

ارزیابی خصوصیات رشدی و غلظت عناصر غذایی در چهار ژنوتیپ بادام پیوندشده روی پایه GF₆₇₇ تحت تنش شوری

علی مؤمن پور^۱، علی ایمانی^۲، داود بخشی^{۳*} و حامد رضایی^۴

۱ و ۳. دانشجوی سابق دکتری و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۲. دانشیار، مؤسسه نهال و بذر کرج، کرج، ایران

۴. استادیار، مؤسسه آب و خاک کرج، کرج، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۲۶ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۵/۱۸)

چکیده

ترکیب پایه و پیوندک، خصوصیات رشدی و غلظت عناصر غذایی برگ و ریشه بادام را در شرایط شوری، تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این پژوهش، آثار شوری آب بر خصوصیات رشدی و غلظت عناصر غذایی برگ و ریشه تعدادی از ژنوتیپ‌ها و ارقام بادام بررسی شد. ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده شامل مامایی، نان پاریل، A₂₀₀ و 1-25 پیوندشده روی پایه GF₆₇₇ و پایه GF₆₇₇ (پیوندنشده) و شوری آب آبیاری شامل ۰، ۱/۲، ۲/۴، ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر نمک بودند. نتایج نشان داد با افزایش شدت شوری، قطر پیوندک، ارتفاع پیوندک، تعداد برگ تولیدی و درصد برگ‌های سبز کاهش یافت و در مقابل، درصد برگ‌های نکروزه و ریزش‌یافته افزایش یافت. همچنین در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، 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 آهن در ریشه، در شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر، مشاهده شد. ژنوتیپ 1-25 در تمامی سطوح شوری، دارای کمترین مقدار کلر و سدیم، کمترین نسبت‌های سدیم به پتاسیم، سدیم به کلسیم، سدیم به منیزیم و سدیم به فسفر بود. این ژنوتیپ، توانست در شوری ۷/۳ دسی‌زیمنس بر متر، از طریق افزایش پتاسیم (۱/۱۹ درصد)، مس (۹/۵۶ قسمت در میلیون)، آهن (۲۷/۴۸ قسمت در میلیون) و روی (۶۶/۸۰ قسمت در میلیون)، به مقدار بیشتری از سایر ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، با آثار مخرب سدیم مقابله کند. در مجموع ژنوتیپ 1-25 و رقم مامایی به ترتیب، متحمل‌ترین ژنوتیپ و حساس‌ترین رقم به شوری تشخیص داده شدند.

واژه‌های کلیدی: بادام، پایه GF₆₇₇، تنش شوری، عناصر پرمصرف، عناصر کم‌مصرف، رقم

مامایی، ژنوتیپ 1-25.

مقدمه

اراضی به قدری شورند که تولید محصول در آنها اقتصادی نیست و در بسیاری از اراضی به دلیل تجمع نمک، امکان کشت سالیانه وجود ندارد (Tanji, 1990; Munns, 1993). شوری، بیشتر در نواحی خشک و

۶ درصد از مساحت کل کره زمین شور است و از این مقدار، حدود ۴۵ میلیون هکتار که جزء اراضی آبیاری به شمار می‌روند، شورند (Munns, 1993). برخی از

پتاسیم، تحمل بالاتری نسبت به نمک کلرید سدیم در مقایسه با پایه بذری تووانو^۱ (هیبرید بین رقم خودگرده افشان تونو^۲ و رقم ژنکو^۳ در شرایط گرده افشانی کنترل شده) داشته است و می تواند شوری تا ۵۰ میلی مولار (۵/۲ دسی زیمنس بر متر) را نیز تحمل کند (Oreie et al., 2009). بنابراین، با توجه به گزارش های موجود، از این پایه می توان به منزله یک پایه متحمل به شوری برای مناطقی با شوری متوسط استفاده کرد.

پژوهش های انجام شده، نشان می دهد که شاخص های رشدی بادام از جمله رشد طولی، قطر تنه، ضخامت برگ ها و حوزه گسترش ریشه ها با افزایش شوری، کاهش می یابند که علت این کاهش رشد و عملکرد را به غلظت کل نمک های محلول و پتانسیل اسمزی محلول خاک نسبت داده اند (Rahemi et al., 2008; Munns & Tester, 2008). مطالعاتی که در مورد تأثیر سطوح شوری ۰، ۱/۸ و ۳/۶ گرم در لیتر کلرید سدیم روی ارقام مختلف بادام انجام شده است، نشان داده است که ارقام بادام واکنش متفاوتی به سطوح مختلف شوری نشان می دهند (Noitsakis et al., 1997). در پژوهشی اثر شوری آب آبیاری در ۴ سطح ۰، ۴، ۸ و ۱۶ دسی زیمنس بر متر بر خصوصیات مورفولوژی برخی ارقام دیرگل بادام که روی پایه GF₆₇₇ پیوند شده بودند بررسی شدند و مشخص شد که با افزایش سطح شوری، شاخص های رشدی گیاهان به طور معناداری کاهش می یابند و کمترین میزان رشد و درصد نکروزه شدن برگ در سطوح شوری ۸ و ۱۶ دسی زیمنس بر متر به ترتیب در ارقام آراز، اسکندر و نان پاریل^۴ و بیشترین درصد نکروزه شدن برگ به ترتیب در رقم های منقا، سهند و آذر مشاهده شد (Bay bardi, 2013). مقایسه تحمل به شوری رقم های باغی و وحشی بادام نیز نشان داده است که با افزایش سطوح شوری، نشانه سوختگی در حاشیه برگ بادام های باغی به تدریج ظاهر و با حالت پیش رونده در

نیمه خشک و مناطقی که بارندگی به حد کافی برای شست و شوی نمک ها از ناحیه ریشه کافی نیست، مشکل ساز است (Epstein & Rains, 1987). حدود یک سوم مساحت خاک های شور دنیا در قاره آسیا قرار دارد (Munns, 1993). حدود ۱۲ درصد از کل مساحت ایران (۱۹ میلیون هکتار) به صورت کشت و آیش و به منظور تولیدات کشاورزی استفاده می شود و گفته می شود که نزدیک به ۵۰ درصد این سطح زیر کشت به درجات مختلف با مشکل شوری، قلیایی بودن و غرقابی بودن روبه روست. تلاش های زیادی در راستای مقابله با شوری انجام گرفته است که از جمله مهم ترین آن ها می توان به توسعه پایه ها و ارقام مقاوم به شوری اشاره کرد. پژوهش های متعددی نشان داده اند که آستانه تحمل به شوری بیشتر درختان میوه هسته دار مثل بادام نسبت به تنش شوری پایین است به طوری که تا هدایت الکتریکی ۱/۵ دسی زیمنس بر متر کاهشی در عملکرد آن ها مشاهده نمی شود، در حالی که در شوری 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 می شود (Hassan & El-Azayem, 1990; Maas & Hoffman, 1977; Ottman & Byrne, 1988). در پژوهش های انجام شده در زمینه بررسی میزان تحمل پایه های مختلف بادام نسبت به تنش شوری مشخص شده است که پایه GF₆₇₇ متحمل به شوری است، در حالی که پایه نماگارد [*P. persica* X *P. davidiana*]. حساسیت بالایی به شوری دارد (Montaium et al., 1994). تحمل پایه GF₆₇₇ نسبت به سطوح مختلف شوری حاصل از کلرید سدیم بررسی شده و نشان داده است که این پایه نسبت به شوری متحمل است به طوری که شوری تا ۶۰ میلی مولار (۵/۵ دسی زیمنس بر متر) را تحمل می کند (Rahemi et al., 2008). همچنین گزارش شده است که پایه GF₆₇₇ از طریق مکانیسم تدافعی ایجاد محدودیت در جذب و یا انتقال سدیم به قسمت های هوایی و نیز حفظ سطح مناسبی از

1. Touvano
2. Touno
3. Genco
4. Non Pareil

بر دانه‌های ۴ رقم بادام (آذر، سهند، تونو و نان‌پاریل) بررسی و گزارش شده است که با افزایش سطح شوری، مقدار سدیم، کلر و نسبت سدیم به پتاسیم در ساقه هر چهار رقم به‌طور معناداری افزایش پیدا کرد، به‌طوری‌که کمترین میزان این نسبت مربوط به رقم سهند بود که نشان‌دهنده انتقال کمتر سدیم و کلر از ریشه به ساقه و انتقال مقدار زیاد پتاسیم به بخش هوایی این رقم است (Gerigorian *et al.*, 2002). با بررسی اثر تنش شوری کلرید سدیم بر رشد رویشی و تولید میوه دو رقم توت‌فرنگی السانتا^۱ و کرونا^۲ گزارش شد که غلظت یون کلر در هر دو رقم با افزایش شدت تنش شوری، به‌طور معناداری 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 به‌طور کلی، رقم کرونا 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 السانتا بود. یون کلر برخلاف یون سدیم سریعاً به برگ‌های گیاه انتقال می‌یابد و در واقع تحمل بیشتر رقم کرونا به شوری به‌علت جلوگیری از انتقال این یون به برگ‌های گیاه است (Saied *et al.*, 2005). با بررسی اثر تنش شوری کلرید سدیم بر وضعیت عناصر غذایی پنج رقم زیتون معلوم شد، شوری اثر معناداری بر غلظت نیتروژن و فسفر نداشت، ولی غلظت کاتیون‌های منیزیم، کلسیم و پتاسیم، بر 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 (Rezaie *et al.*, 2006). در پژوهشی اثر تنش شوری کلرید سدیم در ۴ سطح ۰ (شاهد)، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌مول بر لیتر بر غلظت عناصر غذایی برگ‌های دو رقم نارنگی کلمانترین و پرتقال واشینگتن ناول که روی پایه کلتوپاترا پیوند شده بودند، بررسی و گزارش شد

طول زمان، سبب پژمردگی و در نهایت ریزش کامل آن‌ها می‌شود، در حالی‌که بادام‌های وحشی چنین علائمی بروز ندادند (Rahmani *et al.*, 2003). بروز سوختگی حاشیه‌ای در برگ‌های گونه‌های باغی حساس به شوری، به کاهش محتوای نسبی آب و پتانسیل اسمزی، و تجمع یون‌ها و عناصر سمی از قبیل کلر و سدیم نسبت داده شده است (Karakas *et al.*, 2000).

مکانیسم‌های مختلفی در راستای تحمل شوری وجود دارند که از جمله آن‌ها می‌توان به توزیع یکنواخت یون‌های نمکی داخل واکونل‌های سلول، تجمع متابولیت‌های متعادل‌کننده اسمزی داخل سیتوپلاسم، قابلیت کاهش جذب کلر یا سدیم توسط ریشه‌ها و عدم انتقال کلر یا سدیم به قسمت‌های هوایی اشاره کرد (Mohajan & Toteja, 2005). در پژوهش‌های انجام‌شده روی گیاهان مختلف تحت شرایط تنش شوری نشان داده شده است که سدیم، سبب 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 پیرووات‌کیناز مؤثر است (Szczerba *et al.*, 2008; 2009). گیاه به‌صورت 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 (Mohajan & Toteja, 2005). اثر تیمار شوری ناشی از کلرید سدیم در سه غلظت ۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مول در لیتر بر غلظت عناصر غذایی در دو پایه GF₆₇₇ و تووانو بررسی و گزارش شد که با افزایش غلظت شوری غلظت پتاسیم، نیتروژن، فسفر کاهش و غلظت سدیم و کلر نسبت به شاهد افزایش یافت (Oreie *et al.*, 2009). اثر تیمار شوری کلرید سدیم بر میزان جذب عناصر غذایی در بادام تلخ در محیط کشت درون‌شیشه‌ای نیز 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 افزایش نشان دادند (Shibli *et al.*, 2003). اثر تیمارهای شوری آب آبیاری

1. Elsanta

2. Corona

این پژوهش، ابتدا پایه‌های GF₆₇₇ در اواخر اسفندماه 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 مطالعه‌شده در آغاز تیمار شوری در جدول ۴ آمده است).

به‌منظور اعمال تیمارهای شوری، از نمک‌های طبیعی جمع‌آوری شده از دریاچه نمک استان قم استفاده شد که ترکیب آن در جدول ۲ ارائه شده است. به‌منظور اجتناب از ایجاد شوک ناگهانی و پلاسمولیز، افزودن نمک‌ها به‌صورت تدریجی انجام گرفت. 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 در لیتر روی گیاهان، در مرتبه دوم (۳/۵ روز پس از آغاز اعمال تیمار شوری)، با تیمار ۳/۶ گرم در لیتر آبیاری شدند. درنهایت 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 (FC)، قبل از انتقال گیاهان به گلدان، به کمک دستگاه صفحه فشار (مدل F1 شرکت تجهیزات رطوبت خاک کشور آمریکا) تعیین شد. آبیاری گلدان‌ها با توجه به تغییرات وزن آن‌ها و در نظر گرفتن نیاز آبی، انجام شد و به هر گلدان در هر بار از اعمال تنش شوری، ۱/۹۹۰ لیتر آب از تیمار مورد نظر، اضافه شد. به‌طوری‌که طی دوره آزمایش (۹۱ روز)، تیمارهای شاهد و ۱/۲ گرم در لیتر، ۲۰ مرتبه، تیمار ۲/۴ گرم در لیتر، ۱۹ مرتبه و تیمار ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر تیمار، ۱۷ مرتبه، اعمال شدند. تعداد دفعات کمتر آبیاری در سطوح ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر به‌دلیل کاهش سرعت رشد گیاهان و کاهش

که میزان تجمع کلر و سدیم در برگ‌های پرتقال و اشینگتن ناول به‌طور معناداری بیشتر بود (Banuls & Primo, 1995). در پژوهش دیگری، غلظت عناصر غذایی در دو رقم گیلان 'Bigarreau Burlat' و 'Tragana Edessiss' پیوندشده بر روی پایه مازارد، تحت شرایط تنش شوری کلریدسدیم (۰، 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 هر دو رقم افزایش یافت به‌طوری‌که میزان افزایش در رقم 'Bigarreau Burlat' بیشتر بود. رقم 'Tragana Edessiss' سطح بالاتری از پتاسیم داشت. با توجه به بررسی سایر صفات گزارش شده بود که این رقم تحمل بیشتری نسبت به شوری دارد (Papadakis et al., 2007).

با توجه به مطالعات انجام‌شده، یکی از راه‌های پی‌بردن به میزان تحمل ارقام مختلف نسبت به تنش شوری از طریق بررسی خصوصیات رشدی و وضعیت عناصر غذایی در برگ و ریشه‌های آن‌هاست. بنابراین، این پژوهش با هدف بررسی اثر تنش شوری بر خصوصیات رشدی و غلظت عناصر غذایی ماکرو و میکرو در برگ‌های ارقام پیوندشده روی پایه GF₆₇₇ و اثر تنش شوری و نوع رقم پیوندی بر غلظت عناصر غذایی در ریشه‌های پایه GF₆₇₇ و انتخاب متحمل‌ترین ترکیب پایه و پیوندک به شوری انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، اثر تنش شوری بر غلظت عناصر غذایی در برگ و ریشه‌های تعدادی از ژنوتیپ‌ها و ارقام بادام به‌صورت آزمایشی فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور ژنوتیپ و شوری آب آبیاری (هر یک در ۵ سطح) با سه تکرار در سال ۱۳۹۲ در گلخانه تحقیقاتی مؤسسه نهال و بذر کرج بررسی شد. ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده شامل مامایی، نان پاریل، A₂₀₀ و 1-25 پیوندشده روی پایه GF₆₇₇ و پایه GF₆₇₇ (پیوندنشده) و شوری آب آبیاری شامل ۰، ۱/۲، ۲/۴، ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر نمک طبیعی (که به‌ترتیب هدایت الکتریکی برابر ۰/۵، ۲/۵، ۴/۹، ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر داشتند)، بودند. به‌منظور انجام

کاهش یافتند. همچنین، به منظور اطمینان از انجام نیاز آبشویی خاک گلدان‌ها، پس از هر مرتبه آبیاری، زه‌آب تعدادی از گلدان‌ها به‌طور 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).

تبخیر و تعرق توسط آن‌ها از یک طرف و وجود نمک بیشتر در خاک این گلدان‌ها بود. این شرایط سبب حفظ رطوبت به‌مدت بیشتری شده و فاصله زمان بین دو آبیاری در این تیمارها را افزایش می‌داد و در نتیجه تعداد دفعات آبیاری در تیمارهای شوری با غلظت‌های بالاتر در طول دوره آزمایش نسبت به گیاهان شاهد،

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مخلوط خاکی استفاده‌شده

| ویژگی | نماد | واحد | مقدار | ویژگی | نماد | واحد | مقدار |
|--------------------|-------------------|------------------|-------|--------------------|-------------------|----------------|-------|
| رطوبت اشباع | S.P | درصد | ۳۹ | بافت | Texture | - | لوم |
| رطوبت ظرفیت زراعی | FC | درصد | ۲۷/۳۳ | کلسیم محلول | Ca | قسمت در میلیون | ۱۲۳۰ |
| رطوبت نقطه پژمردگی | PWP | درصد | ۱۳/۸ | منیزیم | Mg | قسمت در میلیون | ۳۱۶/۲ |
| شوری | EC | دسی‌زیمنس بر متر | ۱/۲۸ | کربنات کلسیم معادل | T.N.V | درصد | ۱۳/۸ |
| واکنش خاک | pH | - | ۷/۵ | مس | Cu | قسمت در میلیون | ۲/۱۲ |
| نیترژن | N | درصد | ۰/۱۵ | روی | Zn | قسمت در میلیون | ۴/۸۶ |
| کربن آلی | O.C | درصد | ۱/۴۹ | آهن | Fe | قسمت در میلیون | ۲۷/۳۴ |
| فسفر قابل جذب | P _{avr.} | قسمت در میلیون | ۱۰۴/۹ | پتاسیم قابل جذب | K _{avr.} | قسمت در میلیون | ۶۹۰ |
| شن | Sand | درصد | ۴۶ | منگنز قابل جذب | Mn | قسمت در میلیون | ۱۶/۲۶ |
| سیلت | Silt | درصد | ۳۴ | سدیم محلول | Na | قسمت در میلیون | ۹۳/۱۵ |
| رس | Clay | درصد | ۲۰ | | | | |

جدول ۲. خصوصیات کیفی آب استفاده‌شده پس از ایجاد سطوح شوری مورد نظر

| نمونه آب استفاده‌شده با سطوح مختلف شوری | شوری (دسی‌زیمنس بر متر) | واکنش آب (pH) | سدیم (میلی‌گرم در لیتر) | کلر (میلی‌گرم در لیتر) | کلسیم (میلی‌گرم در لیتر) | منیزیم (میلی‌گرم در لیتر) | بی‌کربنات (میلی‌گرم در لیتر) | کربنات (میلی‌گرم در لیتر) | سولفات (میلی‌گرم در لیتر) |
|---|-------------------------|---------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| شاهد (صفر گرم در لیتر) | ۰/۵ | ۷/۳ | ۲۲/۱ | ۳۵/۵ | ۶۲ | ۱۷/۱ | ۹۸ | ۰ | ۴۹ |
| ۱/۲ گرم در لیتر | ۲/۵ | ۷/۴ | ۳۸۹ | ۶۶۴ | ۷۰ | ۲۰/۵۰ | ۱۲۶ | ۰ | ۵۹ |
| ۲/۴ گرم در لیتر | ۴/۹ | ۷/۶ | ۸۰۹ | ۱۳۸۶ | ۷۹ | ۲۲/۰۱ | ۱۳۷ | ۰ | ۷۴ |
| ۳/۶ گرم در لیتر | ۷/۳ | ۷/۷ | ۱۲۳۱ | ۲۱۱۳ | ۸۸ | ۲۳/۶ | ۱۴۹ | ۰ | ۹۹ |
| ۴/۸ گرم در لیتر | ۹/۸ | ۷/۸ | ۱۶۵۳ | ۲۸۳۶ | ۹۹ | ۲۵/۷ | ۱۵۹ | ۰ | ۱۳۴ |

جدول ۳. مقادیر شوری و واکنش خاک استفاده‌شده در گلدان‌ها پس از اعمال تنش شوری با سطوح مختلف

| نمونه خاک تیمار شده با سطوح مختلف شوری | شوری (دسی‌زیمنس بر متر) | واکنش خاک (pH) |
|--|-------------------------|----------------|
| شاهد (صفر گرم در لیتر) | ۱/۲ | ۷/۴ |
| ۱/۲ گرم در لیتر | ۳/۲ | ۷/۵۵ |
| ۲/۴ گرم در لیتر | ۵/۷ | ۷/۶۵ |
| ۳/۶ گرم در لیتر | ۸/۳ | ۷/۸ |
| ۴/۸ گرم در لیتر | ۱۰/۹ | ۷/۹ |

اندازه‌گیری شد و تعداد برگ‌های سبز و تعداد انشعابات آن‌ها یادداشت شد و مجدداً صفات مورد نظر در پایان آزمایش اندازه‌گیری و مقادیر افزایش‌یافته

به‌منظور ثبت میزان افزایش قطر، ارتفاع، تعداد برگ سبز و تعداد انشعابات گیاهان مورد نظر، قبل از شروع اعمال تیمار شوری، قطر و ارتفاع آن‌ها

شدند (Emami, 1996). همچنین مقدار کلسیم، منیزیم و روی به روش تیتراسیون اندازه‌گیری شدند (Emami, 1996). به منظور اندازه‌گیری کلر، ۰/۱ گرم از بافت‌های (ریشه و برگ) خشک‌شده در آون را با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن کرده و سپس به ارلن مایر ۵۰ میلی‌لیتری منتقل شدند. به نمونه‌ها ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر جوشان اضافه شد و سپس به مدت یک ساعت روی شیکر با ۱۲۰ دور در دقیقه قرار گرفتند و عصاره‌ها در چند مرحله کاملاً صاف و با آب مقطر به حجم رسانده شدند. ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره‌ها برداشته شدند و ۴ قطره دی‌کرومات پتاسیم به آن‌ها اضافه شد و با محلول نیترات نقره ۰/۰۵ نرمال تا ظهور رنگ قرمز آجری تیترا شدند. مقدار نیترات نقره مصرفی برای نمونه‌ها یادداشت و درصد کلر با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Staples & Toenniessen, 1984).

$$\text{حجم کل} \times ۱۰۰ \times \frac{۳۵}{۵} \times \text{نرمالیت نیترات نقره} \\ \times \text{نیترات نقره مصرفی (ml)} = \text{کلر (\%)} \\ ۱۰۰ \times \text{حجم عصاره} \times \text{وزن نمونه}$$

در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌های آماری، با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱)، انجام و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن و نرم‌افزار MSTATC (ورژن ۲.۱۰)، صورت گرفت.

محاسبه شدند. به منظور اندازه‌گیری میزان نکروزه شدن برگ‌ها، در پایان آزمایش تعداد برگ‌هایی با میزان نکروزگی کمتر از ۵۰ درصد و ۵۰ تا ۱۰۰ درصد شمارش شد. همچنین به منظور اندازه‌گیری میزان ریزش برگ، در طول مدت آزمایش، تعداد برگ‌های ریزش‌یافته تا پایان آزمایش یادداشت شد. تعداد برگ‌های سبز گیاه از طریق تفاضل تعداد کل برگ‌ها از (برگ‌های ریزش‌یافته + برگ‌های با نکروزگی کمتر از ۵۰ درصد + برگ‌هایی با نکروزگی ۵۰ تا ۱۰۰ درصد) محاسبه شد (Rahmani et al., 2003). به منظور اندازه‌گیری عناصر غذایی، پس از اتمام دوره آزمایش، برگ‌ها و ریشه‌ها جدا شدند و پس از شست‌وشوی دقیق، به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از خشک‌شدن برگ‌ها، نمونه‌ها با آسیاب برقی به صورت پودر درآورده شدند. پس از تهیه خاکستر از مواد گیاهی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد، عصاره‌گیری با استفاده از ۱۰ میلی‌لیتر کلریدریک اسید ۲ نرمال و آب مقطر و رساندن به حجم ۵۰ میلی‌لیتر انجام شد (Emami, 1996). در نهایت غلظت سدیم و پتاسیم در عصاره با دستگاه فلیم‌فوتومتر (Jenway, PFP7, England)، آهن، فسفر و مس با دستگاه اسپکتروفوتومتری (Canada BT600 Plus) به ترتیب در طول موج‌های ۵۱۵، ۴۷۰ و ۶۲۰ نانومتر اندازه‌گیری

جدول ۴. وضعیت رشدی ژنوتیپ‌های بادام مطالعه‌شده در شروع اعمال تیمار شوری

| ژنوتیپ | قطر پیوندک (میلی‌متر) | قطر پایه‌های شاهد در سطح خاک (میلی‌متر) | ارتفاع پایه‌های شاهد (سانتی‌متر) | ارتفاع پیوندک (سانتی‌متر) | تعداد برگ (شاخه اصلی) | تعداد انشعابات |
|-------------------|-----------------------|---|----------------------------------|---------------------------|-----------------------|----------------|
| 1-25 | ۵/۰۹ | - | - | ۳۲/۷۰ | ۴۴/۰۸ | ۱ |
| A ₂₀₀ | ۵/۴۰ | - | - | ۳۶/۱۱ | ۷۰/۵۳ | ۱ |
| مامایی | ۵/۰۴ | - | - | ۳۱/۱۲ | ۶۹/۶۲ | ۵/۵۴ |
| نان‌پاریل | ۵/۶۳ | - | - | ۴۳/۹۱ | ۵۷/۴ | ۱/۲۷ |
| GF ₆₇₇ | - | ۱۰/۲۶ | ۸۷/۴۱ | - | ۵۹/۹۳ | ۴/۱۳ |

تفاوت‌هایی که بین ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده هنگام آغاز تیمار شوری مشاهده می‌شود، به دلیل تفاوت در سرعت رشدی آن‌هاست و رشد آن‌ها داخل گلخانه با شرایط کنترل‌شده، انجام شده است.

نتایج و بحث

برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر خصوصیات رشدی براساس نتایج به دست آمده، در تمامی ژنوتیپ‌های

مطالعه‌شده، میزان افزایش قطر پیوندک طی دوره اعمال تنش شوری، با افزایش غلظت کلریدسدیم، کاهش یافت. کمترین میزان افزایش قطر در شاخه

ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده بود. این ژنوتیپ در طول دوره آزمایش در سطوح شوری ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر توانست به ترتیب ۴۵/۶۷ و ۳۲/۶۷ برگ جدید تولید کند و ارتفاع آن به ترتیب ۲۶/۷۰ و ۲۵/۸۰ سانتی‌متر افزایش یافت و در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر هیچ‌گونه کاهش رشدی نسبت به گیاهان شاهد نشان نداد (جدول ۵). پژوهش‌های انجام‌شده نشان می‌دهند که شاخص‌های مورفولوژیکی بادام از جمله رشد طولی شاخه، قطر تنه و ضخامت برگ‌ها با افزایش شوری، کاهش می‌یابند که علت کاهش رشد و عملکرد معمولاً مربوط به غلظت کل نمک‌های محلول و پتانسیل اسمزی محلول خاک است (Rahemi *et al.*, 2008; Munns & Tester, 2008).

نتایج بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و تنش شوری بر درصد برگ‌های سبز، برگ‌های نکروزه و ریزش برگ نشان داد که با اعمال تنش شوری و افزایش غلظت آن، در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، درصد برگ‌های سبز کاهش و درصد برگ‌های نکروزه و ریزش برگ افزایش یافت. پایه GF₆₇₇، بیشترین میزان نکروزه‌شدگی و ریزش برگ را در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر نشان داد. درصد برگ‌های ریزش‌یافته، برگ‌هایی با میزان نکروزه‌شدگی بیشتر از ۵۰ درصد و برگ‌هایی با میزان نکروزه‌شدگی کمتر از ۵۰ درصد، در پایه GF₆₇₇ به ترتیب ۸۴/۹۰، ۹/۸۱ و ۵/۲۴ درصد بود به طوری که در پایان آزمایش هیچ‌گونه برگ سبزی بر روی نهال‌ها باقی نماند. بیشترین درصد برگ سبز در پایان آزمایش در ژنوتیپ 1-25، مشاهده شد به طوری که در این ژنوتیپ در پایان دوره اعمال تیمار شوری ۸۶/۲۱ درصد از برگ‌های گیاه کاملاً سبز بودند و تنها ۱/۶۴ درصد از برگ‌های گیاه ریزش کرده بودند (جدول ۵). با مقایسه تحمل به شوری رقم‌های باغی و وحشی بادام گزارش شده است که با افزایش سطوح شوری نشانه سوختگی در حاشیه برگ بادام‌های باغی به تدریج ظاهر و با حالت پیش‌رونده در طول زمان، سبب پژمردگی و در نهایت ریزش کامل آن‌ها می‌شود. (Rahmani *et al.*, 2003; Karakas *et al.*, 2000). بروز سوختگی حاشیه‌ای و ریزش برگ در ژنوتیپ‌های بررسی‌شده، به دلیل افزایش غلظت شوری

اصلی در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. میزان کاهش قطر شاخه اصلی در ژنوتیپ‌های پیوندی با یکدیگر، اختلاف معناداری را نشان داد. کمترین میزان افزایش قطر شاخه اصلی در پایه GF₆₇₇ و در شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر (۰/۳۱ میلی‌متر)، مشاهده شد (جدول ۵).

میزان افزایش ارتفاع پیوندک‌ها طی دوره اعمال تنش شوری در تمامی ژنوتیپ‌ها، با افزایش غلظت کلریدسديم کاهش یافت. میزان کاهش ارتفاع در ژنوتیپ‌های پیوندی با یکدیگر اختلاف معناداری را نشان داد. میزان افزایش ارتفاع در گیاهان شاهد ژنوتیپ 1-25 طی دوره اعمال تنش شوری ۲۸/۱۴ سانتی‌متر بود، درحالی‌که میزان افزایش ارتفاع شاخه اصلی در این ژنوتیپ و در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر ۲۵/۸۰ سانتی‌متر بود. این نتایج بیانگر آن است که ارتفاع ژنوتیپ 1-25، تنها به میزان ۲/۳۴ سانتی‌متر نسبت به گیاهان شاهد کاهش یافت (جدول ۵). از آنجاکه پدیده رشد حاصل فعالیت‌های حیاتی در شرایطی است که گیاه بایستی آب کافی در اختیار داشته باشد، در صورت عدم تأمین آب مورد نیاز به دلیل کاهش فشار تورژانس سلول‌های در حال رشد و اثر بر طول سلول‌ها، کاهش ارتفاع رخ می‌دهد (Munns & Tester, 2008). تنش اسمزی در مرحله اول تنش شوری موجب کاهش محتوای آب سلول‌ها می‌شود و طول‌شدن آن‌ها را با مشکل روبه‌رو می‌کند و حتی پس از ایجاد تعادل اسمزی و تأمین فشار اسمزی مجدد سلول‌ها، گسترش و طول‌شدن آن‌ها به‌کندی صورت می‌گیرد (Munns & Tester, 2008).

نتایج حاصل از بررسی تعداد برگ تولیدی تحت اعمال تنش شوری نشان داد که تعداد برگ تولیدی در گیاهان با افزایش غلظت شوری کاهش یافت. بیشترین میزان برگ تولیدی در گیاهان شاهد ژنوتیپ A₂₀₀ (۱۳۵ برگ) و کمترین مقدار آن در پایه GF₆₇₇ و رقم مامایی و تحت تیمار ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر (به ترتیب به میزان ۶/۰۷ و ۱۱ برگ)، مشاهده شد. به‌طور کلی، نتایج حاصل از بررسی خصوصیات رشدی نشان دادند که قدرت رشدی ژنوتیپ 1-25 در سطوح شوری ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر بیشتر از سایر

و تجمع نمک در برگ‌های آن‌ها بود. به طوری که در برگ‌های پایه GF₆₇₇ که بیشترین تجمع سدیم ریزش برگ نیز مشاهده شد. مشاهده شد (جدول ۶)، بیشترین درصد نکرز هگی و

جدول ۵. برهمکنش ژنوتیپ و تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژیک و آسیب‌های ظاهری چهار ژنوتیپ بادام پیوندشده روی پایه GF₆₇₇

| ژنوتیپ | سطوح شوری (گرم در لیتر) | سطح شوری (دسی‌زیمنس بر متر) | افزایش قطر پیوندک (میلی‌متر) | افزایش ارتفاع پیوندک (سانتی‌متر) | تعداد برگ تولیدی | برگ سبز (۱ تا ۵۰ درصد) | برگ نکرزه (۵۱ تا ۱۰۰ درصد) | برگ ریزش یافته |
|-------------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------------|------------------|------------------------|----------------------------|----------------|
| 1-25 | ۰ | ۰/۵ | ۳/۵۱a-h | ۲۸/۱۴b-f | ۴۵/۰۰e-g | ۱۰۰/۰۰a | ۰/۰۰f | ۰/۰۰f |
| 1-25 | ۱/۲ | ۲/۵ | ۳/۹۷a-e | ۴۲/۱۴b | ۷۸/۶۷cd | ۱۰۰/۰۰a | ۰/۰۰f | ۰/۰۰f |
| 1-25 | ۲/۴ | ۴/۹ | ۳/۰۶b-h | ۳۰/۴۲b-f | ۴۰/۰۰e-h | ۱۰۰/۰۰a | ۰/۰۰f | ۰/۰۰f |
| 1-25 | ۳/۶ | ۷/۳ | ۲/۳۷d-i | ۲۶/۷۰c-f | ۴۵/۶۷e-g | ۱۰۰/۰۰a | ۰/۰۰f | ۰/۰۰f |
| 1-25 | ۴/۸ | ۹/۸ | ۱/۹۴hi | ۲۵/۸۰c-g | ۳۲/۶۷e-h | ۸۶/۲۱c | ۹/۵۷d | ۱/۶۴ef |
| مامایی | ۰ | ۰/۵ | ۲/۴۱d-i | ۲۵/۴۸c-f | ۱۰۰/۰۰bc | ۱۰۰/۰۰a | ۰/۰۰f | ۰/۰۰f |
| مامایی | ۱/۲ | ۲/۵ | ۲/۶۴c-i | ۳۵/۲۳b-d | ۱۱۸/۰۰ab | ۱۰۰/۰۰a | ۰/۰۰f | ۰/۰۰f |
| مامایی | ۲/۴ | ۴/۹ | ۲/۲۹e-i | ۲۶/۵۰c-f | ۶۱/۳۳de | ۹۹/۵۱a | ۰/۴۹f | ۰/۰۰f |
| مامایی | ۳/۶ | ۷/۳ | ۲/۲۱f-i | ۲۶/۳۰c-f | ۵۷/۰۰d-f | ۸۴/۸۴c | ۱۰/۱۶c | ۵/۰۰c |
| مامایی | ۴/۸ | ۹/۸ | ۲/۰۳g-i | ۱۱/۰۰gh | ۵۳/۳۳d | ۲۳/۱۳f | ۲۵/۷۳b | ۲۶/۴۳c |
| A ₂₀₀ | ۰ | ۰/۵ | ۴/۹۱a | ۴۰/۱۰bc | ۷۷/۳۳cd | ۱۰۰/۰۰a | ۰/۰۰f | ۰/۰۰f |
| A ₂₀₀ | ۱/۲ | ۲/۵ | ۴/۲۲a-c | ۵۹/۱۷a | ۱۳۵/۰۰a | ۱۰۰/۰۰a | ۰/۰۰f | ۰/۰۰f |
| A ₂₀₀ | ۲/۴ | ۴/۹ | ۳/۲۶a-h | ۳۸/۴۳bc | ۷۹/۳۳cd | ۱۰۰/۰۰a | ۰/۰۰f | ۰/۰۰f |
| A ₂₀₀ | ۳/۶ | ۷/۳ | ۲/۶۱c-i | ۳۳/۹۰b-e | ۹۶/۰۰bc | ۹۵/۸۸ab | ۴/۱۲ef | ۰/۰۰f |
| A ₂₀₀ | ۴/۸ | ۹/۸ | ۱/۹۳hi | ۱۸/۷۷e-h | ۴۱/۳۳e-h | ۷۹/۸۸d | ۹/۴۷d | ۲/۱۲e |
| نان پاریل | ۰ | ۰/۵ | ۴/۶۳ab | ۴۲/۷۳b | ۵۱/۳۳d-f | ۱۰۰/۰۰a | ۰/۰۰f | ۰/۰۰f |
| نان پاریل | ۱/۲ | ۲/۵ | ۴/۰۵a-d | ۲۷/۸۰b-f | ۳۹/۰۰e-h | ۱۰۰/۰۰a | ۰/۰۰f | ۰/۰۰f |
| نان پاریل | ۲/۴ | ۴/۹ | ۳/۸۹a-f | ۳۲/۸۰b-e | ۴۱/۰۰e-h | ۱۰۰/۰۰a | ۰/۰۰f | ۰/۰۰f |
| نان پاریل | ۳/۶ | ۷/۳ | ۳/۴۶a-h | ۱۸/۷۳e-h | ۲۸/۰۰f-h | ۹۳/۴۲b | ۵/۱۹e | ۱/۳۸d |
| نان پاریل | ۴/۸ | ۹/۸ | ۲/۸۲c-h | ۲۱/۲۸d-h | ۳۵/۶۷e-h | ۶۶/۲۵e | ۱۸/۷۵c | ۶/۲۵d |
| GF ₆₇₇ | ۰ | ۰/۵ | ۳/۶۷a-g | ۱۶/۲۰f-h | ۳۶/۶۷e-h | ۱۰۰/۰۰a | ۰/۰۰f | ۰/۰۰f |
| GF ₆₇₇ | ۱/۲ | ۲/۵ | ۲/۸۲c-h | ۱۹/۹۳e-h | ۲۹/۶۷e-h | ۱۰۰/۰۰a | ۰/۰۰f | ۰/۰۰f |
| GF ₆₇₇ | ۲/۴ | ۴/۹ | ۲/۴۳d-i | ۱۶/۵۳f-h | ۱۶/۳۳gh | ۸۸/۸۴c | ۱۱/۱۶d | ۰/۰۰f |
| GF ₆₇₇ | ۳/۶ | ۷/۳ | ۱/۰۵jz | ۷/۲۳ij | ۱۲/۶۷jz | ۶/۱۷g | ۳۱/۴۶a | ۲۱/۹۱b |
| GF ₆₇₇ | ۴/۸ | ۹/۸ | ۰/۳۱j | ۶/۰۲۱ | ۶/۶۷jz | ۰/۰۰h | ۵/۲۴e | ۹/۸۱c |

میانگین‌هایی که در هر ستون حروف متفاوت دارند، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معناداری با یکدیگر دارند.

برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر غلظت سدیم برگ و

ریشه

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، با افزایش غلظت شوری، مقدار سدیم در برگ به‌طور معناداری افزایش یافت. براساس نتایج، بیشترین غلظت سدیم در برگ‌های پایه GF₆₇₇ و در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر، مشاهده شد. غلظت سدیم در برگ‌های پایه GF₆₇₇ در تیمارهای شوری ۷/۴ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معناداری از سایر ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده بیشتر بود. مقدار سدیم در برگ‌های پایه GF₆₇₇، رقم‌های

A₂₀₀، مامایی، نان‌پاریل، و ژنوتیپ 1-25 در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب (۲/۱۲، ۱/۰۵، ۱/۰۳، ۱/۰۶ و ۰/۹۳ درصد)، بود. این نتایج نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های پیوندی به‌طور مؤثری بر قدرت پایه در جلوگیری از جذب عناصر مضر توسط ریشه‌ها و جلوگیری از انتقال آن‌ها به بخش هوایی گیاه مؤثر است. پژوهشگران دیگر نیز اثر تنش شوری کلرید سدیم را بر غلظت عناصر غذایی برگ‌های دو رقم نارنگی کلمانتین و پرتقال واشینگتن ناول که روی پایه کلئوپاترا پیوند شده بودند، بررسی و گزارش کردند که میزان تجمع سدیم در برگ‌های پرتقال واشینگتن

کاهش نشان داد. این نتایج نشان می‌دهد که رقم‌های نان‌پاریل و A₂₀₀ و ژنوتیپ 1-25 از طریق افزایش مقدار پتاسیم می‌توانند با آثار منفی و مخرب سدیم مقابله کنند (جدول ۶). این نتایج با نتایج حاصل از بررسی صفات مورفولوژیک مطابقت داشت. نتایج حاصل از بررسی صفات مورفولوژیک نشان داد که درصد برگ‌های سبز، درصد برگ‌های نکروزه و ریزش‌یافته و تعداد برگ‌های تولیدی در ژنوتیپ 1-25 و رقم A₂₀₀ تا تیمار ۳/۶ گرم در لیتر، کاهش معناداری نسبت به گیاهان شاهد نشان نداد. گزارش شده است که پتاسیم در حفظ تعادل اسمزی، باز و بسته شدن روزنه‌ها مؤثر است و آثار مخرب سدیم را کاهش می‌دهد (Szczerba *et al.*, 2008; 2009). نتایج حاصل از بررسی مقدار پتاسیم در برگ‌های پایه GF₆₇₇ نشان داد که با اعمال تنش شوری و افزایش غلظت آن تا ۲/۴ گرم در لیتر (۴/۹ دسی‌زیمنس بر متر)، مقدار پتاسیم در برگ‌های این گیاه افزایش یافت و سپس با افزایش بیشتر شوری، مقدار آن کاهش یافت. 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 (Oreie *et al.*, 2009). این یافته‌ها با نتایج بررسی صفات مورفولوژیک مطابقت داشت. نتایج بررسی تعداد برگ‌های سبز تولیدی و درصد برگ‌های سبز در این گیاه نشان داد که در تیمار ۲/۴ گرم در لیتر، ۸۸/۸۴ درصد از برگ‌های این گیاه سبز بودند و در این سطح از شوری این گیاه توانسته بود به‌طور میانگین ۱۶/۳۳ برگ جدید تولید کند، درحالی‌که با افزایش بیشتر شوری، تعداد برگ‌های تولیدی و درصد برگ‌های سبز در این گیاه به‌شدت کاهش یافت.

نتایج بررسی غلظت پتاسیم در ریشه‌های پایه GF₆₇₇ نشان داد که مقدار شوری و نوع ژنوتیپ پیوندی بر مقدار آن مؤثر است. براساس نتایج به‌دست‌آمده، غلظت پتاسیم در پایه‌هایی که رقم مامایی روی آن پیوند شده بودند، تنها تا تیمار شوری ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر افزایش نشان داد درحالی‌که

ناول به‌طور معناداری بیشتر بود (Banuls & Primo, 1995).

براساس نتایج به‌دست‌آمده، مقدار سدیم ریشه تحت‌تأثیر نوع پیوندک و غلظت شوری قرار گرفت. نتایج نشان دادند که با افزایش غلظت شوری، مقدار سدیم ریشه، به‌طور معناداری افزایش یافت. بیشترین غلظت سدیم در ریشه‌های پایه GF₆₇₇ (بدون پیوند) و با تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر (۱/۳۹ درصد)، مشاهده شد. مقدار سدیم در ریشه پایه‌هایی که رقم A₂₀₀، ژنوتیپ 1-25، رقم‌های نان‌پاریل و مامایی روی آن‌ها پیوند شده بودند، در این سطح از شوری به‌ترتیب (۱/۱۲، ۱/۰۵، ۰/۹۸ و ۰/۹۳ درصد) بود. این نتایج بیانگر آن است که در این سطح از شوری، ژنوتیپ‌های پیوندی از طریق افزایش قدرت پایه توانستند به‌طور معناداری از ورود سدیم به ریشه و انتقال آن به قسمت هوایی گیاه جلوگیری کنند. این نتایج با نتایج بررسی صفات مورفولوژیک گیاه مطابقت داشت. پایه‌های GF₆₇₇ (پیوندنشده)، که بیشترین تجمع سدیم در برگ را داشتند، بیشترین درصد نکروزه‌شدگی و ریزش برگ را داشتند به‌طوری‌که در پایان آزمایش این نهال‌ها هیچ‌گونه برگ سبزی نداشتند. در پژوهش‌های انجام‌شده روی گیاهان مختلف تحت شرایط تنش شوری نشان داده شده است که سدیم، سبب عدم تعادل اسمزی، تخریب غشاهای سلولی، کاهش رشد، جلوگیری از تقسیم و بزرگ‌شدن سلول‌ها می‌شود (Szczerba *et al.*, 2008; 2009).

برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر غلظت پتاسیم برگ و ریشه

براساس نتایج، ژنوتیپ‌های پیوندی، پاسخ‌های متفاوتی در پاسخ به تنش شوری از خود نشان دادند. با افزایش شوری، غلظت پتاسیم در برگ‌های رقم‌های نان‌پاریل و A₂₀₀ و ژنوتیپ 1-25 تا تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر افزایش نشان داد درحالی‌که مقدار پتاسیم در برگ‌های رقم مامایی و پایه GF₆₇₇، تا تیمار شوری ۴/۹ دسی‌زیمنس بر متر افزایش یافت و سپس با افزایش بیشتر شوری، مقدار پتاسیم در برگ‌های آن‌ها

نسبت سدیم به پتاسیم در ریشه پایه‌هایی که ژنوتیپ 1-25 روی آن‌ها پیوند شده بودند، تنها در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معناداری نسبت به گیاهان شاهد افزایش یافت درحالی‌که در ریشه پایه‌هایی که رقم A₂₀₀ روی آن‌ها پیوند شده بودند، در سطوح شوری ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر و در پایه‌های شاهد و پایه‌هایی که رقم‌های مامایی و نان‌پاریل روی آن‌ها پیوند شده بودند، در سطوح شوری ۲/۵، ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معناداری نسبت به گیاهان شاهد افزایش یافت. در مجموع بیشترین نسبت سدیم به پتاسیم در ریشه پایه‌های شاهد (بدون پیوند) و در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول ۷). در پژوهش‌های قبلی، اثر تیمارهای شوری بر دانه‌های ۴ رقم بادام (آذر، سهند، تونو و نان‌پاریل) بررسی و گزارش شده است که با افزایش سطح شوری، مقدار سدیم، کلر و نسبت سدیم به پتاسیم در ساقه هر چهار رقم به‌طور معناداری افزایش پیدا کرده بود به‌طوری‌که کمترین میزان این نسبت مربوط به رقم سهند بود که نشان‌دهنده انتقال کمتر سدیم و کلر از ریشه به ساقه و انتقال مقدار زیاد پتاسیم به بخش هوایی این رقم است (Gerigorian *et al.*, 2002).

به‌طور کلی، نتایج حاصل از بررسی غلظت سدیم، پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم در سطوح مختلف شوری در ژنوتیپ‌های بررسی‌شده نشان داد که مقدار جذب سدیم توسط ریشه و انتقال آن به قسمت هوایی، (برگ‌ها)، در پایه‌های شاهد، (پیوندنشده)، در تیمارهای ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر به‌طور معناداری از سایر ژنوتیپ‌های پیوندی مطالعه‌شده، بیشتر بود. از طرفی در این پایه مقدار جذب پتاسیم توسط ریشه و انتقال آن به بخش هوایی تا تیمار ۲/۴ گرم در لیتر افزایش نشان داد و سپس با افزایش بیشتر غلظت شوری، مقدار آن کاهش یافت. درحالی‌که در ژنوتیپ ۱-۲۵ و رقم‌های A₂₀₀ و نان‌پاریل تا تیمار ۴/۸ گرم در لیتر و در رقم مامایی تا تیمار ۳/۶ گرم در لیتر، مقدار پتاسیم برگ، افزایش یافت. در واقع می‌توان گفت یکی از مکانیسم‌های پیوندک در مقابله با تنش شوری انتخاب یون پتاسیم در شرایط تنش و افزایش جذب

در رقم‌های نان‌پاریل و A₂₀₀ تا تیمار شوری ۴/۹ دسی‌زیمنس بر متر و در ژنوتیپ 1-25 تا تیمار شوری ۷/۳ دسی‌زیمنس بر متر افزایش یافت و سپس با افزایش بیشتر شوری، مقدار آن کاهش نشان داد. در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد که نوع پیوندک با توجه به میزان حفظ سرعت و قدرت رشدی خود در شرایط تنش شوری در جذب پتاسیم و انتقال آن به بخش هوایی مؤثر است. در بررسی اثر تنش شوری بر وضعیت عناصر غذایی پنج رقم زیتون، غلظت پتاسیم، بر اثر شوری کاهش یافت که این کاهش در ریشه بیشتر از اندام‌های هوایی بود (Rezaie *et al.*, 2005). 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 (Staples & Toenniessen, 1984). برخی گیاهان می‌توانند سیتوپلاسم سلول‌های خود را از کاهش شدید مقادیر پتاسیم محافظت کنند و از واکوئل‌ها به‌عنوان مخزنی برای بافرکردن یون پتاسیم بهره ببرند. در همین زمینه، گیاهان متحمل می‌توانند مقادیر پتاسیم سیتوسولی خود را در حضور کلرید سدیم بهتر حفظ کنند (Staples & Toenniessen, 1984).

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر نسبت سدیم به پتاسیم در برگ و ریشه معنادار شد. براساس نتایج به‌دست‌آمده، در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، با افزایش غلظت شوری، نسبت سدیم به پتاسیم در برگ افزایش یافت ولی مقدار افزایش آن در بین ژنوتیپ‌های بررسی‌شده با یکدیگر اختلاف داشت. افزایش نسبت سدیم به پتاسیم در برگ‌های ژنوتیپ 1-25 و رقم نان‌پاریل تنها در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به گیاهان شاهد، معنادار بود درحالی‌که در سایر ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، افزایش در نسبت سدیم به پتاسیم در سطوح شوری ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر معنادار بود. نتایج نشان دادند که نسبت سدیم به پتاسیم در ریشه تمامی پایه‌های مطالعه‌شده، با اعمال تنش شوری و افزایش غلظت آن به‌طور معناداری افزایش یافت.

پایه‌های شاهد (پیوندنشده)، سرعت و قدرت رشدی بیشتر این ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش شوری در مقایسه با پایه‌های شاهد (پیوندنشده) بود. این ژنوتیپ‌ها در سطوح شوری ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معناداری تعداد برگ بیشتری نسبت به پایه‌های شاهد تولید کردند. این نتایج نشان می‌دهد که حتی در صورت جذب سدیم توسط ریشه و انتقال آن به قسمت هوایی، این ژنوتیپ‌ها، سدیم را در بین تعداد بیشتری از برگ‌های تولیدی پخش می‌کنند و در نتیجه از سوختگی و نکروزه‌شدگی برگ‌ها جلوگیری می‌کنند. در واقع کاهش تجمع سدیم در برگ‌ها می‌تواند به دلیل سرعت رشدی بیشتر این رقم و پخش سدیم در تعدادی زیادی از برگ‌ها و رقیق شدن آن در برگ‌ها باشد.

این عنصر در مقایسه با سدیم است. از آنجاکه دو یون سدیم و پتاسیم هنگام جذب توسط ریشه با یکدیگر در رقابت‌اند، گیاهان متحمل‌تر به شوری به‌طور انتخابی جذب پتاسیم به سدیم را ترجیح می‌دهند. گزارش شده است که گیاهان به‌صورت انتخابی جذب پتاسیم را به سدیم ترجیح می‌دهند، ولی در صورت بیشتربودن غلظت یون سدیم در محلول خاک، کمبود پتاسیم در گیاهان قطعی است (Heydari Sharif, 2001). میزان جذب پتاسیم نسبت به سدیم در شرایط تنش بسته به نوع گونه گیاهی و میزان مقاومت آن به شوری متفاوت است (Heydari Sharif, 2001). یکی دیگر از دلایل درصد سدیم کمتر در ژنوتیپ‌های پیوندی مطالعه‌شده در مقایسه با

جدول ۶. برهمکنش تیمار شوری و ژنوتیپ بر غلظت عناصر غذایی برگ‌های ۴ ژنوتیپ بادام پیوندشده روی پایه Gf₆₇₇

| ژنوتیپ | سطوح شوری (گرم در لیتر) | سطح شوری (دسی‌زیمنس بر متر) | پتاسیم (٪) | کلسیم (٪) | کلسیم*منیزیم (٪) | فسفر (٪) | سدیم (٪) | کلر (٪) | روی (بی بی ام) | مس (بی بی ام) | آهن (بی بی ام) | نسبت | نسبت | نسبت | نسبت | نسبت |
|------------------------|-------------------------|-----------------------------|------------|-----------|------------------|----------|----------|---------|----------------|---------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1-25 | ۰ | ۰/۵ | ۰/۷۹۱ | ۱/۳۴۰ | ۲/۰۵۱ | ۰/۱۶۵ | ۰/۱۸۰ | ۰/۱۶۵ | ۰/۱۶۵ | ۰/۱۶۵ | ۰/۱۶۵ | ۰/۱۶۵ | ۰/۱۶۵ | ۰/۱۶۵ | ۰/۱۶۵ | ۰/۱۶۵ |
| 1-25 | ۱/۲ | ۲/۵ | ۰/۸۳۴ | ۱/۳۳۰ | ۲/۲۰۳ | ۰/۱۶۶ | ۰/۱۸۰ | ۰/۱۶۶ | ۰/۱۶۶ | ۰/۱۶۶ | ۰/۱۶۶ | ۰/۱۶۶ | ۰/۱۶۶ | ۰/۱۶۶ | ۰/۱۶۶ | ۰/۱۶۶ |
| 1-25 | ۲/۴ | ۴/۹ | ۰/۹۹۸ | ۱/۳۰۳ | ۲/۰۸۴ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۸۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ |
| 1-25 | ۳/۶ | ۷/۳ | ۱/۱۹۵ | ۱/۱۸۸ | ۲/۰۷۸ | ۰/۱۵۶ | ۰/۱۸۰ | ۰/۱۵۶ | ۰/۱۵۶ | ۰/۱۵۶ | ۰/۱۵۶ | ۰/۱۵۶ | ۰/۱۵۶ | ۰/۱۵۶ | ۰/۱۵۶ | ۰/۱۵۶ |
| 1-25 | ۴/۸ | ۹/۸ | ۱/۳۶۴ | ۱/۱۶۴ | ۲/۰۵۰ | ۰/۱۵۵ | ۰/۱۸۰ | ۰/۱۵۵ | ۰/۱۵۵ | ۰/۱۵۵ | ۰/۱۵۵ | ۰/۱۵۵ | ۰/۱۵۵ | ۰/۱۵۵ | ۰/۱۵۵ | ۰/۱۵۵ |
| A ₂₀₀ | ۰ | ۰/۵ | ۱/۶۱۴ | ۱/۲۱۱ | ۲/۰۱۰ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۸۰ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۶۴ |
| A ₂₀₀ | ۱/۲ | ۲/۵ | ۰/۸۸۱ | ۱/۱۸۰ | ۲/۰۵۳ | ۰/۱۶۶ | ۰/۱۸۰ | ۰/۱۶۶ | ۰/۱۶۶ | ۰/۱۶۶ | ۰/۱۶۶ | ۰/۱۶۶ | ۰/۱۶۶ | ۰/۱۶۶ | ۰/۱۶۶ | ۰/۱۶۶ |
| A ₂₀₀ | ۲/۴ | ۴/۹ | ۰/۹۴۱ | ۱/۱۵۲ | ۲/۰۲۱ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۸۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ |
| A ₂₀₀ | ۳/۶ | ۷/۳ | ۱/۱۹۷ | ۱/۱۴۱ | ۲/۰۱۴ | ۰/۱۵۷ | ۰/۱۸۰ | ۰/۱۵۷ | ۰/۱۵۷ | ۰/۱۵۷ | ۰/۱۵۷ | ۰/۱۵۷ | ۰/۱۵۷ | ۰/۱۵۷ | ۰/۱۵۷ | ۰/۱۵۷ |
| A ₂₀₀ | ۴/۸ | ۹/۸ | ۱/۳۴۴ | ۱/۱۴۱ | ۲/۰۱۰ | ۰/۱۵۴ | ۰/۱۸۰ | ۰/۱۵۴ | ۰/۱۵۴ | ۰/۱۵۴ | ۰/۱۵۴ | ۰/۱۵۴ | ۰/۱۵۴ | ۰/۱۵۴ | ۰/۱۵۴ | ۰/۱۵۴ |
| نان پاریل | ۰ | ۰/۵ | ۱/۵۸۴ | ۱/۳۸۸ | ۲/۰۹۶ | ۰/۱۶۷ | ۰/۱۸۰ | ۰/۱۶۷ | ۰/۱۶۷ | ۰/۱۶۷ | ۰/۱۶۷ | ۰/۱۶۷ | ۰/۱۶۷ | ۰/۱۶۷ | ۰/۱۶۷ | ۰/۱۶۷ |
| نان پاریل | ۱/۲ | ۲/۵ | ۰/۹۷۸ | ۱/۳۴۴ | ۲/۰۵۳ | ۰/۱۶۱ | ۰/۱۸۰ | ۰/۱۶۱ | ۰/۱۶۱ | ۰/۱۶۱ | ۰/۱۶۱ | ۰/۱۶۱ | ۰/۱۶۱ | ۰/۱۶۱ | ۰/۱۶۱ | ۰/۱۶۱ |
| نان پاریل | ۲/۴ | ۴/۹ | ۱/۰۳۳ | ۱/۳۰۳ | ۲/۰۴۰ | ۰/۱۵۸ | ۰/۱۸۰ | ۰/۱۵۸ | ۰/۱۵۸ | ۰/۱۵۸ | ۰/۱۵۸ | ۰/۱۵۸ | ۰/۱۵۸ | ۰/۱۵۸ | ۰/۱۵۸ | ۰/۱۵۸ |
| نان پاریل | ۳/۶ | ۷/۳ | ۱/۱۵۴ | ۱/۳۱۸ | ۲/۰۳۱ | ۰/۱۵۵ | ۰/۱۸۰ | ۰/۱۵۵ | ۰/۱۵۵ | ۰/۱۵۵ | ۰/۱۵۵ | ۰/۱۵۵ | ۰/۱۵۵ | ۰/۱۵۵ | ۰/۱۵۵ | ۰/۱۵۵ |
| نان پاریل | ۴/۸ | ۹/۸ | ۱/۱۷۴ | ۱/۳۸۸ | ۲/۰۵۱ | ۰/۱۵۶ | ۰/۱۸۰ | ۰/۱۵۶ | ۰/۱۵۶ | ۰/۱۵۶ | ۰/۱۵۶ | ۰/۱۵۶ | ۰/۱۵۶ | ۰/۱۵۶ | ۰/۱۵۶ | ۰/۱۵۶ |
| مامایی | ۰ | ۰/۵ | ۱/۳۸۱ | ۱/۳۸۱ | ۲/۰۳۳ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۸۰ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۶۴ |
| مامایی | ۱/۲ | ۲/۵ | ۱/۱۰۵ | ۱/۳۸۱ | ۲/۰۳۳ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۸۰ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۶۴ |
| مامایی | ۲/۴ | ۴/۹ | ۱/۱۵۲ | ۱/۳۶۸ | ۲/۰۲۱ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۸۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ |
| مامایی | ۳/۶ | ۷/۳ | ۱/۰۶۴ | ۱/۳۲۰ | ۲/۰۱۴ | ۰/۱۵۷ | ۰/۱۸۰ | ۰/۱۵۷ | ۰/۱۵۷ | ۰/۱۵۷ | ۰/۱۵۷ | ۰/۱۵۷ | ۰/۱۵۷ | ۰/۱۵۷ | ۰/۱۵۷ | ۰/۱۵۷ |
| مامایی | ۴/۸ | ۹/۸ | ۱/۰۹۷ | ۱/۳۶۴ | ۲/۰۱۰ | ۰/۱۵۴ | ۰/۱۸۰ | ۰/۱۵۴ | ۰/۱۵۴ | ۰/۱۵۴ | ۰/۱۵۴ | ۰/۱۵۴ | ۰/۱۵۴ | ۰/۱۵۴ | ۰/۱۵۴ | ۰/۱۵۴ |
| پایه Gf ₆₇₇ | ۰ | ۰/۵ | ۱/۰۵۴ | ۱/۳۴۸ | ۲/۰۵۳ | ۰/۱۶۵ | ۰/۱۸۰ | ۰/۱۶۵ | ۰/۱۶۵ | ۰/۱۶۵ | ۰/۱۶۵ | ۰/۱۶۵ | ۰/۱۶۵ | ۰/۱۶۵ | ۰/۱۶۵ | ۰/۱۶۵ |
| پایه Gf ₆₇₇ | ۱/۲ | ۲/۵ | ۱/۱۳۲ | ۱/۳۶۸ | ۲/۰۳۳ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۸۰ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۶۴ |
| پایه Gf ₆₇₇ | ۲/۴ | ۴/۹ | ۱/۰۶۲ | ۱/۳۱۰ | ۲/۰۲۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۸۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ |
| پایه Gf ₆₇₇ | ۳/۶ | ۷/۳ | ۱/۰۴۴ | ۱/۳۶۸ | ۲/۰۳۳ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۸۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ |
| پایه Gf ₆₇₇ | ۴/۸ | ۹/۸ | ۱/۰۵۴ | ۱/۳۳۰ | ۲/۰۲۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۸۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۰ |

میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر صفت حروف متفاوت دارند، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنادار با یکدیگر دارند.

برگ‌های رقم مامایی و در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر (۱/۰۶ درصد)، مشاهده شد (جدول ۷). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که نسبت سدیم به کلسیم در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، با افزایش غلظت شوری، افزایش یافت و مقدار افزایش آن‌ها در بین ژنوتیپ‌های بررسی‌شده با یکدیگر اختلاف معناداری داشت. مقدار

برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر غلظت کلسیم برگ و ریشه براساس نتایج این آزمایش، غلظت شوری و نوع پیوندک به‌طور معناداری بر غلظت کلسیم برگ تأثیر دارد (جدول ۶). در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، با افزایش شوری، مقدار کلسیم برگ به‌طور معناداری کاهش یافت. در مجموع کمترین غلظت کلسیم، در

(۱/۶۲)، در پایه GF₆₇₇ و در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول ۶). این یافته‌ها با نتایج بررسی صفات مورفولوژیک مطابقت داشت. پایه‌های شاهد (پیوند نشده) در این سطح از شوری، بیشترین درصد نکرزه‌شدگی برگ و ریزش برگ را داشتند به طوری که در پایان آزمایش فاقد برگ سبز بودند. در پژوهش‌های انجام شده روی گیاهان مختلف تحت شرایط تنش شوری نشان داده شده است که سدیم، سبب برهم خوردن تعادل اسمزی، تخریب غشاهای سلولی، جلوگیری از تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها و در نتیجه کاهش رشد می‌شود (Szczerba et al., 2008; 2009).

افزایش نسبت سدیم به کلسیم در ژنوتیپ 1-25 و رقم A₂₀₀ تنها در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به گیاهان شاهد، معنادار بود. این نتایج با نتایج حاصل از بررسی صفات مورفولوژیک مطابقت داشت. ژنوتیپ 1-25 و رقم A₂₀₀ به ترتیب بیشترین درصد برگ‌های سبز و کمترین درصد برگ‌های نکرزه‌شده و ریزش برگ را داشتند که نشان‌دهنده تخریب کمتر دیواره سلولی برگ‌های آنهاست. در حالی که در سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده در این پژوهش، افزایش نسبت سدیم به کلسیم در سطوح شوری ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به گیاهان شاهد، معنادار بود. در مجموع بیشترین نسبت سدیم به کلسیم

جدول ۷. برهمکنش تیمار شوری و ژنوتیپ بر غلظت عناصر غذایی ریشه‌های پایه GF₆₇₇

| ژنوتیپ | سطوح شوری (گرم در لیتر) (دسی‌زیمنس بر متر) | نسبت سدیم/کلسیم | کلسیم | کلسیم/نیتروژن | فسفر | سدیم | کلر | روی | مس | آهن | نسبت سدیم/آهن | نسبت سدیم/مس | نسبت سدیم/روی | نسبت سدیم/کلر | نسبت سدیم/فسفر | نسبت سدیم/کلسیم | نسبت سدیم/نیتروژن | نسبت سدیم/کلسیم | |
|------------------------|--|-----------------|---------|---------------|---------|---------|----------|---------|----------|---------|---------------|--------------|---------------|---------------|----------------|-----------------|-------------------|-----------------|---------|
| 1-25 | ۰ | ۰/۵ | ۰/۳۵gh | ۰/۴۸f | ۰/۸۰de | ۰/۳۳ab | ۰/۱۱۵b | ۰/۴۴۱k | ۰/۱۱۵b | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab |
| 1-25 | ۲/۵ | ۱/۲ | ۰/۴۲d-g | ۰/۳۹h-j | ۰/۷۲f-h | ۰/۳۳ab | ۰/۱۱۴c | ۰/۵۳h-k | ۰/۱۱۴c | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab |
| 1-25 | ۲/۴ | ۲/۴ | ۰/۴۶b-e | ۰/۳۳kl | ۰/۶۴j | ۰/۳۳ab | ۰/۱۱۸b | ۰/۷۹d-g | ۰/۱۱۸b | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab |
| 1-25 | ۳/۶ | ۳/۶ | ۰/۵۰a-c | ۰/۲۹lm | ۰/۵۹jk | ۰/۳۱a-c | ۰/۱۲۰b | ۰/۹۱b-f | ۰/۱۲۰b | ۰/۳۱a-c | ۰/۳۱a-c | ۰/۳۱a-c | ۰/۳۱a-c | ۰/۳۱a-c | ۰/۳۱a-c | ۰/۳۱a-c | ۰/۳۱a-c | ۰/۳۱a-c | ۰/۳۱a-c |
| 1-25 | ۴/۸ | ۴/۸ | ۰/۴۲d-g | ۰/۲۳n | ۰/۴۸lm | ۰/۳۳ab | ۰/۱۲۵c | ۰/۷۶e-g | ۰/۱۲۵c | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab |
| A ₂₀₀ | ۰ | ۰/۵ | ۰/۴۸a-d | ۰/۶۹d | ۰/۸۰de | ۰/۳۳ab | ۰/۱۱۳c | ۰/۳۳jk | ۰/۱۱۳c | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab |
| A ₂₀₀ | ۲/۵ | ۱/۲ | ۰/۵۰a-c | ۰/۵۶e | ۰/۷۶g | ۰/۳۳ab | ۰/۱۱۵b | ۰/۵۳h-k | ۰/۱۱۵b | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab |
| A ₂₀₀ | ۲/۴ | ۲/۴ | ۰/۵۱ef | ۰/۵۳ab | ۰/۷۰g-i | ۰/۳۳ab | ۰/۱۱۶b | ۰/۷۳e-h | ۰/۱۱۶b | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab |
| A ₂₀₀ | ۳/۶ | ۳/۶ | ۰/۴۶b-e | ۰/۳۴i-l | ۰/۵۳kl | ۰/۳۳ab | ۰/۱۱۸i-l | ۰/۸۶c-g | ۰/۱۱۸i-l | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab |
| A ₂₀₀ | ۴/۸ | ۴/۸ | ۰/۳۷f-h | ۰/۲۳i-l | ۰/۴۷lm | ۰/۳۳ab | ۰/۱۱۷j | ۰/۷۶e-g | ۰/۱۱۷j | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab |
| نان پاریل | ۰ | ۰/۵ | ۰/۴۶f-g | ۰/۴۶f-g | ۰/۷۷ef | ۰/۳۳ab | ۰/۱۱۸b | ۰/۷۶e-g | ۰/۱۱۸b | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab |
| نان پاریل | ۲/۵ | ۱/۲ | ۰/۴۵f-h | ۰/۴۵f-h | ۰/۷۵e-g | ۰/۳۳ab | ۰/۱۲۰b | ۰/۵۳h-k | ۰/۱۲۰b | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab |
| نان پاریل | ۲/۴ | ۲/۴ | ۰/۴۰g-i | ۰/۴۰g-i | ۰/۷۰g-i | ۰/۳۳ab | ۰/۱۲۱b | ۰/۷۳e-h | ۰/۱۲۱b | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab |
| نان پاریل | ۳/۶ | ۳/۶ | ۰/۴۸a-d | ۰/۳۷i-k | ۰/۶۶hi | ۰/۳۳ab | ۰/۱۲۲b | ۰/۸۲d-g | ۰/۱۲۲b | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab |
| نان پاریل | ۴/۸ | ۴/۸ | ۰/۳۹e-h | ۰/۳۳j-l | ۰/۵۹jk | ۰/۳۳ab | ۰/۱۲۵a | ۰/۷۶e-g | ۰/۱۲۵a | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab |
| مامایی | ۰ | ۰/۵ | ۰/۵۳ab | ۰/۵۰ef | ۰/۷۹de | ۰/۳۳ab | ۰/۱۱۴c | ۰/۳۳qr | ۰/۱۱۴c | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab |
| مامایی | ۲/۵ | ۱/۲ | ۰/۵۵a | ۰/۳۸i-k | ۰/۶۸hi | ۰/۳۳ab | ۰/۱۱۶b | ۰/۵۳h-k | ۰/۱۱۶b | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab |
| مامایی | ۲/۴ | ۲/۴ | ۰/۵۰a-c | ۰/۵۳mm | ۰/۵۱l | ۰/۳۳ab | ۰/۱۲۰b | ۰/۶۹f-h | ۰/۱۲۰b | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab |
| مامایی | ۳/۶ | ۳/۶ | ۰/۴۲d-g | ۰/۲۱n | ۰/۴۹l | ۰/۳۳ab | ۰/۱۲۲b | ۰/۸۲d-g | ۰/۱۲۲b | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab |
| مامایی | ۴/۸ | ۴/۸ | ۰/۳۵gh | ۰/۱۸an | ۰/۴۲m | ۰/۳۳ab | ۰/۱۲۵a | ۰/۷۶e-g | ۰/۱۲۵a | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab |
| پایه GF ₆₇₇ | ۰ | ۰/۵ | ۰/۳۵gh | ۰/۶۳a | ۰/۸۰de | ۰/۳۳ab | ۰/۱۱۳c | ۰/۳۳jk | ۰/۱۱۳c | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab |
| پایه GF ₆₇₇ | ۲/۵ | ۱/۲ | ۰/۴۴f | ۰/۶۷a | ۰/۷۲f-h | ۰/۳۳ab | ۰/۱۱۷j | ۰/۵۳h-k | ۰/۱۱۷j | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab |
| پایه GF ₆₇₇ | ۲/۴ | ۲/۴ | ۰/۵۳ab | ۰/۸۲b | ۰/۶۹g | ۰/۳۳ab | ۰/۱۲۰b | ۰/۷۳e-h | ۰/۱۲۰b | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab |
| پایه GF ₆₇₇ | ۳/۶ | ۳/۶ | ۰/۴۶b-e | ۰/۷۶c | ۰/۷۶g | ۰/۳۳ab | ۰/۱۲۲b | ۰/۸۲d-g | ۰/۱۲۲b | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab |
| پایه GF ₆₇₇ | ۴/۸ | ۴/۸ | ۰/۳۷f-h | ۰/۲۳h | ۰/۴۶d | ۰/۳۳ab | ۰/۱۲۱b | ۰/۷۶e-g | ۰/۱۲۱b | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab | ۰/۳۳ab |

میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر صفت متفاوت دارند، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنادار با یکدیگر دارند.

پایه‌هایی که به ترتیب ژنوتیپ 1-25، رقم A₂₀₀ و رقم مامایی روی آن‌ها پیوند شده بودند، مقدار کلسیم ریشه به ترتیب (۰/۱۵، ۰/۳۹ و ۰/۳۲ درصد)، کاهش نشان داد. در پایه‌هایی که پیوندی روی آن‌ها انجام نشده بود، مقدار کلسیم ریشه ۰/۲۴ درصد کاهش یافت (جدول ۷). این نتایج نشان‌دهنده اثر مثبت رقم نان پاریل و ژنوتیپ 1-25 در افزایش تحمل پایه GF₆₇₇ نسبت به آثار مخرب شوری است. کلسیم در گیاهان نقش‌های بسیاری از مقادیر

نتایج حاصل از بررسی مقدار کلسیم ریشه نشان داد که غلظت شوری و نوع پیوندک به‌طور معناداری بر مقدار آن مؤثر است. غلظت کلسیم در ریشه‌های تمامی پایه‌های GF₆₇₇، با افزایش غلظت شوری به‌طور معناداری کاهش یافت و مقدار کاهش در غلظت کلسیم ریشه تحت‌تأثیر نوع پیوندک قرار گرفت. در پایه‌هایی (GF₆₇₇) که رقم نان پاریل روی آن پیوند شده بودند، مقدار کلسیم ریشه تنها ۰/۱۳ درصد کاهش یافت در حالی که در

شوری ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به گیاهان شاهد، معنادار بود. در مجموع بیشترین نسبت سدیم به منیزیم (۶/۸۱) در پایه GF₆₇₇ و در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول ۶). این نتایج با نتایج حاصل از بررسی صفات مورفولوژیک مطابقت داشت. نتایج بررسی درصد نکروزه‌شدگی برگ در ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده نشان داد که ژنوتیپ ۱-۲۵ و پایه GF₆₇₇ در این سطح از شوری، به ترتیب کمترین و بیشترین درصد نکروزه‌شدگی برگ را داشتند. گزارش شده است که یکی از نقش‌های مهم منیزیم، شرکت آن در ساختار کلروفیل‌ها و کوفاکتور فعال ساختن همه آنزیم‌های فسفریلاسیون است (Heydari Sharif Abad, 2001). اثر تیمار شوری کلرید سدیم بر میزان جذب عناصر غذایی در بادام تلخ در محیط کشت درون‌شیشه‌ای بررسی و گزارش شده است که با افزایش شوری، غلظت منیزیم کاهش می‌یابد که مقدار کاهش این عنصر در ارقام مختلف با یکدیگر متفاوت است (Shibli et al., 2003).

نتایج نشان دادند که نوع پیوندک و غلظت شوری بر مقدار منیزیم ریشه تأثیر دارد. با افزایش شوری، مقدار منیزیم ریشه کاهش یافت، ولی مقدار کاهش آن با توجه به نوع ژنوتیپ پیوندی متفاوت بود. همچنین نتایج نشان دادند که نوع پیوندک، در افزایش میزان جذب منیزیم توسط ریشه مؤثر است به طوری که در تمامی سطوح شوری، غلظت منیزیم در ریشه پایه‌های پیوندشده از مقدار منیزیم در ریشه پایه‌های پیوندنشده، بیشتر بود (جدول ۷). منیزیم یکی از عناصر ضروری رشد گیاه بوده و اصلی‌ترین نقش آن شرکت در بیوسنتز پروتئین‌هاست. همچنین، یک نقش مهم دیگر این عنصر در گیاهان مختلف، شرکت در ساختمان کلروفیل است و میزان جذب این عنصر به وسیله کاتیون‌های دیگر از جمله پتاسیم، آمونیوم، کلسیم و سدیم به شدت کاهش می‌یابد (Heydari Sharif Abad, 2001).

برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر غلظت فسفر برگ و ریشه

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که نوع پیوندک و

اندک در تنظیم برخی متابولیسم‌های سلولی گرفته تا مقادیر زیاد در ساختار دیواره سلولی دارد. این در حالی است که در شرایط تنش‌های محیطی به خصوص 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 (Staples & Toenniessen, 1984). از این سو، در ریشه‌هایی که در شرایط تنش شوری مقدار کلسیم آن‌ها کمتر کاهش یافته باشد، نفوذپذیری غشا نیز به مقدار کمتری افزایش می‌یابد و سدیم کمتری به داخل سلول وارد می‌شود.

برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر غلظت منیزیم برگ و ریشه

بر اساس نتایج، غلظت شوری و نوع پیوندک بر مقدار منیزیم برگ به طور معناداری تأثیر داشت. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت شوری، مقدار منیزیم در برگ‌های تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، کاهش یافت به طوری که کمترین مقدار منیزیم در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. مقدار کاهش غلظت منیزیم در برگ‌های ژنوتیپ 1-25، رقم A₂₀₀ و رقم نان‌پاریل معنادار نبود در حالی که مقدار کاهش منیزیم در رقم مامایی و پایه GF₆₇₇ معنادار بود. در مجموع بیشترین مقدار در کاهش منیزیم در برگ‌های پایه GF₆₇₇ مشاهده شد (جدول ۶). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که نسبت سدیم به منیزیم در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، با افزایش غلظت شوری، افزایش یافت، ولی مقدار افزایش آن‌ها در بین ژنوتیپ‌های بررسی‌شده با یکدیگر اختلاف معناداری داشت. مقدار افزایش نسبت سدیم به منیزیم در ژنوتیپ 1-25 و رقم A₂₀₀ تنها در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به گیاهان شاهد، معنادار بود در حالی که در سایر ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده در این پژوهش، افزایش نسبت سدیم به منیزیم در سطوح

توسط ریشه و انتقال آن به قسمت هوایی تأثیر دارد. ژنوتیپ 1-25، علاوه بر اینکه قابلیت جذب فسفر توسط ریشه را در شرایط تنش شوری افزایش داد، تا حدودی نیز سبب انتقال فسفر جذب شده به قسمت هوایی نیز شد، در حالی که رقم‌های مامایی، نان پاریل و A₂₀₀ تنها توانستند قدرت جذب ریشه را در شرایط تنش شوری افزایش دهند، ولی قابلیت انتقال فسفر از ریشه به قسمت هوایی را نداشتند (جدول ۷).

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، افزایش یافت، ولی مقدار افزایش و تجمع کلر در برگ ژنوتیپ‌های مطالعه شده با یکدیگر اختلاف معناداری داشت. براساس نتایج به دست آمده، بیشترین غلظت کلر در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده، در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. مقدار کلر در برگ‌های پایه GF₆₇₇، رقم‌های مامایی، نان پاریل، A₂₀₀ و ژنوتیپ 1-25 در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب (۴/۶۰، ۴/۴۷، ۳/۳۰ و ۳/۱۳ درصد)، بود. در مجموع نتایج نشان دادند که ژنوتیپ 1-25 و رقم A₂₀₀ در مقایسه با پایه‌های شاهد (پیوند نشده) در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر توانستند به طور معناداری از ورود کلر به بخش‌های هوایی گیاه جلوگیری کنند. این نتایج بیانگر آن است که کلر توسط گیاه جذب می‌شود، ولی مقدار انتقال آن به قسمت هوایی با توجه به نوع پیوندک متفاوت است. نتایج حاصل از بررسی مجموع صفات مورفولوژیک نشان داده بود که ژنوتیپ 1-25 و پس از آن رقم A₂₀₀ که شرایط رشدی بهتری در شرایط تنش شوری داشتند، کمترین مقدار کلر در برگ را داشتند و قابلیت بیشتری به منظور دفع‌کنندگی یون کلر داشتند. در مقابل این دو ژنوتیپ، بیشترین تجمع کلر را در ریشه‌ها داشتند و در مجموع توانستند با حفظ قدرت رشدی مناسب در شرایط تنش شوری، به طور مؤثری از انتقال کلر از ریشه به قسمت هوایی جلوگیری کنند. اختلال در

غلظت شوری بر مقدار فسفر برگ مؤثر است. براساس نتایج، غلظت فسفر تنها در ژنوتیپ 1-25 با افزایش شوری تا تیمار شوری ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر افزایش یافت و سپس با افزایش بیشتر مقدار شوری، کاهش نشان داد، در سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده، از ابتدا با افزایش غلظت شوری، مقدار فسفر کاهش یافت. بیشترین میزان کاهش در غلظت فسفر در برگ‌های پایه GF₆₇₇ مشاهده شد. پژوهشگران دیگر نیز گزارش کرده بودند که با افزایش غلظت شوری، غلظت فسفر در پایه‌های بادام تلخ، تاونو و GF₆₇₇ کاهش یافت (Oreie *et al.*, 2009). به طور کلی، نتایج حاصل از بررسی غلظت فسفر در برگ ژنوتیپ‌های پیوندی در افزایش قدرت پایه در جذب فسفر و انتقال آن به قسمت هوایی گیاه نقش بسزایی دارند (جدول ۶). گزارش شده است که فسفر یکی از عناصر ضروری برای رشد و تکثیر گیاهان است و برای ذخیره‌سازی و انتقال انرژی، حفاظت و انتقال کدهای ژنتیکی به کار می‌رود و جزء ترکیبات ساختمانی سلول‌ها و بسیاری از ترکیبات شیمیایی است و نقش مهمی در متابولیسم کربوهیدرات‌ها دارد و مقدار آن در شرایط تنش شوری در رقابت با یون سدیم کاهش می‌یابد. گیاهانی که مقاومت بیشتری نسبت به تنش شوری داشته باشند، محتوی فسفر برگ آن‌ها به مقدار کمتری کاهش می‌یابد (Heydari, Sharif Abad, 2001; Mahajan & Tuteja, 2005).

براساس نتایج به دست آمده، نوع پیوندک و غلظت شوری بر مقدار فسفر ریشه تأثیر داشت. در پایه‌هایی که ژنوتیپ 1-25 روی آن‌ها پیوند شده بودند، با افزایش غلظت شوری تا ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر، مقدار فسفر کاهش یافت و سپس با افزایش بیشتر شوری، مقدار آن افزایش یافت، ولی در پایه‌هایی که سایر ارقام مطالعه شده روی آن‌ها پیوند شده بودند، غلظت فسفر از ابتدا با اعمال تنش شوری و افزایش غلظت آن، افزایش یافت. در ریشه‌های پایه GF₆₇₇ (بدون پیوند)، غلظت فسفر با افزایش مقدار شوری تا ۷/۳ دسی‌زیمنس بر متر افزایش یافت و سپس در تیمار ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر کاهش نشان داد. این نتایج بیانگر آن است که نوع پیوندک در جذب فسفر

رقم کرونا به شوری به علت جلوگیری از انتقال این یون به برگ‌های گیاه است (Saied *et al.*, 2005). اختلال در رشد و فتوسنتز تا حد زیادی به تجمع کلر در برگ‌ها مربوط است. تحمل به شوری به میزان جذب و انتقال یون‌ها از ریشه به شاخه بستگی دارد. گیاهانی قابلیت بیشتری برای دفع‌کنندگی یون‌های سدیم و کلر دارند، این عناصر را بیشتر در بافت ریشه خود ذخیره می‌کنند (Staples & Toenniessen, 1984).

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 تأثیر برهمکنش نوع پیوندک و غلظت شوری قرار گرفت. براساس نتایج به‌دست‌آمده مقدار روی در برگ‌های ژنوتیپ 1-25 با افزایش شوری تا تیمار ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر، در رقم A₂₀₀ تا سطح ۷/۳ دسی‌زیمنس بر متر و در رقم نان‌پاریل تا سطح ۴/۹ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معناداری نسبت به گیاهان شاهد، افزایش نشان داد. مقدار روی در برگ‌های رقم مامایی تنها تا سطح ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر افزایش یافت که مقدار افزایش نسبت به گیاهان شاهد معنادار نبود. در پایه‌های GF₆₇₇ از ابتدا با افزایش غلظت شوری، مقدار روی به‌طور معناداری کاهش یافت به‌طوری‌که کمترین غلظت روی در تیمار ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. این نتایج بیانگر آن است که ژنوتیپ 1-25 و به مقدار کمتری رقم A₂₀₀ با افزایش این عنصر تا حدودی با آثار منفی سدیم مقابله کرده است. این نتایج با نتایج حاصل از بررسی صفات مورفولوژیک مطابقت داشت. نتایج حاصل از بررسی مجموع صفات مورفولوژیک نشان داده بود که به‌ترتیب ژنوتیپ 1-25 و رقم A₂₀₀ شرایط رشدی مطلوب‌تری تحت تنش شوری داشتند. شوری موجب تغییرات ساختمانی در ساقه، ریشه و برگ گیاهان می‌شود؛ به‌طوری‌که گیاهان تحت تنش شوری، دسته‌های آوندی کمتر و با قطر کوچک‌تری دارند، ولی در مقابل سلول‌های پارانشیمی بیشتری دارند. بر این اساس، گیاهانی که قابلیت جذب بیشتر این عنصر را در رقابت با سدیم،

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. گیاهانی که قابلیت بیشتری برای دفع‌کنندگی یون‌های سدیم و کلر دارند، این عناصر را بیشتر در بافت ریشه خود ذخیره می‌کنند (Staples & Toenniessen, 1984).

براساس نتایج به‌دست‌آمده، مقدار کلر موجود در ریشه تحت تأثیر نوع ژنوتیپ پیوندی و غلظت شوری قرار گرفت. همان‌طور که از جدول ۷ مشاهده می‌شود در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، بیشترین مقدار کلر در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. در این سطح از شوری، بیشترین مقدار کلر در پایه‌هایی که ژنوتیپ 1-25 روی آن‌ها پیوند شده بودند، مشاهده شد. کمترین مقدار کلر در دو سطح شوری ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر در پایه‌های شاهد (پیوندنشده)، مشاهده شد. این نتایج بیانگر آن است که کلر توسط گیاه جذب می‌شود، ولی مقدار انتقال آن به قسمت هوایی با توجه به نوع پیوندک متفاوت است. نتایج بررسی مجموع صفات مورفولوژیک نشان داده بود که ژنوتیپ 1-25 و پس از آن رقم A₂₀₀ که شرایط رشدی بهتری در شرایط تنش شوری داشتند، کمترین مقدار کلر در برگ و در مقابل بیشترین تجمع این عنصر را در ریشه‌ها داشتند و در مجموع توانستند به مقدار بیشتری از سایر ژنوتیپ‌های پیوندی مطالعه‌شده در این پژوهش، از انتقال کلر از ریشه به قسمت هوایی جلوگیری کنند. با بررسی اثر تنش شوری کلرید سدیم بر رشد رویشی و تولید میوه دو رقم توت‌فرنگی السانتا و کرونا گزارش شد که غلظت یون کلر در هر دو رقم با افزایش شدت تنش شوری، به‌طور معناداری 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 به‌طور 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 السانتا بود. یون کلر برخلاف یون سدیم، به‌سرعت به برگ‌های گیاه انتقال می‌یابد و در واقع تحمل بیشتر

میتوکندری، پاسخ به تنش‌های اکسیداتیو و متابولیسم دیواره سلول شرکت می‌کند (Marschner, 1995; Raven *et al.*, 1999). در شرایط تنش، عدم توازن بین فرایند جذب انرژی و مصرف آن توسط اندام فتوسنتزی سبب تولید انواع اکسیژن فعال (ROS) می‌شود (Mittler, 2002). مهم‌ترین سیستم‌های جمع‌آوری کننده ROS در گیاهان، آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دسموتاز هستند. مس به‌عنوان کوفاکتور در برخی آنزیم‌ها مانند سوپراکسید دسموتاز عمل می‌کند (Yruela, 2005). از این سو با توجه به نقش این عنصر در گیاهان، ژنوتیپ‌های پیوندی با حفظ خصوصیات رشدی مطلوب‌تر در مقایسه با پایه‌های GF₆₇₇ (پیوند نشده)، از طریق افزایش در جذب این عنصر در رقابت با سدیم، توانستند تا حدودی با آثار منفی این عنصر مقابله کنند. نتایج نشان دادند که غلظت مس در ریشه تحت‌تأثیر نوع پیوندک و غلظت شوری قرار گرفت. براساس نتایج به‌دست‌آمده در تمامی پایه‌های مطالعه‌شده، با افزایش مقدار شوری، مقدار مس کاهش یافت به‌طوری‌که کمترین مقدار مس در تمامی پایه‌ها در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول ۷).

برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر غلظت آهن در برگ و ریشه

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که نوع پیوندک و غلظت شوری بر مقدار آهن برگ مؤثر است. براساس نتایج، مقدار آهن در ژنوتیپ 1-25 و رقم‌های نان‌پاریل و A₂₀₀ با اعمال تنش شوری و افزایش غلظت آن تا تیمار ۷/۳ دسی‌زیمنس بر متر و در رقم مامایی تا تیمار ۴/۹ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معناداری نسبت به گیاهان شاهد افزایش یافت. در پایه GF₆₇₇ تا تیمار ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر مقدار آهن برگ افزایش یافت، ولی مقدار افزایش آن نسبت به گیاهان شاهد غیرمعنادار بود. سپس در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده با افزایش بیشتر غلظت شوری، مقدار آهن به‌طور معناداری کاهش یافت (جدول ۶). بررسی‌های مربوط به جذب کاتیون‌های چندظرفیتی، مانند آهن، در فضای آزاد آپوپلاست ریشه نشان داده است که

در شرایط تنش شوری دارند، دچار تغییرات ساختمانی کمتری می‌شوند و خصوصیات رشدی خود را بهتر حفظ می‌کنند (Alpaslan *et al.*, 1999).

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که اثر نوع پیوندک و غلظت شوری بر مقدار روی در ریشه معنادار شد. براساس نتایج به‌دست‌آمده، در ریشه پایه‌هایی که ژنوتیپ 1-25 روی آن‌ها پیوند شده بودند، با افزایش شوری مقدار روی تا تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر و در پایه‌هایی که رقم‌های A₂₀₀ روی آن‌ها پیوند شده بودند، مقدار روی تا تیمار شوری ۷/۳ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معناداری، کاهش یافت. در پایه‌های شاهد و پایه‌هایی که رقم مامایی روی آن‌ها پیوند شده بودند، مقدار روی از ابتدا با افزایش غلظت شوری، به‌طور معناداری افزایش یافت. این نتایج بیانگر آن است که ژنوتیپ 1-25 و به مقدار کمتری رقم A₂₀₀ از طریق تأثیر بر قدرت جذب پایه سبب افزایش جذب روی توسط ریشه و انتقال آن به بخش هوایی می‌شود و از طریق افزایش این عنصر تا حدودی با آثار منفی سدیم و کلر مقابله کرده است. گزارش شده است که عنصر روی برای انسجام غشای سلولی ریشه ضروری است و احتمالاً می‌تواند اثر منفی کلرید سدیم را با محدود کردن جذب و یا انتقال سدیم و کلرید و به داخل گیاه، کاهش دهد (Alpaslan *et al.*, 1999).

برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر غلظت مس در برگ و ریشه

نتایج نشان دادند که غلظت شوری و نوع پیوندک به‌طور معناداری بر غلظت مس برگ تأثیر دارد (جدول ۶). براساس نتایج به‌دست‌آمده در رقم‌های A₂₀₀ و نان‌پاریل، با افزایش شوری تا تیمار ۴/۹ دسی‌زیمنس بر متر و در ژنوتیپ 1-25 و رقم مامایی تا تیمار ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر غلظت مس در برگ افزایش و سپس با افزایش بیشتر شوری، مقدار آن کاهش یافت. در پایه GF₆₇₇ از ابتدا با افزایش شوری، مقدار مس به‌طور معناداری کاهش یافت. گزارش شده است که مس از جمله عناصر ضروری و کم‌مصرف برای رشد و توسعه گیاهان بوده و در فتوسنتز، تنفس

آهن نقش بسیار مهمی در توسعه کلروپلاست، دریافت انرژی نورانی و انتقال الکترون از آب به $NADP^+$ دارد. این عنصر، همچنین در انتقال الکترون به فتوسیستم یک تأثیر فراوانی دارد و یک کوفاکتور مهم برای تعدادی از آنزیم‌هایی است که در مسیر بیوستنز کلروفیل نقش دارند (Grattan, 2002).

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی، نتایج این پژوهش نشان داد که نوع پیوندک و سطح شوری بر خصوصیات رشدی و غلظت عناصر غذایی برگ و ریشه مؤثر است. بررسی صفات مورفولوژی و آسیب‌های ظاهری نشان داد که با اعمال تنش شوری و افزایش غلظت آن، میزان قطر پیوندک، ارتفاع پیوندک، تعداد برگ تولیدی، درصد برگ‌های سبز کاهش و درصد برگ‌های نکرزده و ریزش‌یافته افزایش یافتند. بررسی عناصر غذایی نشان داد که در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، 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 برگ، در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. همچنین بیشترین مقدار کلر و سدیم، نسبت سدیم به پتاسیم، سدیم به کلسیم، سدیم به منیزیم، سدیم به فسفر و کمترین مقدار کلسیم، منیزیم، فسفر، مس و آهن ریشه، در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر، مشاهده شد. نتایج نشان داد که نوع پیوندک در ممانعت از جذب سدیم و کلر توسط ریشه و انتقال آن به بخش‌های هوایی مؤثر است. بررسی مجموع صفات مورفولوژیک نشان داد که ژنوتیپ 1-25 در شرایط تنش شوری خصوصیات رشدی خود را بهتر حفظ کرد. ارتفاع شاخه اصلی و تعداد برگ تولیدی در این ژنوتیپ، کمترین میزان کاهش را نسبت به گیاهان شاهد در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌های پیوندی نشان داد. همچنین این ژنوتیپ که بیشترین درصد برگ‌های سبز و کمترین درصد برگ‌های نکرزده شده و ریزش‌یافته داشت، دارای کمترین مقدار کلر و سدیم، کمترین نسبت سدیم به پتاسیم، سدیم به کلسیم، سدیم به منیزیم و سدیم به فسفر نیز، بود. این

آهن می‌تواند به‌صورت پیوند غیریونی به گروه‌هایی مانند پراکسیدازهای موجود روی دیواره سلولزی ریشه بچسبد. بنابراین، این گونه چسبیدن کاتیون در آپوپلاست می‌تواند به‌گونه‌ای معنادار به میزان کل کاتیون ریشه کمک کند (Grattan, 2002). در این پژوهش آهن توسط ریشه‌ها جذب می‌شدند، ولی مقدار انتقال آن به اندام هوایی تحت تنش شوری با توجه به نوع ژنوتیپ پیوندی، متفاوت بود. نتایج حاصل از بررسی مجموع صفات مورفولوژیک نشان داده بود که ژنوتیپ 1-25 و پس از آن رقم A₂₀₀ که در شرایط تنش شوری خصوصیات رشدی خود را بهتر حفظ کرده بودند، توانستند تا شوری به میزان ۳/۶ گرم در لیتر، مقدار جذب آهن از ریشه به قسمت هوایی را به‌طور معناداری افزایش دهند.

نتایج نشان دادند که مقدار آهن ریشه تحت تأثیر برهمکنش نوع پیوندک و غلظت شوری قرار گرفت. براساس نتایج به‌دست‌آمده غلظت آهن در ریشه پایه‌هایی که ژنوتیپ 1-25 روی آن‌ها پیوند شده بودند، تا تیمار شوری ۷/۳ دسی‌زیمنس بر متر و در رقم‌های نان‌پاریل، A₂₀₀ و مامایی تا غلظت ۴/۹ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معناداری کاهش یافت. سپس در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده با افزایش بیشتر غلظت شوری، مقدار آهن افزایش یافت. در مجموع بیشترین تجمع آهن در ریشه پایه‌های شاهد (بدون پیوند) و در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. به‌طورکلی، نتایج بررسی غلظت آهن در برگ و ریشه نشان داد که نوع پیوندک در انتقال آهن به بخش‌های هوایی گیاه بسیار مؤثر است. به‌طوری‌که در این آزمایش در دو سطح ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر، کمترین غلظت آهن در برگ و بیشترین غلظت آهن در ریشه در پایه‌های شاهد (پیوندنشده)، مشاهده شد. در پژوهش دیگری نیز اثر تیمار شوری کلرید سدیم بر میزان جذب عناصر غذایی در بادام تلخ در محیط کشت درون‌شیشه‌ای 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 افزایش نشان دادند (Shibli et al., 2003). عنصر

ژنوتیپ، توانست در سطوح بالای شوری (۷/۳) دسی‌زیمنس بر متر)، از طریق افزایش پتاسیم (۱/۱۹ درصد)، مس (۹/۵۶ قسمت در میلیون)، آهن (۲۷/۴۸ قسمت در میلیون) و روی (۶۶/۸۰ قسمت در میلیون) به مقدار بیشتری از سایر ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، با آثار مخرب سدیم مقابله کند. در مجموع در این پژوهش ژنوتیپ 1-25 و رقم مامایی به‌ترتیب، متحمل‌ترین و حساس‌ترین رقم به شوری تشخیص داده شدند.

REFERENCES

- Alpaslan, M., Inal, A., Gunes, A., Cikili, Y. & 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.
- Banuls, J. & Primo, E. (1995). Effect of salinity on some citrus scion-rootstock combination. *Annals of Botany*, 76, 97-102.
- Bay Bordi. (2013). Evaluation tolerance of almond late flowering cultivare to salinity. *Crop Production and Processing*, 3(3), 217-225. (in Farsi)
- Emami, A. (1996). Methods of plant analysis. *Agricultural Research and Education Organization. Soil and Water Institute*. 130 Pp.
- Epstein, E. & Rains, D. W. (1987). Advances in salt tolerance. *Plant and Soil*, 99, 17-29.
- Gerigorian, V., Javadi, S., Kasraie, R., Matlabi azar, A. & Dejampour, J. (2002). Tolerance to salinity of NaCl in some of seedlings of almond cultivars. *Journal of Horticulture Science*, 3 (1, 2), 1-14. (in Farsi)
- Grattan, S. R. (2002). Irrigation water salinity and crop production. University of California. *Agriculture and Natural Resources Publication*. 8066.
- Hassan, M. M. & El- Azayem, A. I. A. (1990). Differences in salt tolerance of some fruit species. *Egyptian Journal of Horticulture*, 17(1), 1-8.
- Heydari Sharif Abad, H. (2001). Plant and salinity. *Research Institute of Forests and Rangelands*. 71 Pp.
- Karakas, B., Bianco, R.L. & Rieger, M. (2000). Association of marginal leaf scorches with sodium accumulation in salt-stressed peach. *American Society for Horticultural Science*, 35(1), 83-84.
- Maas, E.V. & Hoffman, G.J. (1977). Crop salt tolerance: current assessment. *Irrigation and Drainage Engineering*, 103, 115- 134.
- Mahajan, Sh. & Tuteja N. (2005). Cold, salinity and drought stresses: An overview. *Archives of biochemistry and Biophysics*, 444, 139-158.
- Marschner, H. (1995). Functions of mineral nutrients: Micronutrients. *Mineral nutrition of higher plants*. (2nd ed). Academic Press Limited. San Diego. CA. 313-396.
- Mittler, R. (2002). Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends Plant Sciences*, 7, 405-410.
- Montaium, R., Hening, H. & Brown, P.H. (1994). The relative tolerance of six Prunus rootstocks to boron and salinity. *American Society for Horticultural Science*, 6, 1169-1175.
- Munns, R. & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 651-681.
- Munns, R. (1993). Physiological processes limiting plant growth in saline soil: some dogmas and hypotheses. *Plant Cell and Environment*, 16, 15-24.
- Noitsakis, B., Dimassi, K. & Therios, I. (1997). Effect of NaCl induced salinity on growth, chemical composition and water relation of two almond (*Prunus amygdalus* L.) cultivars and the hybrid GF677 (*Prunus amygdalus- Prunus persica*). *Acta Horticulturae*, 449, 641-648.
- Oreie, M., Tabatabaei, S.J., Fallahi, E. & 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 Farsi)
- Ottman, Y. & Byrne, D. H. (1988). Screening rootstocks of Prunus for relative salt tolerance. *Hort Science*, 23(2), 375-378.
- Papadakis, I.E., Veneti, G., Chatzissavvidis, C., Sptiropoulos, T.E., Dimassi, N. & 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.
- Rahemi, M., Nagafian, Sh. & Tavallaie V. (2008). Growth and chemical composition of hybrid GF₆₇₇ influenced by salinity levels of irrigation water. *Plant Sciences*, 7(3), 309-313.
- Rahmani, A., Daneshvar, H.A. & Sardabi H. (2003). Effect of salinity on growth of two wild almond species and two genotypes of the cultivated almond species (*P. dulcis*). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 11(1), 202-208.
- Raven, J.A., Evans, M.C.W. & Krob, R.E. (1999). The role of trace metals in photosynthetic electron transport in O₂- evolving organisms. *Photosynthesis Research*, 60, 111-149.

25. Rezaie, M., Lesani, H., Babalar, M. & 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 Farsi)
26. Saied, A. S., Keutgen, A. J. & 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.
27. Shibli, R.A., Shatnawi, M.A. & 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.
28. Staples, R. C. & Toenniessen, G. H. (1984). *Salinity tolerance in plants*. John Wiley and sons. Pp: 443.
29. Szczerba, M.W., Britto, D. T. & Kronzucker, H. J. (2009). K⁺ transport in plants: physiology and molecular biology. *Plant Physiology*, 166, 447-466.
30. Szczerba, M.W., Britto, DT., Balkos, KD. & Kronzucker, H. J. (2008). NH₄⁺-stimulated and -inhibited components of K⁺ transport in rice (*Oryza sativa* L.). *Experimental Botany*, 59, 3415-3423.
31. Tanji, K. K. (1990). *Agricultural Salinity Assessment and Management*. Society of Civil Engineers, New York, USA.
32. Yruela, I. (2005). Copper in plants. *Braz. Plant Physiology*, 17, 145-156.

Evaluation of growth characteristics and nutrient concentration in four almond (*Prunus dulcis*) genotypes budded on GF₆₇₇ rootstock under salinity stress

Ali Momenpour¹, Ali Imani², Davod Bakhshi^{3*} and Hamed Rezaie⁴

1, 3. Post Graduate Student and Associate Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Iran

2. Associate Professor, Seeds and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran

4. Assistant Professor, Soil and Water Institute, Karaj, Iran

(Received: Mar. 17, 2014 - Accepted: Aug. 9, 2014)

ABSTRACT

Scion-rootstock combination and level of salinity affect growth characteristics and concentration of nutrition elements of almond leaves and roots. In this research, effects of salinity stress were investigated on growth characteristics and nutrient concentration of almond leaves and roots by completely Randomized Design (CRD), with two factors, genotype and water salinity with three replications. Studied Genotypes were 'Non Pareil', 'A₂₀₀', 'Mamayi', '1-25' which budded on GF₆₇₇ and 'GF677' (non-budded as control) and water salinity consisted of 0, 1.2, 2.4, 3.6 and 4.8 g/l of natural salt. Results showed that with increasing of salinity levels, scion height, scion diameter, number of produced leaves and percentage of green leaves had been reduced, but percentage of necrotic leaves and percentage of downfall leaves were increased. Also, in all studied genotypes, the highest percentage of Na⁺, Cl⁻, Na⁺ to K⁺ ratio, Na⁺ to Ca⁺⁺ ratio, Na⁺ to Mg⁺⁺ ratio, Na⁺ to P ratio and the lowest percentage of Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, P and concentration of Cu⁺⁺ in leaves and roots and the lowest concentrations of Fe⁺⁺ in roots were observed in treatment irrigated with 9.8 ds/m of NaCl. In all levels of salinity, genotype '1-25' had the lowest percentage of Na⁺, Cl⁻, Na⁺ to K⁺ ratio, Na⁺ to Ca⁺⁺ ratio, Na⁺ to Mg⁺⁺ ratio and Na⁺ to P ratio. In comparison to other genotypes, this genotype could tolerate the harmful effects of Na⁺ in salinity of 7.3 ds/m by increasing the percentage of K⁺ (1.19%), concentration of Cu⁺⁺ (9.56 ppm), Fe⁺⁺ (27.48 ppm) and Zn⁺⁺ (66.80 ppm). Overall, '1-25' and 'Mamayi' were recognized as the most tolerant and sensitive cultivars to salinity stress, respectively.

Keywords: almond, GF₆₇₇, macronutrients, 'Mamayi', Micronutrients, salinity stress, '1-25'.