Archive of SID

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۴ (ص ۴۲۷-۴۰۹)

ارزیابی خصوصیات رشدی و غلظت عناصر غذایی در چهار ژنوتیپ بادام پیوندشده روی پایهٔ GF_{677} تحت تنش شوری

علی مؤمن‌پور[۱]، علی ایمانی[۲]، داود بخشی[۳]* و حامد رضایی[۴]

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

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

۴. استادیار، مؤسسهٔ 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 ریشهٔ بادام را در شرایط شوری، تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. در این پژوهش، آثار شوری آب بر خصوصیات رشدی و غلظت عناصر غذایی برگ و ریشهٔ تعدادی از ژنوتیپ‌ها و ارقام بادام بررسی شد. ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده شامل مامایی، نان‌پاریل، A_{200} و 1-25 پیوندشده روی پایهٔ GF_{677} و پایهٔ GF_{677} (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. درمجموع ژنوتیپ 1-25 و رقم مامایی به‌ترتیب، متحمل‌ترین ژنوتیپ و حساس‌ترین رقم به شوری تشخیص داده شدند.

واژه‌های کلیدی: **بادام، پایهٔ GF_{677}، تنش شوری، عناصر پرمصرف، عناصر کم‌مصرف، رقم مامایی، ژنوتیپ 1-25.**

مقدمه

۶ درصد از مساحت کل کرهٔ زمین شور است و از این مقدار، حدود ۴۵ میلیون هکتار که جزء اراضی آبیاری به شمار می‌روند، شورند (Munns, 1993). برخی از اراضی به قدری شورند که تولید محصول در آن‌ها اقتصادی نیست و در بسیاری از اراضی به‌دلیل تجمع نمک، امکان کشت سالیانه وجود ندارد (Tanji, 1990; Munns, 1993). شوری، بیشتر در نواحی خشک و

* تلفن: ۰۹۱۱۱۳۴۷۹۲۷
E-mail: bakhshi-d@guilan.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

نیمه‌خشک و مناطقی که بارندگی به حد کافی برای شست‌وشوی نمک‌ها از ناحیهٔ ریشه کافی نیست، مشکل‌ساز است (Epstein & Rains, 1987). حدود یک‌سوم مساحت خاک‌های شور دنیا در قارهٔ آسیا قرار دارد (Munns, 1993). حدود ۱۲ درصد از کل مساحت ایران (۱۹ میلیون‌هکتار) به‌صورت کشت و آیش و به‌منظور تولیدات کشاورزی استفاده می‌شود و گفته می‌شود که نزدیک به ۵۰ درصد این سطح زیرکشت به درجات مختلف با مشکل شوری، قلیایی بودن و غرقابی بودن روبه‌روست. تلاش‌های زیادی در راستای مقابله با شوری انجام گرفته است که ازجملهٔ مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به توسعهٔ پایه‌ها و ارقام مقاوم به شوری اشاره کرد. پژوهش‌های متعددی نشان داده‌اند که آستانهٔ تحمل به شوری بیشتر درختان میوهٔ هسته‌دار مثل بادام نسبت به تنش شوری پایین است به‌طوری‌که تا هدایت الکتریکی ۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر کاهشی در عملکرد آن‌ها مشاهده نمی‌شود، درحالی‌که در شوری ۲/۸ دسی‌زیمنس بر متر، به میزان ۲۵ درصد، و ۴/۱ دسی‌زیمنس بر متر به میزان ۵۰ درصد و سرانجام در ۷ دسی‌زیمنس بر متر تا میزان ۱۰۰ درصد از عملکرد آن کاسته می‌شود (Hassan & El-Azayem, 1990; Maas & Hoffman, 1977; Ottman & Byrne, 1988). در پژوهش‌های انجام‌شده در زمینهٔ بررسی میزان تحمل پایه‌های مختلف بادام نسبت به تنش شوری مشخص شده است که پایهٔ GF_{677} متحمل به شوری است، درحالی‌که پایهٔ نماگارد [*P.persica X P. davidiana*]، حساسیت بالایی به شوری دارد (Montaium *et al.*, 1994). تحمل پایهٔ GF_{677} نسبت به سطوح مختلف شوری حاصل از کلریدسدیم بررسی شده و نشان داده است که این پایه نسبت به شوری متحمل است به‌طوری‌که شوری تا ۶۰ میلی‌مولار (۵/۵ دسی‌زیمنس بر متر) را تحمل می‌کند (Rahemi *et al.*, 2008). همچنین گزارش شده است که پایهٔ 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 کلریدسدیم در مقایسه با پایهٔ بذری تووانو[1] (هیبرید بین رقم خودگرده‌افشان تونو[2] و رقو ژنکو[3] در شرایط گرده‌افشانی کنترل‌شده) داشته است و می‌تواند شوری تا ۵۰ میلی‌مولار (۵/۲ دسی‌زیمنس بر متر) را نیز تحمل کند (Oreie *et al.*, 2009). بنابراین، با توجه به گزارش‌های موجود، از این پایه می‌توان به‌منزلهٔ یک پایهٔ متحمل به شوری برای مناطقی با شوری متوسط استفاده کرد.

پژوهش‌های انجام‌شده، نشان می‌دهد که شاخص‌های رشدی بادام از جمله رشد طولی، قطر تنه، ضخامت برگ‌ها و حوزهٔ گسترش ریشه‌ها با افزایش شوری، کاهش می‌یابند که علت این کاهش رشد و عملکرد را به غلظت کل نمک‌های محلول و پتانسیل اسمزی محلول خاک نسبت داده‌اند (Rahemi *et al.*, 2008; Munns & Tester, 2008). مطالعاتی که در مورد تأثیر سطوح شوری ۰، ۱/۸ و ۳/۶ گرم در لیتر کلریدسدیم روی ارقام مختلف بادام انجام شده است، نشان داده است که ارقام بادام واکنش متفاوتی به سطوح مختلف شوری نشان می‌دهند (Noitsakis *et al.*, 1997). در پژوهشی اثر شوری آب آبیاری در ۴ سطح ۰، ۴، ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر بر خصوصیات مورفولوژی برخی ارقام دیرگل بادام که روی پایهٔ GF_{677} پیوند شده بودند بررسی شدند و مشخص شد که با افزایش سطح شوری، شاخص‌های رشدی گیاهان به‌طور معناداری کاهش می‌یابند و کمترین میزان رشد و درصد نکروزه‌شدن برگ در سطوح شوری ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب در ارقام آراز، اسکندر و نان‌پاریل[4] و بیشترین درصد نکروزه‌شدن برگ به‌ترتیب در رقم‌های منقا، سهند و آذر مشاهده شد (Bay bordi, 2013). مقایسهٔ تحمل به شوری رقم‌های باغی و وحشی بادام نیز نشان داده است که با افزایش سطوح شوری، نشانهٔ سوختگی در حاشیهٔ برگ بادام‌های باغی به‌تدریج ظاهر و با حالت پیش‌رونده در

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

www.SID.ir

Archive of SID

طول زمان، سبب پژمردگی و درنهایت ریزش کامل آن‌ها می‌شود، درحالی‌که 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 سمّی ازقبیل کلر و سدیم نسبت داده شده است (Karakas *et al*., 2000).

مکانیسم‌های مختلفی در راستای تحمل شوری وجود دارند که ازجملهٔ آن‌ها می‌توان به توزیع یکنواخت یون‌های نمکی داخل واکوئل‌های سلول، تجمع متابولیت‌های متعادل‌کنندهٔ 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 پیروات‌کیناز مؤثر است (Szczerba *et al*., 2008; 2009). گیاه به‌صورت انتخابی جذب پتاسیم را به سدیم ترجیح می‌دهد، ولی در صورت بیشتربودن غلظت یون سدیم در محلول خاک، کمبود پتاسیم در گیاه قطعی است (Mohajan & Toteja, 2005). اثر تیمار شوری ناشی از کلریدسدیم در سه غلظت ۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مول در لیتر بر غلظت عناصر غذایی در دو پایهٔ GF_{677} 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 کلریدسدیم 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 بر دانهال‌های 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 ساقهٔ هر چهار رقم به‌طور معناداری افزایش پیدا کرد، به‌طوری‌که کمترین میزان این نسبت مربوط به رقم سهند بود که نشان‌دهندهٔ 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 کلریدسدیم بر رشد رویشی و تولید میوهٔ دو رقم توت‌فرنگی السانتا[1] و کرونا[2] 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 به‌طورکلی، 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 سریعاً به برگ‌های گیاه انتقال می‌یابد و درواقع 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 کلریدسدیم 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 کلریدسدیم در ۴ سطح ۰ (شاهد)، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌مول بر لیتر بر غلظت عناصر غذایی برگ‌های دو رقم نارنگی کلمانتین و پرتقال واشینگتن ناول که روی پایهٔ کلئوپاترا پیوند شده بودند، بررسی و گزارش شد

1. Elsanta
2. Corona

www.SID.ir

Archive of SID

که میزان تجمع کلر و سدیم در برگ‌های پرتقال واشینگتن ناول به‌طور معناداری بیشتر بود (Banuls & Primo, 1995). در پژوهش دیگری، غلظت عناصر غذایی در دو رقم گیلاس 'Bigarreau Burlat' و 'Tragana Edessis' پیوندشده بر روی پایهٔ 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 شاخسارهٔ گیاهان در در هر دو رقم افزایش یافت به‌طوری‌که میزان افزایش در رقم 'Bigarreau Burlat' بیشتر بود. رقم 'Tragana Edessis' 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 پایهٔ GF_{677} و اثر تنش شوری و نوع رقم پیوندی بر غلظت عناصر غذایی در ریشه‌های پایهٔ GF_{677} 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 گلخانهٔ تحقیقاتی مؤسسهٔ نهال و بذر کرج بررسی شد. ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده شامل مامایی، نان‌پاریل، A_{200} و 1-25 پیوندشده روی پایهٔ GF_{677} و پایهٔ GF_{677} (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 این پژوهش، ابتدا پایه‌های GF_{677} 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 (جدول۱). 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 به‌مدت سه ماه (۱۳ هفته)، ادامه یافت (مشخصات ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده در آغاز تیمار شوری در جدول۴ آمده است).

به‌منظور اعمال تیمارهای شوری، از نمک‌های طبیعی جمع‌آوری شده از دریاچهٔ نمک استان قم استفاده شد که ترکیب آن در جدول۲ 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 مرتبهٔ دوم (۳/۵ روز پس از آغاز اعمال تیمار شوری)، با تیمار ۳/۶ گرم در لیتر آبیاری شدند. درنهایت در مرتبهٔ 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 درنتیجه 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 صفحهٔ فشار (مدل F1 شرکت تجهیزات رطوبت خاک کشور آمریکا[1]) تعیین شد. آبیاری گلدان‌ها با توجه به تغییرات وزن آن‌ها و در نظر گرفتن 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. به‌طوری‌که طی دورهٔ آزمایش (۹۱ روز)، تیمارهای شاهد و ۱/۲ گرم در لیتر، ۲۰ مرتبه، تیمار۲/۴ 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

1. Soil moisture equipment corporation

www.SID.ir

Archive of SID

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 فاصلهٔ زمان بین دو آبیاری در این تیمارها را افزایش می‌داد و درنتیجه تعداد دفعات آبیاری در تیمارهای شوری با غلظت‌های بالاتر در طول دورهٔ آزمایش نسبت به گیاهان شاهد، کاهش یافتند. همچنین، به‌منظور 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. درنهایت در پایان آزمایش نیز، نمونهٔ خاک، از هر یک از سطوح اعمال تیمار شوری، تهیه و آنالیز شد (جدول۳).

جدول۱. 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 نقطهٔ 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
نیتروژن	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				

جدول۲. خصوصیات کیفی آب استفاده‌شده پس از ایجاد سطوح شوری مورد نظر

نمونهٔ 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

جدول۳. مقادیر شوری و واکنش خاک استفاده‌شده در گلدان‌ها پس از اعمال تنش شوری با سطوح مختلف

نمونهٔ خاک تیمارشده 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

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

www.SID.ir

Archive of SID

محاسبه شدند. به‌منظور اندازه‌گیری میزان نکروزه‌شدن برگ‌ها، در پایان آزمایش تعداد برگ‌هایی با میزان نکروزگی کمتر از ۵۰ درصد و ۵۰ تا ۱۰۰ درصد شمارش شد. همچنین به‌منظور 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). به‌منظور اندازه‌گیری عناصر غذایی، پس از اتمام دورهٔ آزمایش، برگ‌ها و ریشه‌ها جدا شدند و پس از شست‌وشوی دقیق، به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجهٔ سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از خشک‌شدن برگ‌ها، نمونه‌ها با آسیاب برقی به‌صورت پودر درآورده شدند. پس از تهیهٔ خاکستر از مواد گیاهی در دمای ۵۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد، عصاره‌گیری با استفاده از ۱۰ میلی‌لیتر کلریدریک اسید ۲ نرمال و آب مقطر و رساندن به حجم ۵۰ میلی‌لیتر انجام شد (Emami, 1996). درنهایت غلظت سدیم و پتاسیم در عصاره با دستگاه فلیم‌فتومتر (Jenway, PFP7, England)، آهن، فسفر و مس با دستگاه اسپکتروفتومتری (Canada BT600 Plus) به‌ترتیب در طول موج‌های ۵۱۵، ۴۷۰ و ۶۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شدند (Emami, 1996). همچنین مقدار کلسیم، منیزیم و روی به روش تیتراسیون اندازه‌گیری شدند (Emami, 1996). به‌منظور 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 جوشان اضافه شد و سپس به‌مدت 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 تیتر شدند. مقدار نیترات نقرهٔ مصرفی برای نمونه‌ها یادداشت و درصد کلر با استفاده از رابطهٔ زیر محاسبه شد (Staples &Toenniessen, 1984).

$$\text{کلر (٪)} = \frac{\text{حجم کل} \times ۱۰۰ \times ۳۵/۵ \times \text{نرمالیته نیترات نقره} \times \text{نیترات نقرهٔ مصرفی (ml)}}{۱۰۰ \times \text{حجم عصاره} \times \text{وزن نمونه}}$$

در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌های آماری، با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخهٔ ۹/۱)، انجام و مقایسهٔ میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن و نرم‌افزار MSTATC (ورژن ۱۰. ۲)، صورت گرفت.

جدول۴. 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 (شاخهٔ 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، به‌دلیل 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 به‌دست‌آمده، در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، میزان افزایش قطر پیوندک طی دورهٔ اعمال تنش شوری، با افزایش غلظت کلریدسدیم، کاهش یافت. کمترین میزان افزیش قطر در شاخهٔ

www.SID.ir

Archive of SID

اصلی در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. میزان کاهش قطر شاخهٔ اصلی در ژنوتیپ‌های پیوندی با یکدیگر، اختلاف معناداری را نشان داد. کمترین میزان افزایش قطر شاخهٔ اصلی در پایهٔ GF_{677} و در شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر (۰/۳۱ میلی‌متر)، مشاهده شد (جدول۵).

میزان افزایش ارتفاع پیوندک‌ها طی دورهٔ اعمال تنش شوری در تمامی ژنوتیپ‌ها، با افزایش غلظت کلریدسدیم کاهش یافت. میزان کاهش ارتفاع در ژنوتیپ‌های پیوندی با یکدیگر اختلاف معناداری را نشان داد. میزان افزایش ارتفاع در گیاهان شاهد ژنوتیپ 25-1 طی دورهٔ اعمال تنش شوری ۲۸/۱۴ سانتی‌متر بود، درحالی‌که میزان افزایش ارتفاع شاخهٔ 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 25-1، تنها به میزان ۲/۳۴ سانتی‌متر نسبت به گیاهان شاهد کاهش یافت (جدول۵). ازآنجاکه پدیدهٔ رشد حاصل فعالیت‌های حیاتی در شرایطی است که گیاه بایستی آب کافی در اختیار داشته باشد، در صورت عدم تأمین آب مورد نیاز به‌دلیل کاهش فشار تورژسانس سلول‌های در حال رشد و اثر بر طول سلول‌ها، کاهش ارتفاع رخ می‌دهد (Munns & Tester, 2008). تنش اسمزی در مرحلهٔ اول تنش شوری موجب کاهش محتوای آب سلول‌ها می‌شود و طویل‌شدن آن‌ها را با مشکل روبه‌رو می‌کند و حتی پس از ایجاد تعادل اسمزی و تأمین فشار اسمزی مجدد سلول‌ها، گسترش و طویل‌شدن 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 A_{200} (۱۳۵ برگ) و کمترین مقدار آن در پایهٔ GF_{677} و رقم مامایی و تحت تیمار ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر (به‌ترتیب به میزان ۶/۰۷ و ۱۱برگ)، مشاهده شد. به‌طورکلی، نتایج حاصل از بررسی خصوصیات رشدی نشان دادند که قدرت رشدی ژنوتیپ 25-1 در سطوح شوری ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر بیشتر از سایر ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده بود. این ژنوتیپ در طول دورهٔ آزمایش در سطوح شوری ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر توانست به‌ترتیب ۴۵/۶۷ و ۳۲/۶۷ برگ جدید تولید کند و ارتفاع آن به‌ترتیب 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 (جدول۵). پژوهش‌های انجام‌شده نشان می‌دهند که شاخص‌های مورفولوژیکی بادام ازجمله 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. پایهٔ GF_{677}، 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 پایهٔ GF_{677} به‌ترتیب ۸۴/۹۰، ۹/۸۱ و ۵/۲۴ درصد بود به‌طوری‌که در پایان آزمایش هیچ‌گونه برگ سبزی بر روی نهال‌ها باقی نماند. بیشترین درصد برگ سبز در پایان آزمایش در ژنوتیپ 25-1، مشاهده شد به‌طوری‌که در این ژنوتیپ در پایان دورهٔ اعمال تیمار شوری ۸۶/۲۱ درصد از برگ‌های گیاه کاملاً سبز بودند و تنها ۱/۶۴ درصد از برگ‌های گیاه ریزش کرده بودند (جدول۵). با مقایسهٔ تحمل به شوری رقم‌های باغی و وحشی بادام گزارش شده است که با افزایش سطوح شوری نشانهٔ سوختگی در حاشیهٔ برگ بادام‌های باغی به‌تدریج ظاهر و با حالت پیش‌رونده در طول زمان، سبب پژمردگی و درنهایت ریزش کامل آن‌ها می‌شود (Rahmani *et al*., 2003; Karakas *et al*., 2000). بروز سوختگی حاشیه‌ای و ریزش برگ در ژنوتیپ‌های بررسی‌شده، به‌دلیل افزایش غلظت شوری

www.SID.ir

Archive of SID

و تجمع نمک در برگ‌های آن‌ها بود. به‌طوری‌که در برگ‌های پایهٔ GF_{677} که بیشترین تجمع سدیم مشاهده شد (جدول۶)، بیشترین درصد نکروزه‌گی و ریزش برگ نیز مشاهده شد.

جدول۵. برهمکنش ژنوتیپ و تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژیک و آسیب‌های ظاهری چهار ژنوتیپ بادام پیوندشده روی پایهٔ GF_{677}

ژنوتیپ	سطوح شوری (گرم در لیتر)	سطح شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	افزایش قطر پیوندک (میلی‌متر)	افزایش ارتفاع پیوندک (سانتی‌متر)	تعداد برگ تولیدی	برگ سبز (٪)	برگ نکروزه (۱ تا ۵۰ درصد) (٪)	برگ نکروزه (۵۱ تا ۱۰۰درصد) (٪)	برگ ریزش‌یافته (٪)
1-25	۰	۰/۵	۳/۵۱a-h	۲۸/۱۴b-f	۴۵/۰۰e-g	۱۰۰/۰۰a	۰/۰۰f	۰/۰۰d	۰/۰۰f
1-25	۱/۲	۲/۵	۳/۹۷a-e	۴۲/۱۴b	۷۸/۶۷cd	۱۰۰/۰۰a	۰/۰۰f	۰/۰۰d	۰/۰۰f
1-25	۲/۴	۴/۹	۳/۰۶b-h	۳۰/۴۲b-f	۴۰/۰۰e-h	۱۰۰/۰۰a	۰/۰۰f	۰/۰۰d	۰/۰۰f
1-25	۳/۶	۷/۳	۲/۳۷d-i	۲۶/۷۰c-f	۴۵/۶۷e-g	۱۰۰/۰۰a	۰/۰۰f	۰/۰۰d	۰/۰۰f
1-25	۴/۸	۹/۸	۱/۹۴hi	۲۵/۸۰c-g	۳۲/۶۷e-h	۸۶/۲۱c	۹/۵۷d	۲/۵۷d	۱/۶۴ef
مامایی	۰	۰/۵	۲/۴۱d-i	۲۵/۴۸c-f	۱۰۰/۰۰bc	۱۰۰/۰۰a	۰/۰۰f	۰/۰۰d	۰/۰۰f
مامایی	۱/۲	۲/۵	۲/۶۴c-i	۳۵/۲۳b-d	۱۱۸/۰۰ab	۱۰۰/۰۰a	۰/۰۰f	۰/۰۰d	۰/۰۰f
مامایی	۲/۴	۴/۹	۲/۲۹e-i	۲۶/۵۰c-f	۶۱/۳۳de	۹۹/۵۱a	۰/۴۹f	۰/۰۰d	۰/۰۰f
مامایی	۳/۶	۷/۳	۲/۲۱f-i	۲۶/۳۰c-f	۵۷/۰۰d-f	۸۴/۸۴c	۱۰/۱۶c	۵/۰۰c	۰/۰۰f
مامایی	۴/۸	۹/۸	۲/۰۳g-i	۱۱/۰۰gh	۵۳/۳۳d	۲۳/۱۳f	۲۵/۷۳b	۲۶/۷۰a	۲۴/۴۳c
A_{200}	۰	۰/۵	۴/۹۱a	۴۰/۱۰bc	۷۷/۳۳cd	۱۰۰/۰۰a	۰/۰۰f	۰/۰۰d	۰/۰۰f
A_{200}	۱/۲	۲/۵	۴/۲۲a-c	۵۹/۱۷a	۱۳۵/۰۰a	۱۰۰/۰۰a	۰/۰۰f	۰/۰۰d	۰/۰۰f
A_{200}	۲/۴	۴/۹	۳/۲۶a-h	۳۸/۴۳bc	۷۹/۳۳cd	۱۰۰/۰۰a	۰/۰۰f	۰/۰۰d	۰/۰۰f
A_{200}	۳/۶	۷/۳	۲/۶۱c-i	۳۳/۹۰b-e	۹۶/۰۰bc	۹۵/۸۸ab	۴/۱۲ef	۰/۰۰d	۰/۰۰f
A_{200}	۴/۸	۹/۸	۱/۹۳hi	۱۸/۷۷e-h	۴۱/۳۳e-h	۷۹/۸۸d	۹/۴۷d	۸/۵۳c	۲/۱۲e
نان‌پاریل	۰	۰/۵	۴/۶۳ab	۴۲/۷۳b	۵۱/۳۳d-f	۱۰۰/۰۰a	۰/۰۰f	۰/۰۰d	۰/۰۰f
نان‌پاریل	۱/۲	۲/۵	۴/۰۵a-d	۲۷/۸۰b-f	۳۹/۰۰e-h	۱۰۰/۰۰a	۰/۰۰f	۰/۰۰d	۰/۰۰f
نان‌پاریل	۲/۴	۴/۹	۳/۸۹a-f	۳۲/۸۰b-e	۴۱/۰۰e-h	۱۰۰/۰۰a	۰/۰۰f	۰/۰۰d	۰/۰۰f
نان‌پاریل	۳/۶	۷/۳	۳/۴۶a-h	۱۸/۷۳e-h	۲۸/۰۰f-h	۹۳/۴۲b	۵/۱۹e	۱/۳۸d	۰/۰۰f
نان‌پاریل	۴/۸	۹/۸	۲/۸۲c-h	۲۱/۲۸d-h	۳۵/۶۷e-h	۶۶/۲۵e	۱۸/۷۵c	۸/۷۵c	۶/۲۵d
GF_{677}	۰	۰/۵	۳/۶۷a-g	۱۶/۲۰f-h	۳۶/۶۷e-h	۱۰۰/۰۰a	۰/۰۰f	۰/۰۰d	۰/۰۰f
GF_{677}	۱/۲	۲/۵	۲/۸۲c-h	۱۹/۹۳e-h	۲۹/۶۷e-h	۱۰۰/۰۰a	۰/۰۰f	۰/۰۰d	۰/۰۰f
GF_{677}	۲/۴	۴/۹	۲/۴۳d-i	۱۶/۵۳f-h	۱۶/۳۳gh	۸۸/۸۴c	۱۱/۱۶d	۰/۰۰d	۰/۰۰f
GF_{677}	۳/۶	۷/۳	۱/۰۵ij	۷/۲۳ij	۱۲/۶۷ij	۶/۱۷g	۳۱/۴۶a	۲۱/۹۱b	۴۰/۴۵b
GF_{677}	۴/۸	۹/۸	۰/۳۱j	۶/۰۲l	۶/۶۷j	۰/۰۰h	۵/۲۴e	۹/۸۱c	۸۴/۹۰a

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 مقایسهٔ 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 پایهٔ GF_{677} و در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر، مشاهده شد. غلظت سدیم در برگ‌های پایهٔ GF_{677} در تیمارهای شوری ۷/۴ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معناداری از سایر ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده بیشتر بود. مقدار سدیم در برگ‌های پایهٔ GF_{677}، رقم‌های A_{200}، مامایی، نان‌پاریل، و ژنوتیپ 1-25 در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب (۲/۱۲، ۱/۰۵، ۱/۰۳، ۰/۹۶ 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 کلریدسدیم را بر غلظت عناصر غذایی برگ‌های دو رقم نارنگی کلمانتین و پرتقال واشینگتن ناول که روی پایهٔ کلئوپاترا پیوند شده بودند، بررسی و گزارش کردند که میزان تجمع سدیم در برگ‌های پرتقال واشینگتن

www.SID.ir

Archive of SID

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 پایهٔ GF_{677} (بدون پیوند) و با تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر (۱/۳۹ درصد)، مشاهده شد. مقدار سدیم در ریشه پایه‌هایی که رقم A_{200}، ژنوتیپ 25-1، 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 GF_{677} (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 A_{200} و ژنوتیپ 25-1 تا تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر افزایش نشان داد درحالی‌که مقدار پتاسیم در برگ‌های رقم مامایی و پایهٔ GF_{677}، تا تیمار شوری ۴/۹ دسی‌زیمنس بر متر افزایش یافت و سپس با افزایش بیشتر شوری، مقدار پتاسیم در برگ‌های آن‌ها کاهش نشان داد. این نتایج نشان می‌دهد که رقم‌های نان‌پاریل و A_{200} و ژنوتیپ 25-1 از طریق افزایش مقدار پتاسیم می‌توانند با آثار منفی و مخرب سدیم مقابله کنند (جدول۶). 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 ۲۵-۱ و رقم A_{200} تا تیمار ۳/۶ گرم در لیتر، کاهش معناداری نسبت به گیاهان شاهد نشان نداده بود. 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 پایهٔ GF_{677} 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 پایهٔ 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 (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 پایهٔ GF_{677} 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

www.SID.ir

Archive of SID

در رقم‌های نان‌پاریل و A_{200} تا تیمار شوری ۴/۹ دسی‌زیمنس بر متر و در ژنوتیپ 25-1 تا تیمار شوری ۷/۳ دسی‌زیمنس بر متر افزایش یافت و سپس با افزایش بیشتر شوری، مقدار آن کاهش نشان داد. درمجموع 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 بااهمیت 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 کلریدسدیم بهتر حفظ کنند (Staples & Toenniessen, 1984).

نتایج مقایسهٔ 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 25-1 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 ریشهٔ تمامی پایه‌های مطالعه‌شده، با اعمال تنش شوری و افزایش غلظت آن به‌طور معناداری افزایش یافت. نسبت سدیم به پتاسیم در ریشهٔ پایه‌هایی که ژنوتیپ 25-1 روی آن‌ها پیوند شده بودند، تنها در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معناداری نسبت به گیاهان شاهد افزایش یافت درحالی‌که در ریشهٔ پایه‌هایی که رقم A_{200} 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 ریشهٔ پایه‌های شاهد (بدون پیوند) و در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول۷). در پژوهش‌های قبلی، اثر تیمارهای شوری بر دانهال‌های 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 ساقهٔ هر چهار رقم به‌طور معناداری افزایش پیدا کرده بود به‌طوری‌که کمترین میزان این نسبت مربوط به رقم سهند بود که نشان‌دهندهٔ انتقال کمتر سدیم و کلر از ریشه به ساقه و انتقال مقدار زیاد پتاسیم به بخش هوایی این رقم است (Gerigorian *et al*., 2002).

به‌طورکلی، 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 ۲۵-۱ و رقم‌های A_{200} 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. درواقع می‌توان گفت یکی از مکانیسم‌های پیوندک در مقابله با تنش شوری انتخاب یون پتاسیم در شرایط تنش و افزایش جذب

www.SID.ir

Archive of SID

این عنصر در مقایسه با سدیم است. ازآنجاکه 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 (Heiydari Sharif Abad, 2001). میزان جذب پتاسیم نسبت به سدیم در شرایط تنش بسته به نوع گونهٔ گیاهی و میزان مقاوت آن به شوری متفاوت است (Heiydari Sharif Abad, 2001). یکی دیگر از دلایل درصد سدیم کمتر در ژنوتیپ‌های پیوندی مطالعه‌شده در مقایسه با 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 درنتیجه از سوختگی و نکروزه‌شدگی برگ‌ها جلوگیری می‌کنند. درواقع کاهش تجمع سدیم در برگ‌ها می‌تواند به‌دلیل سرعت رشدی بیشتر این رقم و پخش سدیم در تعدادی زیادی از برگ‌ها و رقیق‌شدن آن در برگ‌ها باشد.

جدول۶. برهمکنش تیمار شوری و ژنوتیب بر غلظت عناصر غذایی برگ‌های ۴ ژنوتیپ بادام پیوندشده روی پایهٔ Gf_{677}

ژنوتیپ	سطوح شوری (گرم در لیتر)	سطح شوری (دسی زیمنس بر متر)	پتاسیم (٪)	کلسیم (٪)	کلسیم+منیزیم (٪)	منیزیم (٪)	فسفر (٪)	سدیم (٪)	کلر (٪)	روی (پی پی ام)	مس (پی پی ام)	آهن (پی پی ام)	نسبت سدیم به پتاسیم	نسبت کلر به سدیم	نسبت سدیم به کلسیم	نسبت سدیم به منیزیم	نسبت سدیم به فسفر
1-25	۰	۰/۵	۰/۷۹l	۱/۲۴o	۲/۰۵l	۰/۸۰b-d	۰/۱۶۵c	۰/۲۵j	۰/۵۵n	۴۹/۵۱j	۹/۵۷d-f	۱۵/۹۹hi	۰/۳۱ij	۲/۳۵g-l	۰/۲۰hi	۰/۳۰d	۱/۴۸i
1-25	۱/۲	۲/۵	۰/۸۳kl	۱/۳۲no	۲/۲۰jk	۰/۸۷ab	۰/۱۶۶c	۰/۲۷j	۱/۲۲j-l	۵۰/۹۱j	۹/۶۲c-f	۱۷/۳۴h	۰/۳۳h-j	۴/۵۳a-c	۰/۲۱hi	۰/۳۱d	۱/۶۲hi
1-25	۲/۴	۴/۹	۰/۹۹h-j	۲/۰۸d	۳/۰۳c	۰/۹۵a	۰/۱۶۰d	۰/۵۶e-j	۱/۹۷h	۶۴/۴۷d-f	۹/۶۰c-f	۲۰/۰۵f-h	۰/۵۸e-j	۳/۳۰d-h	۰/۲۹g-i	۰/۶۳cd	۳/۷۷e-h
1-25	۳/۶	۷/۳	۱/۱۹de	۱/۸۸e	۲/۷۸d	۰/۹۰ab	۰/۱۵۶d	۰/۶۹d-f	۲/۸۰e	۶۶/۸۰cd	۹/۵۶d-f	۲۷/۴۸b-d	۰/۶۱e-j	۴/۰۳a-e	۰/۳۷f-h	۰/۷۷cd	۴/۴۶d-f
1-25	۴/۸	۹/۸	۱/۲۶cd	۱/۶۴fg	۲/۵۰fg	۰/۸۵a-c	۰/۱۵۴e	۰/۹۳cd	۳/۱۲d	۶۸/۲۰c	۹/۵۰e-g	۲۵/۰۱c-e	۰/۷۳c-f	۴/۳۷c-h	۰/۵۷de	۱/۱۰c-e	۶/۰۶cd
A_{200}	۰	۰/۵	۰/۸۲kl	۰/۶۱f-h	۲/۲۱i-k	۰/۶۴e-g	۰/۱۶۸c	۰/۴۹n	۰/۴۹ij	۶۰/۱۰gh	۹/۵۲e-g	۱۸/۴۸gh	۰/۳۶g-j	۱/۷۵j-l	۰/۱۸i	۰/۴۸d	۰/۷۲hi
A_{200}	۱/۲	۲/۵	۰/۸۸j-l	۰/۷۳c-f	۲/۵۲f	۰/۶۶c	۰/۱۶۶c	۰/۴۱f-j	۱/۰۵lm	۶۰/۴۴gh	۹/۶۰c-f	۲۵/۰۱c-e	۰/۴۷f-j	۲/۵۹f-k	۰/۲۳hi	۰/۵۶cd	۲/۴۷f-i
A_{200}	۲/۴	۴/۹	۰/۹۴i-k	۱/۵۲h-k	۲/۲۱i-k	۰/۶۹d-g	۰/۱۶۰d	۰/۵۷e-i	۲/۱۹g	۶۸/۲۰c	۹/۶۹c-e	۲۸/۶۱a-d	۰/۶۲e-j	۳/۸۰a-f	۰/۳۷g-i	۰/۸۳cd	۳/۶۰e-h
A_{200}	۳/۶	۷/۳	۰/۹۷h-j	۱/۴۸j-l	۲/۱۴kl	۰/۶۶e-g	۰/۱۵۷d	۰/۶۵e-g	۲/۷۴ef	۶۹/۱۳c	۹/۶۲c-f	۳۵/۱۴a	۰/۶۷d-h	۰/۴۴e-g	۰/۴۲fa-d	۰/۹۹cd	۴/۱۳ef
A_{200}	۴/۸	۹/۸	۱/۰۶f-i	۱/۴۴k-m	۲/۰۸l	۰/۶۳fg	۰/۱۵۴e	۱/۰۵c	۳/۳۰cd	۶۷/۲۷cd	۹/۵۵d-f	۲۵/۴۵c-e	۰/۱۰bc	۳/۰۹d-i	۰/۷۵c	۱/۷۰c-e	۷/۰۱c
نان پاریل	۰	۰/۵	۰/۸۸j-l	۱/۵۸f-j	۲/۲۸h-j	۰/۶۹d-g	۰/۱۶۷c	۰/۳۱h-j	۰/۳۹n	۵۰/۹۱j	۹/۷۰c-e	۱۸/۷۰gh	۰/۳۶g-j	۱/۳۳l	۰/۲۰hi	۰/۴۶d	۱/۹۰g-i
نان پاریل	۱/۲	۲/۵	۰/۹۷h-j	۱/۶۸f	۲/۵۳ef	۰/۸۵a-c	۰/۱۶۱d	۰/۴۴e-j	۱/۲۷jk	۵۹/۷۹h	۹/۷۵b-d	۲۳/۴۲d-f	۰/۴۵f-j	۲/۹۷e-i	۰/۲۶g-i	۰/۵۱cd	۲/۷۱e-i
نان پاریل	۲/۴	۴/۹	۱/۰۳g-i	۱/۶۰f-i	۲/۴۰gh	۰/۸۰b-d	۰/۱۵۸d	۰/۶۰e-h	۲/۲۴g	۶۲/۷۸f-h	۹/۷۹bc	۳۱/۳۱ac	۰/۵۹e-j	۳/۸۳a-e	۰/۳۸f-h	۰/۷۶cd	۳/۸۰e-g
نان پاریل	۳/۶	۷/۳	۱/۱e-h	۱/۵۴g-k	۲/۳۱h-j	۰/۷۷b-e	۰/۱۵۵d	۰/۷۳de	۳/۳۸c	۵۹/۸۹h	۹/۶۹c-e	۳۲/۸۹ab	۰/۶۵e-i	۴/۷۷a	۰/۴۷ef	۰/۹۴cd	۴/۶۴de
نان پاریل	۴/۸	۹/۸	۱/۱۷d-f	۱/۴۹i-l	۲/۰۵l	۰/۵۶gh	۰/۱۵۳e	۰/۹۶cd	۴/۴۷a	۵۵/۳۱i	۹/۵۳e-g	۱۵/۹۹hi	۰/۸۲b-e	۴/۷۲ab	۰/۶۵cd	۱/۷۲c-e	۶/۲۴cd
مامایی	۰	۰/۵	۰/۸۲kl	۱/۳۸l-n	۲/۳۲h-j	۰/۹۴a	۰/۱۷۴b	۰/۳۳n	۰/۲۲j	۶۳/۰۶f-h	۹/۵۷d-f	۱۶/۴۴hi	۰/۲۲j	۱/۵۰kl	۰/۱۶i	۰/۲۴d	۱/۲۸i
مامایی	۱/۲	۲/۵	۱/۱۰e-h	۱/۴۶k-m	۲/۳۳hi	۰/۸۹ab	۰/۱۷۱b	۰/۲۵j	۰/۸۸m	۶۳/۲۲e-g	۹/۶۶c-e	۲۳/۸۷c-f	۰/۲۷ij	۳/۶۸a-f	۰/۱۷i	۰/۲۹d	۱/۴۳i
مامایی	۲/۴	۴/۹	۱/۱۵d-g	۱/۳۶mn	۲/۲۷ij	۰/۸۶a-c	۰/۱۶۴c	۰/۴۴j	۱/۴۱j	۶۲/۵۹f-h	۹/۵۸d-f	۲۳/۵۶d-f	۰/۳۳f-i	۳/۳۳c-h	۰/۳۸g-j	۰/۴۸d	۲/۶۴e-h
مامایی	۳/۶	۷/۳	۱/۰۶f-i	۱/۲۲o	۱/۹۲m	۰/۶۹d-g	۰/۱۵۷d	۰/۷۲e-h	۲/۵۵f	۵۵/۵۹i	۹/۵۱e-g	۲۴/۵۵c-f	۰/۶۹c-g	۳/۵۴b-g	۰/۵۹c-e	۱/۰۴c-e	۴/۵۷de
مامایی	۴/۸	۹/۸	۰/۹۷h-j	۱/۵۶o	۱/۰۶p	۰/۵۰h	۰/۱۴۲f	۱/۰۳cd	۴/۶۰a	۴۴/۳۷k	۹/۴۴fg	۱۷/۳۴h	۱/۰۶b	۳/۵۰c-g	۰/۹۷b	۲/۰۶bc	۷/۲۶bc
پایه Gf_{677}	۰	۰/۵	۱/۰۵f-i	۲/۵۲rb	۳/۴۸b	۰/۹۵a	۰/۱۸۲a	۰/۳۸g-j	۰/۵۵n	۷۶/۶۱a	۱۰/۰۵a	۲۵/۰۱c-e	۰/۳۵g-j	۱/۶۶kl	۰/۱۵i	۰/۴۱d	۲/۰۸g-i
پایه Gf_{677}	۱/۲	۲/۵	۱/۳۲c	۲/۷۶a	۳/۶۱a	۰/۸۵a-c	۰/۱۶۹b	۰/۴۹e-j	۱/۱۱kl	۷۲/۴۱b	۹/۹۲ab	۲۷/۴۸b-d	۰/۳۶g-j	۲/۲۷h-l	۰/۱۷i	۰/۵۷cd	۲/۸۸e-i
پایه Gf_{677}	۲/۴	۴/۹	۱/۶۲a	۲/۲۱c	۲/۹۹c	۰/۷۸b-e	۰/۱۶۶b	۰/۵۹e-h	۶۶/۳۳c-e	۹/۷۰c-e	۲۲/۰۸e-g	۳/۵۲e-h	۰/۳۷g-j	۲/۸۹e-j	۰/۲۷g-i	۰/۷۵cd	۳/۵۲e-h
پایه Gf_{677}	۳/۶	۷/۳	۱/۴۴b	۲/۶۵e	۲/۰۸d	۰/۵۶gh	۰/۱۶۰d	۰/۴۳b	۲/۸۰e	۵۰/۴۵j	۹/۶۴c-f	۱۸/۲۴gh	۰/۱۹۵b-d	۱/۹۵i-l	۰/۶۹cd	۲/۵۷b	۸/۹۸b
پایه Gf_{677}	۴/۸	۹/۸	۱/۰۵f-i	۱/۳۰no	۱/۶۳n	۰/۳۳i	۰/۱۵۱e	۲/۱۲a	۴/۹۴a	۴۲/۹۸k	۹/۳۵g	۱۲/۶۱i	۲/۰۳a	۲/۱۹h-l	۰/۶۲a	۰/۸۱a	۱۴/۰۷a

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.

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 (جدول۶). در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، با افزایش شوری، مقدار کلسیم برگ به‌طور معناداری کاهش یافت. درمجموع کمترین غلظت کلسیم، در برگ‌های رقم مامایی و در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر (۱/۰۶ درصد)، مشاهده شد (جدول۷). نتایج حاصل از مقایسهٔ 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

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش نسبت سدیم به کلسیم در ژنوتیپ 25-1 و رقم A_{200} 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 ۲۵-۱ و رقمA_{200} به‌ترتیب بیشترین درصد برگ‌های سبز و کمترین درصد برگ‌های نکروزه‌شده و ریزش برگ را داشتند که نشان‌دهندهٔ تخریب کمتر دیوارهٔ سلولی برگ‌های آن‌هاست. درحالی‌که در سایر ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده 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. درمجموع بیشترین نسبت سدیم به کلسیم (۱/۶۲)، در پایهٔ GF_{677} و در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول۶). این یافته‌ها با نتایج بررسی صفات مورفولوژیک مطابقت داشت. پایه‌های شاهد (پیوندنشده) در این سطح از شوری، بیشترین درصد نکروزه‌شدگی برگ و ریزش برگ را داشتند به‌طوری‌که در پایان آزمایش فاقد برگ سبز بودند. در پژوهش‌های انجام‌شده روی گیاهان مختلف تحت شرایط تنش شوری نشان داده شده است که سدیم، سبب برهم‌خوردن تعادل اسمزی، تخریب غشاهای سلولی، جلوگیری از تقسیم و بزرگ‌شدن سلول‌ها و درنتیجه کاهش رشد می‌شود (Szczerba *et al*., 2008; 2009).

جدول۷. برهمکنش تیمار شوری و ژنوتیپ بر غلظت عناصر غذایی ریشه‌های پایهٔ GF_{677}

ژنوتیپ	سطوح شوری (گرم در لیتر)	سطح شوری (دسی زیمنس بر متر)	پتاسیم (٪)	کلسیم (٪)	کلسیم+منیزیم (٪)	منیزیم (٪)	فسفر (٪)	سدیم (٪)	کلر (٪)	روی (پی پی ام)	مس (پی پی ام)	آهن (پی پی ام)	نسبت سدیم به فسفر	نسبت کلر به سدیم	نسبت سدیم به کلسیم	نسبت سدیم به منیزیم	نسبت سدیم به فسفر
1-25	۰	۰/۵	۰/۳۵gh	۰/۴۸f	۰/۸۰de	۰/۳۳ab	۰/۱۱۵b	۰/۴۴i-k	۰/۶۹op	۲۱/۶۲hi	۷/۱۲ab	۳۹/۱۶j	۱/۲۳h-l	۱/۶۱f-i	۰/۹۲k-m	۱/۳۳jk	۳/۷۵hi
1-25	۱/۲	۲/۵	۰/۴۲d-g	۰/۳۹h-j	۰/۷۲f-h	۰/۳۳ab	۰/۱۱۴c	۰/۵۲h-k	۱/۲۲kl	۲۰/۴۷ij	۷/۱۷a	۳۲/۹۵kl	۱/۲۷g-l	۲/۳۵a-f	۱/۳۹h-l	۱/۶۲h-k	۴/۶۲gh
1-25	۲/۴	۴/۹	۰/۴۶b-e	۰/۳۲kl	۰/۶۴ij	۰/۳۲a-c	۰/۱۱۸b	۰/۷۹d-g	۲/۰۸f	۲۰/۰۸i-k	۷/۰۵a-d	۲۹/۹۶lm	۱/۷۲f-h	۲/۶۳a-e	۲/۴۸e-g	۲/۴۸f-j	۶/۷۱de
1-25	۳/۶	۷/۳	۰/۵۰a-c	۰/۲۹lm	۰/۵۹jk	۰/۳۱a-c	۰/۱۲۰b	۰/۹۱b-f	۲/۵۰d	۱۹/۸۱j-l	۶/۹۰c-f	۲۵/۸۶mn	۱/۸۳e-h	۲/۷۶a-d	۳/۲۱de	۳/۰۱d-g	۷/۵۹b-e
1-25	۴/۸	۹/۸	۰/۴۲d-g	۰/۲۳n	۰/۴۸lm	۰/۲۵e-g	۰/۱۲۱b	۱/۰۷bc	۳/۳۸a	۱۹/۴۸j-l	۶/۷۶e-g	۳۰/۴۳l	۲/۵۵b-d	۲/۳۷a	۴/۶۹ab	۴/۲۶cd	۸/۹۰bc
A_{200}	۰	۰/۵	۰/۴۸a-d	۰/۶۹d	۰/۹۰c	۰/۲۱h-j	۰/۱۱۳c	۰/۳۶jk	۰/۶۳pq	۲۲/۹۵gh	۷/۱۴ab	۶۵/۹۱fg	۱/۷۵lm	۱/۸۴d-i	۰/۵۳lm	۱/۶۲h-k	۲/۲۲i
A_{200}	۱/۲	۲/۵	۰/۵۰a-c	۰/۵۶e	۰/۷۶e-g	۰/۲۰ij	۰/۱۱۵b	۰/۵۳h-k	۱/۰۲m	۱۸/۵۷k-m	۷/۲۰a	۶۲/۷۵gh	۱/۹۶c-i	۱/۰۸i-m	۰/۹۴k-m	۲/۶۸e-i	۴/۶۲gh
A_{200}	۲/۴	۴/۹	۰/۵۳ab	۰/۵۱ef	۰/۷۰g-i	۰/۱۹i-k	۰/۱۱۶b	۰/۷۲e-h	۰/۳۳jk	۱۸/۳۱lm	۷/۰۶a-c	۵۹/۹۲h	۱/۳۶f-l	۱/۸۷d-i	۱/۴۳h-k	۳/۷۹c-e	۶/۲۳d-g
A_{200}	۳/۶	۷/۳	۰/۴۶b-e	۰/۳۴i-l	۰/۵۲kl	۰/۱۸i-l	۰/۱۱۹b	۰/۸۶c-g	۲/۲۲e	۲۲/۳۰h	۶/۹۲b-e	۷۱/۴۳e	۱/۸۸e-g	۲/۵۲e-g	۴/۶۹c	۷/۲۳c-e	
A_{200}	۴/۸	۹/۸	۰/۳۷f-h	۰/۳۰l	۰/۴۷lm	۰/۱۷j-l	۰/۱۲۳b	۱/۱۲b	۳/۱۷b	۲۳/۸۷fg	۶/۷۵e-g	۸۸/۳۰c	۳/۰۶b	۲/۸۲a-c	۳/۷۵cd	۶/۴۰b	۹/۱۶b
نان پاریل	۰	۰/۵	۰/۴۱d-g	۰/۴۶fg	۰/۷۷ef	۰/۳۱a-c	۰/۱۱۸b	۰/۷۵op	۰/۳۲k	۱۸/۳۵lm	۷/۱۲ab	۳۱/۲۲l	۷/۸۷k-m	۲/۳۹a-f	۰/۶۸k-m	۱/۰۳k	۲/۶۹i
نان پاریل	۱/۲	۲/۵	۰/۴۲d-g	۰/۴۵f-h	۰/۷۵e-g	۰/۳۰a-d	۰/۱۱۹b	۰/۵۵h-j	۱/۱۶l	۱۸/۱۸lm	۷/۱۴ab	۲۴/۱۲no	۱/۳۰g-l	۲/۱۰c-i	۱/۲۳i-l	۱/۸۴g-k	۴/۶۷gh
نان پاریل	۲/۴	۴/۹	۰/۵۲ab	۰/۴۰g-i	۰/۷۰g-i	۰/۲۹b-e	۰/۱۲۱b	۰/۷۴e-h	۱/۵۲h	۱۷/۶۵m	۷/۰۱a-d	۲۰/۳۴o	۱/۴۴f-j	۲/۱۱c-i	۱/۸۷g-j	۲/۵۲e-j	۶/۱۲d-g
نان پاریل	۳/۶	۷/۳	۰/۴۸a-d	۰/۳۷i-k	۰/۶۶hi	۰/۲۹b-e	۰/۱۲۳b	۰/۸۲d-g	۱/۷۸g	۱۹/۸۱j-l	۶/۸۸c-f	۳۱/۸۵kl	۱/۷۱f-h	۲/۲۲f-h	۲/۸۱e-h	۲/۸۱e-h	۶/۶۱d-f
نان پاریل	۴/۸	۹/۸	۰/۳۹e-h	۰/۳۳j-l	۰/۵۹jk	۰/۲۶d-f	۰/۱۲۵a	۰/۹۳b-e	۲/۱۴ef	۲۰/۲۷ij	۶/۷۱fg	۳۶/۱۱jk	۲/۴۲c-e	۲/۸۳ef	۲/۲۹a-g	۳/۶۲c-f	۷/۴۷b-e
مامایی	۰	۰/۵	۰/۵۳ab	۰/۵۰ef	۰/۷۹de	۰/۳۴a	۰/۱۱۴c	۰/۳۱k	۰/۵۶qr	۱۹/۰۳j-m	۷/۱۵a	۶۹/۸۵ef	۱/۸۰e-i	۱/۸۰e-i	۰/۷۱k-m	۰/۹۲k	۲/۷۶i
مامایی	۱/۲	۲/۵	۰/۵۵a	۰/۳۸i-k	۰/۶۸hi	۰/۳۰a-d	۰/۱۱۶b	۰/۵۵h-j	۰/۷۸no	۱۹/۴۹j-l	۷/۱۷a	۶۴/۴۹g	۱/۰۱j-m	۱/۴۱g-i	۱/۴۶h-k	۱/۸۵g-k	۴/۷۷f-h
مامایی	۲/۴	۴/۹	۰/۵۰a-c	۰/۲۳mn	۰/۵۱l	۰/۲۸c-f	۰/۱۲۰b	۰/۶۹f-h	۲۰/۳۳ij	۷/۰۵a-d	۸۵/۸۱h	۱/۴۰f-k	۲/۰۲c-i	۳/۰۴d-f	۲/۴۵f-j	۵/۸۲e-g	
مامایی	۳/۶	۷/۳	۰/۴۲d-g	۰/۲۱n	۰/۴۹l	۰/۲۸c-f	۰/۱۲۲b	۰/۸۴d-g	۲/۱۲ef	۲۱/۶۴hi	۶/۸۵d-f	۷۲/۵۲e	۱/۹۸d-f	۲/۵۶a-e	۴/۱۲bc	۲/۹۸d-g	۶/۹۰de
مامایی	۴/۸	۹/۸	۰/۳۵gh	۰/۱۸n	۰/۴۲m	۰/۲۴f-h	۰/۱۲۳b	۰/۹۸b-d	۲/۹۶c	۲۴/۴۶f	۶/۷۱fg	۸۸/۱۴c	۳/۰۳ab	۵/۴۳a	۴/۱۱cd	۷/۹۹b-d	
پایه GF_{677}	۰	۰/۵	۰/۳۵gh	۰/۹۳a	۱/۱۵a	۰/۳۲g-i	۰/۱۱۳c	۰/۳۲jk	۰/۴۴r	۲۸/۱۲d	۷/۱۸a	۶۵/۵۷i	۱/۸۲e-i	۰/۸۶j-m	۰/۳۳m	۱/۴۲i-k	۲/۷۸i
پایه GF_{677}	۱/۲	۲/۵	۰/۴۴c-f	۰/۹۷a	۱/۱۴a	۰/۱۷j-l	۰/۱۱۴c	۰/۶۵g-i	۰/۸۹n	۲۸/۴۸de	۷/۱۲ab	۶۳/۲۳gh	۱/۴۷f-j	۱/۳۷g-i	۰/۶۶k-m	۳/۸۰c-e	۵/۶۹e-g
پایه GF_{677}	۲/۴	۴/۹	۰/۵۲ab	۰/۸۲b	۰/۹۹b	۰/۱۷j-l	۰/۱۲۰b	۰/۸۴d-g	۱/۳۱jk	۳۰/۰۸c	۶/۹۲b-e	۷۹/۳۱d	۱/۶۴f-i	۱/۵۹f-i	۱/۰vj-m	۴/۱۰cd	۶/۹۶de
پایه GF_{677}	۳/۶	۷/۳	۰/۴۶b-e	۰/۷۶c	۰/۹۱c	۰/۱۵kl	۰/۱۲۲b	۱/۱۰b	۱/۴vhi	۳۲/۷۰b	۶/۷۱f-g	۹۹/۶۵b	۲/۴۰c-e	۱/۳۳hi	۱/۴۵h-k	۷/۲۰b	۹/۰۵bc
پایه GF_{677}	۴/۸	۹/۸	۰/۳۳h	۰/۶۹d	۰/۸۵cd	۰/۱۴l	۰/۱۱۵b	۱/۳۹a	۱/۷۲g	۳۴/۶۶a	۶/۵۹g	۱۳۹/۵۵a	۴/۱۹a	۱/۲۵i	۱/۹۷g-i	۹/۶۷a	۱۱/۹۴a

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.

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 GF_{677}، با افزایش غلظت شوری به‌طور معناداری کاهش یافت و مقدار کاهش در غلظت کلسیم ریشه تحت‌تأثیر نوع پیوندک قرار گرفت. در پایه‌هایی (GF_{677}) که رقم نان‌پاریل روی آن پیوند شده بودند، مقدار کلسیم ریشه تنها ۰/۱۳ درصد کاهش یافت درحالی‌که در پایه‌هایی که به‌ترتیب ژنوتیپ 25-1، رقم A_{200} و رقم مامایی روی آن‌ها پیوند شده بودند، مقدار کلسیم ریشه به‌ترتیب (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 (جدول۷). این نتایج نشان‌دهندهٔ اثر مثبت رقم نان‌پاریل و ژنوتیپ 25-1 در افزایش تحمل پایهٔ GF_{677} نسبت به آثار مخرب شوری است. کلسیم در گیاهان نقش‌های بسیاری از مقادیر

www.SID.ir

Archive of SID

اندک در تنظیم برخی متابولیسم‌های سلولی گرفته تا مقادیر زیاد در ساختار دیوارهٔ سلولی دارد. این در حالی است که در شرایط تنش‌های محیطی به‌خصوص 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 دیوارهٔ 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

براساس نتایج، غلظت شوری و نوع پیوندک بر مقدار منیزیم برگ به‌طور معناداری تأثیر داشت. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت شوری، مقدار منیزیم در برگ‌های تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، کاهش یافت به‌طوری‌که کمترین مقدار منیزیم در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. مقدار کاهش غلظت منیزیم در برگ‌های ژنوتیپ 25-1، رقم A_{200} و رقم نان‌پاریل معنادار نبود درحالی‌که مقدار کاهش منیزیم در رقم مامایی و پایهٔ GF_{677} معنادار بود. درمجموع بیشترین مقدار در کاهش منیزیم در برگ‌های پایهٔ GF_{677}، مشاهده شد (جدول۶). نتایج حاصل از مقایسهٔ 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 25-1 و رقم A_{200} تنها در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به گیاهان شاهد، معنادار بود درحالی‌که در سایر ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده در این پژوهش، افزایش نسبت سدیم به منیزیم در سطوح شوری ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به گیاهان شاهد، معنادار بود. درمجموع بیشترین نسبت سدیم به منیزیم (۶/۸۱) در پایهٔ GF_{677} و در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول۶). این نتایج با نتایج حاصل از بررسی صفات مورفولوژیک مطابقت داشت. نتایج بررسی درصد نکروزه‌شدگی برگ در ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده نشان داد که ژنوتیپ ۲۵-۱ و پایهٔ GF_{677} در این سطح از شوری، به‌ترتیب کمترین و بیشترین درصد نکروزه‌شدگی برگ را داشتند. گزارش شده است که یکی از نقش‌های مهم منیزیم، شرکت آن در ساختار کلروفیل‌ها و کوفاکتور در فعال ساختن همهٔ آنزیم‌های فسفریلاسیون است (Heiydari Sharif Abad, 2001). اثر تیمار شوری کلریدسدیم 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 به‌طوری‌که در تمامی سطوح شوری، غلظت منیزیم در ریشهٔ پایه‌های پیوندشده از مقدار منیزیم در ریشهٔ پایه‌های پیوندنشده، بیشتر بود (جدول۷). 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 به‌وسیلهٔ کاتیون‌های دیگر ازجمله پتاسیم، آمونیوم، کلسیم و سدیم به شدت کاهش می‌یابد (Heiydari Sharif Abad, 2001).

برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر غلظت فسفر برگ و ریشه

مقایسهٔ میانگین داده‌ها نشان داد که نوع پیوندک و

www.SID.ir

Archive of SID

غلظت شوری بر مقدار فسفر برگ مؤثر است. براساس نتایج، غلظت فسفر تنها در ژنوتیپ 25-1 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 مطالعه‌شده، از ابتدا با افزایش غلظت شوری، مقدار فسفر کاهش یافت. بیشترین میزان کاهش در غلظت فسفر در برگ‌های پایهٔ GF_{677} مشاهده شد. پژوهشگران دیگر نیز گزارش کرده بودند که با افزایش غلظت شوری، غلظت فسفر در پایه‌های بادام تلخ، توانو و GF_{677} کاهش یافت (Oreie *et al.*, 2009). به‌طورکلی، نتایج حاصل از بررسی غلظت فسفر در برگ ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده نشان داد که ژنوتیپ‌های پیوندی در افزایش قدرت پایه در جذب فسفر و انتقال آن به قسمت هوایی گیاه نقش بسزایی دارند (جدول۶). 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 (Heiydari Sharif Abad, 2001; Mahajan &Tuteja, 2005).

براساس نتایج به‌دست‌آمده، نوع پیوندک و غلظت شوری بر مقدار فسفر ریشه تأثیر داشت. در پایه‌هایی که ژنوتیپ 25-1 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 مطالعه‌شده روی آن‌ها پیوند شده بودند، غلظت فسفر از ابتدا با اعمال تنش شوری و افزایش غلظت آن، افزایش یافت. در ریشه‌های پایهٔ GF_{677} (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 توسط ریشه و انتقال آن به قسمت هوایی تأثیر دارد. ژنوتیپ 25-1، علاوه بر اینکه قابلیت جذب فسفر توسط ریشه را در شرایط تنش شوری افزایش داد، تا حدودی نیز سبب انتقال فسفر جذب‌شده به قسمت هوایی نیز شد، درحالی‌که رقم‌های مامایی، نان‌پاریل و A_{200} تنها توانستند قدرت جذب ریشه را در شرایط تنش شوری افزایش دهند، ولی قابلیت انتقال فسفر از ریشه به قسمت هوایی را نداشتند (جدول۷).

برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر غلظت کلر برگ و ریشه

نتایج حاصل ار مقایسهٔ میانگین داده‌ها نشان داد که در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، با افزایش غلظت شوری، مقدار کلر، افزایش یافت، ولی مقدار افزایش و تجمع کلر در برگ ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده با یکدیگر اختلاف معناداری داشت. براساس نتایج به‌دست‌آمده، بیشترین غلظت کلر در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. مقدار کلر در برگ‌های پایهٔ GF_{677}، رقم‌های مامایی، نان‌پاریل، A_{200} و ژنوتیپ 25-1 در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب (۴/۹۴، ۴/۶۰، ۴/۴۷، ۳/۳۰ و ۳/۱۳ درصد)، بود. درمجموع نتایج نشان دادند که ژنوتیپ ۲۵-۱ و رقم A_{200} در مقایسه با پایه‌های شاهد (پیوندنشده) در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر توانستند به‌طور 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 25-1 و پس از آن رقم A_{200} که شرایط رشدی بهتری در شرایط تنش شوری داشتند، کمترین مقدار کلر در برگ را داشتند و قابلیت بیشتری به‌منظور دفع‌کنندگی یون کلر داشتند. در مقابل این دو ژنوتیپ، بیشترین تجمع کلر را در ریشه‌ها داشتند و درمجموع توانستند با حفظ قدرت رشدی مناسب در شرایط تنش شوری، به‌طور مؤثری از انتقال کلر از ریشه به قسمت هوایی جلوگیری کنند. اختلال در

www.SID.ir

Archive of SID

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 ریشهٔ خود ذخیره می‌کنند (Staples & Toenniessen, 1984).

براساس نتایج به‌دست‌آمده، مقدار کلر موجود در ریشه تحت‌تأثیر نوع ژنوتیپ پیوندی و غلظت شوری قرار گرفت. همان‌طور که از جدول۷ 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 25-1 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 25-1 و پس از آن رقم A_{200} 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 درمجموع 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 کلریدسدیم 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 به‌طورکلی، 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 درواقع تحمل بیشتر 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 ریشهٔ خود ذخیره می‌کنند (Staples & Toenniessen, 1984).

برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر غلظت روی برگ و ریشه

نتایج حاصل از مقایسهٔ میانگین داده‌ها نشان داد که مقدار روی در برگ و ریشه تحت‌تأثیر برهمکنش نوع پیوندک و غلظت شوری قرار گرفت. براساس نتایج به‌دست‌آمده مقدار روی در برگ‌های ژنوتیپ 25-1 با افزایش شوری تا تیمار ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر، در رقم A_{200} 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 GF_{677} 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 25-1 و به مقدار کمتری رقم A_{200} 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 25-1 و رقم A_{200} 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،

www.SID.ir

Archive of SID

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

نتایج مقایسهٔ میانگین داده‌ها نشان داد که اثر نوع پیوندک و غلظت شوری بر مقدار روی در ریشه معنادار شد. براساس نتایج به‌دست‌آمده، در ریشهٔ پایه‌هایی که ژنوتیپ 25-1 روی آن‌ها پیوند شده بودند، با افزایش شوری مقدار روی تا تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر و در پایه‌هایی که رقم‌های A_{200} 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 25-1 و به مقدار کمتری رقم A_{200} 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 کلریدسدیم را با محدودکردن 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 (جدول۶). براساس نتایج به‌دست‌آمده در رقم‌های A_{200} و نان‌پاریل، با افزایش شوری تا تیمار ۴/۹ دسی‌زیمنس بر متر و در ژنوتیپ 25-1 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 پایهٔ GF_{677} از ابتدا با افزایش شوری، مقدار مس به‌طور معناداری کاهش یافت. گزارش شده است که مس ازجمله عناصر ضروری و کم‌مصرف برای رشد و توسعهٔ گیاهان بوده و در فتوسنتز، تنفس میتوکندری، پاسخ به تنش‌های اکسیداتیو و متابولیسم دیوارهٔ 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 GF_{677} (پیوندنشده)، 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 (جدول۷).

برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر غلظت آهن در برگ و ریشه

نتایج مقایسهٔ میانگین داده‌ها نشان داد که نوع پیوندک و غلظت شوری بر مقدار آهن برگ مؤثر است. براساس نتایج، مقدار آهن در ژنوتیپ 25-1 و رقم‌های نان‌پاریل و A_{200} 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 پایهٔ GF_{677} 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 (جدول۶). بررسی‌های مربوط به جذب کاتیون‌های چندظرفیتی، مانند آهن، در فضای آزاد آپوپلاست ریشه نشان داده است که

www.SID.ir

Archive of SID

آهن می‌تواند به‌صورت پیوند غیریونی به گروه‌هایی مانند پراکسیدازهای موجود روی دیوارهٔ 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 25-1 و پس از آن رقم A_{200} 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 تحت‌تأثیر برهمکنش نوع پیوندک و غلظت شوری قرار گرفت. براساس نتایج به‌دست‌آمده غلظت آهن در ریشهٔ پایه‌هایی که ژنوتیپ 25-1 روی آن‌ها پیوند شده بودند، تا تیمار شوری ۷/۳ دسی‌زیمنس بر متر و در رقم‌های نان‌پاریل، A_{200} 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. درمجموع بیشترین تجمع آهن در ریشهٔ 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 کلریدسدیم 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 آهن نقش بسیار مهمی در توسعهٔ 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 بیوسنتز 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 نکروزه 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 25-1 در شرایط تنش شوری خصوصیات رشدی خود را بهتر حفظ کرد. ارتفاع شاخهٔ 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 نکروزه‌شده 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

www.SID.ir

Archive of SID

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. درمجموع در این پژوهش ژنوتیپ 25-1 و رقم مامایی به‌ترتیب، متحمل‌ترین و حساس‌ترین رقم به شوری تشخیص داده شدند.

REFERENCES

1. 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.
2. Banuls, J. & Primo, E. (1995). Effect of salinity on some citrus scion-rootstock combination. *Annals of Botany*, 76, 97-102.
3. Bay Bordi. (2013). Evaluation tolerance of almond late flowering cultivare to salinity. *Crop Production and Processing*, 3(3), 217-225. (in Farsi)
4. Emami, A. (1996). Methods of plant analysis. *Agricultural Research and Education Organization. Soil and Water Institute*. 130 Pp.
5. Epstein, E. & Rains, D. W. (1987). Advances in salt tolerance. *Plant and Soil*, 99, 17-29.
6. 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)
7. Grattan, S. R. (2002). Irrigation water salinity and crop production. University of California. *Agriculture and Natural Resourses Publication*. 8066.
8. 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.
9. Heiydari Sharif Abad, H. (2001). Plant and salinity. *Research Institute of Forests and Rangelands*. 71 Pp.
10. 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.
11. Maas, E.V. & Hoffman, G.J. (1977). Crop salt tolerance: current assessment. *Irrigation and Drainage Engineering*, 103, 115- 134.
12. Mahajan, Sh. & Tuteja N. (2005). Cold, salinity and drought stresses: An overview. *Archives of biochemistry and Biophysics*, 444, 139-158.
13. Marschner, H. (1995). Functions of mineral nutrients: Micronutrients. *Mineral nutrition of higher plants*. (2nd ed). Academic Press Limited. San Diego. CA. 313-396.
14. Mittler, R. (2002). Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends Plant Sciences*, 7, 405-410.
15. 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.
16. Munns, R. & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 651-681.
17. Munns, R. (1993). Physiological processes limiting plant growth in saline soil: some dogmas and hypotheses. *Plant Cell and Environment*, 16, 15-24.
18. 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.
19. 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)
20. Ottman, Y. & Byrne, D. H. (1988). Screening rootstocks of Prunus for relative salt tolerance. *Hort Science*, 23(2), 375-378.
21. 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.
22. Rahemi, M., Nagafian, Sh. & Tavallaie V. (2008). Growth and chemical composition of hybrid GF_{677} influenced by salinity levels of irrigation water. *Plant Sciences*, 7(3), 309-313.
23. 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.
24. 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.

www.SID.ir

Archive of SID

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.

www.SID.ir

Archive of SID
Iranian Journal of Horticultural Science, Vol. 46, No. 3, Autumn 2015

Evaluation of growth characteristics and nutrient concentration in four almond (*Prunus dulcis*) genotypes budded on GF_{677} rootstock under salinity stress

Ali Momenpour[1], Ali Imani[2], Davod Bakhshi[3*] and Hamed Rezaie[4]

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', 'A_{200}', 'Mamayi', '1-25' which budded on GF_{677} 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, GF_{677}, macronutrients, 'Mamayi', Micronutrients, salinity stress, '1-25'.

* Corresponding author E-mail: bakhshi-d@guilan.ac.ir Tel: +98 911 1347927

www.SID.ir