به زراعی کشاورزی
دوره ۲۱ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۸
صفحه‌های ۱۰۵-۹۳

دگرگونی ویژگی شاخص‌های رشدی بادام رقم شاهرود-۱۲ بر روی برخی از پایه‌های رویشی در تنش شوری

طاهر سقلی[۱]، محمد اسماعیل امیری[۲*]، علی ایمانی[۳]، حامد رضایی[۴]، 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 وترویج کشاورزی، یزد، ایران.

تاریخ ارسال: ۱۳۹۷/۰۴/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۳۰

چکیده

بادام حساسیت بالایی به تنش شوری دارد. انتخاب پایه و پیوندک مناسب یکی از راه‌های کاهش اثرات منفی تنش شوری می‌باشد. در این آزمایش، اثر تنش شوری بر برخی از صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و جذب عناصر آهن، روی و سدیم بادام در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور (ترکیب پایه و پیوندک در هشت سطح و تیمار شوری در پنج سطح) و سه تکرار در سال ۱۳۹۶ در مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی بررسی شد. نتایج نشان داد که با افزایش شوری از ۰/۳ تا هشت دسی‌زیمنس بر متر، بیشترین و کمترین درصد کاهش در وزن خشک ریشه به‌ترتیب در ترکیب شاهرود-۱۲/تترا (۳۷/۸) و GN15 (۱٤/٥) مشاهده شد. کمترین و بیشترین درصد کاهش وزن خشک شاخه اصلی نیز به‌ترتیب در پایه شاهد بادام تلخ بذری (۳۸/۲) و ترکیب شاهرود-GN15/۱۲ (٤۷/۹) مشاهده شد. بیشترین درصد نکروزگی در پایه شاهد بادام تلخ بذری (۲۸/۹۸) و کمترین مقدار آن نیز در ترکیب شاهرود-GF677/۱۲ (۹/۹) رخ داد. کمترین و بیشترین درصد تغییر نشت الکترولیت‌ها در پایه شاهد GF677 (۳۰/۷٤) و GN15 (٤۲/۹۳) رخ داده است. بررسی سدیم نیز نشان داد که کمترین و بیشترین درصد تغییر به‌ترتیب در شاهرود-۱۲ پیوند شده روی پایه GF677 (۵۱/۲) و پایه شاهد بادام تلخ بذری (۸۲) مشاهده شد. براساس نتایج، با افزایش تنش شوری میزان عناصر ریشه و برگ در ابتدا افزایش و سپس با افزایش بیشتر در شدت تنش، روندی کاهشی به خود گرفت. بر اساس نتایج حاصله، ترکیب شاهرود-GF677/۱۲ متحمل‌ترین و ترکیب شاهرود-۱۲/بادام تلخ بذری حساس‌ترین ترکیب به تنش شوری بود.

کلیدواژه‌ها: پیوند، عناصر غذایی، صفات فیزیولوژیکی، صفات مورفولوژیکی، NaCl.

* نویسنده مسئول
Email: m-amiri@znu.ac.ir

مقدمه

بخش عمده مناطق کشور ما، به‌دلیل بالا بودن مقدار تبخیر و تعرق و پایین بودن میزان نزولات جوی، جزو مناطق خشک و نیمه‌خشک طبقه‌بندی می‌شود (Ashofteh Beiragi *et al.*, 2011). یکی از مشکلات این مناطق، شوری خاک‌ها می‌باشد. بر طبق آمار موجود، سطح کل خاک‌های شور در ایران حدود ٤٤ میلیون هکتار تخمین زده می‌شود که حدود ۳۰ درصد مساحت دشت‌ها و متجاوز از ۵۰ درصد اراضی زیر کشت آبی کشور است (Afyouni *et al.*, n.d.). به‌طورکلی می‌توان گفت به‌استثنای اراضی استان‌های گیلان و مازندران، تقریباً تمام خاک‌های دشت و اراضی پست ایران کم‌وبیش شور بوده و بیشترین شوری در اراضی آبی مشاهده می‌شود (Jafarinia, 2011). شوری عامل شناخته‌شده‌ای است که تأثیر منفی بر تولید بسیاری از محصولات در سرتاسر جهان دارد (Chaum *et al.*, 2013). این تنش بر برخی فرایندهای متابولیک اصلی از قبیل فتوسنتز، سنتز پروتئین و سوخت‌وساز چربی‌ها و ATP تأثیرگذار است (Zrig *et al.*, 2016).

در شرایط شور، تجمع بالایی از یون‌های سمی از قبیل سدیم و کلر در کلروپلاست رخ می‌دهد (Chaum *et al.*, 2013). کاهش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی، کاهش سطح برگی، کاهش میزان فراهمی CO_2 به‌علت بسته‌شدن روزنه‌ها، کاهش هدایت مزوفیلی، تغییر در فعالیت آنزیم‌ها، آسیب‌های اکسیداتیو ناشی از تنش به غشاهای فتوسنتزی و کاهش کارایی انتقال الکترون در زنجیره و آسیب به کمپلکس‌های برداشت‌کننده نور می‌توانند از علل تأثیر منفی تنش شوری بر فتوسنتز باشند (Zrig *et al.*, 2016; Parida & Das, 2005; Jafarinia & Shariati, 2012). سطوح بالای شوری با تحت تأثیر قرار دادن و کاهش انتقال انرژی از رنگیزه‌ها منجر به افزایش میزان فلورسانس کلروفیل از مراکز واکنشی فتوسیستم II می‌شود. امروزه از این شاخص برای ارزیابی اثر تنش‌ها روی فتوسیستم II استفاده می‌گردد (Azizpour *et al.*, 2010).

پژوهش‌های متعددی نشان داده است که آستانه تحمل اکثر درختان میوه هسته‌دار از جمله بادام نسبت به تنش شوری پایین است، به‌طوری‌که در شوری ۲/۸، ٤/۱ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد از عملکرد آن کاهش می‌یابد (Grattan & 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 می‌باشد. پژوهشگران تحمل پایه GF677 نسبت به سطوح مختلف شوری حاصل از نمک طبیعی را مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که این پایه نسبت به شوری، ٤/۹ دسی‌زیمنس بر متر، متحمل است (Momenpour *et al.*, 2015). 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 (Emami, 1996). 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، ولی هنوز ترکیب این رقم با سایر پایه‌های متداول مورد تحقیق قرار نگرفته است و اطلاعاتی وجود ندارد؛ بنابراین در این تحقیق اثرات شوری بر تغییرات صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و جذب برخی عناصر غذایی در پایه‌های بادام تلخ بذری، تترا، GF677 و GN15 و همچنین پیوند ژنوتیپ شاهرود-۱۲ بر پایه‌های ذکر شده مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت تا متحمل‌ترین ترکیب پایه و پیوندک شناسایی شود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، اثر تنش شوری بر تغییرات صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و تغذیه‌ای بادام رقم شاهرود-۱۲ روی برخی پایه‌های پرونوس، تحت تنش شوری در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور شامل ترکیب پایه و پیوندک در هشت سطح (رقم شاهرود-۱۲ پیوندشده روی پایه‌های بادام تلخ بذری، تترا، GF677 وGN15 و خود پایه‌ها بدون پیوند) و تیمار شوری آب آبیاری در پنج سطح (آب شهری با شوری ۰/۳ دسی‌زیمنس بر متر، دو، چهار، شش و هشت دسی‌زیمنس بر متر) در سال ۱۳۹۶و در سه تکرار در گلخانه مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی انجام شد. برای این منظور پایه‌های رویشی حاصل از کشت بافت و پایه بذری حاصل از بذور استراتفیه‌شده، به گلدان‌های پلاستیکی ۲۰ لیتری حاوی خاک زراعی با بافت متوسط انتقال داده شده و پس از رشد کافی، تعدادی از پایه‌های مورد نظر با بادام رقم شاهرود-۱۲ پیوند شدند. همچنین پایه‌های بدون عمل پیوند به‌عنوان شاهد تا زمان اعمال تیمار شوری تحت مراقبت قرار گرفتند. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مخلوط خاکی مورد استفاده و وضعیت رشدی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شروع اعمال تیمار شوری به‌ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده‌اند.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مخلوط خاکی مورد استفاده

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

جدول ۲. وضعیت رشدی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شروع اعمال تیمار شوری

ژنوتیپ	قطر پیوندک (میلی‌متر)	قطر پایه‌های شاهد در سطح خاک (میلی‌متر)	ارتفاع پایه‌های شاهد (سانتی‌متر)	ارتفاع پیوندک	تعداد برگ
شاهرود-۱۲ پیوندشده روی پایه GF677	٩/٦٥	–	–	٧٦/٤٨	٦٧/٠٦
شاهرود-۱۲ پیوندشده روی پایه GN15	٩/٨٨	–	–	٧٥/٧٠	٥٦/١٣
شاهرود-۱۲ پیوندشده روی پایه تترا	٩/٤٨	–	–	٧١/٦٦	٧٥/٦
شاهرود-۱۲ پیوندشده روی پایه بذری	٨/٩٥	–	–	٧١/٧٨	٤٥/٦٦
پایه GF677 (بدون پیوند)	–	٨/٣٩	٦٨/٠٥	–	٧٢/٦
پایه GN15 (بدون پیوند)	–	٨/٦٧	٦٨/٧٠	–	٦٥
پایه تترا (بدون پیوند)	–	٨/٥٦	٧٣/٢٣	–	٣٥/٨
پایه بادام بذری (بدون پیوند)	–	٨/١٦	٦٤/٢٢	–	٤٩/٧٣

تفاوت‌هایی که در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در هنگام آغاز تیمار شوری مشاهده می‌شود، به‌دلیل تفاوت در سرعت رشدی آن‌ها است و رشد آن‌ها در داخل گلخانه با شرایط کنترل شده، انجام شده است.

به‌منظور کاربرد تیمارهای شوری با غلظت‌های دو، چهار، شش و هشت دسی‌زیمنس بر متر، از نمک کلرید سدیم استفاده شد. برای اجتناب از ایجاد شوک ناگهانی و پلاسمولیز، افزودن نمک‌ها به‌صورت تدریجی انجام و در مدت یک هفته به غلظت موردنظر 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 درنهایت در مرتبه سوم گیاهانی که قرار بود با تیمار هشت دسی‌زیمنس بر متر آبیاری شوند، با این غلظت از نمک موجود در آب، آبیاری شدند. قبل از انتقال گیاهان، ظرفیت زراعی گلدان‌ها به کمک دستگاه صفحه فشار مدل (F1, USA) تعیین شد. آبیاری گلدان‌ها با توجه به تغییرات وزن آن‌ها و نیاز آبشویی با استفاده از روش Momenpour *et al.* (2015) انجام گرفت. به‌طوری‌که طی دوره آزمایش (۹۱ روز)، تیمارهای ۰/۳ و دو دسی‌زیمنس بر متر، ۲۲ مرتبه، تیمار چهار دسی‌زیمنس بر متر ۲۱ مرتبه و تیمارهای شش و هشت دسی‌زیمنس بر متر، ۱۹ مرتبه، آبیاری شدند. در پایان آزمایش وزن تر و خشک ریشه و شاخه اصلی (Mousavi *et al.*, 2009)، نکروزه شدن (Karakas *et al.*, 2000)، کلروفیل کل، b و کاروتنوئید (Zrig *et al.*, 2016)، نشت یونی و محتوای نسبی آب برگ (Mehta *et al.*, 2010) و مقدار عناصر غذایی آهن و روی (Emami, 1996) مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. تجزیه‌وتحلیل داده‌های آماری، با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱)، انجام و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن و نرم‌افزار MSTATC (نسخه ۱۰. ۲)، صورت گرفت.

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیکی

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی (جدول ۳)، نشان داد اثرهای ساده شوری و ژنوتیپ و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر تمامی خصوصیات مورفولوژیک مورد بررسی در پایه‌ها و ترکیبات پایه و پیوندک معنی‌دار بود ($P\leq$۰/۰۱). نتایج مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف شوری بر ژنوتیپ‌های مورد بررسی نشان داد که در همه ژنوتیپ‌ها اعمال تنش شوری به‌صورت معنی‌داری باعث کاهش وزن تر و خشک ریشه شد به‌صورتی‌که بیشترین میزان وزن تر و خشک ریشه در سطح شوری ۰/۳ و کمترین آن در سطح شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد. بیشترین و کمترین مقدار کاهش وزن تر ریشه در تیمار شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر نسبت به سطح آب غیر شور به‌ترتیب در پایه‌های شاهرود–۱۲ پیوند شده روی پایه تترا (۳۷/۸ درصد) و GN15 (۱٤/۵ درصد) به‌دست آمد. با افزایش سطح شوری آب آبیاری، بیشترین درصد کاهش وزن خشک ریشه در ترکیب شاهرود–۱۲ پیوندشده روی پایه تترا به میزان ۳٦/۳ درصد به‌دست آمد. پیوند ژنوتیپ شاهرود–۱۲ روی پایه GF677 تأثیر منفی در میزان کاهش وزن تر ریشه نسبت به سطح شوری شاهد داشت و سبب بهبود مقدار وزن تر و خشک ریشه پیوندک گردید. درمجموع در بین تیمارهای مورد بررسی، شاهرود–۱۲ پیوندشده بر روی پایه‌های مختلف، پیوند این رقم روی پایه GF677 شرایط بهتری نسبت به سایر ترکیبات پیوندی داشت (جدول ۳). کاهش در وزن خشک ریشه گیاه ممکن است به‌علت اختلال در جذب مواد غذایی لازم برای رشد به‌دلیل کاهش توسعه سیستم ریشه‌ای باشد. هرگونه اختلال در سیستم جذب و انتقال ریشه در اثر مسمومیت با یون سدیم، باعث عدم توسعه ریشه، چوب‌پنبه‌ای‌شدن و کاهش رشد و وزن تر و خشک آن می‌شود (Blum, 1988). تأثیر تنش شوری بر کاهش وزن خشک ریشه در گیاهان مختلف از جمله بادام (Momenpour *et al.*, 2015)، گیاه شنبلیله (Farhadi *et al.*, 2014) و وزن خشک ریشه و اندام هوایی در چغندر قند

(Asadinasab *et al*., 2013) نیز گزارش شده است. سطوح مختلف شوری باعث کاهش معنی‌دار وزن تر و خشک شاخه اصلی پایه‌ها شد. بیشترین مقدار وزن تر و خشک شاخه اصلی در سطح شوری ۰/۳ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب به میزان ۱۲۷/٤ و ۵۱/۷۷ گرم در رقم شاهرود-۱۲ پیوند شده روی پایه GN15 به‌دست آمد. اما سطح شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر باعث کاهش وزن تر و خشک شاخه‌ها به‌ترتیب به میزان ۷٤/۹۷ و ۲٦/۹۵ گرم گردید. پایه GF677 نیز در سطح شوری ۰/۳ دارای وزن تر و خشک شاخه اصلی به‌ترتیب ۱۲۳ و ٤۸/۲٦ گرم بود که در شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر، مقدار آن‌ها به‌ترتیب به ۷۲/٤۸ و ۳۰/٦ گرم کاهش پیدا کرد. مقدار وزن تر و خشک شاخه اصلی رقم شاهرود-۱۲ پیوندشده بر پایه GF677 نیز در سطوح شوری ۰/۳ و هشت دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب ۱۱۵/۳ و ٤٦/۹۱ گرم (در سطح شوری ۰/۳) و ٦۹/۷۸ و ۲٤/۹۸ گرم (در سطح شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر) شد. نتایج نشان داد که رقم شاهرود-۱۲ پیوندشده روی پایه GF677، شرایط بهتری نسبت به حالت شاهد (پایه پیوندنشده GF677)، داشت و بهتر توانست تنش شوری را تحمل نماید (جدول ۳). درصد مجموع نکروزه‌ها نیز در تمامی پایه‌ها و ترکیبات پیوندی شاهرود-۱۲ روی پایه‌های مختلف مورد بررسی افزایش معنی‌دار با افزایش میزان شوری از ۰/۳ تا هشت دسی‌زیمنس بر متر را نشان داد و کمترین و بیشترین میزان افزایش درصد مجموع نکروزه‌ها در سطح شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر نسبت به سطح دو دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب در پایه شاهرود-۱۲ پیوندشده روی پایه GF677 (۱۷/۳٦ برابر) و پایه بادام بذری (۲۹/۱۸ برابر) مشاهده شد. در هیچ‌کدام از پایه‌های مورد بررسی، هیچ‌گونه نکروزی در سطح شوری ۰/۳ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده نشد (جدول ۳).

در گیاهان تحت تنش شوری، عدم تورژسانس مناسب سلول‌ها و تخصیص بیشتر مواد سنتزشده جهت مقابله با تنش، کوتاه شدن دوره رشد گیاه و نیز مکانیسم‌های فرار از تنش همگی می‌توانند مانع از توسعه عادی سلول‌ها و درنتیجه کاهش وزن خشک گیاه می‌شوند. درنتیجه تنش شوری، تنش‌های ثانویه نظیر تنش اکسیداتیو نیز ممکن است بروز کنند که در این حالت، تولید و تجمع رادیکال‌های فعال به اکسیدشدن پروتئین‌ها و لیپیدها و درنتیجه مرگ سلول منجر می‌شود که منجر به کاهش وزن خشک و رشد اندام هوایی گیاهی می‌گردد (Farhadi *et al*., 2014). کاهش رشد اندام هوایی و ریشه‌ای در پاسخ به تنش شوری پیش‌تر گزارش شده است (Esfandiari *et al*., 2013). پیامد منفی شوری بر مقدار جذب عناصر غذایی و خصوصیات مورفو-فیزیولوژیکی در پایه‌های پسته مشاهده شده بود (Karimi & Tavallai, 2017). نتایج این تحقیق با نتایج Nabil & Coudret (1995) و Karimi & Nowrozy (2017) مطابقت دارد. جدول ٤ نتایج تجزیه واریانس تأثیر شوری و ژنوتیپ و اثر متقابل آن‌ها بر تغییرات فیزیولوژیکی پایه‌ها را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که اثرات ساده شوری و ژنوتیپ و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر تمامی صفات فیزیولوژیکی گیاه معنی‌دار بود (P≤۰/۰۱؛ جدول٤). نتایج مقایسه میانگین تأثیر متقابل شوری× ژنوتیپ نشان داد که در همه پایه‌های مورد بررسی افزایش سطح شوری منجر به کاهش معنی‌دار میزان کلروفیل b و کلروفیل کل برگی گردید و کمترین مقدار نیتروژن برگی در تیمارهای شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر و بیشترین مقدار آن نیز در تیمارهای شوری دو دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد. نتایج نشان داد که با افزایش شوری از ۰/۳ تا دو دسی‌زیمنس بر متر، مقدار کلروفیل b و کلروفیل کل در پایه‌های مورد بررسی افزایش اندکی پیداکرده و مجدد با افزایش شوری تا چهار، شش و هشت دسی‌زیمنس بر متر کاهش پیداکرده و در شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر به کمترین مقدار خود رسید.

جدول ۳. اثر متقابل شوری و ترکیبات پایه و پیوندک بر صفات مورفولوژیکی

ژنوتیپ	سطح شوری	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	وزن تر شاخه اصلی	وزن خشک شاخه اصلی	درصد مجموع نکروزه‌ها
میانگین مربعات	–	۱۷/۰۶**	٤/۱٤**	٤۲/٤٦**	۱٦/۱**	۲٤/۷٦**
پایه تترا	۰/۳	۷۷/۷۳d-f	۲۱/۳۱b-g	۱۱۹/۹bc	٤۷/٤۳c-e	۱۰
	۲	۷۲/۸۱f-l	۲۰/۱۱d-k	۱۰۳/۷e-f	٤٤/٤٥e-g	۰/٦۲kl
	٤	۷۲/٤٥f-m	۱۸/۷٦h-l	۹۳/۱۱j-l	۳۷/٥۲hi	۲/۲۳kl
	٦	٦۹/٦٤k-n	۱٥/۲۳m-o	۷۸/۷۷qr	۳۱/۰٤l-o	۱۱/۲۲ef
	۸	٥۱/٦۱s	۱۳/۷۷op	۷۲/۳۲s-v	۲۹/۷۲n-p	۲٤/٤۹b
شاهرود-۱۲ پیوندشده روی پایه تترا	۰/۳	۷٤/۷۱d-k	۲۲/٤a-g	۱۱۳/٥d	٤۸/۰٦c-f	۰l
	۲	۷٤/۱۸e-k	۱۹/۳g-k	۱۰٦/۸ef	۳۳/۲۹k-m	۰/۷۳kl
	٤	۷۱/۸٦h-m	۱۸/۹۲h-k	۹۲/۷٥j-l	۳۳/۸۱j-m	۱/٤۷kl
	٦	٤٦/۹۲t	۱۷/۱۱k-n	۸۹/۰٥l-n	۳۰/۰۷n-p	٦/۲٤g-j
	۸	٦۰/٦۸qr	۱٤/٤۳n-p	٦۸/۱٤uv	۲٤/۱۷q	۱۱/۳۷ef
شاهرود-۱۲ پیوندشده روی پایه بادام بذری	۰/۳	۷٦/۲۹d-i	۲۰/۱۹d-k	۱۱٥/۲cd	٤٥/٦٦d-f	۰l
	۲	۷۱/۲۱i-n	۱۹/۷۸f-k	۱۰۱/٦f-h	٤۳/۷٤fg	۰/۹۹kl
	٤	۷۲/۹٥e-l	۱۸/۷۲h-l	۹۱/۱۹k-m	۳٦/٥۳h-k	۲/۱٦j-l
	٦	۷۰/۳۸j-m	۱۷/۲۰k-n	۷٦/۲۲rs	۲۹n-p	۱٤/٦۱de
	۸	٦۷/۳۲m-o	۱٤/۳۱n-p	٦۹/۷۸t-v	۲۸/۲٥op	۲۸/۹۸a
شاهرود-۱۲ پیوندشده روی پایه بادام بذری	۰/۳	۷۳/٥e-l	۱۸/۸٤h-l	۱۰٦/٥ef	٤٦/٥۱c-f	۰l
	۲	۷۳/۱۲e-l	۱۷/۳۹j-n	۱۰۳/٦e-g	۳٤/۲۹i-l	۰/۷۳kl
	٤	٦۹/۹٤j-n	۱۷/۰٦k-n	۸۷/۰۸m-o	۳٥/۷٤h-k	۲/۱۹j-l
	٦	۹۳/٥۸a	۱۳/٦۱op	۸۳/۳۸o-q	۲۹/۷n-p	۷/٥۱f-i
	۸	٥۸/۱٥r	۱۱/٦p	٦۷/۲۸v	۲٤/٤۷q	۲۱/۳٦bc
پایه GF677	۰/۳	۸۷/۳b	۲٥/٥۲a	۱۲۳a	٤۸/۲٦cd	۰l
	۲	۷۸/۱٦de	۲۳/۲۲a-e	۱۰٤/٦e-g	٤٥/٤۱d-f	۰/۸٦kl
	٤	۷۳/٥۲e-l	۲۰/۲٤d-k	۹٥/۰۹i-k	۳۷/۹۹h	۲/٥۱j-l
	٦	۷۱/۳٥i-n	۲۲/۹۲a-f	۸۱/٥٤pq	۳۳/٤۷k-m	۰/٦۱f-h
	۸	۷۲/٦۹f-l	۲۱/۳٤b-i	۷۲/٤۸s-v	۳۰/٦m-o	۱۸/۲٤cd
شاهرود-۱۲ پیوندشده روی پایه GF677	۰/۳	۷۹/۳۸cd	۲٤/۳۰ab	۱۱٥/۳cd	٤٦/۹۱c-f	۰l
	۲	۷٦/۸۱d-h	۲۱/٥۸b-h	۱۰۷/٥e	۳٦/٤۹h-k	۰/٥۷kl
	٤	۷۳/۸۷e-l	۱۹/۸٥f-k	۹٤/۳j-l	۳۳/۷۹j-m	۱/۲۹kl
	٦	٦۸/٥٤l-o	۱۸/۲٦h-m	۹۱/۳۳k-m	۲۹/۹۹n-p	٤/٥۱i-k
	۸	٦۳/۸۹o-q	۱۷/۹٦i-m	٦۹/۷۸t-v	۲٤/۹۸q	۹/۹fg
پایه GN15	۰/۳	۸۳/۸۲bc	۲۳/۷٥a-c	۱۲٦/۹a	٥۲/٥۹a	۰l
	۲	۷٤/۷۹d-k	۲۰/۹٦c-i	۱۱۷cd	٤۹/۱۷bc	۰/۹٤kl
	٤	۷۹/۸۳e-l	۲۰/۰۳d-k	۱۰۰g-i	٤۲/۲۳g	۲/٦٦j-l
	٦	۷۳/۰۷e-l	۲۰/۷٦c-j	۸٥/٤٦n-p	۳٤/۳٦i-l	۹/٤۱fg
	۸	۷۱/۲۹i-n	۱۹/۸۸e-k	۷۳/۱۸s-u	۳۱/۹l-n	۱۸/۳٥cd
شاهرود-۱۲ پیوندشده روی پایه GN15	۰/۳	۷۷/٤۷d-g	۲۳/۲٦a-d	۱۲۷/٤a	٥۱/۷۷ab	۰l
	۲	۷٥/۳۲d-j	۲۰/۷٤c-j	۱۰۸/۳e	۳۷/۹٦h	۰/٥۷kl
	٤	۷۲/۱٦g-n	۲۰/٦۲c-j	۹٦/۸h-j	۳۷/۰۷h-j	۱/۲۹kl
	٦	٦٦/٥۱n-p	۱۷/۰۸k-n	۹۳/۷٥j-l	۳۷/۸٥h	٤/۷۸h-k
	۸	٦۲/۳٥p-r	۱٥/٥۹l-o	۷٤/۹۷r-t	۲٦/۹٥pq	۱٤/۸۸de

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، بر اساس آزمون دانکن، در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند.

گزارش‌ها نشان می‌دهند با افزایش شوری میزان رنگیزه‌ها کاهش پیدا می‌کند به‌عبارتی شوری باعث تخریب ساختمان رنگدانه می‌شود (Lutts *et al.*, 1995; Santos, 2004). بیشترین مقدار کلروفیل کل و کلروفیل b به‌ترتیب به مقادیر ۱/۸٤ و ۰/۷۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در ژنوتیپ شاهرود-۱۲ پیوندشده روی پایه GN15 در سطح شوری ۰/۳ (شاهد) به‌دست آمد. به همین ترتیب کمترین میزان کلروفیل کل و کلروفیل b به‌ترتیب به مقادیر ۰/۹۱ و ۰/۲٦ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در پایه بادام بذری به‌دست آمد (جدول ٤). نتایج نشان داد که پیوندزنی شاهرود-۱۲ روی پایه GN15 باعث افزایش نسبی میزان کلروفیل کل و کلروفیل b نسبت به پایه شاهد GN15 گردید.

نتایج مقایسه میانگین تأثیر متقابل شوری× ژنوتیپ بر مقدار کاروتنوئید برگ پایه‌های مورد بررسی نیز نشان داد که در تمامی پایه‌ها و ترکیبات پایه و پیوندک مورد بررسی با افزایش مقدار شوری از ۰/۳ تا شش دسی‌زیمنس بر متر تغییر محسوسی در میزان کاروتنوئید پایه‌ها رخ نداد، درحالی‌که با افزایش میزان شوری از شش تا هشت دسی‌زیمنس بر متر مقدار کاروتنوئید به‌صورت معنی‌داری کاهش پیداکرده و به کمترین مقدار خود رسید که کمترین میزان کاروتنوئید در سطح شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر در پایه تترا و پایه بادام بذری به میزان ۰/۲۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر به‌دست آمد. کمترین مقدار کاروتنوئید در پایه‌های GF677 و GN15 در سطح شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب به مقادیر ۰/۳ و ۰/۳۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر به‌دست آمد، اما پیوند شاهرود-۱۲ پیوندشده روی پایه‌های GF677 و GN15 باعث افزایش مقدار کاروتنوئید در سطح شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر به میزان ۱۱/۷ و ۲٤/٤ درصد نسبت به پایه‌های شاهد GF677 و GN15 شد (جدول ٤).

نتایج مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف شوری بر پایه‌ها و ترکیبات پایه و پیوندک مورد بررسی نشان داد که در همه ژنوتیپ‌ها اعمال تنش شوری به‌صورت معنی‌داری باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ و افزایش نشت یونی شد و در همه ژنوتیپ‌ها بیشترین میزان محتوای نسبی آب برگ در سطح شوری ۰/۳ و کمترین آن در سطح شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد. بیشترین و کمترین مقدار کاهش محتوای نسبی آب برگ رقم شاهرود-۱۲ در تیمار شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر نسبت به سطح آب غیر شور به‌ترتیب در پایه‌های تترا (۳۱/۳ درصد) و GN15 (۲۰/۵ درصد) به‌دست آمد. درمجموع نتایج نشان داد که پیوندزنی شاهرود-۱۲ بر روی پایه‌های GF677 و GN15 باعث بهبودی شرایط پایه‌ها از نظر محتوای نسبی آب برگ شده و درصد محتوای نسبی آب برگ‌ها حتی در شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر نیز نسبت به پایه‌های شاهد (GF677 و GN15 بدون پیوند)، بالاتر بود (جدول ٤). دلیل این امر می‌تواند به اثرات تعاملی پایه و پیوندک مرتبط باشد. به‌عبارتی در ترکیب پیوندی، پایه‌ها مواد مورد نیاز برگ برای ساخت اسمولیت‌ها را بهتر فراهم نموده که منجر به کاهش پتانسیل آب برگ و در نتیجه جذب بیشتر آب در برگ‌ها می‌گردد (Parida & Das, 2005; Demir & Mazi, 2008).

با افزایش سطح شوری به هشت دسی‌زیمنس بر متر، بیشترین افزایش نشت یونی (٤۲ درصد) در پایه GN15 مشاهده شد درحالی‌که پیوند رقم شاهرود-۱۲ روی پایه GN15 باعث افزایش ۳٦/۵ درصدی نشت یونی در شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر نسبت به سطح غیرشوری گردید که کمتر از حالت غیر پیوندی بود. کمترین میزان افزایش نشت یونی (۳۰/۷ درصد) نیز در پایه GF677 در سطح شوری هشت دسی‌زیمنس نسبت به سطح غیر شور به‌دست آمد. پیوندزنی شاهرود-۱۲ بر روی این پایه باعث افزایش ۳۷/۷ درصدی میزان نشت یونی در شوری هشت دسی‌زیمنس‌برمتر نسبت به سطح غیر شور گردید (جدول٤).

جدول ٤. اثر متقابل شوری و ترکیبات پایه و پیوندک بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی

ژنوتیپ	سطح شوری	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید	محتوای نسبی آب برگ	نشت یونی
		میلی‌گرم بر گرم وزن تر			درصد	
میانگین مربعات	–	۰/۰۰۸٤**	۰/۰۱۲**	۰/۰۰٤**	۱۷/۱٥**	٥٤/۳٦**
پایه تترا	۰/۳	۰/۷۲a-d	۰/۷٦b-e	۰/٤۸.ab	۸۳/٤۱a-c	۳۸/٥۷q-s
	۲	۰/٦۹c-e	۱/۷۳d-f	۰/٤۷a-c	۷٦/۸۷c-i	٤٦/٤۸l-p
	٤	۰/٥۳g	۱/٤۹j	۰/۳٥i	۷۰/۷۷i-m	٥۳/۹۱g-k
	٦	۰/۳۷kl	۱/۲۱m-o	۰/٤٤d-f	٦۷/۹٤k-m	٦٤a-d
	۸	۰/۲٦m	۰/۹s	۰/۲٥k	٥۷/٥۸n	٦٦/٤۱ab
شاهرود-۱۲ پیوندشده روی پایه تترا	۰/۳	۰/۷c-e	۱/۸۱b-d	۰/٤٥.c-e	۸۳/۸٥ab	۳۸/۲۲q-s
	۲	۰/۷۱b-e	۱/۷٥c-e	۰/٤٤d-f	۷٦/٤۷d-i	٤٥/۸۷m-p
	٤	۰/٦۷d-f	۱/٦٥gh	۰/٤٥.c-e	٦۹/٥۲j-m	٥۳/٤۱g-l
	٦	۰/٥۳g	۱/٤۱kl	۰/٤٤d-f	٦۹/٤٦j-m	٥۳/۹۹g-k
	۸	۰/۳۹k	۱/۱۷n-p	۰/۳۱j	٥۷/٥۸n	٥۷//۸۸d-h
شاهرود-۱۲ پیوندشده روی پایه بادام بذری	۰/۳	۰/۷c-e	۱/۷۷b-e	۰/٤٥c-e	۸۲/٦۹a-d	٤۳/۸۳n-q
	۲	۰/۷۲a-d	۱/۷٥c-e	۰/٤۹a	۷۸/٥۹b-h	٤۳/۹٥n-q
	٤	۰/٥۱gh	۱/٤۲j-l	۰/٤۳e-g	۷۲/۰۸h-l	٥۲/۳٥g-m
	٦	۰/۳٤l	۱/۱٦o-q	۰/۳٥i	۷۰/٤٦i-m	٦۲/۰۳b-e
	۸	۰/۲٦m	۰/۹۱s	۰/۲٥k	٥٦/٤٤n	٦۹/۰۹a
شاهرود-۱۲ پیوندشده روی پایه بادام بذری	۰/۳	۰/۷۱b-e	۱/۸۲b-c	۰/٤٥c-e	۸۲/٦٤a-d	۳۷/٥۱q-s
	۲	۰/٦٦ef	۱/۷e-g	۰/٤۳e-g	۷۹/۱٥a-g	٤۷/٤۷j-p
	٤	۰/۳۹k	۱/۳٦kl	۰/۳٥i	۷۲/۱۸h-l	٥۰/۷٦h-n
	٦	۰/٤۸hi	۱/۳٦kl	۰/۳۹h	٦٦/٤٤lm	٥٥/۲e-i
	۸	۰/۳۳l	۱/۰۹qr	۰/۳۲j	٥٦/۷۷n	٦۱/٦۳b-f
پایه GF677	۰/۳	۰/۷٤a-c	۱/۸۳bc	۰/٤۸ab	۸٥/۱٤ab	٤۰/٦۲p-s
	۲	۰/۷c-e	۱/۷۳d-f	۰/٤۸ab	۸۰/۲٥a-f	٤٥/۷۹m-p
	٤	۰/٦۳f	۱/٥۷i	۰/٤٤d-f	٦٤/۰٤m	٤۷/۷٤j-p
	٦	۰/٤k	۱/۲۷m	۰/۳٥i	۷۲/٥۸g-l	٥۹/۳۷c-g
	۸	۰/۳۳l	۱/۰٦r	۰/۳j	٦٤/٤۹m	٥۸/٦٥d-g
شاهرود-۱۲ پیوندشده روی پایه GF677	۰/۳	۰/۷b-e	۱/۸۳bc	۰/٤۸ab	۸٥/۷a	۳٤s
	۲	۰/٦۹c-e	۱/۷٥c-e	۰/٤٤d-f	۸۱/۳۳a-e	٤۲/۲٤o-r
	٤	۰/٦٤f	۱/٦٥f-h	۰/٤۲fg	۷٥/۱٦e-j	٤٦/۸k-p
	٦	۰/٥۲gh	۱/٤۳jk	۰/۳٦i	۷۲/۳٤h-l	٥۲/۱٦g-m
	۸	۰/۳۹k	۱/۱۹n-p	۰/۳٤i	٦٤/۹٦m	٥٤/٦۲f-j
شاهرود-۱۲ پیوندشده روی پایه GN15	۰/۳	۰/۷٥ab	۱/۸٤b	۰/٤٦b-d	۸٥/٥۱a	۳۷/۷٥q-s
	۲	۰/٦۹c-e	۱/۷۳d-f	۰/٤۲fg	۸۰/٦٦a-f	٤٤/٤٤n-q
	٤	۰/٤٦f	۱/٦۱hi	۰/٤٤d-f	۷۲/٦۹g-l	٤۸/۲۳i-o
	٦	۰/۳۹k	۱/۲۷m	۰/۳٦i	۷۲/٥۸g-l	٥٥/٦e-i
	۸	۰/۳۷kl	۱/۱۲p-r	۰/۳۱j	٦۷/٤۹k-m	٦٦/۱٥a-c
شاهرود-۱۲ پیوندشده روی پایه GN15	۰/۳	۰/۷٤a-c	۱/۹٤a	۰/٤۷a-c	۸٥/۸۲a	۳٥/٥۸rs
	۲	۰/۷٦a	۱/۸٤b	۰/٤٦b-d	۸۲/٦٤a-d	٤۲/۷٥o-r
	٤	۰/٦۷d-f	۱/٦۹e-g	۰/٤۲fg	۷٤/۰۹f-k	٥۰/٦٦h-n
	٦	۰/٤٥ij	۱/۳٥l	۰/٤۱gh	۷۲/٦٦g-l	٥۲/٥۹g-m
	۸	۰/٤۱jk	۱/۲٤mn	۰/٤۱gh	٦۷/٥٦k-m	٥٦/٥e-h

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، بر اساس آزمون دانکن، در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند.

اثرات سمی یون‌ها همچنین می‌تواند در جذب سایر عناصر غذایی نیز اختلال ایجاد کند، بنابراین عدم جذب سایر عناصر غذایی موجود در خاک نیز می‌تواند منجر به کاهش رشد گردد. جایگزینی عنصر سدیم در دیواره سلولی سلول‌های ریشه به‌جای کلسیم می‌تواند سبب ایجاد اختلال در نفوذپذیری غشاها گردد و درنهایت این اختلال سبب می‌گردد که متابولیسم گیاه دچار تنش شود و اثراتی همچون کاهش وزن تر گیاه در تیمارهای بالای شوری مشاهده شود. کاهش رشد رویشی و یا عبارت دیگر وزن تر اندام هوایی و ساقه در اثر تیمار شوری احتمالاً می‌تواند به‌دلیل کاهش فتوسنتز و همچنین کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی نظیر کلروفیل a و b، جذب خالص CO_2 و هدایت روزنه‌ای و بسته شدن روزنه‌ها در اثر تنش شوری می‌باشد. عامل محتمل دیگر می‌تواند اثر بازدارنده تنش شوری روی فرآیند جذب و انتقال مواد فتوسنتزی باشد (Demir & Mazi, 2008).

شوری ممکن است رشد گیاه را به دلایل زیر تحت تأثیر قرار دهد: ۱) نمک کافی در محیط ممکن است پتانسیل اسمزی را تا نقطه‌ای کاهش دهد که جذب آب ضروری برای متحرک‌سازی عناصر غذایی مورد نیاز برای جوانه‌زنی و رشد را به تأخیر اندازد و یا ممانعت نماید و ۲) اجزای نمک‌ها و یون‌ها ممکن است برای گیاه سمی باشد. شوری بالا ممکن است درنتیجه تنش آبی، سمیت یونی، اختلالات تغذیه‌ای، اختلال در عملکرد غشا، کاهش تقسیم و انبساط سلولی و سمیت ژنی، رشد گیاه را تحت تأثیر قرار دهد. درمجموع این اثرات رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Filippou *et al.*, 2014). 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 همچنین فعالیت‌های بیوشیمیایی را کاهش می‌دهند (Zrig *et al.*, 2016). شوری همچنین در چندین فعالیت فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مانند فتوسنتز، جذب عناصر غذایی و بیوسنتز رنگ‌دانه‌ها و آنتی‌اکسیدانت‌ها و کارکرد آن‌ها تداخل ایجاد کرده (Zrig *et al.*, 2016) و درنتیجه گیاه به آسیب ویژه یونی و همچنین اختلالات تغذیه‌ای حساس و آسیب‌پذیر می‌گردد که ممکن است رشد و عملکرد را تحت تأثیر قرار دهد (Grattan & Grieve, 1999). در این زمینه، توانایی گیاهان پیوندزده‌شده برای مقابله با اثرات ناشی از تنش شوری تا حد زیادی به پایه بستگی دارد.

عناصر غذایی

جدول ۵ نتایج تجزیه واریانس تأثیر شوری و ژنوتیپ و اثر متقابل آن‌ها بر تغییرات عناصر غذایی آهن، روی و سدیم در ترکیبات پایه و پیوندک را نشان می‌دهد. بر اساس این نتایج اثرات ساده شوری و ژنوتیپ و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر مقدار این عناصر در گیاه معنی‌دار بود ($P<0/01$؛ جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین تأثیر متقابل شوری× ژنوتیپ نشان داد که در همه پایه‌های شاهد با افزایش سطح شوری، مقدار روی در برگ کاهش می‌یابد اما در تمامی پایه‌های پیوندی (به‌جز ترکیب شاهرود-GN15/۱۲ که همراه با افزایش تنش تا هشت دسی‌زیمنس روندی افزایشی در مقدار روی نشان داد)، با افزایش شوری تا چهار دسی‌زیمنس بر متر مقدار روی در برگ روندی افزایشی نشان داده و پس از آن با افزایش بیشتر سطوح تنش، مقدار آن کاهش می‌یابد. با این‌حال در ریشه‌ها، مقدار روی با افزایش مقدار شوری، روند افزایشی داشت و بیشترین مقدار روی برگ و ریشه به‌ترتیب در تیمارهای شوری شش و هشت دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد. روند کلی مشابه با روی برای آهن در برگ و ریشه نیز مشاهده شد و بیشترین مقدار آهن در ریشه در تیمارهای شوری شش و هشت دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول ۵).

جدول ۵. اثر متقابل شوری و ترکیب پایه و پیوندک بر میزان جذب عناصر در ریشه و برگ

ژنوتیپ	سطح شوری	روی		آهن		سدیم	
		برگ	ریشه	برگ	ریشه	برگ	ریشه
میانگین مربعات	–	۲۰۰/۴۸**	۲۵/۱۷**	۷۴/۷۶**	۶۹۴/۷۴**	۰/۲۰۹**	۰/۲۵۳**
پایه تترا	۰/۳	۱۷/۷۱b	۲۹/۷۷fg	۲۵/۲۵f-h	۶۳/۶kl	۰/۳۳۳o-q	۰/۳۱۸t
	۲	۶۲/۷۷e	۲۷/۹hi	۲۶/۳۲de	۶۹/۴۵g-j	۰/۴۵۶l-q	۰/۶۶۵o-q
	۴	۵۴/۴i	۳۰/۴۹ef	۲۲/۳۶k-m	۸۱/۶de	۰/۶۷۲h-m	۱/۰۴h-j
	۶	۵۰/۴۵mn	۳۴/۷۶bc	۱۷/۶۳pq	۹۷/۸۱c	۰/۸h-j	۱/۲۵e-g
	۸	۴۲/۳۹r	۳۶/۹۶a	۸/۶v	۱۱۶/۴۵a	۱/۵c-e	۱/۴۴bc
شاهرود-۱۲ پیوندشده روی پایه تترا	۰/۳	۴۵/۷p	۱۷/۷۱q-v	۲۶/۱ef	۶۶/۷۵h-l	۰/۳۴۱n-q	۰/۸۱۴l-o
	۲	۴۸/۴۳o	۱۸/۹۱p-s	۲۸/۶۳c	۶۴/۱۸i-l	۰/۴۸۱k-q	۰/۹۶۵i-k
	۴	۵۱/۸۷j-l	۱۷/۹۹q-u	۲۴/۶۴g-i	۵۲/۲۴mn	۰/۶۶۹h-m	۱/۳۲c-f
	۶	۴۴/۴۷pq	۱۷/۰۲s-v	۲۰/۷۵no	۴۷/۱۴o-q	۱/۰۹fg	۱/۴۲b-d
	۸	۴۰/۳۲s	۱۵/۹۸v	۱۲/۹۱s	۴۶/۲۲o-r	۱/۵۸c-e	۰/۵۶۷q-s
پایه بادام بذری	۰/۳	۶۳/۲۴e	۲۱/۵۳m-o	۲۳/۷۸ij	۶۳/۴۷ki	m-q۰/۴۳۲	۰/۴۵۱r-t
	۲	۶۰/۰۴gh	۱۸/۹۱q-t	۲۲/۵۲k-m	۷۴/۴۳fg	۰/۵۷۲i-p	۰/۹۶۱o-q
	۴	۵۱/۶۹k-m	۲۳/۶۱ki	۱۸/۵۵p	۸۰/۰۲de	۰/۷۴۶h-l	۱/۲۱f-h
	۶	۴۳/۳۲qr	۲۵/۸۲ij	۱۴/۷۶r	۹۵/۲۷c	۱/۶۳cd	۱/۴ab
	۸	۳۱/۰۶v	۲۷/۷۲hi	۸/۲۲v	۱۰۷/۷۶b	۲/۴a	۱/۵ab
شاهرود-۱۲ پیوندشده روی پایه بادام بذری	۰/۳	۵۰/۳۱n	۱۸/۷۵q-u	۲۴/۶۲hi	۷۰/۱۹g-i	۰/۳۷۸m-q	۰/۳۱۳t
	۲	۵۰/۳۱n	۱۹/۱۹p-r	۲۵/۸۱ef	۶۸/۴۲h-k	۰/۴۵۷m-q	۰/۶۱۲p-r
	۴	۵۲/۴۲jk	۱۷/۵۹r-v	۲۲/۱۲k-m	۴۹/۵۲n-p	۰/۶۰۵j-p	۰/۸۰۷l-o
	۶	۵۰/۵۲l-n	۲۰/۸۲n-p	۱۸/۱۶pq	۴۶/۴۸o-r	۱/۳۵d-f	۰/۹۳۷i-m
	۸	۳۶/۹۱t	۲۱/۷mn	۹/۷۲u	۴۳/۷۳q-s	۲/۳۲ab	۱/۰۷h-j
پایه GF677	۰/۳	۷۲/۱۳b	۲۵/۴۲jk	۲۴/۲hi	۵۰/۰۵no	۰/۴۱۸m-q	۰/۳۵۹t
	۲	۶۵/۶d	۲۸/۲۸gh	۲۷/۳۱d	۶۷/۲۹h-l	۰/۵۱j-p	۰/۷۵۸n-p
	۴	۶۲/۲۹ef	۳۲/۲۹de	۲۱/۵۸mn	۷۰/۵۷gh	۰/۶۳i-o	/۹۱۶j-n۰
	۶	۵۲/۱۳jk	۳۳/۸۷cd	۱۷/۳۵q	۸۵/۳۱d	۱/۳ef	۱/۲۶d-g
	۸	۳۹/۴۲s	۳۵/۶۷ab	۱۱/۳t	۹۹/۹۳c	۱/۶۹c	۱/۴۴bc
شاهرود-۱۲ پیوندشده روی پایه GF677	۰/۳	۴۸/۲۴o	۲۱/۶۹mn	۱۸/۲۴pq	۶۸/۳۴h-k	۰/۳۷۵m-q	۰/۲۹۹t
	۲	۵۳/۰۴h	۲۲/۸۷lm	۲۱/۷۵l-n	۶۳/۸۲j-l	۰/۳۹۴m-q	۰/۴۳۶st
	۴	۵۸/۹h	۱۹/۰۸p-s	۲۵/۱f-h	۴۹/۴۵n-p	۰/۵۴۵i-q	۰/۵۹۳qr
	۶	۴۷/۴۲o	۱۷/۹۱q-v	۳۳/۲۷b	۴۲/۶۹q-s	۰/۶۴۷i-n	۰/۷۷۱m-p
	۸	۴۲/۲۱r	۱۶/۸۴uv	۳۱/۵۳b	۳۹/۹۶st	۰/۷۷h-k	۰/۸۶۳k-n
شاهرود-۱۲ پیوندشده روی پایه GN15	۰/۳	۷۷/۰۷a	۲۴/۶۴j-l	۲۲/۹۷jk	۴۸/۲۵n-q	۰/۳۶۷n-q	۱/۱g-i
	۲	۶۸/۰۶c	۲۳/۵۲k-m	۲۴/۶۴hi	۶۱/۸۲l	۰/۵۳۴j-q	۱/۵ab
	۴	۶۲/۳۷ef	۲۸/۴۲gh	۲۰/۳۲o	۶۵/۳۹h-l	۰/۵۸۹i-p	۱/۶۲a
	۶	۴۸/۱۱o	۳۱/۱۳ef	۱۷/۸۱pq	۷۷/۳۴ef	۰/۹۴gh	۰/۶۱۵p-r
	۸	۳۴/۹۶u	۳۲/۹۴cd	۱۲/۱۷st	۸۱/۴۱de	۲/۰۸b	۰/۹۲۳j-n
شاهرود-۱۲ پیوندشده روی پایه GN15	۰/۳	۴۹/۹n	۱۹/۵۹o-q	۱۸/۱۹pq	۵۵/۹۲m	۰/۲۵۲q	۰/۳۳۵t
	۲	۵۰/۷۷l-n	۱۸/۷۳q-u	۱۹/۹۶o	۴۸/۳۷n-q	۰/۲۹۸pq	۰/۴۶۱r-t
	۴	۶۱/۲fg	۱۷/۶۷r-u	۲۵/۵۶e-g	۴۴/۳۵p-s	۰/۴۴۹m-q	۰/۶۱۲p-r
	۶	۶۵/۱۵d	۱۶/۸۶t-v	۲۲/۹۷jk	۴۱/۰۶r-t	۰/۶۵۲i-m	۰/۷۹۱m-o
	۸	۶۶/۲۵d	۱۵/۹۳v	۲۴/۶۴hi	۳۶/۴۵t	۰/۸۲۵g-i	۰/۹۶۲i-l

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، بر اساس آزمون دانکن، در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند.

پیوند شاهرود-۱۲ بر روی پایه GN15 باعث افزایش میزان روی برگ حتی در سطوح بالای شوری گردید و مقدار روی برگ در شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر افزایش ۲٤/٦ درصدی نسبت به سطح ۰/۳ را نشان داد. پایه بادام بذری در سطح شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر دارای کمترین مقدار آهن برگی به میزان ۸/۲۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. پیوندزنی شاهرود-۱۲ روی پایه GF677 باعث افزایش میزان آهن برگ نسبت به پایه شاهد متناظر شد و بیشترین مقدار آهن برگ در رقم شاهرود-۱۲ پیوندشده روی پایه GF677 به میزان ۳۱/۵۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم و بیشترین مقدار آهن در ریشه در پایه GF677 و شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد (جدول ۵). تأثیر منفی شوری بر مقدار جذب عناصر غذایی در پایه‌های پسته نیز پیش‌تر گزارش شده است (Karimi & Tavallai, 2017).

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که افزایش سطح شوری از ۰/۳ تا هشت دسی‌زیمنس بر متر باعث افزایش معنی‌دار مقدار سدیم برگ در همه ترکیبات پایه و پیوندک مورد بررسی گردید. پایه‌های بدون پیوند GN15 و بادام تلخ در سطح شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر بالاترین تجمع سدیم در برگ را به‌ترتیب با مقادیر ۲/۰۸ و ۲/٤ نشان دادند که افزایش به‌ترتیب ٤٦٦ و ٤٥٥ درصدی را نسبت به سطح شوری ۰/۳ دسی‌زیمنس بر متر داشتند. رقم شاهرود-۱۲ پیوندشده بر بادام تلخ نیز دارای بیشترین مقدار تجمع یون سدیم در برگ در سطوح شوری بالا (شش و هشت دسی‌زیمنس بر متر) نسبت به سایر پایه‌های پیوندی مورد بررسی بود. در مجموع نتایج نشان داد که رقم شاهرود-۱۲ پیوندشده بر پایه‌های GF677 و GN15 و تترا مقدار سدیم کمتری در سطوح شوری شش و هشت دسی‌زیمنس بر متر داشتند (جدول ۳). بررسی مقایسه میانگین تأثیر متقابل سطوح شوری و ترکیب پایه و پیوندک بر مقدار سدیم ریشه نیز نشان داد که در پایه‌های تترا، بادام تلخ، GF677 و شاهرود-۱۲ پیوندشده بر پایه بادام تلخ، با افزایش سطوح شوری، مقدار سدیم ریشه نسبت به سطح شاهد به‌صورت معنی‌داری افزایش پیدا کرد و بیشترین مقدار سدیم ریشه در این ارقام در سطح شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد. در رقم شاهرود-۱۲ پیوندشده بر پایه‌های تترا، GF677 و GN15 با افزایش سطح شوری تا چهار دسی‌زیمنس بر متر، مقدار سدیم ریشه افزایش پیدا کرد و از سطح شوری چهار دسی‌زیمنس تا هشت دسی زیمنس بر متر، مقدار سدیم ریشه کاهش پیدا کرد و در شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر به کمترین مقدار خود رسید. رقم شاهرود-۱۲ پیوندشده بر پایه GF677 دارای کمترین مقدار تجمع سدیم در ریشه بود و مقدار سدیم ریشه در سطح شوری ۰/۳، چهار و هشت دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب برابر ۰/۲۹۹، ۰/۵۹۳ و ۰/۸٦۳ درصد به‌دست آمد (جدول ۳). وقتی گیاهان در معرض شوری القاشده توسط کلرید سدیم قرار گیرند، جریان رو به داخل Na^+ و Cl^-، انتقال سایر یون‌ها نظیر K^+ و Ca^{2+} را مختل می‌سازد (Kamiab *et al.*, 2012). از این‌رو تحمل گیاه به شوری شدیداً به وضعیت تغذیه‌ای پتاسیم که شامل جذب و انتقال K^+ درون و بین اندام‌های گیاهی می‌شود، بستگی دارد.

هنگام افزایش مقدار تنش شوری با کلرید سدیم، مقدار Ca^{2+} به‌صورت معنی‌داری در برگ‌ها کاهش پیدا کرد که بیان می‌کند که رقابت شدید بین Ca^{2+} و Na^+ رخ داده است. در کنار آن، افزایش یون‌های نمک در ناحیه ریشه ممکن است میزان جذب را کاهش داده و رشد ریشه را محدود سازد (Chartzoulakis *et al.*, 2002). نتایج این تحقیق با نتایج Karimi & Nowrozy (2017) مطابقت دارد. نفوذپذیری غشای پلاسمایی در سلول‌های

گیاهی ممکن است تحت تأثیر شوری قرار گیرد که جریان رو به داخل یون‌های خارجی و جریان رو به خارج مواد محلول سیتوسولی را افزایش می‌دهد (Bastam *et al.*, 2013). همچنین، NaCl باعث سخت‌شدگی دیواره سلولی (Santos, 2004) و کاهش هدایت آبی غشای پلاسمایی می‌گردد (Nabil & Coudret, 1995). نتایج تحقیق Nabil & Coudret (1995) نیز نشان داد که وقتی مقدار یون‌های Na^+ از طریق شوری آب یا به‌واسطه تجمع در ناحیه ریشه افزایش پیدا کرد، انتخاب‌گری برای عناصر غذایی به‌صورت معنی‌دار کاهش پیدا کرد.

درمجموع در بین تیمارهای مورد بررسی، پیوند بادام رقم شاهرود-۱۲روی پایه GF677، شرایط بهتری نسبت به سایر ترکیبات پیوندی داشت. همچنین با افزایش شوری از ۰/۳ تا هشت دسی‌زیمنس بر متر، بیشترین و کمترین مقدار کاهش در وزن خشک ریشه به‌ترتیب در ترکیب شاهرود-۱۲/تترا (۳۷/۸ درصد) و پایه GN15 (۱٤/۵ درصد) مشاهده شد. کمترین و بیشترین مقدار کاهش وزن خشک شاخه اصلی نیز به‌ترتیب در پایه شاهد بادام تلخ بذری (۳۸/۲ درصد) و ترکیب شاهرود/GN15 (٤۷/۹ درصد) مشاهده شد. بیشترین میزان نکروزگی در پایه شاهد بادام تلخ بذری (۲۸/۹۸ درصد) و کمترین مقدار آن نیز در ترکیب شاهرود-GF677/۱۲ (۹/۹ درصد) رخ داد. کمترین و بیشترین تغییر در میزان نشت الکترولیت‌ها در پایه شاهد GF677 (۳۰/۷٤ درصد) و GN15 (٤۲/۹۳ درصد) رخ داده است. بررسی سدیم نیز نشان داد که کمترین و بیشترین تغییر آن به‌ترتیب در شاهرود-۱۲ پیوندشده روی پایه GF677 (۵۱/۲ درصد) و پایه شاهد بادام تلخ بذری (۸۲ درصد) مشاهده شد. نتایج همچنین نشان داد که با افزایش تنش شوری میزان عناصر ریشه و برگ در ابتدا افزایش و سپس با افزایش بیشتر در شدت تنش، روندی کاهشی نشان می‌دهند. بر اساس نتایج حاصله، ترکیب شاهرود-GF677/۱۲ متحمل‌ترین و ترکیب شاهرود-۱۲/ بادام بذری حساس‌ترین ترکیب به تنش شوری می‌باشند.

منابع

Asadinasab, N., Hassibi, P., Roshanfekr, H. & Meskarbashi, M. (2013). Study some physiological and morphological responses of three sugar beet cultivars to salinity stress. *Agricultural Crop Management*, *5*(1), 79-94.

Esfandiari, E., Javadi, A. & Shokrpour, M. (2013). Evaluation of some of biochemical and physiological traits in wheat cultivars in response to salinity stress at seedling stage. *Agricultural Crop Management*, *15*(1), 27-38.

Emami, A. (1996). *Methods for Plnat Analysis*. Tehran; Soil and Water Research Institute Press.

Jafarinia, M. (2011). Study of Chlorophyll a Fluorescence of Canola (*Brassica napus* L.) under salinity stress. Isfahan: Isfehan University. (Thesis)

Farhadi, H., Azizi, M. & Nemati, H. (2014). Effect of Salinity Stress on Morphological and Proline Content of Eight Landraces Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Iranian Journal of Field Crop Research*, *13*(2), 411-419.

Mousavi, A., Tatari, M., Mehnatkesh, A. & haghighati, B. (2009). Vegetative Growth Response of Young Seedlings of Five Almond Cultivars to Water Deficit. *Seed and Plant Improvement Journal*, *25*(1), 551-567.

Momenpour, A., Bakhshi, D., Imani, A. & Rezaie, H. (2015). Effect of salinity stress on growth characteristics and concentrations of nutrition elements in almond 'Shahrood 12', 'Touno' cultivars and '1-16' genotype budded on GF677 rootstock. *Agricultural Crop Management*, *17*(1), 197-216.

Afyouni, D., Marjovi, A.R. & Qandi, A. (n.d.). *Growing and feeding wheat in saline Soils*. Isfahan: Organization of Agricultur Jahad Isfahan Province Press.

Ashofteh Beiragi. M., Khavari Khrasani, S., Shojaei, S.H., Dadresan, M., Mostafavi, Kh. & Golbashy, M. (2011). A study on effects of planting dates on growth and yield of 18 Corn hybrids (*Zea mays* L.). *American Journal of Experimental Agriculture*, *1*(3), 110-120.

Azizpour, K., Shakiba, M.R., Khosh Kholgh Sima, N.A., Alyari, H., Moghaddam, M., Esfandiari, E. & Pessarakli, M. (2010). Physiological response of spring durum wheat genotypes to salinity. *Journal of Plant Nutrition*, *33*, 859-873.

Bastam, N., Baninasab, B. & Ghobadi, C. (2013). Improving salt tolerance by exogenous application of salicylic acid in seedlings of pistachio. *Plant Growth Regulation*, *69*, 275-284.

Blum, A. (1988). *Plant breeding for stress environments*. CRC Press: Boca Raton, FL

Chartzoulakis, K., Loupassaki, M., Bertaki, M. & Androulakis, I. (2002). Effects of NaCl salinity on growth, ion content and CO_2 assimilation rate of six olive cultivars. *Scientia Horticulturae*, *96*, 235-247.

Chaum, S., Batin, C.B., Samphumphung, T. & Kidmanee, C. (2013). Physio-morphological changes of cowpea (‘*Vigna unguiculata’* Walp.) and jack bean (*Canavalia ensiformis* L. DC.) in responses to soil salinity. *Australian Journal of Crop Science*, *7*(13), 2128-2135.

Demir, I. & Mazi, K. (2008). Effect of salt and osmotic stresses on the germination of pepper seeds of different maturation stages. *Brazilian Archives in Biology and Technology*, *51*, 897-902.

Filippou, P., Bouchagier, P., Skotti, E. & Fotopoulos, V. (2014). Proline and reactive oxygen/nitrogen species metabolism is involved in the tolerant response of the invasive plant species *Ailanthus altissima* to drought and salinity. *Environmental and Experimental Botany*, *97*, 1-10.

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

Jafarinia, N. & Shariati, M. (2012). Effects of salt stress on photosystem II of canola plant (*Barassica napus* L.) probing by chlorophyll a fluorescence measurements. *Iranian Journal of Science & Technology*, *1*, 71-76.

Kamiab, F., Talaie, A., Javanshah, A., Khezri, M. & Khalighi, A. (2012). Effect of long-term salinity on growth, chemical composition and mineral elements of pistachio (*Pistacia vera* cv. Badami-Zarand) rootstock seedlings. *Annals of Biological Research*, *3*(12), 5545-5551.

Karakas, B., Bianco, R. & Rieger, M. (2000). Association of marginal leaf scorch with sodium accumulation in salt-stressed peach. *Horticultural Science*, *35*(1), 83-84.

Karimi, H.R. & Nowrozy, M. (2017). Effects of rootstock and scion on graft success and vegetative parameters of pomegranate. *Scientia Horticulturae*, *214*, 280-287.

Karimi, S. & Tavallai, V. (2017). Interactive effects of soil salinity and boron on growth mineral composition and CO_2 assimilation of pistachio seedlings. *Acta Physiologiae Plantarum*, *39*(242), 1-10.

Lutts, S., Kinet, J.M. & Bouharmont, J. (1995). Changes in plant response to NaCl during development of rice (*Oryza sativa* L.) varieties differing in salinity resistance. *Journal of Experimental. Botany*, *46*, 1843-1852.

Mehta, P., Allakhverdiev, S.I. & Jajoo, A. (2010). Characterization of photosystem II heterogeneity in response to high salt stress in wheat leaves (*Triticum aestivum*). *Photosynthesis Research*, *105*, 249-255.

Nabil, M. & Coudret, A. (1995). Effects of sodium chloride on growth, tissue elasticity and solute adjustment in two Acacia nilotica subspecies. *Physiologia Plantarum*, *93*, 217-224.

Parida, A.K. & Das, A.B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *60*(3), 324-349.

Santos, C.V. (2004). Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. *Scientia Horticulturae*, *103*, 92-99.

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

Crops Improvement
(Journal of Agricultural Crops Production)

Vol. 21 ■ No. 1 ■ Spring 2019

Changes in Growth Indices of the Almond 'Shahroud 12' Grafted on some Prunus Rootstocks under Salt Stress

Taher Sagali[1], Mohammad Esmaeil Amiri[2*], Ali Imani[3], Hamed Rezaei[4], Ali Momenpour[5]

1. Ph.D. Student, Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
2. Professor, Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
3. Associate Professor, Temperate Fruit Research Center, Horticultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
4. Assistant Professor, soil and water research, agricultural research, education and development organization, Karaj, Iran.
5. Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran.

Recived: July 19, 2018 Accepted: October 22, 2018

Abstract

Almond is highly sensitive to salt stress and one way to reduce the negative effects of this type of stress is to select a tolerant rootstock/scion. Keeping these in mind, the present experiment investigates the effects of salinity stress on some morphological, physiological, and nutritional traits of almond rootstocks with the help of a factorial experiment, conducted at Horticultural Research Institute in 2017, which was based on a completely randomized design with two factors (eight levels of rootstock/scion compositions and five levels of salinity) and in three replications. Results show that by increasing salinity from zero to eight ds/m, the highest and lowest amount of reduction in root dry weight can be observed in 'Shahrood 12'/Tetra (37.8%) and GN15 (14.5%), respectively. Also, the lowest and highest dry weight loss in the main branch can be seen in bitter almond seedling (38.2%) and 'Shahrood 12'/ GN15 (47.9%), respectively,with the highest amount of necrosis, observed in bitter almond seedling (28.98%) and the lowest value in 'Shahrood 12'/GF677 (9.9%). Based on the experiment, the lowest and highest changes in electrolyte leakage occurred at the rootstock of GF677 (30.74%) and GN15 (42.93%) with the lowest and the highest changes in sodium belonging to 'Shahrood 12'/GF677 (51.2%) as well as bitter almond seedling (82%), respectively. The results also show that by increasing salinity stress, the amount of root and leaf nutrient elements ascends initially, then to drop as salinity levels are increased further. Based on the results, 'Shahrood 12'/GF677 is the most tolerable combination and 'Shahrood12', grafted on bitter almond seedling, is the most sensitive to salt stress.

Keywords: Graft, morphological traits, NaCl, nutritional elements, physiological traits.

Corresponding author: m-amiri@znu.ac.ir