نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۶۸-۲۵۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 29, No. 2, Summer 2015, P. 255-268
ISSN: 2008 - 4730

اثر تنش شوری بر غلظت عناصر غذایی در رقم‌های بادام 'شکوفه'، 'سهند' و ژنوتیپ '۴۰-۱۳' پیوند شده روی پایه GF_{677}

علی مومن پور[1*]- علی ایمانی[2]- داود بخشی[3]- حامد رضایی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۸/۰۷

چکیده

نوع ترکیب پایه و پیوندک و سطح شوری می‌تواند، غلظت عناصر غذایی برگ و ریشه‌های بادام را تحت تاثیر قرار دهد. در این تحقیق، اثر تنش شوری بر غلظت عناصر غذایی برگ و ریشه‌های تعدادی از ژنوتیپ‌های بادام به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور ژنوتیپ در ۴ سطح و شوری آب آبیاری در پنج سطح و با سه تکرار در سال ۱۳۹۲ در گلخانهٔ تحقیقاتی موسسه نهال و بذر کرج بررسی شد. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شامل شکوفه، سهند و ۴۰-۱۳پیوند شده روی پایه GF_{677} و پایه GF_{677} (بدون پیوند به عنوان شاهد) و شوری آب آبیاری شامل صفر، ۱/۲، ۲/۴، ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر نمک (که به ترتیب هدایت الکتریکی برابر ۰/۵، ۲/۵، ۴/۹، ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر داشتند)، بودند. نتایج نشان داد که نوع پیوندک و سطح شوری بر غلظت عناصر غذایی برگ و ریشه موثر است. ارزیابی غلظت عناصر غذایی در برگ و ریشه نشان داد که در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده، بیشترین مقدار کلر و سدیم، نسبت سدیم به پتاسیم، سدیم به کلسیم، سدیم به منیزیم، سدیم به فسفر و کمترین مقدار کلسیم، منیزیم، فسفر و مس در برگ و ریشه و کمترین غلظت روی در برگ، در شوری ۹/۸ دسی زیمنس بر متر، مشاهده شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که نوع پیوندک در ممانعت از جذب سدیم و کلر توسط ریشه و انتقال آن به قسمت هوایی موثر است. غلظت کلر و سدیم، نسبت سدیم به پتاسیم و سدیم به فسفر در سطوح شوری ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر و نسبت سدیم به کلسیم و سدیم به منیزیم در شوری ۴/۸ گرم در لیتر در رقم شکوفه بطور معنی‌داری از سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده، کمتر بود. همچنین، این رقم توانست، در سطوح شوری ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر، از طریق افزایش معنی‌دار درصد پتاسیم و غلظت آهن نسبت به گیاهان شاهد، به مقدار بیشتری از سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده، با اثرات مخرب سدیم مقابله کند. در مجموع در این تحقیق، رقم شکوفه، به عنوان متحمل‌ترین رقم به شوری تشخیص داده شد.

واژه‌های کلیدی: بادام، پایه GF_{677}، تنش شوری، عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف، رقم شکوفه

مقدمه

بادام یکی از درختان میوه مناطق معتدله بومی فلات ایران است که طبق آخرین آمار به دست آمده در سال ۱۳۹۰، ایران با سطح زیرکشت بیش از ۱۷۰ هزار هکتار و تولید ۱۵۸ هزار تن، سومین کشور تولید کننده آن در دنیا محسوب می شود (۵). بادام در مناطقی با زمستان‌های معتدل و تابستان‌های گرم وخشک رشد می‌کند. اکثر مناطق ایران در اقلیم خشک و نیمه خشک قرار دارند که رشد و نمو گیاهان را با محدودیت مواجه می‌کند. معمولاً در این گونه مناطق شوری آب نیز بالاست که این امر موجب آسیب بیشتر می‌شود. در چنین شرایطی یکی از بهترین راهکارهای مقابله با شوری استفاده از ترکیب پایه و پیوندک‌های متحمل می‌باشد (۸ و ۹). تحقیقات مختلف نشان داده است که بادام در زمره درختان میوه نسبتاً حساس به شوری قرار دارد. درختان بادام می‌توانند در خاک‌هایی با شوری کم مقاومت داشته باشند و تا هدایت الکتریکی ۱/۵ دسی زیمنس بر متر کاهشی در عملکرد آن‌ها مشاهده نمی‌شود، در حالی‌که در شوری به میزان ۲/۸ دسی زیمنس بر متر به میزان ۲۵ درصد و ۴/۱ دسی زیمنس بر متر به میزان ۵۰ درصد و سرانجام در ۷ دسی زیمنس بر متر تا میزان ۱۰۰ درصد از عملکرد آن کاسته می‌شود (۸ و ۱۰). همچنین گزارش شده است که بادام قادر است میزان کلر موجود در آب آبیاری را تا حداکثر، ۱/۱ گرم در لیتر تحمل نماید و میزان کاهش عملکرد آن نسبت به شوری آب شبیه شوری خاک است (۸، ۹ و ۱۰). بنابراین در بادام نیز، همانند سایر درختان میوه، انتخاب پایه و پیوندک‌های

۱ و ۳- دانش آموخته دکتری و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان
(*-نویسنده مسئول: Email: alimomenpour2005@gmail.com)
۲- دانشیار موسسه نهال و بذر کرج
۴- استادیار موسسه آب و خاک کرج

متحمل، استراتژی بسیار مناسبی به منظور کاهش عوارض ناشی از شوری مخصوصاً در نواحی خشک کشور می‌باشد. مشخص شده است که پایه GF_{677} متحمل به شوری می‌باشد، در حالی‌که پایه نماگارد [*P.persica* × *P. davidiana*]، حساسیت بالایی به شوری دارد (۱۶). تحمل پایه GF_{677} نسبت به سطوح مختلف شوری حاصل از کلرید سدیم مورد بررسی قرار گرفته و نشان داده شده است که این پایه نسبت به شوری متحمل است بطوریکه شوری تا ۶۰ میلی مولار (۵/۵ دسی زیمنس بر متر) را تحمل می‌کند (۱۹) همچنین، گزارش شده است که پایه GF_{677} از طریق مکانیسم تدافعی ایجاد محدودیت در جذب و یا انتقال سدیم به قسمت‌های هوایی و نیز حفظ سطح مناسبی از پتاسیم، تحمل بالاتری نسبت به نمک کلرید سدیم در مقایسه با پایه بذری تووانو[1] (هیبرید بین رقم خودگرده افشان تونو و رقم ژنکو[2] در شرایط گرده افشانی کنترل شده) داشته و می‌تواند شوری تا ۵۰ میلی‌مولار (۵/۲ دسی زیمنس بر متر) را تحمل کند (۱۷). در تحقیق دیگری، مومن پور و همکاران (۱۵)، اثر تنش شوری نمک‌های طبیعی را روی پایه GF_{677} بررسی و گزارش کردند، این پایه قابلیت تحمل شوری تا ۴/۹ دسی زیمنس بر متر را دارد (۱۵). لذا با توجه به گزارشات موجود، از این پایه می‌توان به عنوان یک پایه متحمل به شوری برای مناطقی با شوری متوسط استفاده نمود. مکانیسم‌های مختلفی در جهت تحمل شوری وجود دارند که از جمله آن‌ها می توان به توزیع یکنواخت یون‌های نمکی سمی در داخل واکوئل های سلول، تجمع یون‌های متعادل کننده اسمزی در داخل سیتوپلاسم، قابلیت کاهش جذب کلر یا سدیم توسط ریشه‌ها و عدم انتقال کلر یا سدیم به قسمت‌های هوایی اشاره کرد (۶). در تحقیقات انجام شده روی گیاهان مختلف تحت شرایط تنش شوری نشان داده شده است که سدیم، باعث عدم تعادل اسمزی، تخریب غشاهای سلولی، کاهش رشد، جلوگیری از تقسیم و بزرگ‌شدن سلول‌ها می‌شود، ولی پتاسیم در حفظ تعادل اسمزی، باز و بسته شدن روزنه‌ها و فعال‌سازی تعدادی از آنزیم‌ها نظیر پیروات‌کیناز[3] موثر می‌باشد (۲۵ و ۲۶). گیاه به صورت انتخابی جذب پتاسیم را به سدیم ترجیح می‌دهد ولی در صورت بیشتر بودن غلظت یون سدیم در محلول خاک، کمبود پتاسیم در گیاه قطعی است (۱۱). اثر تیمار شوری کلریدسدیم بر میزان جذب عناصر غذایی در بادام تلخ در محیط کشت درون شیشه ای بررسی و گزارش شد که با افزایش سطوح شوری، غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و آهن کاهش و غلظت عناصر روی، مس، منگنز، بر، سدیم و کلر با افزایش سطوح شوری افزایش نشان دادند (۲۳). مومن پور و همکاران (۱۴)، اثر تنش شوری بر خصوصیات رشدی و غلظت عناصر غذایی در رقم‌های بادام 'شاهرود ۱۲'، 'تونو' و ژنوتیپ '۱۶-۱' پیوند شده روی پایه GF_{677} را بررسی و گزارش کردند، بیشترین مقدار کلر (۴/۹۴ درصد) و سدیم (۲/۱۲ درصد)، نسبت سدیم/پتاسیم (۲/۰۳)، سدیم/کلسیم (۱/۹۲)، سدیم/منیزیم (۶/۸۱)، سدیم/فسفر (۱۴/۰۷) و کمترین مقدار کلسیم (۱/۰۶ درصد)، منیزیم (۰/۳۳ درصد)، فسفر (۰/۱۴۶ درصد)، روی (۳۲/۷ قسمت در میلیون) و مس (۹/۳۳ قسمت در میلیون) برگ، در تیمار شوری ۹/۸ دسی زیمنس بر متر، مشاهده شد (۱۴). با بررسی اثر تنش شوری بر وضعیت عناصر غذایی پنج رقم زیتون معلوم شد، شوری اثر معنی‌داری بر غلظت نیتروژن و فسفر نداشت ولی غلظت کاتیون‌های منیزیم، کلسیم و پتاسیم، در اثر شوری کاهش یافت که این کاهش در ریشه بیشتر از اندام‌های هوایی بود. میزان یون‌های سدیم و کلر در ریشه افزایش یافت و از ورود آن‌ها به اندام هوایی جلوگیری شد، به‌طوری‌که میزان عدم انتقال این عناصر به بخش هوایی بستگی به رقم داشت (۲۱).

پایه‌های مرکبات هم اختلاف گسترده‌ای در تحمل شوری خاک دارند و تمام درختان مرکبات تجاری روی پایه‌هایی پیوند می شوند، که قادرند مقدار تجمع کلر یا سدیم موجود در برگ‌ها را کنترل نمایند (۷). در تحقیقی اثر تنش شوری در دو سطح صفر (شاهد) و ۷۵ میلی‌مول در لیتر بر غلظت عناصر غذایی سه رقم پرتقال والنسیا[4]، نارنگی تانگور[5] و لیموی تیلور[6] که روی پایه کلئوپاترا[7] پیوند شده بودند، بررسی و گزارش شد که پیوندک والنسیا دارای غلظت سدیم کمتری از دو پیوندک دیگر بود (۳). اثر تنش شوری در ۴ سطح صفر (شاهد)، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌مول بر لیتر بر غلظت عناصر غذایی برگ‌های دو رقم نارنگی کلمانتین[8] و پرتقال وانشگتن ناول[9] که روی روی پایه کلئوپاترا پیوند شده بودند، بررسی و گزارش شد که میزان تجمع کلر و سدیم در برگ‌های پرتقال واشینگتن ناول بطور معنی‌داری بیشتر بود (۲). در تحقیق دیگری، غلظت عناصر غذایی در دو رقم گیلاس 'Bigarreau Burlat' و 'Tragana Edessis' پیوند شده بر روی پایه مازارد[10]، تحت شرایط تنش شوری (صفر، ۲۵ و ۵۰ میلی‌مول در لیتر) بررسی و گزارش شد که با افزایش میزان شوری غلظت سدیم در برگ‌های بالایی، وسطی و شاخساره گیاهان در در هر دو رقم افزایش یافت به‌طوری‌که میزان افزایش در رقم 'Bigarreau Burlat' بیشتر بود. رقم 'Tragana Edessis' دارای

1- Touvano
2- Genco
3- Pirovat Kinaz

4- Valencia
5- Tangor
6- Taylor
7- Celopatra
8- Celemantin
9- Washington Navel
10- Mazard

سطح بالاتری از پتاسیم بود. با توجه به بررسی سایر صفات، گزارش شده بود که این رقم دارای مقامت بیشتری نسبت به شوری دارد (۱۸).

با توجه به مطالعات انجام شده، یکی از راه‌های پی بردن به میزان تحمل ارقام مختلف نسبت به تنش شوری از طریق بررسی وضعیت عناصر غذایی در برگ و ریشه‌های آن‌ها می باشد. لذا این تحقیق با هدف بررسی اثر تنش شوری بر غلظت عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف در برگ‌های ارقام پیوند شده روی پایه GF_{677} و اثر تنش شوری و نوع رقم پیوندی بر غلظت عناصر غذایی در ریشه‌های پایه GF_{677} و انتخاب متحمل ترین ترکیب پایه و پیوندک به شوری انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، اثر تنش شوری بر غلظت عناصر غذایی در برگ و ریشه‌های تعدادی از ژنوتیپ‌های بادام به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور ژنوتیپ در ۴ سطح و شوری آب آبیاری در پنج سطح و با سه تکرار در سال ۱۳۹۲ در گلخانهٔ تحقیقاتی موسسه نهال و بذر کرج بررسی شد. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شامل شکوفه، سهند و ۴۰-۱۳، پیوند شده روی پایه GF_{677} و همچنین پایه GF_{677} (به صورت پیوند نشده) و شوری آب آبیاری شامل صفر، ۱/۲، ۲/۴، ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر نمک طبیعی (که به ترتیب هدایت الکتریکی برابر ۰/۵، ۲/۵، ۴/۹، ۷/۳ و ۹/۸ دسی زیمنس بر متر داشتند)، بودند. به منظور انجام این تحقیق، ابتدا پایه‌های GF_{677} در اواخر اسفند ماه در داخل گلدان‌های ۲۵ کیلویی حاوی خاکی با بافت لوم متشکل از ۴۶ درصد شن، ۳۴ درصد سیلت و ۲۰ درصد رس کاشته شدند (جدول ۱)، سپس ژنوتیپ‌های مورد با استفاده از پیوند شکمی در ابتدای خردادماه روی آن‌ها پیوند شدند و پس از رشد کافی پیوندک‌ها (دو ماه پس از عمل پیوند)، اعمال تیمارهای شوری آغاز شد و به مدت سه ماه (۱۳ هفته)، ادامه یافت (مشخصات ژنوتیپ‌های مطالعه شده در آغاز تیمار شوری در جدول ۴ آمده است). به منظور اعمال تیمارهای شوری، از نمک‌های طبیعی جمع آوری شده از دریاچه نمک استان قم، استفاده شد که ترکیب آن در جدول ۲ ارائه شده است. به منظور اجتناب از ایجاد شوک ناگهانی و پلاسمولیز، افزودن نمک‌ها به صورت تدریجی انجام گردید. بدین منظور، ابتدا گیاهان با تیمار ۲/۴ گرم در لیتر، آبیاری شدند و برای اعمال تیمار شوری با غلظت ۳/۶ و ۴/۸ گرم درلیتر روی گیاهان، در مرتبه دوم (۳/۵ روز پس از آغاز اعمال تیمار شوری)، با تیمار ۳/۶ گرم در لیتر آبیاری شدند. در نهایت، در مرتبه سوم گیاهانی که قرار بود با تیمار ۴/۸ گرم در لیتر نمک تیمار شوند، با این غلظت از نمک موجود در آب، آبیاری شدند و در نتیجه در مدت یک هفته پس از آغاز اعمال تیمار شوری، به غلظت نهایی رسانده شد. میزان رطوبت خاک گلدان‌ها در سطح ظرفیت مزرعه[1] قبل از انتقال گیاهان به گلدان، به کمک دستگاه صفحه فشاری[2] (مدل F1 شرکت تجهیزات رطوبت خاک کشور آمریکا[3]) تعیین شد. آبیاری گلدان‌ها با توجه به تغییرات وزن آن‌ها و لحاظ نیاز آبشویی، انجام شد و به هر گلدان در هر بار از اعمال تنش شوری، ۱/۹۹۰ لیتر آب از تیمار مورد نظر، اضافه شد. بطوریکه در طی دوره آزمایش (۹۱ روز)، تیمارهای شاهد و ۲/۴ دسی‌زیمنس بر متر، ۲۰ مرتبه، تیمار ۴/۹ دسی زیمنس بر متر، ۱۹ مرتبه و تیمارهای ۷/۳ و ۹/۸ دسی زیمنس بر متر، ۱۷ مرتبه، اعمال شدند. تعداد دفعات کمتر آبیاری در سطوح ۷/۳ و ۹/۸ دسی زیمنس 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 به مدت بیشتری شده و فاصله زمان 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. همچنین، به منظور اطمینان از انجام نیاز آبشویی خاک گلدان‌ها، پس از هر مرتبه آبیاری، زه آب تعدادی از گلدان‌ها بطور تصادفی جمع‌آوری و هدایت الکتریکی و pH آن‌ها اندازه‌گیری شد. در نهایت در پایان آزمایش نیز، نمونه خاک، از هر یک از سطوح اعمال تیمار شوری، تهیه و آنالیز شد (جدول ۳).

پس از اتمام دوره آزمایش برگ‌ها و ریشه‌ها جدا شدند و پس از شستشوی دقیق، به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از خشک شدن، نمونه‌ها با آسیاب برقی به صورت پودر در آورده شدند. پس از تهیه خاکستر از مواد گیاهی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد، عصاره گیری با استفاده از ۱۰ میلی‌لیتر کلریدریک اسید ۲ نرمال و آب مقطر و رساندن به حجم ۵۰ میلی‌لیتر انجام شد. در نهایت غلظت سدیم و پتاسیم در عصاره با دستگاه فلیم‌فتومتر (JENWAY مدل PFP7)، آهن، فسفر و مس با دستگاه اسپکتروفتومتری (مدل BT600 Plus ساخت کشور کانادا) به ترتیب در طول موج‌های ۵۱۵، ۴۷۰ و ۶۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شدند. همچنین، مقدار کلسیم، منیزیم و روی به روش تیتراسیون اندازه‌گیری شدند (۴). به منظور اندازه‌گیری کلر، ۰/۱ گرم از بافت‌های (ریشه و برگ) خشک‌شده در آون را با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن کرده و سپس به ارلن مایر ۵۰ میلی‌لیتری منتقل شدند. به نمونه‌ها ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر جوش اضافه‌شد و سپس به مدت یک ساعت روی شیکر با ۱۲۰ دور در دقیقه قرارگرفتند و

1- Field Capacity
2- Pressure plate
3- Soil moisture equipment corporation

عصاره‌ها در چند مرحله کاملاً صاف‌شدند و با آب مقطر به حجم رسانده شدند. ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره ها برداشته شدند و ۴ قطره دی‌کرومات پتاسیم به آن‌ها اضافه شد و با محلول نیترات نقره ۰/۰۵ نرمال تا ظهور رنگ قرمزآجری تیتر شدند. مقدار نیترات نقره مصرفی برای نمونه‌ها یادداشت و درصد کلر با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (۲۴).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مخلوط خاکی مورد استفاده

Table 1- Physical and chemical characteristics of soil mixture

عنوان Title	واحد Unit	مقدار Value	عنوان Title	واحد Unit	مقدار Value
رطوبت اشباع (S.P)	درصد (%)	39	بافت (Texture)	–	لوم
۱۰۰× حجم عصاره× وزن نمونه					
رطوبت ظرفیت زراعی (FC)	درصد (%)	27.33	کلسیم محلول (Ca)	پی‌پی‌ام (ppm)	1230
رطوبت نقطه پژمردگی (PWP)	درصد (%)	14.8	منیزیم (Mg)	پی‌پی‌ام (ppm)	316.2
شوری (EC)	دزیمنس بر متر (ds/m)	1.28	کربنات کلسیم معادل (T.N.V)	درصد (٪)	13.8
واکنش خاک (pH)	–	7.5	مس (Cu)	پی‌پی‌ام (ppm)	2.12
نیتروژن (N)	درصد (٪)	0.15	روی (Zn)	پی‌پی‌ام (ppm)	4.86
کربن آلی (O.C)	درصد (٪)	1.49	آهن (Fe)	پی‌پی‌ام (ppm)	27.34
فسفر قابل جذب (P_{avr})	پی‌پی‌ام (ppm)	104.9	پتاسیم قابل جذب ($K_{avr.}$)	پی‌پی‌ام (ppm)	690
شن (Sand)	درصد (٪)	46	منگنز قابل جذب (Mn)	پی‌پی‌ام (ppm)	16.26
سیلت (Silt)	درصد (٪)	34	سدیم محلول (Na)	پی‌پی‌ام (ppm)	93.15
رس (Clay)	درصد (٪)	20			

جدول ۲- خصوصیات کیفی آب مورد استفاده

Table 2- Water qualitative characteristics used

نمونه آب مورد استفاده با سطوح مختلف کلرید سدیم Sample water used with NaCl different levels	شوری ds/m	واکنش آب (pH)	سدیم Na (mg/L)	کلر Cl (mg/L)	کلسیم Ca (mg/L)	منیزیم Mg (mg/L)	بی کربنات Hco_3^- (mg/L)
شاهد (صفر گرم در لیتر) Control 0 (g/L)	0.5	7.3	22.1	35.5	62	17.1	98
۱/۲ گرم در لیتر 1.2 (g/L)	2.5	7.4	389	664	70	20.5	126
۲/۴ گرم در لیتر 2.4 (g/L)	4.9	7.6	809	1386	79	23.01	137
۳/۶ گرم در لیتر 3.6 (g/L)	7.3	7.7	1231	2113	88	23.6	149
۴/۸ گرم در لیتر 4.8 (g/L)	9.8	7.8	1653	2836	99	25.7	159

جدول ۳- مقادیر شوری و واکنش مخلوط خاکی مورد استفاده در گلدان‌ها پس از اعمال تنش شوری

Table 3- EC and pH of soil mixture used in pots then perform salinity stress

نمونه خاک تیمار شده با سطوح مختلف کلرید سدیم Sample treatment soil with NaCl different levels	شوری ds/m	واکنش خاک (pH)
شاهد Control 0 (g/L)	7.4	1.2
۱/۲ گرم در لیتر 1.2 (g/L)	7.55	3.2
۲/۴ گرم در لیتر 2.4 (g/L)	7.65	5.7
۳/۶ گرم در لیتر 3.6 (g/L)	7.8	8.3
۴/۸ گرم در لیتر 4.8 (g/L)	7.9	10.9

جدول ٤- وضعیت رشدی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شروع اعمال تیمار شوری

Table 4- Growth status of genotypes studied at the start of salinity treatment

ژنوتیپ Genotypes	قطر پیوندک Diameter of scion (mm)	قطر پایه‌های شاهد در سطح خاک Diameter of control rootstocks in soil surface (mm)	ارتفاع پایه‌های شاهد Hight of control rootstocks (Cm)	تعداد برگ (شاخه اصلی) Number of leaves	ارتفاع پیوندک Hight of scion (Cm)	تعداد انشعابات Number of ramification
Shokofeh	5.39	-	-	86.02	43.20	4.27
Sahand	4.87	-	-	74.22	42.99	2.67
13-40	5.08	-	-	51.25	34.05	4.07
GF_{677}	-	10.26	87.41	59.93	-	4.13

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

حجم کل× ۱۰۰× ۳۵/۵× نرمالیته نیترات نقره × میلی لیتر نیترات نقره مصرفی = کلر (٪)

در نهایت، تجزیه و تحلیل داده‌های آماری، با استفاده از نرم افـزار SAS (نسخه ۹/۱)، انجام و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه ای دانکن و نرم افزار Mstatc صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی ژنوتیپ، تیمار شوری و برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر درصد سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیـزیم، فسـفر، کلـر، مـس، آهـن، روی، نسـبت سـدیم/پتاسـیم، سدیم/کلسیم، سدیم/منیزیم و سدیم/فسفر، در سطح ۱ درصـد معنـی دار شدند.

برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر غلظت سدیم برگ و ریشه

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشـان داد کـه در تمـامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده، با افزایش غلظـت شـوری، مقـدار سـدیم در برگ بطور معنی‌داری افزایش یافت. بر اساس نتایج بـه دسـت آمـده، بیشترین غلظت سـدیم در بـرگ‌هـای پایـه GF_{677} و در شـوری ۹/۸ دسی زیمنس بر متر، مشاهده شد. غلظت سدیم در برگ‌های این پایه و در این سطح از شوری در مقایسه با رقـم سـهند و ژنوتیـپ ۴۰-۱۳ معنی‌دار نبود. غلظت سدیم در برگ‌های رقم شکوفه در دو سطح ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر به‌طور معنی‌داری از سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شـده کمتر بود. همچنین، نتایج نشان دادند که درصد افزایش غلظت سـدیم در برگ‌های رقم شکوفه نسبت به گیاهان شاهد معنی‌دار نبود (جدول ۵). این نتایج نشان می‌دهد که نـوع پیونـدک بـه‌طـور معنـی‌داری در ممانعت از جذب سدیم توسط ریشـه و انتقـال آن بـه قسـمت هـوایی موثر است. محققین دیگر نیز، اثر تنش شـوری را بـر غلظـت عناصـر غذایی برگ‌های دو رقم نارنگی کلمانتین و پرتقال وانشگتن ناول کـه روی پایه کلئوپاترا پیوند شده بودند، بررسی و گزارش کردند که میزان تجمع سدیم در برگ‌های پرتقال واشـینگتن نـاول بطـور معنـی داری بیشتر بود (۲ و ۳).

بر اساس نتایج به دست آمده، مقدار سدیم ریشه تحت تـاثیر نـوع پیوندک و غلظت شوری قرار گرفت. نتایج نشان دادند که بـا افـزایش غلظت شوری، مقدار سدیم ریشه افزایش یافت ولی مقدار افـزایش آن با توجه به نوع ژنوتیپ پیوندی متفاوت بود. بیشترین مقـدار سـدیم در ریشه‌های پایه GF_{677} (بدون پیوند) و با تیمار ۴/۸ گرم در لیتر (۱/۳۹

درصد)، مشاهده شد. مقدار سدیم در ریشه پایه‌هایی که رقم سهند، ژنوتیپ ۴۰-۱۳ و رقم شکوفه روی آن‌ها پیوند شده بودند در سطح ۴/۸ گرم در لیتر به ترتیب (۱/۰۷، ۱/۰۳ و ۰/۸۸ درصد)، بود. این نتایج حاکی از آن است که در این سطح از شوری، تمام ژنوتیپ‌های پیوندی و در سطح شوری ۳/۶ گرم در لیتر، تنها رقم شکوفه نسبت به پایه‌های GF_{677} پیوند نشده از طریق افزایش قدرت پایه توانستند به‌طور معنی‌داری از ورود سدیم به ریشه و انتقال آن به قسمت هوایی گیاه جلوگیری نمایند. در تحقیقات انجام شده روی گیاهان مختلف تحت شرایط تنش شوری نشان داده شده است که سدیم، باعث عدم تعادل اسمزی، تخریب غشاهای سلولی، کاهش رشد، جلوگیری از تقسیم و بزرگ‌شدن سلول‌ها می‌شود (۲۶ و ۲۷).

برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر غلظت پتاسیم برگ و ریشه

بر اساس نتایج به دست آمده، ژنوتیپ‌های پیوندی، عکس العمل‌های متفاوتی در پاسخ به تنش شوری از خود نشان دادند. با افزایش شوری، غلظت پتاسیم در برگ‌های رقم سهند تا سطح ۱/۲ گرم در لیتر و در ژنوتیپ ۴۰-۱۳ تا غلظت ۲/۴ گرم در لیتر به‌طور غیر معنی داری افزایش یافت. با افزایش بیشتر شوری، غلظت پتاسیم در برگ‌های رقم شکوفه تا سطح ۴/۸ گرم در لیتر، افزایش یافت که مقدار افزایش پتاسیم تنها در سطح ۴/۸ گرم در لیتر نسبت به گیاهان شاهد معنی دار بود. این نتایج نشان می‌دهد که رقم شکوفه از طریق افزایش مقدار پتاسیم به مقدار بیشتری از سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده در این تحقیق می‌تواند با اثرات منفی و مخرب سدیم مقابله کند (جدول ۵). گزارش شده است که پتاسیم در حفظ تعادل اسمزی، باز و بسته شدن روزنه‌ها و فعال‌سازی تعدادی از آنزیم‌ها نظیر پیروات‌کیناز موثر می‌باشد و اثرات مخرب سدیم را کاهش می‌دهد (۲۶ و ۲۷). نتایج حاصل از بررسی مقدار پتاسیم در برگ‌های پایه GF_{677} نشان داد که با اعمال تنش شوری و افزایش غلظت آن تا ۲/۴ گرم در لیتر (۴/۹ دسی زیمنس بر متر)، مقدار پتاسیم در برگ‌های این گیاه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و سپس با افزایش بیشتر شوری، مقدار آن کاهش یافت. گزارش شده است که پایه GF_{677} 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 (۱۷).

نتایج حاصل از بررسی غلظت پتاسیم در ریشه‌های پایه GF_{677} نشان داد که مقدار شوری و نوع ژنوتیپ پیوندی بر مقدار آن موثر است. بر اساس نتایج به دست آمده، غلظت پتاسیم در پایه‌هایی که رقم سهند و ژنوتیپ ۴۰-۱۳ روی آن‌ها پیوند شده بودند، به ترتیب تا سطوح ۱/۲ و ۲/۴ گرم در لیتر افزایش یافت که مقدار افزایش غلظت پتاسیم در این سطوح از شوری نسبت به گیاهان شاهد، معنی‌دار نبود. در پایه‌هایی که رقم شکوفه روی آن‌ها پیوند شده بودند، غلظت پتاسیم ریشه تا سطح ۲/۴ گرم در لیتر افزایش یافت که مقدار افزایش پتاسیم نسبت به گیاهان شاهد معنی‌دار بود. با بررسی اثر تنش شوری بر وضعیت عناصر غذایی پنج رقم زیتون معلوم شد، که غلظت پتاسیم، در اثر شوری ابتدا افزایش و سپس با افزایش بیشتر غلظت شوری، کاهش یافت (۲۱). پتاسیم علاوه بر ایفای نقش اساسی در متابولیسم‌های حیاتی، در شرایط تنش شوری بسیار با اهمیت جلوه می‌کند به نحوی که مدیریت کارآمد پتاسیم در مقابل سدیم در گیاه در بقای آن در شرایط شوری اساسی است (۲۴). برخی گیاهان توانایی این را دارند که سیتوپلاسم سلول‌های خود را از کاهش شدید مقادیر پتاسیم محافظت کرده و از واکوئل‌ها به‌عنوان مخزنی برای بافر کردن یون پتاسیم بهره ببرند. در همین رابطه گیاهان متحمل توانایی آن را دارند که مقادیر پتاسیم سیتوسولی خود را در حضور کلرید سدیم بهتر حفظ نمایند (۲۴).

نتایج حاصل ار مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر نسبت سدیم به پتاسیم برگ و ریشه معنی‌دار شد. بر اساس نتایج به دست آمده، در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده، با افزایش غلظت شوری، نسبت سدیم به پتاسیم افزایش یافت. مقدار افزایش در نسبت سدیم به پتاسیم در سطوح شوری ۳/۶ و ۴/۸ گرم در بین ژنوتیپ‌های بررسی شده با یکدیگر اختلاف داشت. با افزایش غلظت شوری تا سطح ۴/۸ گرم در لیتر، نسبت سدیم به پتاسیم در رقم شکوفه افزایش یافت ولی مقدار افزایش نسبت به گیاهان شاهد، معنی دار نبود. در سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده، مقدار افزایش نسبت سدیم به پتاسیم در سطوح ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر، نسبت به گیاهان شاهد، معنی دار بود. در مجموع بیشترین نسبت سدیم به پتاسیم در پایه GF_{677} و در تیمار ۴/۸ گرم در لیتر مشاهده شد. نتایج نشان دادند که نسبت سدیم به پتاسیم در ریشه تمامی پایه‌های مطالعه شده، با اعمال تنش شوری و افزایش غلظت آن به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. نسبت سدیم به پتاسیم در ریشه پایه‌هایی که رقم شکوفه و ژنوتیپ ۴۰-۱۳ روی آن‌ها پیوند شده بودند، تنها در سطوح ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر نمک به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد افزایش یافته بود در حالیکه در ریشه پایه‌های شاهد و پایه‌هایی که رقم سهند روی آن‌ها پیوند شده بودند، در سطوح ۲/۴، ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر نمک بطور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد افزایش یافته بود. در مجموع، بیشترین نسبت سدیم به پتاسیم در ریشه پایه-های شاهد (بدون پیوند) و در تیمار ۴/۸ گرم در لیتر مشاهده شد (جدول ۶).

به‌طور کلی نتایج حاصل از بررسی غلظت سدیم، پتاسیم و نسبت سدیم/پتاسیم در سطوح مختلف شوری در ژنوتیپ‌های بررسی شده نشان داد که مقدار جذب سدیم توسط ریشه و انتقال آن به قسمت هوایی در برگ‌های رقم شکوفه در دو سطح ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر بطور معنی‌داری از سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده کمتر بود. از طرفی

تنها در این رقم، در دو سطح شوری ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر، مقدار جذب پتاسیم توسط ریشه و انتقال آن به بخش هوایی به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد افزایش یافته بود. در واقع می‌توان گفت یکی از مکانیسم‌های تحمل بیشتر این رقم در در مقابله با تنش شوری در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده، انتخاب یون پتاسیم در شرایط تنش و افزایش جذب این عنصر در مقایسه با سدیم است. از آن‌جایی که دو یون سدیم و پتاسیم در هنگام جذب توسط ریشه با یکدیگر در رقابت می‌باشند، گیاهان متحمل‌تر به شوری به‌طور انتخابی جذب پتاسیم به سدیم را ترجیح می‌دهند. گزارش شده است که گیاهان به صورت انتخابی جذب پتاسیم را به سدیم ترجیح می‌دهند ولی در صورت بیشتر بودن غلظت یون سدیم در محلول خاک، کمبود پتاسیم در گیاهان قطعی است. میزان جذب پتاسیم نسبت به سدیم در شرایط تنش بسته به نوع گونه گیاهی و میزان مقاوت آن به شوری متفاوت می‌باشد (۹، ۲۵ و ۲۶).

برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر غلظت کلسیم برگ و ریشه

نتایج نشان دادند که غلظت شوری و نوع پیوندک بطور معنی‌داری بر غلظت کلسیم برگ تاثیر دارد (جدول ۵). بر اساس نتایج به دست آمده، در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده، با افزایش شوری، مقدار کلسیم برگ کاهش یافت. مقدار کاهش غلظت کلسیم در برگ‌های ژنوتیپ ۴۰-۱۳ در سطوح شوری ۲/۴، ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر و در پایه GF_{677} در سطح شوری ۴/۸ گرم در لیتر در مقایسه با شاهد، معنی‌دار بود در حالی‌که مقدار کاهش غلظت کلسیم در برگ رقم‌های شکوفه و سهند در هیچ یک از سطوح شوری نسبت به گیاهان شاهد معنی‌دار نبود (جدول ۵). در تحقیقات انجام شده روی گیاهان مختلف تحت شرایط تنش شوری نشان داده شده است که سدیم، باعث عدم تعادل اسمزی، کاهش رشد، جلوگیری از تقسیم و بزرگ‌شدن سلول‌ها و تخریب غشاهای سلولی و در نتیجه کاهش میزان کلسیم در گیاهان می‌شود (۲۳ و ۲۴).

نتایج حاصل از بررسی مقدار کلسیم ریشه نشان داد که غلظت شوری و نوع پیوندک بطور معنی‌داری بر مقدار آن موثر است. با افزایش غلظت شوری، غلظت کلسیم در ریشه تمامی پایه‌های مطالعه شده، به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ولی مقدار کاهش در غلظت کلسیم ریشه تحت تاثیر نوع پیوندک قرار گرفت. در پایه‌هایی که رقم شکوفه روی آن پیوند شده بودند، مقدار کلسیم ریشه تنها در تیمار ۴/۸ گرم در لیتر بطور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد، کاهش نشان داد. در پایه‌هایی که ژنوتیپ ۴۰-۱۳ روی آن پیوند شده بودند، مقدار کلسیم ریشه در تیمارهای ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر بطور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد کاهش یافته بود. در حالی که در پایه‌هایی که رقم سهند روی آن‌ها پیوند شده بودند و پایه‌های شاهد (بدون پیوند)، مقدار کلسیم ریشه در سطوح شوری ۲/۴، ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر بطور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد، کاهش یافته بود (جدول ۶). این نتایج نشان دهنده اثر مثبت رقم شکوفه در افزایش مقاومت پایه GF_{677} نسبت به اثرات مخرب شوری است. با بررسی اثر تنش شوری بر وضعیت عناصر غذایی پنج رقم زیتون نیز معلوم شد که غلظت کلسیم، در اثر شوری کاهش می‌یابد (۲۱). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که نسبت سدیم به کلسیم در برگ تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده به غیر از رقم شکوفه با افزایش غلظت شوری و در سطوح ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد، افزایش یافت. در مجموع، کمترین نسبت سدیم به کلسیم در تیمار ۴/۸ گرم در لیتر (۰/۶۲)، در رقم شکوفه مشاهده شد (جدول ۵). محققین دیگر نیز، اثر تیمار شوری را بر میزان جذب عناصر غذایی در ژنوتیپ‌های مختلف بادام را بررسی و گزارش کردند که با افزایش سطوح شوری، مقدار کلسیم کاهش و غلظت عناصر سدیم و کلر افزایش می‌یابند و در نتیجه نسبت سدیم به کلسیم، افزایش می‌یابد (۱۴، ۱۵ و ۲۳). بر اساس نتایج به دست آمده، نسبت سدیم به کلسیم در ریشه پایه‌هایی که رقم شکوفه روی آن‌ها پیوند شده بودند، در سطوح ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد افزایش یافت در حالی‌که نسبت سدیم به کلسیم در پایه‌هایی که رقم سهند و ژنوتیپ ۴۰-۱۳ روی آن‌ها پیوند شده بودند، در سطوح ۲/۴، ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد افزایش یافت. این نتایج حاکی ار آن است که رقم شکوفه بطور موثرتری در ممانعت از جذب سدیم توسط ریشه و انتقال آن به قسمت هوایی عمل می‌کند. کلسیم در گیاهان نقش‌های بسیاری از مقادیر اندک در تنظیم برخی متابولیسم‌های سلولی گرفته تا مقادیر زیاد در ساختار دیواره سلولی دارد. این در حالی است که در شرایط تنش‌های محیطی بخصوص تنش شوری علاوه بر بروز تداخل کلسیم با برخی عناصر دیگر (مانند سدیم)، کارکرد این عنصر در فعالیت‌های حیاتی گیاه نقش ویژه‌ای در میزان تحمل به تنش پیدا می‌کند. توانایی کلسیم در تشکیل پیوندهای بین مولکولی سبب می‌شود که در پایداری و حفظ غشاها و دیواره سلول مهم باشد و از این طریق از ورود سدیم به داخل سلول جلوگیری می‌کند (۲۴). از این سو، در ریشه‌هایی که تحت شرایط تنش شوری مقدار کلسیم آن‌ها کمتر کاهش یافته باشد، نفوذپذیری غشاء نیز به مقدار کمتری افزایش یافته و سدیم کمتری به داخل سلول وارد می‌شود (۲۴).

برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر غلظت منیزیم برگ و ریشه

نتایج نشان دادند که غلظت شوری و نوع پیوندک به‌طور معنی‌داری بر غلظت منیزیم برگ تاثیر دارد (جدول ۵). مقدار کاهش غلظت منیزیم در برگ‌های ژنوتیپ ۴۰-۱۳ در سطوح شوری ۱/۲، ۲/۴، ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر ، در رقم سهند و پایه GF_{677} در سطوح شوری ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر در مقایسه با شاهد، معنی‌دار بود

درحالی‌که مقدار کاهش غلظت منیزیم در برگ رقم شکوفه در هیچ یک از سطوح شوری نسبت به گیاهان شاهد معنی‌دار نبود (جدول ۵). گزارش شده است که با افزایش شوری، غلظت منیزیم کاهش می‌یابد که مقدار کاهش این عنصر در ارقام مختلف با یکدیگر متفاوت می‌باشد (۹، ۱۴ و ۲۴). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که نسبت سدیم به منیزیم در برگ تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده به غیر از رقم شکوفه با افزایش غلظت شوری و در سطوح ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر به طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد، افزایش یافت. در مجموع، کمترین نسبت سدیم به منیزیم در تیمارهای ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر (۰/۷۱ و ۰/۹۴)، در رقم شکوفه مشاهده شد (جدول ۵).

نتایج نشان دادند که نوع پیوندک و غلظت شوری بر مقدار منیزیم ریشه تاثیر دارد. با افزایش شوری، مقدار منیزیم ریشه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ولی مقدار کاهش آن با توجه به نوع ژنوتیپ پیوندی متفاوت بود. در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده، کمترین غلظت منیزیم در تیمار ۴/۸ گرم در لیتر، مشاهده شد. همچنین، نتایج نشان دادند که نوع پیوندک، در افزایش میزان جذب منیزیم توسط ریشه موثر می باشد بطوریکه تقریبا در تمامی سطوح شوری، غلظت منیزیم در ریشه پایه‌های پیوند شده از مقدار منیزیم ریشه پایه‌های پیوند نشده، بیشتر بود (جدول ۶). بر اساس نتایج به دست آمده، نسبت سدیم به منیزیم در ریشه پایه‌هایی که رقم شکوفه روی آن‌ها پیوند شده بودند، در سطوح ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد افزایش یافت در حالیکه نسبت سدیم به منیزیم در پایه‌هایی که رقم سهند و ژنوتیپ ۴۰-۱۳ روی آن‌ها پیوند شده بودند، در سطوح ۲/۴، ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد، افزایش یافت. این نتایج حاکی از آن است که رقم شکوفه به طور موثرتری در ممانعت از جذب سدیم توسط ریشه و انتقال آن به قسمت هوایی عمل می کند. گزارش شده است که یکی از مهم‌ترین نقش‌های منیزیم، شرکت آن در ساختار کلروفیل‌ها و کوفاکتور در فعال ساختن همه آنزیم‌های فسفریلاسیون است و میزان جذب این عنصر به وسیله کاتیون‌های دیگر از جمله پتاسیم، آمونیوم، کلسیم و سدیم به شدت کاهش می‌یابد (۹).

برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر غلظت فسفر برگ و ریشه

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که نوع پیوندک و غلظت شوری بر مقدار فسفر برگ موثر است. بر اساس نتایج به دست آمده، غلظت فسفر در رقم شکوفه تا سطح شوری ۲/۴ گرم در لیتر به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد افزایش یافت. سپس با افزایش بیشتر شوری تا سطح ۴/۸ گرم در لیتر، غلظت فسفر در برگ‌های این رقم، کاهش یافت ولی میزان کاهش نسبت به گیاهان شاهد معنی‌دار نبود. در رقم سهند و پایه GF_{677} غلظت فسفر در سطوح شوری ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر و در ژنوتیپ ۴۰-۱۳ در سطوح ۲/۴، ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر به طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد کاهش یافته بود (جدول ۵). این نتایج حاکی از آن است که رقم شکوفه در افزایش قدرت پایه در جذب فسفر و انتقال آن به قسمت هوایی گیاه نقش بسزایی دارد. محققین دیگر نیز، گزارش کرده بودند که با افزایش غلظت شوری، غلظت فسفر در پایه‌های بادام تلخ، توانو و GF_{677} کاهش می‌یابد (۱۴، ۱۷ و ۲۳).

بر اساس نتایج به دست آمده، نوع پیوندک و غلظت شوری بر مقدار فسفر ریشه موثر بود. در پایه‌هایی که رقم شکوفه روی آن‌ها پیوند شده بودند، با افزایش غلظت شوری تا ۴/۸ گرم در لیتر، مقدار فسفر کاهش یافت که مقدار کاهش فسفر در دو سطح ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر نسبت به گیاهان شاهد معنی‌دار بود. در پایه‌هایی که ژنوتیپ ۴۰-۱۳ روی آن‌ها پیوند شده بودند، غلظت فسفر تا تیمار ۴/۸ گرم در لیتر افزایش یافت بطوریکه افزایش در غلظت فسفر در شوری ۴/۸ گرم در لیتر نسبت به گیاهان شاهد معنی‌دار بود (جدول ۵). در ریشه‌های پایه GF_{677} (بدون پیوند)، غلظت فسفر با افزایش مقدار شوری تا تیمار ۳/۶ گرم در لیتر بطور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد افزایش یافت. سپس در غلظت ۴/۸ گرم در لیتر غلظت فسفر مقداری کاهش نشان داد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که نسبت سدیم به فسفر در برگ تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده به غیر از رقم شکوفه با افزایش غلظت شوری و در سطوح ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد، افزایش یافت. در مجموع، کمترین نسبت سدیم به فسفر در تیمارهای ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر (۳/۴۲ و ۴/۳۹)، در رقم شکوفه مشاهده شد (جدول ۵). بر اساس نتایج به دست آمده، نسبت سدیم به فسفر در ریشه پایه‌هایی که رقم شکوفه روی آن‌ها پیوند شده بودند، در سطوح ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد افزایش یافت در حالی‌که نسبت سدیم به فسفر در پایه‌هایی که رقم سهند و ژنوتیپ ۴۰-۱۳ روی آن‌ها پیوند شده بودند و پایه‌های GF_{677} (پیوند نشده) در سطوح ۱/۲، ۲/۴، ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد، افزایش یافت. این نتایج حاکی از آن است که رقم شکوفه در شرایط تنش شوری، علاوه بر اینکه قابلیت جذب فسفر توسط ریشه را در شرایط تنش شوری افزایش داد، باعث انتقال فسفر جذب شده به قسمت هوایی نیز شد در حالی‌که ژنوتیپ ۴۰-۱۳ و رقم سهند، در شوری ۴/۸ گرم در لیتر تنها توانستند قدرت جذب ریشه را افزایش دهند ولی قابلیت انتقال فسفر به قسمت هوایی را نداشتند (جدول ۶). گزارش شده است که فسفر یکی از عناصر ضروری برای رشد و تکثیر گیاهان می‌باشد و برای ذخیره سازی و انتقال انرژی، حفاظت و انتقال کدهای ژنتیکی به کار می‌رود و جزء ترکیبات ساختمانی سلول‌ها و بسیاری از ترکیبات شیمیایی می‌باشد و نقش مهمی در متابولیسم کربوهیدرات‌ها دارد و مقدار آن تحت شرایط تنش

شوری در رقابت با یون سدیم کاهش می‌یابد. گیاهانی که تحمل بیشتری نسبت به تنش شوری داشته باشند، محتوی فسفر برگ آن‌ها به مقدار کمتری کاهش می‌یابد (۹، ۱۴ و ۲۴).

برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر غلظت کلر برگ و ریشه

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده، با افزایش غلظت شوری، مقدار کلر برگ به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین غلظت کلر در تیمار ۴/۸ گرم در لیتر و در رقم سهند و پایه GF_{677} (۴/۹۴ و ۴/۴۹)، مشاهده شد. در مجموع، نتایج نشان دادند که مقدار تجمع کلر در برگ‌های رقم شکوفه در دو سطح شوری ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر به‌طور معنی-داری از سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده، کمتر بود (جدول ۵). این نتایج نشان می‌دهد که رقم شکوفه در دو سطح شوری ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر و ژنوتیپ ۴۰-۱۳ در سطح شوری ۴/۸ گرم در لیتر در مقایسه با پایه‌های شاهد (پیوند نشده) توانستند به طور موثری از ورود کلر به بخش‌های هوایی گیاه جلوگیری کنند. محققین دیگر نیز، اثر تنش شوری در ۴ سطح صفر (شاهد)، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌مول بر لیتر بر غلظت عناصر غذایی برگ‌های دو رقم نارنگی کلمانتین و پرتقال وانشگتن ناول که روی پایه کلئوپاترا پیوند شده بودند، بررسی و گزارش کردند که میزان تجمع کلر و سدیم در برگ‌های پرتقال واشینگتن ناول به‌طور معنی‌داری بیشتر بود (۲ و ۳).

بر اساس نتایج به دست آمده، مقدار کلر موجود در ریشه تحت تاثیر نوع ژنوتیپ پیوندی و غلظت شوری قرار گرفت. همان‌طور که از جدول ۶ مشاهده می‌شود، بیشترین مقدار کلر در تیمار ۴/۸ گرم در لیتر و در پایه‌هایی که رقم‌های شکوفه روی آن‌ها پیوند شده بودند، مشاهده شد. مقدار کلر در دو سطح ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر در ریشه پایه‌های شاهد (پیوند نشده)، به طور معنی‌داری از ریشه پایه‌های پیوند شده کمتر بود. این نتایج حاکی از آن است که، کلر توسط گیاه جذب می شود ولی مقدار انتقال آن به قسمت هوایی با توجه به نوع پیوندک متفاوت می باشد. رقم شکوفه در دو سطح شوری ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر، کمترین مقدار کلر در برگ و در مقابل بیشترین تجمع این عنصر را در ریشه‌ها داشت و در مجموع توانست به‌طور موثری از انتقال کلر از ریشه به قسمت هوایی جلوگیری کند. با بررسی اثر تنش شوری بر رشد رویشی و تولید میوه دو رقم توت فرنگی السانتا و کرونا گزارش شد که غلظت یون کلر در هر دو رقم با افزایش شدت تنش شوری، بطور معنی‌داری افزایش یافت و بیشترین غلظت این یون مربوط به رقم السانتا بود. یون کلر در رقم کرونا بیشتر در ریشه‌ها و طوقه ذخیره شد ولی در رقم السانتا بیشترین غلظت کلر در دمبرگ‌ها وجود داشت و بطور کلی رقم کورونا قادر بود ۳۳ درصد کلر بیشتری را نسبت به رقم السانتا در ریشه‌های خود انباشته کند و غلظت کلر در برگ‌های آن کمتر از رقم السنتا بود. یون کلر بر خلاف یون سدیم سریعاً به برگ‌های گیاه انتقال می‌یابد و در واقع مقاومت بیشتر رقم کرونا به شوری به علت جلوگیری از انتقال این یون به برگ‌های گیاه است (۲۲). اختلال در رشد و فتوسنتز تا حد زیادی به تجمع کلر در برگ‌ها مربوط است. تحمل به شوری به میزان جذب و انتقال یون‌های کلر از ریشه به شاخه بستگی دارد (۱۲ و ۲۴). گیاهانی که قابلیت بیشتری برای دفع کنندگی یون‌های کلر دارند، این عنصر را بیشتر در بافت ریشه خود ذخیره می‌کنند (۱۲ و ۲۴).

برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر غلظت روی برگ و ریشه

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که مقدار روی در برگ و ریشه تحت تاثیر برهمکنش نوع پیوندک و غلظت شوری قرار گرفت. بر اساس نتایج به دست آمده، در رقم شکوفه با افزایش شوری تا غلظت ۲/۴ گرم در لیتر، مقدار روی بطور معنی داری افزایش یافت. سپس با افزایش بیشتر شوری تا سطح ۴/۸ گرم در لیتر، مقدار روی، در برگ‌های این رقم بطور غیر معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد کاهش یافت. در رقم سهند نیز، با افزایش شوری تا غلظت ۲/۴ گرم در لیتر، مقدار این عنصر افزایش یافت ولی مقدار افزایش نسبت به گیاهان شاهد معنی‌دار نبود. سپس با افزایش بیشتر شوری تا سطح ۴/۸ گرم در لیتر، مقدار روی، در برگ‌های این رقم به‌طور غیر معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد کاهش یافت. مقدار روی، در برگ‌های ژنوتیپ ۴۰-۱۳ و پایه GF_{677} از ابتدا با اعمال تنش شوری و افزایش غلظت آن، بطور معنی‌داری کاهش یافت. این نتایج حاکی ار آن است که رقم شکوفه با افزایش این عنصر تا حدودی با اثرات منفی سدیم مقابله کرده است.

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که اثر نوع پیوندک و غلظت شوری بر مقدار روی در ریشه معنی‌دار شد. بر طبق نتایج به دست آمده، در ریشه پایه‌هایی که رقم شکوفه روی آن‌ها پیوند شده بودند، با افزایش شوری مقدار روی تا تیمار ۴/۸ گرم در لیتر کاهش یافت ولی مقدار کاهش روی در این سطح از شوری نسبت به گیاهان شاهد معنی دار نبود. در پایه‌های شاهد غلظت روی، ابتدا تا تیمار ۱/۲ گرم در لیتر به‌طور غیر معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد کاهش یافت. سپس با افزایش بیشتر شوری و در دو سطح شوری ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر، غلظت روی، بطور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد افزایش نشان داد. این نتایج حاکی از آن است که رقم شکوفه از طریق تاثیر بر قدرت جذب پایه باعث افزایش جذب روی توسط ریشه و انتقال آن به بخش هوایی می‌شود و از طریق افزایش این عنصر تا حدودی با اثرات منفی سدیم و کلر مقابله کرده است. روی از جمله عناصر ضروری کم مصرف برای گیاهان است، که به صورت کاتیون دو ظرفیتی جذب می‌شود. گزارش شده است که عنصر روی برای انسجام غشا سلولی ریشه ضروری بوده و احتمالاً می‌تواند اثر منفی کلرید سدیم را با محدود نمودن جذب و یا انتقال سدیم و کلرید و به

داخل گیاه، کاهش دهد (۱).

برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر غلظت مس در برگ و ریشه

نتایج نشان دادند که غلظت شوری و نوع پیوندک به‌طور معنی‌داری بر غلظت مس برگ تاثیر دارد (جدول ۵). بر اساس نتایج به دست آمده در رقم شکوفه با افزایش شوری و در غلظت ۲/۴ گرم در لیتر میزان مس برگ به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد افزایش یافت. سپس در این رقم با افزایش بیشتر شوری و تا سطح ۴/۸ گرم در لیتر غلظت مس کاهش یافت که میزان کاهش غلظت مس نسبت به گیاهان شاهد معنی‌دار نبود. در رقم سهند و ژنوتیپ ۴۰-۱۳ به ترتیب با افزایش شوری تا سطح ۲/۴ و ۱/۲ گرم در لیتر غلظت مس در برگ افزایش یافت ولی میزان افزایش غلظت مس نسبت به گیاهان شاهد معنی دار نبود. سپس در رقم سهند و ژنوتیپ ۴۰-۱۳ با افزایش بیشتر شوری تا سطح ۴/۸ گرم در لیتر غلظت مس کاهش یافت که میزان کاهش غلظت مس نسبت به گیاهان شاهد معنی‌دار نبود. در پایه GF_{677} با افزایش شوری، مقدار مس به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد کاهش یافت بطوریکه کمترین غلظت مس در دو سطح شوری ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر مشاهده شد (جدول ۵). این نتایج نشان می دهد که رقم شکوفه و به مقدار کمتری رقم سهند و ژنوتیپ ۴۰-۱۳، از طریق افزایش مس در برگ‌ها تا حدودی با اثرات منفی سدیم مقابله می کنند (جدول ۵). گزارش شده است که مس از جمله عناصر ضروری و کم مصرف برای رشد و توسعه گیاهان بوده و در فتوسنتز، تنفس میتوکندری، پاسخ به تنش‌های اکسیداتیو و متابولیسم دیواره سلول شرکت می کند (۱۵ و ۲۰). در شرایط تنش، عدم توازن بین فرآیند جذب انرژی و مصرف آن توسط اندام فتوسنتزی باعث تولید انواع اکسیژن فعال(ROS) می‌گردد (۱۳ و ۲۰). مهم ترین سیستم‌های جمع‌آوری کننده ROS در گیاهان، آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسیددسموتاز هستند. مس به عنوان کوفاکتور در برخی آنزیم‌ها مانند سوپراکسید دسموتاز عمل می کند (۲۰ و ۲۷). از این سوء با توجه به نقش این عنصر در گیاهان، ژنوتیپ‌های پیوندی در مقایسه با پایه‌های GF_{677} (پیوند نشده)، از طریق افزایش در جذب این عنصر در رقابت با سدیم، توانستند تا حدودی با اثرات منفی این عنصر مقابله کنند. نتایج نشان دادند که غلظت مس در ریشه تحت تاثیر نوع پیوندک و غلظت شوری قرار گرفت. بر اساس نتایج به دست آمده در ریشه پایه‌های پیوندی، با افزایش مقدار شوری تا سطح ۱/۲ گرم در لیتر غلظت مس به طور غیر معنی‌داری افزایش یافت. سپس در پایه‌هایی که رقم شکوفه روی آن‌ها پیوند شده بودند، با افزایش شوری و در سطح ۳/۶ گرم در لیتر و بیشتر از آن و در ریشه پایه‌هایی که ژنوتیپ ۴۰-۱۳ و رقم سهند روی آن‌ها پیوند شده بودند، با افزایش شوری و در سطح ۲/۴ گرم در لیتر و بیشتر از آن، غلظت مس به طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد کاهش یافت. غلظت مس در ریشه پایه‌های شاهد (پیوند نشده) با افزایش شوری و در سطح ۲/۴ گرم در لیتر و بیشتر از آن، به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد کاهش یافت (جدول ۶).

برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر غلظت آهن در برگ و ریشه

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که نوع پیوندک و غلظت شوری بر مقدار آهن برگ موثر می باشد. بر اساس نتایج به دست آمده، در رقم شکوفه با اعمال تنش شوری و افزایش غلظت آن تا سطح ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر مقدار آهن برگ بطور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد، افزایش یافت. مقدار آهن در برگ‌های ژنوتیپ ۴۰-۱۳ تا سطح ۲/۴ گرم در لیتر و در رقم سهند و پایه GF_{677} تا تیمار ۱/۲ گرم در لیتر به طور غیر معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد افزایش یافت. سپس در رقم سهند و ژنوتیپ ۴۰-۱۳ با افزایش بیشتر سطح شوری و در تیمار ۴/۸ گرم در لیتر و در پایه‌های GF_{677} در تیمارهای ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر غلظت آهن، به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد کاهش یافت (جدول ۵). محققین دیگر نیز، اثر تیمار شوری کلرید سدیم را بر میزان جذب عناصر غذایی در بادام تلخ در محیط کشت درون شیشه‌ای را بررسی و گزارش کردند که با افزایش سطوح شوری، غلظت آهن کاهش و غلظت عناصر سدیم و کلر افزایش می‌یابند (۲۳).

نتایج نشان دادند که مقدار آهن ریشه تحت تاثیر برهمکنش نوع پیوندک و غلظت شوری قرار گرفت. بر اساس نتایج به دست آمده، غلظت آهن در ریشه پایه‌هایی که رقم شکوفه روی آن‌ها پیوند شده بودند، با افزایش غلظت شوری و در سطح ۲/۴ گرم در لیتر و بیشتر از آن، بطور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد، کاهش یافت. کمترین مقدار آهن در پایه‌هایی که رقم شکوفه روی آن‌ها پیوند شده بودند و در تیمار ۴/۸ گرم در لیتر مشاهده شد. در ریشه پایه‌هایی که ژنوتیپ ۴۰-۱۳ روی آن‌ها پیوند شده بودند، با افزایش غلظت شوری و در سطح ۲/۴ گرم در لیتر غلظت آهن به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد، کاهش یافت. سپس در ریشه پایه‌هایی که این ژنوتیپ روی آن‌ها پیوند شده بودند، با افزایش بیشتر غلظت شوری تا سطح ۴/۸ گرم در لیتر، مقدار آهن بطور غیر معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد، افزایش یافت. در ریشه پایه‌هایی که رقم سهند روی آن‌ها پیوند شده بودند و پایه‌های شاهد (بدون پیوند)، بترتیب با افزایش غلظت شوری تا سطح ۳/۶ گرم در لیتر و ۱/۲ گرم در لیتر و بیشتر از آن، مقدار آهن ریشه بطور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد، افزایش یافت. در مجموع بیشترین تجمع آهن در ریشه پایه‌های شاهد (بدون پیوند) و در تیمار ۴/۸ گرم در لیتر مشاهده شد. بررسی‌های مربوط به جذب کاتیون‌های چند ظرفیتی، مانند آهن، در فضای آزاد آپوپلاست ریشه نشان داده است که آهن می‌تواند به صورت پیوند غیریونی به گروه-هایی مانند پراکسیدازهای موجود روی دیواره سلولزی ریشه بچسبد.

جدول ۵-برهمکنش تیمار شوری و ژنوتیب بر غلظت عناصر غذایی برگ ارقام بادام

Table 5. Interaction salinity treatment and genotype on leaf nutrition elements concentrations of almond cultivars

ژنوتیپ Genotype	شوری Salinity (gr/l)	شوری Salinity (ds/m)	پتاسیم K (%)	کلسیم Ca (%)	کلسیم +منیزیم Ca+ Mg (%)	منیزیم Mg (%)	فسفر P (%)	سدیم Na (%)	کلر Cl (%)	روی Zn (ppm)	مس Cu (ppm)	آهن Fe (ppm)	نسبت سدیم به پتاسیم Na/K	نسبت سدیم به کلسیم Na/Ca	نسبت سدیم به منیزیم Na/Mg	نسبت سدیم به فسفر Na/P
	0	0.5	1.50 f-h	1.21 f	2.08 fg	0.88 cd	0.160 c	0.35 c	0.05 h	52.32 fg	9.44 d-g	17.35 g	0.23 f	0.28 d-f	0.40 e	2.19 c
	1.2	2.5	1.55 e-h	1.36 ef	2.46 de	1.10 ab	0.166 b	0.38 c	0.50 h	56.06 d-f	9.76 b-e	18.92 fg	0.25 f	0.29 d-f	0.35 e	2.30 c
شکوفه	2.4	4.9	1.60 d-g	1.24 f	2.46 de	1.22 a	0.174 b	0.45 c	1.16 g	60.73 c-e	9.75 bc	20.05 e-g	0.28 f	0.36 c-f	0.37 e	2.60 c
Shokofeh	3.6	7.3	1.66 b-e	1.16 f	1.94 gh	0.80 cd	0.162 c	0.55 c	1.39 fg	50.45 f-h	9.63 c-g	22.30 c-f	0.33 f	0.48 c-f	0.71 de	3.42 c
	4.8	9.8	1.71 a-d	1.12 f	1.85 h	0.73d-h	0.157 c	0.69 c	1.91 ef	45.78 gh	9.52 c-g	24.55 b-e	0.40 f	0.62 cd	0.94 de	4.93 c
	0	0.5	1.71 a-d	1.95 cd	3.20 b	1.26 a	0.169 b	0.35 c	0.33 h	76.51 a	9.48 c-g	18.25 fg	0.21 f	0.18 f	0.28 e	0.82 c
	1.2	2.5	1.79 ab	1.76 c-e	2.66 d	0.90 cd	0.171 b	0.45 c	1.22 g	62.60 cd	9.51 c-g	18.92 fg	0.25 f	0.26 ef	0.52 de	2.65 c
۱۳-۴۰	2.4	4.9	1.84 a	1.40 ef	2.23 f	0.83 cd	0.155 c	0.62 c	1.44 fg	43.91 h	9.44 c-g	20.50 d-g	0.34 f	0.47 c-f	076 de	4.00 c
13-40	3.6	7.3	1.66 b-e	1.28 ef	1.87 h	0.58 e-i	0.151 d	1.35 b	2.38 de	35.03 i	9.38 e-g	18.47 fg	0.81 de	1.04 b	2.97 bc	8.85 b
	4.8	9.8	1.57 d-h	1.08 f	1.62 i	0.53 hi	0.146 d	2.02 a	3.44 b	32.70 i	9.33 g	8.56 h	1.27 bc	1.85 a	3.77 b	13.80 a
	0	0.5	1.76 a-c	1.36 ef	2.12 fg	0.76 c-f	0.164 c	0.41 c	0.33 h	50.32 f-h	9.59 c-g	27.25 ab	0.24 f	0.31 d-f	0.55 de	2.55 c
	1.2	2.5	1.79 ab	1.52 d-f	2.25 f	0.74 c-g	0.164 c	0.55 c	1.17 g	53.25 e-g	9.67 b-e	30.86 a	0.31 f	0.36 c-f	0.75 de	3.39 c
سهند	2.4	4.9	1.65 c-e	1.34 ef	2.07 fg	0.73d-h	0.159 c	0.76 c	2.44 de	55.12 d-f	9.75 bc	26.13 bc	0.46 f	0.56 c-e	1.04 c-e	4.77 c
Sahand	3.6	7.3	1.60 d-g	1.28 ef	1.83 h	0.55 g-i	0.154 d	1.57 b	3.28 bc	43.91 h	9.52 c-g	23.88 b-e	0.99 cd	1.22 b	2.88 bc	10.15 b
	4.8	9.8	1.47 gh	1.05 f	1.44 i	0.38 ij	0.153 d	2.05 a	4.94 a	43.91 h	9.37 e-g	11.49 h	1.39 b	1.92 a	5.62 a	13.44 a
	0	0.5	1.05 j	2.53 ab	3.48 a	0.95 bc	0.182 a	0.38 c	0.55 h	76.61 a	10.05 a	25.01 b-d	0.35 f	0.15 f	0.41 e	0.82 c
	1.2	2.5	1.32 i	2.76 a	3.61 a	0.85 cd	0.169 b	0.49 c	1.11 g	72.41 ab	9.93 ab	27.48 ab	0.36 f	0.17 f	0.57 de	2.88 c
Gf_{677}	2.4	4.9	1.62 d-f	2.21 bc	2.99 c	0.78 c-e	0.166 b	0.59 c	1.69 fg	66.33 bc	9.70 b-d	22.08 c-g	0.37 f	0.27 ef	0.75 de	3.52 c
	3.6	7.3	1.44 hi	2.08 bc	2.65 d	0.56 f-i	0.160 c	1.34 b	2.08 cd	50.45 f-h	9.64 b-f	18.24 fg	0.99 cd	0.69 c	2.57 b-d	8.98 b
	4.8	9.8	1.05 j	1.30 ef	1.63 i	0.33 j	0.151 d	2.12 a	4.94 a	42.98 h	9.35 fg	12.61 h	2.03 a	1.62 a	6.81 a	14.07 a

میانگین هایی که در هر ستون و براي هر صفت داراي حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معني داري با يکديگر ندارند.

Means in each column and for each factor, followed by similar letter(s) are not significantly different at the 1% probability level- using Duncan's Multiple Range Test.

جدول ٦-برهمکنش تیمار شوری و ژنوتیپ بر غلظت عناصر غذایی ریشه‌های پایه GF_{677}

Table 5. Interaction salinity treatment and genotype on concentrations of GF_{677} roots nutrition elements

ژنوتیپ Genotype	شوری Salinity (gr/l)	شوری Salinity (ds/m)	پتاسیم K (%)	کلسیم Ca (%)	کلسیم+منیزیم Ca+Mg (%)	منیزیم Mg (%)	فسفر P (%)	سدیم Na (%)	کلر Cl (%)	روی Zn (ppm)	مس Cu (ppm)	آهن Fe (ppm)	نسبت سدیم به پتاسیم Na/K	نسبت سدیم به کلسیم Na/Ca	نسبت سدیم به منیزیم Na/Mg	نسبت سدیم به فسفر Na/P
شکوفه Shokofeh	0	0.5	0.48 e-g	0.31 gh	0.77 ef	0.46 a	0.117 b	0.41 h-j	0.38 l	19.95 g-i	7.27 a-c	79.31 c	0.85 gh	1.33 f-i	0.91 i	3.49 h-j
	1.2	2.5	0.50 d-f	0.36 g	0.65 gh	0.29 c-e	0.116 b	0.48 g-j	0.89 hi	19.61 g-i	7.35 ab	74.59 c	0.98 f-h	1.37 f-i	1.68 g-i	4.15 g-j
	2.4	4.9	0.55 b-d	0.31 gh	0.58 hi	0.27 c-e	0.115 b	0.55 f-j	1.28 fg	18.31 hi	7.05 c-f	43.83 i-k	1.01 f-h	1.80 fg	2.08 f-i	4.80 f-h
	3.6	7.3	0.48 e-g	0.25 h-j	0.52 ij	0.26 d-f	0.113 c	0.79 c-f	2.05 bc	17.99 hi	6.86 g-i	39.10 k	1.68 d-f	3.16 de	2.97 d-h	7.01 cd
	4.8	9.8	0.42 g	0.22 j-k	0.46 jk	0.24 e-g	0.111 c	0.88-d	2.66 a	17.33 i	6.79 h-j	32.48 l	2.09 cd	3.97 b-d	3.71 c-e	7.92 bc
۱۳-۴۰ 13-40	0	0.5	0.57 a-c	0.44 e	0.82 de	0.38 b	0.120 b	0.32 j	0.55 j-l	27.47 c	7.30 a-c	50.14 gh	0.56 h	0.73 h-j	0.84 i	2.64 j
	1.2	2.5	0.59 ab	0.46 e	0.78 de	0.32 b-d	0.120 b	0.55 f-j	0.83 h-j	24.20 de	7.38 a	45.89 h-j	0.94 gh	1.20 f-j	1.75 g-i	4.59 f-i
	2.4	4.9	0.62 a	0.48 e	0.70 fg	0.22 e-h	0.122 b	0.72 d-g	1.28 fg	23.54 e	7.01 e-g	41.62 jk	1.15 e-h	1.49 f-i	3.32 c-f	5.90 d-f
	3.6	7.3	0.52 c-e	0.29 hi	0.48 jk	0.19 f-i	0.123 b	0.86-e	1.83 cd	22.23e-g	6.74 i-k	45.41 h-j	1.68 d-f	2.93 e	4.61 c	7.01 cd
	4.8	9.8	0.48 e-g	0.23 i-k	0.41 k	0.17 g-i	0.125 a	1.03 bc	2.22 b	22.89 ef	6.67 jk	49.67 g-i	2.16 cd	4.33 bc	6.09 b	8.26 bc
سهند Sahand	0	0.5	0.46 e-g	0.42 ef	0.76 ef	0.34 bc	0.117 b	0.36 ij	0.72 i-k	22.89 ef	7.24 a-c	50.88 gh	0.79 gh	0.86 g-j	1.06 i	3.11 ij
	1.2	2.5	0.50 d-f	0.36 fg	0.62 h	0.27 c-e	0.118 b	0.60 e-i	1.05 i-h	19.62 g-i	7.28 a-c	51.09 gh	1.21 e-h	1.66 f-h	2.35 e-i	5.10 c-e
	2.4	4.9	0.46 e-g	0.22 jk	0.44 k	0.25 d-f	0.119 b	0.79 c-f	1.55 c-e	17.98 hi	6.96 fg	54.40 fg	1.73 c-e	3.58 c-e	3.09 c-g	6.65 e-h
	3.6	7.3	0.44 fg	0.20 jk	0.44 k	0.24 e-g	0.120 b	0.91 b-d	1.77 b-d	20.60 f-h	6.73 i-k	57.03 ef	2.05 cd	4.63 b	3.68 c-e	7.61 bc
	4.8	9.8	0.33 h	0.18 k	0.42 k	0.23 e-g	0.122 b	1.07 b	2.05 bc	22.23 e-g	6.64 jk	62.28 de	3.22 b	5.86 a	4.51 cd	8.80 b
Gf_{677}	0	0.5	0.35 h	0.93 a	1.15 a	0.22 e-h	0.113 c	0.32 j	0.44 l	28.12 bc	7.18 b-d	45.57 h-j	0.86 gh	0.33 j	1.42 hi	2.78 j
	1.2	2.5	0.44 fg	0.97 a	1.14 a	0.17 g-i	0.114 c	0.65 d-h	0.89 kl	26.48 cd	7.13 c-e	63.23 d	1.47 d-g	0.66 ij	3.08 c-e	5.69 d-g
	2.4	4.9	0.52 c-e	0.82 b	0.99 b	0.17 g-i	0.120 b	0.84 b-e	1.31 fg	30.08 b	6.93 f-h	79.31 c	1.64 d-f	0.71 f-j	4.10 cd	6.96 cd
	3.6	7.3	0.46 e-g	0.76 c	0.91 c	0.15 hi	0.122 b	1.10 b	1.47 ef	32.70 a	6.71 i-k	99.65 b	2.40 c	1.45 f-i	7.20 b	9.05 b
	4.8	9.8	0.33 h	0.70 d	0.85 cd	0.14 i	0.115 b	1.39 a	1.72 de	34.66 a	6.59 k	139.55 a	4.19 a	1.97 f	9.67 a	11.94 a

میانگین هایی که در هر ستون و برای هر صفت دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱% اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column and for each factor, followed by similar letter(s) are not significantly different at the 1% probability level- using Duncan's Multiple Range Test.

لذا این گونه چسبیدن کاتیون در آپوپلاست می‌تواند به گونه‌ای معنی‌دار به میزان کل کاتیون ریشه کمک کند (۸). در این تحقیق، یون آهن توسط ریشه‌ها جذب می شدند ولی مقدار انتقال آن به اندام هوایی تحت تنش شوری با توجه به نوع ژنوتیپ پیوندی، متفاوت بود. به‌طور کلی نتایج حاصل از بررسی غلظت آهن در برگ و ریشه نشان داد که رقم شکوفه در انتقال آهن به بخش‌های هوایی گیاه از سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده، کاراتر است. به‌طوری‌که در این تحقیق، غلظت آهن در برگ‌های رقم شکوفه و در سطوح ۴/۸ گرم در لیتر نسبت به غلظت آهن در برگ‌های پایه شاهد به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. همچنین غلظت آهن در ریشه پایه‌هایی که رقم شکوفه روی آن‌ها پیوند شده بودند، در تمامی سطوح شوری مطالعه شده به‌طور معنی‌داری کمتر از ریشه پایه‌های شاهد (پیوند نشده) بود.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که نوع پیوندک و سطح از شوری بر غلظت عناصر غذایی برگ و ریشه موثر است. در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده، بیشترین مقدار کلر و سدیم، نسبت سدیم به پتاسیم، سدیم به کلسیم، سدیم به منیزیم، سدیم به فسفر و کمترین مقدار کلسیم، منیزیم، فسفر، پتاسیم، روی و مس برگ، در شوری ۴/۸ گرم در لیتر، مشاهده شد. همچنین، بیشترین مقدار کلر و سدیم، نسبت سدیم به پتاسیم، سدیم به کلسیم، سدیم به منیزیم، سدیم به فسفر و کمترین مقدار پتاسیم، کلسیم، منیزیم، فسفر و مس ریشه، در تیمار شوری ۴/۸ گرم در لیتر، مشاهده شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که نوع پیوندک در ممانعت از جذب سدیم و کلر توسط ریشه و انتقال آن به قسمت هوایی موثر است. غلظت کلر و سدیم، نسبت سدیم به پتاسیم و سدیم به فسفر در سطوح شوری ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر و نسبت سدیم به کلسیم و سدیم به منیزیم در شوری ۴/۸ گرم در لیتر در رقم شکوفه، به‌طور معنی‌داری از سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده، کمتر بود. همچنین، این رقم توانست، در سطوح شوری ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر، از طریق افزایش معنی‌دار پتاسیم و آهن نسبت به گیاهان شاهد، به مقدار بیشتری از سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده در این تحقیق ، با اثرات مخرب سدیم مقابله کند. در مجموع در این تحقیق، رقم شکوفه، به عنوان متحمل‌ترین رقم به شوری تشخیص داده شد.

منابع

1- Alpaslan M., Inal A., Gunes A., Cikili Y., and Ozcan H .1999. Effect of zinc treatment on the alleviation of sodium and chloride injury tomato (*Lycopersicum esculentum* L. Mill, c.v lale) grown under salinity. Turkish Journal of Botany, 23: 1-6

2- Banuls J., and Primo E .1995. Effect of salinity on some citrus scion-rootstock combination. Annals of Botany,76: 97-102

3- Behboudian M.H., Torokfalvy E., and Walker R.R. 1986. Effects of salinity on ionic content, water relations and gas exchange parameters in some citrus scion—Rootstock combinations. Scientia Horticulturae, 28, 1: 105-116.

4- Emami A. 1996. Methods of plant analysis. Agricultural Research and Education Organization. Soil and Water Institute. 130 Pp.

5- FAO. 2011. Food and Agricultural commodities production. http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx.

6- Garcia-Sanchez F., and Syvertsen J.P. 2006. Salinity tolerance of Cleopatra mandarin and carrizo citrange citrus rootstock seedlings is affected by CO2 enrichment during growth. American Society for Horticultural Science, 131:24- 31.

7- Garcia-Sanchez F., Syvertsen J.P., Martinez V., and Melgar J.C. 2006. Salinity tolerance of "Valencia" orange trees on rootstocks with contrasting salt tolerance is not improved by moderate shade. Experimental Botany, 121:1-10

8- Grattan S. R. 2002. Irrigation water salinity and crop production. University of California. Agriculture and Natural Resourses Publication. 8066

9- Heiydari Sharif Abad H. 2001. Plant and salinity. Research Institute of Forests and Rangelands. 71 Pp.

10- Maas E.V. and Hoffman G.J. 1977. Crop salt tolerance: current assessment. Irrigation and Drainage Engineering, 103: 115- 134.

11- Mahajan Sh., and Tuteja N. 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. Archives of biochemistry and Biophysics, 444: 139-158.

12- Marschner H. 1995. Functions of mineral nutrients: Micronutrients. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press Limited. San Diego. CA. 313-396.

13- Mittler R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends Plant Sciences, 7: 405-410.

14- Momenpour A., Bakhshi D., Imani A. and Rezaie H. 2015. Effect of salinity stress on growth characteristics and concentrations of nutrition elements in Almond (*Prunus dulcis*) 'Shahrood 12', 'Touno' cultivars and '1-16'

genotype budded on GF_{677} rootstock. Journal of Agricultural Crops Production, 17 (1): 112-133. (in Persian with English abstract).
15- Momenpour A., Imani A., Bakhshi D., and Rezaie H. 2015. Evaluation of salinity tolerance in some almond genotypes grafted on GF_{677} rootstock base on morphological characteristic and chlorophyll fluorescence. Journal of Plant Process and function, 3 (10): 9-28. (in Persian with English abstract).
16- Montaium R., Hening H., and Brown P.H. 1994. The relative tolerance of six Prunus rootstocks to boron and salinity. American Society for Horticultural Science, 6: 1169-1175.
17- Oreie M., Tabatabaei S.J., Fallahi E., and Imani A. 2009. The effects of salinity stress and rootstock on the growth, photosynthetic rate, nutrient and sodium concentrations of almond (*Prunus dulcis* Mill.). Journal of Horticultural Sciences, 23 (2): 131-140. (in Persian with English abstract).
18- Papadakis I.E., Veneti G., Chatzissavvidis C., Sptiropoulos T.E., Dimassi N., and Therios I. 2007. Growth, mineral composition, leaf chlorophyll and water relationships of two cherry varieties under NaCl-induced salinity stress. Soil Science and Plant Nutrition, 53: 252-258.
19- Rahemi M., Nagafian Sh., and Tavallaie V. 2008. Growth and chemical composition of hybrid GF_{677} influenced by salinity levels of irrigation water. Plant sciences, 7 (3): 309-313.
20- Raven J.A., Evans M.C.W., and Krob R.E. 1999. The role of trace metals in photosynthetic electron transport in O2- evolving organisms. Photosynthesis Research, 60: 111-149.
21- Rezaie M., Lesani H., Babalar M., and Talaei, A. 2006. Effect salinity of NaCl on growth characteristics and nutrition elements of five olive cultivar. Journal of Agriculture Science, 37 (2): 293-301. (in Persian with English abstract).
22- Saied A.S., Keutgen A.J., and Noga, G. 2005. The influence of NaCl salinity on growth, yield and fruit quality of strawberry cvs. Elsanta and Korona. Scientia Horticulturae, 103: 289-303.
23- Shibli R.A., Shatnawi M.A., and Swaidat I.Q. 2003. Growth, osmotic adjustment and nutrient acquisition of bitter almond under induced sodium chloride salinity in vitro. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 34: 1969-1979.
24- Staples R.C., and Toenniessen G.H. 1984. Salinity tolerance in plants. John Wiley and sons. pp" 443.
25- Szczerba M.W., Britto D.T., and Kronzucker H.J. 2009. K^+ transport in plants: physiology and molecular biology, Plant Physiology. 166: 447-466.
26- Szczerba M.W., Britto D.T., Balkos K.D., and Kronzucker H.J. 2008. $NH4^+$-stimulated and -inhibited components of K^+ transport in rice (*Oryza sativa* L.). Experimental Botany, 59: 3415–3423.
27- Yruela I. 2005. Copper in plants. Braz. Plant Physiology, 17:145-156.