |
| 225 ^{h-j} | 98.78 ^{a-c} | 0 ^l | 0.34 ^{kl} | 4 | |
| 150 ^{k-n} | 93.221 ^{gh} | 1.36 ^{ij} | 0.629 ^{g-i} | 6 | |
| 96 ^{op} | 87.46 ^j | 5.19 ^d | 3.46 ^{ef} | 8 | |

اعداد با حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن و در سطح احتمال ۰/۰۱ می‌باشد.

Numbers with same letter are not significant according to Duncan's multiple range test at 0.01 probability.

گیاه معنی‌دار بود ($P \leq 0/01$; جدول ۳). وقتی گیاهان در معرض تنش شوری و خشکی قرار می‌گیرند، در سطح سلولی و مولکولی به تنش پاسخ می‌دهند. الگوی تولید بسیاری از پروتئین‌ها در پاسخ به تنش، تغییر می‌نماید که از جمله این پروتئین‌ها، پروتئین‌های

صفات زیست-شیمیایی: جدول ۳ نتایج تجزیه واریانس تأثیر شوری و ژنوتیپ و اثر متقابل آن‌ها بر ویژگی‌های زیست-شیمیایی پایه‌ها را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که اثرات ساده شوری و ژنوتیپ همچنین اثر متقابل آن‌ها بر تمامی صفات مورد بررسی

افزایش یافت و بیش‌ترین مقدار پرولین در رقم شاهرود ۱۲ روی GF677 و GN15 مشاهده شد (شکل ۱). یکی از فرآیندهای مهم که تحت تأثیر تنش شوری قرار می‌گیرد، ساخت پروتئین‌هاست (۲۸). بر اساس نتایج بعضی پژوهش‌ها، شوری باعث کاهش در مقدار پروتئین گیاه می‌شود و همچنین شوری سبب شکستن باندهای هیدرواستاتیک و موجب افزایش واکنش‌های غیرآبدوست (هیدروفوبیک) می‌شود (۲). تنش باعث بیان ژن‌های ویژه‌ای می‌شود که گیاه را به سازگاری در شرایط نامساعد کمک می‌کند، بنابراین امکان افزایش غلظت پروتئین کل وجود دارد (۲۸). به‌عنوان مثال، تنش شوری کلرید سدیم در شرایط درون‌شیشه‌ای بر روی پایه‌های انگور موجب افزایش غلظت پروتئین کل شد (۲). با افزایش سطح شوری تجمع پرولین نیز افزایش یافت (۲۲) که این نتیجه در تنش شوری درون‌شیشه‌ای ژنوتیپ‌های مرکبات (پایه‌های انگور (۲۸)، پایه‌های سیب (۲۴) نیز حاصل شده است. کاهش پتانسیل اسمزی در گیاه در شرایط تنش همراه با تجمع یون‌های معدنی مثل Na و Cl ایجاد می‌شود که اثرات زیان‌باری بر رشد گیاه دارد (۱۶). زمانی که یون‌هایی مانند سدیم و کلر در واکنش سلول‌ها جای می‌گیرند، برای تعادل فشار اسمزی در سلول، پرولین در سیتوزول و اندامک‌ها سنتز و تجمع می‌یابد (۱۳). تجمع پرولین در پایه‌هایی که تحمل بیشتری به شوری دارند می‌تواند یک راهبرد دفاعی برای مقابله و تحمل تنش باشد (۲). از آن‌جا که پرولین در تنش‌های محیطی در سلول‌ها تجمع می‌یابد و با توجه به نقش حفاظتی آن و تنظیم اسمزی، یکی از دلایل بالاتر بودن تحمل در پایه GF677 تا غلظت ۸ دسی‌زیمنس بر متر می‌تواند به‌علت تجمع بیش‌تر این اسیدآمین باشد که از صدمات ناشی از تنش اسمزی و یونی کلرید سدیم کاسته است (۳۴). ساخت پرولین از گلوتامات را عمده‌ترین مسیر بیوسنتز پرولین و تجمع آن به‌ویژه در شرایط تنش می‌دانند و بیان می‌کنند پرولین در کنار

درگیر در مسیرهای پیام‌رسانی تنش، پروتئین‌های مخصوص مقابله با تنش اکسیداتیو و پروتئین‌هایی با اعمال غیرمستقیم با تنش می‌باشند. نتایج این پژوهش نشان داد که در کل میزان پروتئین با افزایش میزان تنش شوری افزایش یافت و بیش‌ترین مقدار پروتئین در ژنوتیپ شاهرود ۱۲ روی پایه بادام بذری در سطح شوری ۰/۳ به‌میزان ۰/۸۷ به‌دست آمد و در این ژنوتیپ شاهد کاهش میزان پروتئین با افزایش میزان شوری بودیم. در پایه شاهد GF677 بیش‌ترین میزان پروتئین در سطح شوری شش دسی‌زیمنس بر متر به‌میزان ۰/۸۳ به‌دست آمد. در پایه شاهد تترا روند بسیار متفاوتی مشاهده شد و با افزایش میزان تنش شوری از ۰/۳ به هشت دسی‌زیمنس بر متر میزان پروتئین به‌صورت معنی‌داری کاهش پیدا کرد، به‌طوری‌که در میزان پروتئین در شوری شش و هشت دسی‌زیمنس بر متر کاهش به‌ترتیب ۱۱۲ و ۱۹۴ درصدی را نشان داد. در ژنوتیپ شاهرود ۱۲ روی GF677 بیش‌ترین مقدار پروتئین در شوری دو دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد و با افزایش شوری، میزان پروتئین کاهش یافت. کم‌ترین میزان پروتئین در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی در ژنوتیپ تترا مشاهده شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین تأثیر متقابل ژنوتیپ و شوری بر میزان پرولین نشان داد که با افزایش میزان شوری در همه ژنوتیپ‌های مورد بررسی، میزان پرولین افزایش یافت و بیش‌ترین میزان پرولین در سطح شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد. بیش‌ترین میزان پرولین در ژنوتیپ شاهرود ۱۲ روی پایه GF677 و شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر به‌میزان ۶۷/۹۱ به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر ژنوتیپ‌ها داشت. در مجموع کم‌ترین میزان پرولین در پایه شاهد GN15 مشاهده شد (جدول ۳). همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، با افزایش میزان شوری از ۰/۳ به چهار و هشت دسی‌زیمنس میزان تجمع پرولین در پایه‌ها

مقدار مالون دی‌آلدئید در همه ژنوتیپ‌های مورد بررسی روند صعودی را با افزایش میزان شوری از ۰/۳ تا هشت دسی‌زیمنس بر متر نشان داد اما در ژنوتیپ‌های مختلف روند متفاوتی مشاهده گردید. در ژنوتیپ‌های پایه بادام بذری، شاهرود ۱۲ پیوندشده روی پایه GF677 و شاهرود ۱۲ پیوندشده روی پایه GN15 روند صعودی پیوسته با افزایش میزان شوری در مالون دی‌آلدئید مشاهده شد. در ژنوتیپ شاهرود ۱۲ پیوندشده روی پایه تترا مقدار مالون دی‌آلدئید از سطح ۰/۳ تا دو دسی‌زیمنس بر متر به صورت معنی‌داری افزایش پیدا کرد و از شوری دو دسی‌زیمنس به بعد مقدار تقریباً ثابتی را تا بالاترین سطح شوری نشان داد. در پایه تترا نیز تا شوری شش دسی‌زیمنس بر متر شاهد افزایش مقدار مالون دی‌آلدئید بودیم و در سطح شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر مقدار آن به صورت معنی‌داری به ۱۶ کاهش پیدا کرد. بیش‌ترین مقدار افزایش مالون دی‌آلدئید در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی در ژنوتیپ پایه بادام بذری به میزان حدود ۱۰۰ درصد به دست آمد (جدول ۳).

مقدار سایر آلدئیدها نیز در شش ژنوتیپ از ژنوتیپ‌های مورد بررسی به صورت معنی‌داری با افزایش میزان شوری از ۰/۳ تا هشت دسی‌زیمنس بر متر افزایش پیدا کرد و بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار افزایش در میزان سایر آلدئیدها در سطح شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر نسبت به سطح ۰/۳ دسی‌زیمنس بر متر در ژنوتیپ‌های پایه بادام بذری و شاهرود ۱۲ پیوندشده روی پایه GF677 به ترتیب ۱۱۲ و ۴۱/۶ درصد مشاهده شد. در پایه تترا با افزایش مقدار شوری از ۰/۳ تا شش دسی‌زیمنس بر متر، مقدار سایر آلدئیدها افزایش پیدا کرده و در این سطح شوری به حداکثر میزان خود رسید اما با افزایش میزان شوری تا هشت دسی‌زیمنس بر متر، دوباره مقدار سایر آلدئیدها کاهش پیدا کرده و مقدار آن از ۰/۸ در سطح شوری شش به میزان ۰/۳ در شوری هشت دسی‌زیمنس

تنظیم اسمزی وظایف دیگری هم‌چون حفاظت از غشای پلاسمایی، زدودن رادیکال‌های هیدروکسیل و اکسیژن فعال نیز دارد و می‌تواند منبعی برای کربن و نیتروژن قرار گیرد (۶). زریگ و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که پرولین نقش مهمی در تحمل پایه‌ها به تنش شوری ایفا می‌کند. در پاسخ به تنش خشکی یا شوری، تجمع پرولین معمولاً در سیتوسول رخ می‌دهد (در حجم کوچک در مقایسه با بقیه سلول‌ها) جایی که به مقدار زیادی در تنظیم اسمزی سیتوپلاسمی نقش دارد (۳۷). هم‌چنین علاوه بر نقش آن به عنوان یک اسمولیت سازگار، پرولین از ممانعت نوری تحت شرایط نامساعد با بازیابی مخزن پذیرنده نهایی الکترون زنجیره انتقال الکترون فتوستتزی محافظت می‌کند (۳۸).

تأثیر برهمکنش متقابل شوری و ژنوتیپ بر مقدار فنول، مالون دی‌آلدئید و سایر آلدئیدها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقدار فنول در همه ژنوتیپ‌های مورد بررسی با افزایش شوری تا چهار دسی‌زیمنس بر متر افزایش یافته و به مقدار حداکثر خود رسید و دوباره با افزایش میزان شوری تا هشت دسی‌زیمنس کاهش قابل‌ملاحظه‌ای پیدا کرد. بیش‌ترین مقدار افزایش از شوری ۰/۳ تا چهار دسی‌زیمنس بر متر در رقم شاهرود ۱۲ پیوندشده روی پایه GN15 به میزان ۱۳۳ درصد بود که با افزایش شوری تا هشت دسی‌زیمنس کاهش ۲۵۰ درصد را نشان داد. در ژنوتیپ شاهرود ۱۲ پیوندشده روی پایه تترا، افزایش میزان شوری از ۰/۳ تا هشت دسی‌زیمنس بر متر باعث افزایش معنی‌دار و پیوسته میزان فنول گردید و بیش‌ترین میزان فنول در شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر به میزان ۲۰/۷۲ مشاهده شد (جدول ۳). آکوستاموتوس و همکاران (۲۰۱۷) نیز به نقش فنول‌ها و ترکیبات زیست-شیمیایی در افزایش تحمل به شوری ارقام مختلف به عنوان راهبردی برای تحمل به شوری اشاره کردند (۱).

شوری در بیش‌تر گیاهان است چون گیاهان حساس به شوری عموماً مقادیر بالاتر MDA را تجمع می‌دهند و نفوذپذیری بالاتر غشای سلولی نسبت به گیاهان متحمل به شوری دارند (۴). نتایج این پژوهش با نتایج لو و همکاران (۲۰۱۷) همخوانی دارد (۲۰).

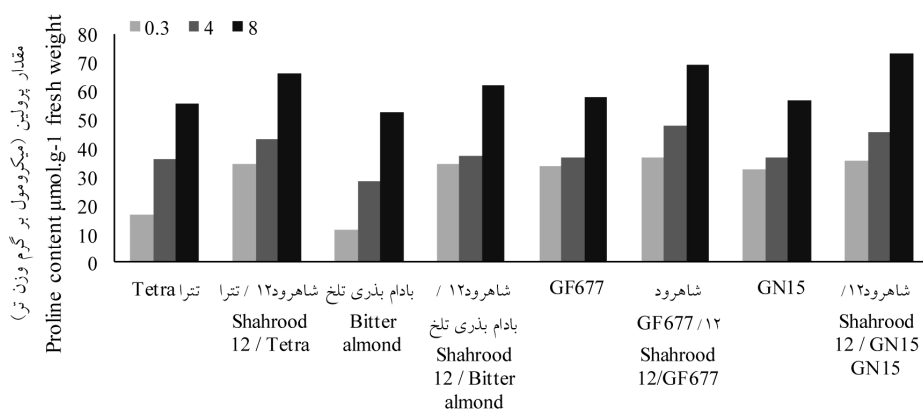
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش سطوح مختلف شوری و ژنوتیپ تأثیر معنی‌داری بر میزان کربوهیدرات‌های محلول و نامحلول در سطح احتمال یک درصد داشتند (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین، میزان کربوهیدرات‌های نامحلول در ژنوتیپ‌های تترا، بادام بذری، شاه‌رود ۱۲ پیوندشده روی بادام بذری و شاه‌رود ۱۲ پیوندشده روی پایه GN15 با افزایش میزان شوری کاهش پیدا کرد و بیش‌ترین میزان کاهش در کربوهیدرات‌های نامحلول در پایه تترا به میزان ۸۴ درصد بود. کم‌ترین میزان کربوهیدرات‌های نامحلول در ژنوتیپ تترا در سطح شوری شش دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. در ژنوتیپ‌های GF677، شاه‌رود ۱۲ پیوندشده روی پایه GF677 و پایه GN15 با افزایش سطوح شوری از ۰/۳ تا شش دسی‌زیمنس بر متر شاهد افزایش معنی‌دار میزان کربوهیدرات‌های نامحلول بودیم. بیش‌ترین افزایش نسبت به سطح ۰/۳ دسی‌زیمنس بر متر مربوط به ژنوتیپ GN15 به مقدار حدود ۹۱ درصد می‌باشد. در خصوص میزان کربوهیدرات‌های محلول، نتایج مقایسه میانگین برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر میزان کربوهیدرات‌های محلول نشان داد که در همه ژنوتیپ‌های مورد بررسی به‌جز ژنوتیپ شاه‌رود ۱۲ پیوندشده روی پایه بادام بذری میزان کربوهیدرات‌های محلول با افزایش میزان شوری افزایش پیدا کرد و در شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر به مقدار حداکثری خود رسید و بیش‌ترین و کم‌ترین میزان افزایش میزان کربوهیدرات‌های محلول در ژنوتیپ شاه‌رود ۱۲ پیوندشده روی پایه GF677 و پایه بادام بذری به‌ترتیب به‌میزان ۱۲۰ و یک درصد به‌دست آمد.

بر متر رسید. در شاه‌رود ۱۲ پیوندشده روی پایه تترا نیز مقدار سایر آلدئیدها با افزایش میزان شوری کاهش پیدا کرد و در شوری هشت به کم‌ترین میزان خود رسید (جدول ۳). اسیدهای چرب غیراشباع از مهم‌ترین ترکیبات لیپیدهای غشاء هستند که در برابر پراکسیداسیون بسیار آسیب‌پذیر هستند. یکی از اصلی‌ترین اثرات تخریبی و مضر گونه‌های اکسیژن واکنش‌پذیر، توانایی آن‌ها برای شروع واکنش‌های زنجیره‌ای اکسیداتیو اسیدهای چرب غیراشباع است که منجر به پراکسیداسیون لیپیدها و تخریب غشاء می‌شود. تجمع مالون دی‌آلدئید در شرایط تنش سبب افزایش نفوذپذیری غشاء پلاسمایی شده و نشأت یونی افزایش می‌یابد (۳۶). بنابراین هرچه میزان تولید مالون دی‌آلدئید و سایر آلدئیدها تحت شرایط تنش شوری کم‌تر باشد، تحمل آن رقم به شرایط تنش شوری بیش‌تر بوده است؛ بنابراین بر اساس نتایج گزارش شده در این پژوهش، شاه‌رود ۱۲ پیوندشده روی پایه GN15 با کم‌ترین میزان تولید آلدئیدها در شرایط تنش شوری، بیش‌ترین تحمل را به تنش از خود نشان داده است.

شکل ۲ مقدار مالون دی‌آلدئید در سطوح شوری ۰/۳، چهار و هشت دسی‌زیمنس را در پایه‌های مختلف مقایسه می‌کند. همان‌طور که قبلاً نیز بیان شد در سطح شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر مقدار MDA به‌صورت معنی‌داری افزایش پیدا کرده است. بیش‌ترین مقدار MDA در سطح شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر در پایه بادام بذری و کم‌ترین مقدار در رقم شاه‌رود ۱۲ پیوندشده بر پایه GF677 و GN15 مشاهده گردید (شکل ۲). مقدار مالون دی‌آلدئید (MDA) که در سلول‌ها در نتیجه پراکسیداسیون لیپید تجمع می‌یابد، متغیری است که عموماً برای ارزیابی آسیب غشایی استفاده می‌شود. نفوذپذیری غشای سلولی بیانگر مقدار پراکسیداسیون لیپید ایجادشده توسط ROS می‌باشد (۲۰). مقدار MDA و نفوذپذیری غشا معیارهای انتخابی مهم برای تحمل

شکل ۳ به مقایسه میزان کربوهیدرات‌های محلول در رقم شاهرود پیوندشده بر روی پایه بادام بذری همچنن، روی پایه GF677 پرداخته است. نتایج ارائه شده نشان می‌دهد که در شرایط شوری کم، رقم پیوند شده بر پایه بادام بذری شرایط بهتری داشته و مقدار کربوهیدرات محلول بیش‌تری نسبت به رقم پیوندشده روی پایه GF677 داشته است؛ اما از سطح شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر، مقدار کربوهیدرات‌های محلول در رقم پیوندشده بر پایه GF677 افزایش پیدا کرده و در سطح شوری شش و هشت دسی‌زیمنس نیز مقدار کربوهیدرات‌های محلول در رقم پیوندشده روی پایه GF677 بیش‌تر از رقم پیوندشده روی پایه بادام بذری بوده و اختلاف مقدار کربوهیدرات‌های محلول در بین این دو رقم مورد بررسی به ترتیب ۴۱/۲ و ۲۰۱ درصد می‌باشد (شکل ۲)؛ بنابراین بر اساس نتایج ارائه شده می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که در بین ژنوتیپ‌ها و پایه‌های مورد بررسی ژنوتیپ شاهرود ۱۲ پیوندشده روی پایه GF677 متحمل‌ترین ژنوتیپ به تنش شوری و ژنوتیپ شاهرود ۱۲ پیوندشده روی پایه بادام بذری حساس‌ترین ژنوتیپ می‌باشد.

در ژنوتیپ شاهرود ۱۲ پیوندشده روی پایه بادام بذری با افزایش میزان شوری مقدار کربوهیدرات‌های محلول کاهش پیدا کرد و در شوری هشت دسی‌زیمنس به کم‌ترین مقدار خود یعنی ۱۱ رسید (جدول ۳). شوری بر سوخت‌وساز قندهای محلول اثر می‌گذارد و مقدار آن را افزایش می‌دهد. در پاسخ‌های اسمزی گیاهان، تجمع کربوهیدرات از عواملی است که قادر است از اختلالات در غشای سلولی جلوگیری نماید (۲۴). مشخص شده است که قند طی تنش شوری علاوه بر نقش کارکردی به‌عنوان حفاظت‌کننده اسمزی و سوسترای رشدی، به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های بیان ژن نیز نقش‌های مهمی را ایفا می‌کنند (۳۸). عقیده بر این است که تجمع قندهای محلول و نشاسته در نتیجه تنش شوری در بافت‌ها و سلول‌های گیاهی می‌تواند به‌عنوان تنظیم اسمزی و یا عامل ذخیره اسمزی عمل می‌کند. همچنین تجمع قندهای محلول می‌تواند در اثر تغییر شکل بیش‌تر نشاسته به قند و یا مصرف کم‌تر کربوهیدرات‌ها توسط بافت‌ها باشد (۲۲). آکوستا موتوس و همکاران (۲۰۱۷) نیز به نقش کربوهیدرات‌های محلول در افزایش تحمل به شوری ارقام مختلف به‌عنوان مکانیسمی برای تحمل به شوری اشاره کردند (۱).

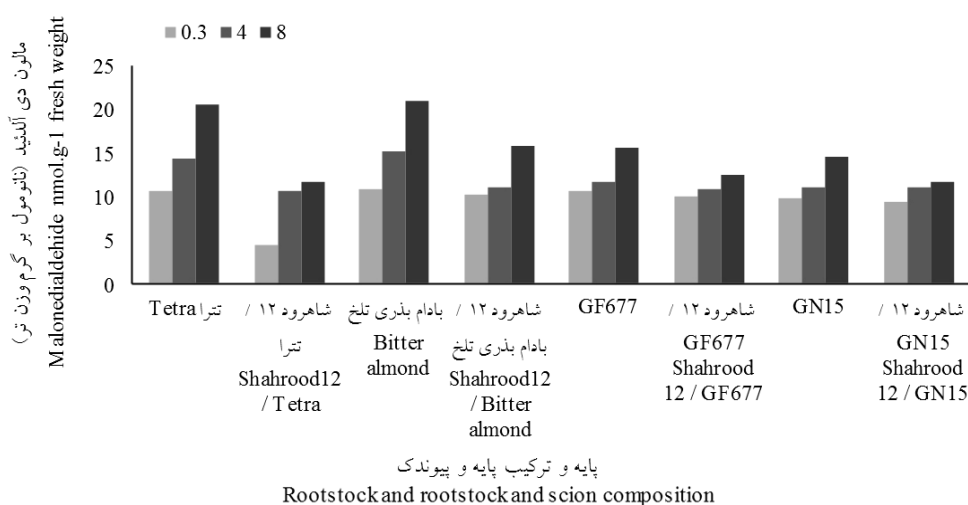


پایه و ترکیب پایه و پیوندک

Rootstock and rootstock and scion composition

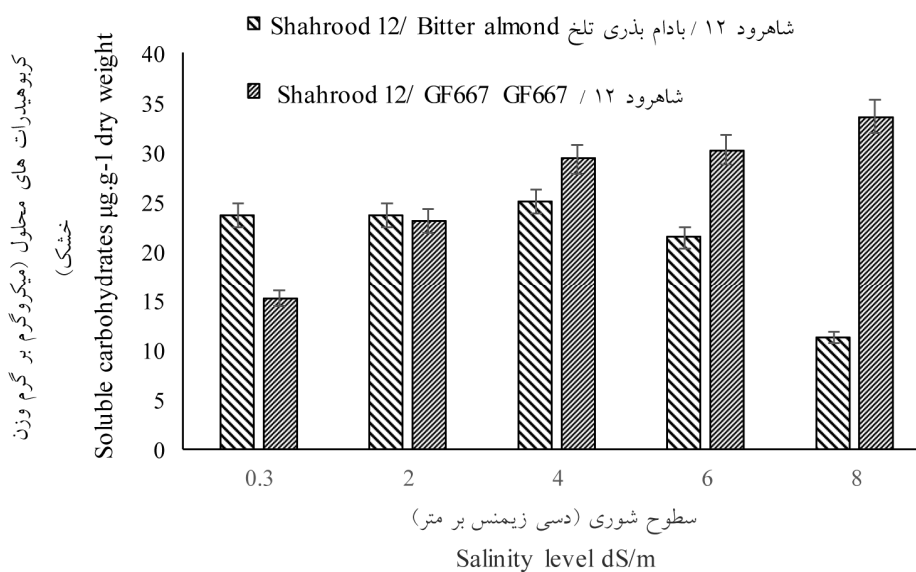
شکل ۱- مقایسه مقدار پرولین رقم شاهرود ۱۲ روی پایه بادام تلخ و همچنین روی پایه‌های رویشی Tetra، GF677 و GN15 در مقایسه با خود این پایه‌های بدون پیوند در سطوح شوری ۰/۳، چهار و هشت دسی‌زیمنس بر متر.

Fig. 1. Comparison of Proline content of Shahrood 12 cultivar grafted on the rootstock of bitter almond seeding, as well as on the vegetative rootstocks of Tetra, GF677 and GN15 in comparison with these without grafted rootstocks in salinity levels of 0.3, 4 and 8 dS/m.



شکل ۲- مقایسه مقدار مالون دی‌آلدئید پایه‌های رقم شاهرود ۱۲ روی پایه بذری بادام تلخ و همچنین روی پایه‌های رویشی تترا، GF677 و GN15 در مقایسه با خود این پایه‌های بدون پیوند در سطوح شوری ۰/۳، ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر.

Fig. 2. Comparison of malonaldehyde content of Shahrood 12 cultivar grafted on the rootstock of bitter almond seeding, as well as on the vegetative rootstocks of Tetra, GF677 and GN15 in comparison with these without grafted rootstocks in salinity levels of 0.3, 4 and 8 dS/m.



شکل ۳- مقایسه میزان کربوهیدرات‌های محلول پایه‌های رقم شاهرود ۱۲ روی پایه بذری بادام تلخ و همچنین روی پایه‌های رویشی تترا، GF677 و GN15 در مقایسه با خود این پایه‌های بدون پیوند در سطوح مختلف شوری.

Fig. 3. Comparison of soluble carbohydrate content of Shahrood 12 cultivar grafted on the rootstock of bitter almond seeding, as well as on the vegetative rootstocks of Tetra, GF677 and GN15 in comparison with these without grafted rootstocks in different salinity levels.

جدول ۳- اثر متقابل شوری و ژنوتیپ بر مقدار پروتئین، پرولین، آلدهیدها و کربوهیدرات‌های محلول و نامحلول رقم شاه‌رود ۱۲ روی پایه بذری بادام تلخ و همچنین روی پایه بذری بادام تلخ و پایه‌های رویشی تتر، GF677 و GN15 در مقایسه با خود این پایه‌های بدون پیوند در سطوح مختلف شوری.

Table 3. Interaction effect of salinity and genotype on protein, proline, aldehydes and soluble and insoluble carbohydrates content of Shahrood 12 cultivar on the rootstock of bitter almond seedling, as well as on the vegetative rootstocks of Tetra, GF677 and GN15 in comparison with these without grafted rootstocks in different salinity levels.

| ژنوتیپ Genotypes | سطح شوری (dS.m ⁻¹) | پروتئین (میکروگرم بر گرم وزن تازه) Protein (μgr.gr ⁻¹ FW) | پرولین (میکرومول بر گرم وزن تازه) Proline (μmol.gr ⁻¹ FW) | فول (میکروگرم بر وزن تازه) Phenol (μgr.gr ⁻¹ FW) | مالون دی‌آلدهید (نانومول بر گرم وزن‌تاز) Malonaldehydes (nmol.gr ⁻¹ FW) | سایر آلدهیدها (نانومول بر گرم وزن‌تاز) Other aldehyde (nmom.gr ⁻¹ FW) | کربوهیدرات نامحلول (میکروگرم بر گرم وزن خشک) Insoluble carbohydrates (μgr.gr ⁻¹ DW) | کربوهیدرات محلول (میکروگرم بر گرم وزن خشک) Soluble carbohydrates (μgr.gr ⁻¹ DW) | میانگین مربعات Mean Squares |
|---------------------|-----------------------------------|--|--|---|---|---|--|--|--------------------------------|
| | - | 0.04** | 34.69* | 16.57** | 6.06** | 0.001** | 198.52** | 67.97** | - |
| | 0.3 | 0.53 ^{ij} | 16.74 ^o | 8.39 st | 10.53 ^{ko} | 0.17 ^{ij} | 59.91 ^o | 23.31 ^{so} | 0.3 |
| | 2 | 0.54 ^{bj} | 28.95 ^{ln} | 12.76 ^{lm} | 12.47 ^{gh} | 0.22 ^{gh} | 23.95 ^p | 23.96 ^{lm} | 2 |
| | 4 | 0.33 ^{no} | 36.16 ^m | 16.89 ^{fg} | 14.33 ^f | 0.2 ^{def} | 35.04 ^o | 26.68 ^f | 4 |
| | 6 | 0.25 ^p | 43.38 ^{ei} | 18.76 ^{bc} | 16.48 ^c | 0.8 ^c | 23.99 ^p | 29.55 ^{cd} | 6 |
| | 8 | 0.18 ^q | 55.59 ^{ce} | 16.3 ^{ch} | 20.5 ^a | 0.3 ^b | 32.08 ^{oo} | 33.64 ^a | 8 |
| | 0.3 | 0.42 ^{lm} | 34.5 ^{ln} | 7.51 st | 4.51 ^q | 0.9 ^p | 33.59 ^{oo} | 23.23 ^{mo} | 0.3 |
| | 2 | 0.54 ^{bj} | 43.94 ^{ei} | 10.21 ^{m-q} | 10.17 ^{m-p} | 0.12 ^{no} | 34.48 ^{oo} | 23.82 ^{kn} | 2 |
| | 4 | 0.3 ^{op} | 43.38 ^{ei} | 12.92 ^{lm} | 10.68 ^o | 0.14 ^m | 34.63 ^{oo} | 24.54 ^{lj} | 4 |
| | 6 | 0.39 ^{mn} | 52.26 ^{ef} | 15.92 ^{ch} | 10.96 ⁿ | 0.16 ^k | 35.45 ^{ln} | 21.08 ^r | 6 |
| | 8 | 0.51 ^{jk} | 66.14 ^{ab} | 20.72 ^{ac} | 11.61 ^{bk} | 0.16 ^k | 37.59 ^{ek} | 10.82 ^v | 8 |
| | 0.3 | 0.64 ^{dq} | 11.18 ^o | 5.79 ^t | 10.82 ^o | 0.16 ^k | 40.71 ^{fg} | 22.67 ^{o-q} | 0.3 |
| | 2 | 0.67 ^{ce} | 26.73 ⁿ | 9.04 ^{rs} | 13.04 ^g | 0.21 ^h | 31.81 ^o | 24.04 ^{rl} | 2 |
| | 4 | 0.84 ^a | 28.39 ^{mn} | 18.01 ^{ef} | 15.12 ^{df} | 0.25 ^{de} | 38.65 ^{fi} | 26.67 ^f | 4 |
| | 6 | 0.67 ^{cd} | 43.38 ^{ei} | 14.17 ^g | 17.56 ^b | 0.3 ^b | 34.02 ^{k-o} | 29.91 ^{cd} | 6 |
| | 8 | 0.53 ^{ij} | 52.82 ^{ef} | 6.58 st | 21 ^a | 0.34 ^a | 34.63 ^{jo} | 34.14 ^a | 8 |
| | 0.3 | 0.87 ^a | 34.5 ^{ln} | 11.33 ^{so} | 10.25 ^{m-p} | 0.12 ^{no} | 37.19 ^{bk} | 23.58 ^{kn} | 0.3 |
| | 2 | 0.7 ^{bd} | 42.27 ^{ef} | 13.73 ^{hi} | 10.46 ^o | 0.13 ^{mn} | 35.46 ^{ln} | 23.65 ^{kn} | 2 |
| | 4 | 0.73 ^b | 37.27 ^{hi} | 22.36 ^c | 10.96 ⁿ | 0.14 ^m | 34.34 ^{oo} | 25 ^h | 4 |
| | 6 | 0.76 ^b | 45.6 ^{lg} | 14.45 ^{g-k} | 11.39 ^l | 0.16 ^k | 34.47 ^{oo} | 21.38 ^r | 6 |
| | 8 | 0.64 ^{dq} | 62.25 ^{bc} | 7.86 st | 15.84 ^{cd} | 0.17 ^{ij} | 34.96 ^{oo} | 11.15 ^v | 8 |

ادامه جدول ۳-

Continue Table 3.

| کربوهیدرات محلول (میکروگرم بر گرم) وزن خشک | کربوهیدرات نامحلول (میکروگرم بر گرم) وزن خشک | سایر آلدهیدها (نانومول بر گرم وزنتر) | مالون دی آلدهید (نانومول بر گرم وزنتر) | فنول گرم وزنتر (میکروگرم بر گرم) | پرولین وزن تار (میکرومول بر گرم) | پروتین وزن تار (میکروگرم بر گرم) | سطح شوری (dS.m ⁻¹) | ژنوتیپ Genotypes |
|--|--|--|--|--|--|--|---|---------------------|
| Soluble carbohydrates (μgr.gr ⁻¹ DW) | Insoluble carbohydrates (μgr.gr ⁻¹ DW) | Other aldehyde (nmol.gr ⁻¹ FW) | Malonaldehydes (nmol.gr ⁻¹ FW) | Phenol (μgr.gr ⁻¹ FW) | Proline (μmol.gr ⁻¹ FW) | Protein (μgr.gr ⁻¹ FW) | Salinity level (dS.m ⁻¹) | |
| 22.35 ^q | 35.99 ^{bm} | 0.12 ^{no} | 10.53 ^{ko} | 11.56 ^{eo} | 33.94 ⁱⁿ | 0.61 ^{eg} | 0.3 | |
| 19.12 ^s | 39.22 ^{gh} | 0.13 ^{mn} | 10.96 ⁱⁿ | 13.89 ^{li} | 37.37 ^{bi} | 0.72 ^{be} | 2 | |
| 225.18 ^h | 37.68 ^{gj} | 0.16 ^{jk} | 11.61 ^{bk} | 19.65 ^{ad} | 36.72 ^{im} | 0.43 ^{lm} | 4 | GF677 |
| 28.07 ^e | 44.29 ^f | 0.18 ⁱ | 15.48 ^{ce} | 14.44 ^{fk} | 48.93 ^{cg} | 0.83 ^a | 6 | |
| 24.28 ^{ik} | 34.66 ^{io} | 0.22 ^{gh} | 15.62 ^{ce} | 7.77 ^{pi} | 57.81 ^{ed} | 0.53 ^{ji} | 8 | |
| 15.08 ^v | 34.59 ^o | 0.11 ^o | 9.96 ^{pp} | 10.62 ^{hp} | 36.72 ^{im} | 0.52 ^{ik} | 0.3 | |
| 23.10 ^{np} | 37.11 ^{bl} | 0.12 ^{no} | 10.53 ^{ko} | 12.54 ⁱⁿ | 45.05 ^{fh} | 0.83 ^a | 2 | GF677 / ۱۲-شاهرود |
| 29.29 ^d | 35.47 ⁱⁿ | 0.14 ^{lm} | 10.96 ⁱⁿ | 15.01 ^{gj} | 47.82 ^{fg} | 0.65 ^{df} | 4 | Shahrood 12/GF677 |
| 30.19 ^c | 37.62 ^{zj} | 0.14 ^{lm} | 11.39 ^{il} | 21.64 ^a | 58.37 ^{sd} | 0.58 ^{gi} | 6 | |
| 33.6 ^a | 43.51 ^{ef} | 0.15 ^{kl} | 12.4 ^{gi} | 6.24 st | 68.91 ^{ab} | 0.5 ^{jk} | 8 | |
| 22.45 ^{pq} | 33.47 ^{mo} | 0.13 ^{mn} | 9.74 ^{op} | 9.16 ^{uq} | 32.83 ^{kn} | 0.19 ^{di} | 0.3 | |
| 19.64 ^s | 35.5 ⁱⁿ | 0.17 ^{ij} | 10.6 ^{ko} | 16.07 ^{ch} | 36.16 ^{im} | 0.58 ^{gi} | 2 | |
| 23.76 ^{kn} | 50.15 ^d | 0.22 ^{gh} | 11.11 ⁱⁿ | 18.38 ^{be} | 36.72 ^{im} | 0.39 ^{mm} | 4 | GN15 |
| 25.86 ^g | 63.14 ^a | 0.23 ^{fg} | 14.69 ^{df} | 12.5 ⁿⁿ | 46.16 ^{fg} | 0.6 ^{ch} | 6 | |
| 26.4 ^f | 35.89 ^{bm} | 0.26 ^d | 14.62 ^{ef} | 5.92 ^t | 56.7 ^{se} | 0.34 ^{no} | 8 | |
| 17.22 ^t | 43.45 ^{ef} | 0.09 ^p | 9.31 ^p | 9.19 ^{or} | 35.61 ^{im} | 0.46 ^{kl} | 0.3 | |
| 24.88 ^{hi} | 38.94 ^{gi} | 0.12 ^{no} | 10.39 ^{oo} | 12.38 ⁱⁿ | 40.6 ^{ek} | 0.64 ^{dg} | 2 | GN15 / ۱۲-شاهرود |
| 26.94 ^f | 35.9 ^{lm} | 0.12 ^{no} | 11.03 ⁱⁿ | 15.2 ^{fi} | 45.6 ^{fg} | 0.54 ^{bz} | 4 | Shahrood 12 / GN15 |
| 29.24 ^d | 37.46 ^{sk} | 0.13 ^{mn} | 11.75 ^{bz} | 20.92 ^{ab} | 56.7 ^{se} | 0.74 ^b | 6 | |
| 31.22 ^b | 56.87 ^c | 0.15 ^{kl} | 11.61 ^{gh} | 10.11 ^{im} | 73.36 ^a | 0.61 ^{eg} | 8 | |

اعداد با حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن و در سطح احتمال ۰/۰۱ می‌باشد.

Numbers with same letter are not significant according to Duncan's multiple range test at 0.01 probability.

افزایش بیش تر سطح شوری، مقدار آن‌ها کاهش یافت که نشان می‌دهد، ژنوتیپ‌های مطالعه شده با استفاده از راهبردهای غیرآنزیمی می‌توانند با اثرات مخرب شوری مقابله کنند که روند تغییرات در تمامی صفات بیوشیمیایی مورد مطالعه، تحت تأثیر نوع ژنوتیپ است. در مجموع بر اساس نتایج ارائه شده می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که در بین ترکیبات پایه و پیوندک و پایه‌های مورد بررسی، ترکیب پیوندی شاهرود ۱۲ روی GF677 متحمل‌ترین ترکیب به تنش شوری و همان رقم روی پایه بادام بذری حساس‌ترین ترکیب پیوندی بود.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست آمده ژنوتیپ شاهرود ۱۲ روی GF677 با افزایش شوری میزان ویژگی‌های بیوشیمیایی را افزایش داده و در نتیجه تحمل بیش‌تری به تنش شوری را نشان داد. همچنین، بیش‌ترین میزان پرولین در ژنوتیپ شاهرود ۱۲ روی GF677 و شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر به‌میزان ۶۷/۹۱ به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر ژنوتیپ‌ها داشت. کم‌ترین میزان پرولین نیز در پایه شاهد GN15 مشاهده شد. محتوای فنول کل، پرولین، پروتئین محلول کل در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده، ابتدا با افزایش غلظت نمک، افزایش و سپس با

منابع

1. Acosta-Motos, J.M., Maria Fernanda, O., Agustina, B.V., Pedro, D.V., Maria, J.S.B. and Jose, A.H. 2017. Plant Responses to Salt Stress: Adaptive Mechanisms. *Agron.* 7: 18. 1-38.
2. Alizadeh, M., Singh, S.K., Patel, V.B., Bhattacharya, R.C. and Yadav, B.P. 2010. *In vitro* responses of grape rootstocks to NaCl. *Biol. Plantarum.* 54: 381-385.
3. Anjum, N.A., Sofu, A., Scopam, A., Roychoudhury, A., Gill, S.S., Iqbal, M., Lukatkin, A.S., Pereira, E., Duarte, A.C. and Ahmad, I. 2015. Lipids and proteins-major targets of oxidative modifications in abiotic stressed plants. *Environ. Sci. Pollut. R.* 22: 6. 4099-4122.
4. Ashraf, M. and Harris, P.J.C. 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *J. Plant Sci.* 166: 3-16.
5. Bakhshi, D. and Arakawa, O. 2006. Effects of UV-B irradiation on phenolic compound accumulation and antioxidant activity in 'Jonathan' apple influenced by bagging, temperature and maturation. *J. Food Agr. Environ.* 4: 1.75-79.
6. Bartels, D. and Sunkar, R. 2005. Drought and tolerance in plants. *Crit. Rev. Plant Sci.* 24: 23-58.
7. Bates, L.S., Waldren, R.P. and Teare, L.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil Sci.* 39: 205-208.
8. Baybordi, I. 2014. Evaluation of late flowering cultivar of almond to salinity. *Prod. Proc. Agri. Hort. Crop.* 3: 3. 217-225.
9. Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantization of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Annu. Rev. Biochem.* 72: 248-254.
10. Cha-Um, S., Batin, C.B., Samphumphung, T. and Kidmanee, C. 2013. Physio-morphological changes of cowpea ('*Vigna unguiculata*' Walp.) and jack bean ('*Canavalia ensiformis*' (L.) DC.) in responses to soil salinity. *Aust. J. Crop Sci.* 7: 13. 2128-2135.
11. Chinnusamy, V., Jagendorf, A. and Zhu, J.K. 2005. Understanding and improving salt tolerance in plants. *Crop Sci.* 45: 437-448.
12. Erturk, U., Sivritepe, N., Yerlikaya, C., Bor, M., Ozdemir, F. and Turkan, I. 2007. Responses of the cherry rootstock to salinity in vitro. *Biolo Plantarum.* 51: 3. 597-600.

13. Gill, S.S. and Tuteja, N. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerant in crop plants. *Plant Physiol. Biochem.* 48: 909-930.
14. Grattan, S.R. 2002. Irrigation water salinity and crop production. University of California. Agriculture and Natural Resources Publication. 8066.
15. Grattan, S.R. and Grieve, C.M. 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Sci. Hort.* 78: 127-157.
16. Hasegawa, P.M., Bressan, R.A., Zhu, J.K. and Bohnert, H.J. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annu. Rev. Plant Biol.* 51: 463-499.
17. Heath, R.L. and Packer, L. 1969. Photoperoxidation in isolated chloroplast, I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Arch. Biochem. Biophys.* 125: 189-198.
18. Karakas, B., Bianco, R.L. and Rieger, M. 2000. Association of marginal leaf scorches with sodium accumulation in salt-stressed peach. *Hort. Sci.* 35: 1. 83-84.
19. Kochert, G. 1987. Carbohydrate determination by the phenolsulfuric acid method. In *Helebus Cambridge Univ. Press, Cambridge.*
20. Lu, N., Zijing, L., Yuzhou, K., Li, D., Hongjing, D., Rongxuan, H., Binbin, C., Suhan, D., Yadong, Z., Yuhan, S. and Yun, L. 2017. Growth, Physiological, Biochemical, and Ionic Responses of *Morus Alba* L. Seedlings to Various Salinity Levels. *Forests.* 8: 488. 1-18.
21. 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. *Environ. Exper. Bot.* 63: 392-401.
22. Mashayekhi, M., Esmail Amiri, M., and Habibi, F. 2015. Study the biochemical reaction and enzymatic activity of GF677 rootstock (peach and almond hybrid) to the salinity stress in vitro. *J. Hort. Sci.* 29: 2. 217-315. (In Persian)
23. Massai, R., Remorini, D. and Tattini, M. 2004. Gas exchange, water relations and osmotic adjustment in two scion/rootstock combinations of *Prunus* under various salinity concentrations. *Plant Soil.* 259: 1/2. 153-162.
24. 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. *Biolo. Plantarum.* 50: 61-68.
25. Momenpour, A., Bakhshi, A., Imani, D. and Rezaei, H. 2015. Effects of salinity on growth parameters and mineral concentration of Sharhrood 12, Tono and 1-16 grafted on GF677. *Beh-zeraei Keshavarzi.* 17: 1. 197-216. (In Persian)
26. Momenpour, A., Imani, A., Bakhshi, D. and Rezaei, H. 2014. Evaluating the salt tolerance of some almond genotypes grafted on GF677 rootstock based on morphological traits and chlorophyll fluorescence. *Plant Process and Function.* 3: 10. 9-28. (In Persian)
27. Munns, R. and Tester, R. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annu Rev Plant Physiol.* 59: 651-681.
28. Murkute, A.A., Satyawati, Sh. and Singh, S.K. 2010. Biochemical alterations in foliar tissues of citrus genotypes screened *in vitro* for salinity tolerance. *J. Plant Biochem. Biot.* 19: 203-208.
29. Nawaz, K., Hussain, K., Majeed, A., Khan, F., Afghan, S. and Ali, K. 2010. Fatality of salt stress to plants, morphological, physiological and biochemical aspects. *Afr. J. Biotech.* 9: 34. 5475-5480.
30. Noitsakis, 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 Hort.* 449: 641-648.
31. Oraei, M., Tabatabaei, J., Fallahi, A. and Imani, A. 2009. Effects of salt stress on rootstock on growth, photosynthesis rate, nutrient composition and sodium of almond tree. *J. Hort. Sci.* 23: 2. 131-140. (In Persian)

32. Parida, A.K. and Das, A.B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 60: 3. 324-49.
33. Sorkheh, K.B., Shiran, V., Rouhi, B. and Khodambashi, M. 2012. Salt stress induction of some key antioxidant enzymes and metabolites in eight Iranian wild almond species. *Acta J. Plant Physiol.* 34: 203-213.
34. Sotiropoulos, T.E. 2007. Effect of NaCl and CaCl₂ on growth and contents of minerals, chlorophyll, proline and sugars in the apple rootstock M4 cultured *in vitro*. *Biol. Plantarum.* 51: 177-180.
35. Zakeri Asl, M.A., Boland Nazar, S.A., Ustan, S. and Tabatabaei, S.J. 2014. Effect of various levels of NaCl and nitrogen on growth, vitamin C concentration and nitrat content in halophyt vegetables. *Soil and Water Know.* 24: 1. 239-250. (In Persian)
36. Zhang, J. and Kirkham, M.B. 1996. Enzymatic responses of the acrobat-glutathione cycle to drought in sorghum and sunflower. *Plant Sci.* 113: 139-147.
37. Zrig, A., Ben Mohamed, H., Tounekti, T., Ennajeh, M., Valero, D. and Khemira, H. 2015. A Comparative Study of Salt Tolerance of Three Almond Rootstocks: Contribution of Organic and Inorganic Solutes to Osmotic Adjustment. *J. Agr. Sci. Tech.* 17: 675-689.
38. 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). *S. Afr. J. Bot.* 102: 50-59.

