



## به زراعی کشاورزی

دوره ۱۷ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۴  
صفحه‌های ۱۹۷-۲۱۶

# اثر تنش شوری بر خصوصیات رشدی و غلظت عناصر غذایی در رقم‌های بادام 'شاهرود ۱۲'، 'تونو' و ژنوتیپ '۱-۱۶' پیوندشده روی پایه GF<sub>677</sub>

علی مؤمن‌پور<sup>۱</sup>، داود بخشی<sup>۲\*</sup>، علی ایمانی<sup>۳</sup> و حامد رضایی<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی دکتری، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، ایران.
۲. دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، ایران.
۳. دانشیار بخش تحقیقات باغبانی، مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج، ایران.
۴. استادیار بخش تحقیقات اصلاح خاک و مدیریت پایدار اراضی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۳/۲۸

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۰۱/۱۶

### چکیده

به منظور ارزیابی اثر تنش شوری بر خصوصیات رویشی و غلظت عناصر غذایی در برگ و ریشه‌های تعدادی از ژنوتیپ‌های بادام، آزمایشی با دو عامل ژنوتیپ در چهار سطح شامل 'شاهرود ۱۲'، 'تونو' و ژنوتیپ '۱-۱۶' پیوندشده روی پایه GF<sub>677</sub> و پایه GF<sub>677</sub> و شوری آب آبیاری در پنج سطح شامل غلظت‌های صفر، ۱/۲، ۲/۴، ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر کلرید سدیم (به ترتیب با هدایت الکتریکی ۰/۵، ۲/۵، ۴/۹، ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر) در گلخانه تحقیقاتی مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر در سال ۱۳۹۲ انجام گرفت. با اعمال تنش شوری و افزایش غلظت آن، میزان قطر پیوندک، ارتفاع پیوندک، تعداد برگ تولیدی و درصد برگ‌های سبز، کاهش و درصد برگ‌های نکروزه و ریزش یافته افزایش یافتند. بررسی غلظت عناصر غذایی در برگ و ریشه نشان داد که در همه ژنوتیپ‌ها، بیشترین میزان کلر (۴/۹۴ درصد) و سدیم (۲/۱۲ درصد)، نسبت سدیم/پتاسیم (۲/۰۳)، سدیم/کلسیم (۱/۹۲)، سدیم/منیزیم (۶/۸۱)، سدیم/فسفر (۱۴/۰۷) و کمترین کلسیم (۱/۰۶ درصد)، منیزیم (۰/۳۳ درصد)، فسفر (۰/۱۴۶ درصد)، روی (۳۲/۷ قسمت در میلیون) و مس (۹/۳۳ قسمت در میلیون) برگ، در تیمار ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر کلرید سدیم مشاهده شد. نوع پیوندک در ممانعت از جذب سدیم و کلر توسط ریشه و انتقال آن به قسمت هوایی مؤثر است. 'شاهرود ۱۲' در همه سطوح شوری، دارای کمترین مقدار کلر و سدیم و کمترین نسبت سدیم/پتاسیم، سدیم/کلسیم، سدیم/منیزیم و سدیم/فسفر و نیز بیشترین نسبت کلر/سدیم بود. همچنین این رقم توانست در سطوح بالای شوری (۷/۳ دسی‌زیمنس بر متر)، از طریق افزایش پتاسیم (۱/۶۵ درصد)، مس (۹/۶۲ قسمت در میلیون)، آهن (۲۲/۳۰ قسمت در میلیون) و روی (۵۰/۴۵ قسمت در میلیون) بیشتر از دیگر ژنوتیپ‌های مورد بررسی، با تأثیرات مخرب سدیم مقابله کند. رقم 'شاهرود ۱۲' متحمل‌ترین رقم به شوری در بین تیمارها بود.

کلیدواژه‌ها: بادام، پایه GF<sub>677</sub>، تنش شوری، 'شاهرود ۱۲'، عناصر پرمصرف، عناصر کم‌مصرف.

## ۱. مقدمه

شوری یکی از تنش‌های غیرزنده محیطی است که رشد و تولید محصولات کشاورزی را به شدت محدود می‌کند [۶]. بیابان‌های شور حدود ۷ میلیون کیلومتر مربع وسعت دارند [۴]. آسیا دارای بیشترین مساحت اراضی شور است. در برخی از کشورها نظیر ایران، پاکستان و هندوستان نسبت بیشتری از اراضی تحت شوری قرار دارند. حدود ۱۲ درصد از کل مساحت کشور ایران (۱۹ میلیون هکتار) به صورت کشت و آیش و به منظور تولیدات کشاورزی استفاده می‌شود و نزدیک به ۵۰ درصد این سطح زیر کشت به درجات مختلف با مشکل شوری، قلیایی بودن و غرقابی بودن روبه‌روست [۸]. افزایش شوری آب آبیاری تأثیر منفی بر خصوصیات رشدی گیاهان مختلف دارد و به شور شدن زمین‌های قابل کشت در آینده منجر خواهد شد که این موضوع تهدید بزرگی برای تولید محصولات کشاورزی محسوب می‌شود [۱۸]. تلاش‌های زیادی به منظور مقابله با شوری انجام گرفته است که از مهم‌ترین آنها می‌توان به توسعه پایه‌ها و ارقام مقاوم به شوری اشاره کرد. به‌عنوان مثال، پایه‌های گیلاس قادرند تحمل پیوندک به شوری را افزایش دهند [۲۵]. در آلو پایه 'پیکسی'، پایه به نسبت متحمل به شوری؛ و پایه‌های 'ماریانا' و 'میروبالان'، پایه‌های حساس به شوری به‌شمار می‌روند [۱۰].

بادام در زمره درختان میوه حساس به شوری قرار دارد [۱۴]. درختان بادام می‌توانند خاک‌هایی با شوری کم را تحمل کنند و تا هدایت الکتریکی ۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر کاهشی در عملکرد آنها مشاهده نمی‌شود، در حالی که در شوری ۲/۸ دسی‌زیمنس بر متر، به میزان ۲۵ درصد، در شوری ۴/۱ دسی‌زیمنس بر متر به میزان ۵۰ درصد و سرانجام در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر تا ۱۰۰ درصد از

عملکرد آن کاسته می‌شود [۱۴، ۱۲]. همچنین بادام کلر موجود در آب آبیاری را تا حداکثر ۱/۱ گرم در لیتر تحمل می‌کند و میزان کاهش عملکرد آن نسبت به شوری آب شبیه شوری خاک است [۱۴، ۱۲]. بنابراین در بادام نیز همانند سایر درختان میوه، انتخاب پایه و پیوندک‌های متحمل، راهبرد بسیار مناسبی به منظور کاهش عوارض ناشی از شوری به‌ویژه در نواحی خشک کشور است. پایه GF677 متحمل به شوری است، در حالی که پایه ناگارد [P] *persica X P. davidiana*، حساسیت زیادی به شوری دارد [۱۷]. تحمل پایه GF677 نیز نسبت به سطوح مختلف شوری حاصل از کلرید سدیم بررسی شد و این پایه نسبت به شوری، تا ۶۰ میلی‌مولار (۵/۵ دسی‌زیمنس بر متر) متحمل است [۲۱] همچنین پایه GF677 در مقایسه با پایه بذری 'توانو' (هیبرید بین رقم خودگرد افشان 'تونو' و رقم 'زنکو' در شرایط گرده‌افشانی کنترل‌شده) تحمل بیشتری به نمک کلرید سدیم دارد و می‌تواند شوری تا ۵۰ میلی‌مولار (۵/۲ دسی‌زیمنس بر متر) را تحمل کند [۲]. از این رو از این پایه می‌توان به‌عنوان یک پایه متحمل به شوری برای مناطقی با شوری متوسط (در حدود ۵ دسی‌زیمنس بر متر) استفاده کرد.

شاخص‌های رشدی بادام نظیر رشد طولی، قطر تنه، ضخامت برگ‌ها و حوزه گسترش ریشه‌ها با افزایش شوری، کاهش می‌یابند که علت را به غلظت کل نمک‌های محلول و پتانسیل اسمزی محلول خاک نسبت داده‌اند [۲۱، ۱۸]. مطالعات در مورد تأثیر سطوح شوری صفر، ۱/۸ و ۳/۶ گرم در لیتر کلرید سدیم بر ارقام مختلف بادام نشان داد که ارقام بادام واکنش متفاوتی به سطوح مختلف شوری نشان می‌دهند [۱۷]. در تحقیقی، اثر کلرید سدیم در چهار سطح صفر، ۴، ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر بر خصوصیات

اثر تنش شوری بر خصوصیات رشدی و غلظت عناصر غذایی در رقم‌های بادام 'شاهرود ۱۲'، 'تونو' و ژنوتیپ '۱۶-۱' پیوندشده روی ...

تشخیص داده شد [۷]. اثر تیمار شوری کلرید سدیم بر میزان جذب عناصر غذایی در بادام تلخ در محیط کشت درون‌شیشه‌ای در آزمایشی بررسی شد. با افزایش سطوح شوری، غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و آهن کاهش و غلظت عناصر روی، مس، منگنز، بر، سدیم و کلر با افزایش سطوح شوری افزایش نشان دادند [۲۵]. اثر تیمار شوری ناشی از کلرید سدیم در سه غلظت صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مول در لیتر بر غلظت عناصر غذایی در دو پایه GF<sub>677</sub> و تووانو نیز نشان داد که با افزایش غلظت شوری، غلظت پتاسیم، نیتروژن، فسفر کاهش و غلظت سدیم و کلر نسبت به تیمار شاهد افزایش می‌یابد [۲].

با توجه به نتایج تحقیقات موجود، یکی از راه‌های ارزیابی تحمل ارقام مختلف به تنش شوری، بررسی خصوصیات رشدی و نیز وضعیت عناصر غذایی در برگ و ریشه‌های آنهاست. از این رو پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر تنش شوری بر خصوصیات رشدی و غلظت عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در برگ‌های ارقام پیوندشده روی پایه GF<sub>677</sub> و اثر تنش شوری و نوع رقم پیوندی بر غلظت عناصر غذایی در ریشه‌های پایه GF<sub>677</sub> و انتخاب متحمل‌ترین ترکیب پایه و پیوندک به شوری انجام گرفت.

## ۲. مواد و روش‌ها

در این تحقیق، اثر تنش شوری بر غلظت عناصر غذایی در برگ و ریشه‌های تعدادی از ژنوتیپ‌های بادام در قالب یک آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور ژنوتیپ در چهار سطح و شوری آب آبیاری در پنج سطح و با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر واقع در شهر کرج در سال ۱۳۹۲ انجام گرفت. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شامل 'شاهرود ۱۲'، 'تونو' و ژنوتیپ '۱۶-۱' پیوندشده روی پایه GF<sub>677</sub> و پایه GF<sub>677</sub> و شوری آب آبیاری شامل غلظت‌های صفر، ۱/۲، ۲/۴، ۳/۶ و

مورفولوژی برخی از ارقام دیرگل بادام که روی پایه GF<sub>677</sub> پیوند شده بودند، بررسی شد [۳]. با افزایش سطح شوری، شاخص‌های رشدی گیاهان به‌طور معناداری کاهش می‌یابند و کمترین رشد و درصد نکروزه شدن برگ در سطوح شوری ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب در ارقام 'آراز'، 'اسکندر' و 'نان پاریل' و بیشترین درصد نکروزه شدن برگ به‌ترتیب در رقم‌های 'منقا'، 'سهند' و 'آذر' مشاهده شد [۳].

سازوکارهای مختلفی در جهت تحمل شوری وجود دارند که از جمله آنها می‌توان به توزیع یکنواخت یون‌های نمکی در داخل واکوئل‌های سلول، تجمع متابولیت‌های متعادل‌کننده اسمزی در داخل سیتوپلاسم، قابلیت کاهش جذب کلر یا سدیم توسط ریشه‌ها و عدم انتقال کلر یا سدیم به قسمت‌های هوایی اشاره کرد [۱۱]. تحقیقات درباره گیاهان مختلف تحت شرایط تنش شوری نشان داد که سدیم، باعث برهم خوردن تعادل اسمزی، تخریب غشاهای سلولی، کاهش رشد، جلوگیری از تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها می‌شود، ولی پتاسیم در حفظ تعادل اسمزی، باز و بسته شدن روزنه‌ها و فعال‌سازی تعدادی از آنزیم‌ها نظیر پیرووات‌کیناز مؤثر است [۲۷، ۲۸]. اثر تیمارهای شوری بر دانه‌های چهار رقم بادام ('آذر'، 'سهند'، 'تونو' و 'نان پاریل') نشان داد با افزایش سطح شوری، مقدار سدیم، کلر و نسبت سدیم/پتاسیم در ساقه هر چهار رقم به‌طور معناداری افزایش پیدا کرده است که کمترین 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. این رقم دارای استعداد تجمع سدیم در ریشه‌های خود است، در حالی که در همین رقم، غلظت زیاد پتاسیم بیانگر انتقال بیشتر این عنصر از ریشه به ساقه است و این رقم به‌علت انتقال کمترین مقدار سدیم و کلر به ساقه، متحمل‌ترین رقم به نمک در این آزمایش

استفاده از پیوند شکمی در ابتدای خرداد 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 (سیزده هفته)، ادامه یافت (مشخصات ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده در آغاز تیمار شوری در جدول ۲ آمده است).

۴/۸ گرم در لیتر کلرید سدیم (دارای هدایت الکتریکی به ترتیب ۰/۵، ۲/۵، ۴/۹، ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر) بودند. به منظور آماده‌سازی گیاهان، پایه‌های رویشی GF<sub>677</sub> در اواخر اسفند در داخل گلدان‌های ۲۵ کیلویی حاوی خاکی با بافت لومی کاشته شدند (جدول ۱). سپس ژنوتیپ‌ها با

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مخلوط خاکی مورد استفاده

ویژگی	مقدار	ویژگی	مقدار
رطوبت اشباع (%)	۳۹	بافت	لوم
رطوبت ظرفیت زراعی (%)	۲۷/۳۳	کلسیم محلول (ppm)	۱۲۳۰
رطوبت نقطه پژمردگی (%)	۱۴/۸	منیزیم	۳۱۶/۲
شوری (ds/m)	۱/۲۸	کربنات کلسیم (%)	۱۳/۸
واکنش خاک	۷/۵	مس (ppm)	۲/۱۲
نیتروژن (%)	۰/۱۵	روی (ppm)	۴/۸۶
کربن آلی (%)	۱/۴۹	آهن (ppm)	۲۷/۳۴
فسفر قابل جذب (ppm)	۱۰۴/۹	پتاسیم قابل جذب (ppm)	۶۹۰
شن (%)	۴۶	منگنز قابل جذب (ppm)	۱۶/۲۶
سیلت (%)	۳۴	سدیم محلول (ppm)	۹۳/۱۵
رس (%)	۲۰		

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

ژنوتیپ	قطر پیوندک (mm)	قطر پایه‌های شاهد در سطح خاک (mm)	ارتفاع پایه‌های شاهد (cm)	ارتفاع پیوندک (cm)	تعداد برگ	تعداد انشعابات
شاهرود ۱۲	۵/۵۰	-	-	۴۳/۱۰	۷۸/۶۹	۱/۱۵
تونو	۵/۷۸	-	-	۵۲/۳۶	۷۵/۳۳	۱
۱-۱۶	۵/۴۸	-	-	۴۰/۶۹	۹۰/۳۱	۱
GF <sub>677</sub>	-	۱۰/۲۶	۸۷/۴۱	-	۵۹/۹۳	۴/۱۳

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

اثر تنش شوری بر خصوصیات رشدی و غلظت عناصر غذایی در رقم‌های بادام 'شاهرود' ۱۲، 'تونو' و ژنوتیپ '۱۶-۱' پیوندشده روی ...

گیاهان و کاهش تبخیر و تعرق توسط آنها از یک طرف و وجود نمک بیشتر در خاک این گلدان‌ها بود. این شرایط سبب حفظ رطوبت به مدت بیشتری شد و زمان بین دو آبیاری در این تیمارها را افزایش داد و در نتیجه دفعات آبیاری در تیمارهای شوری با غلظت‌های بیشتر در طول دوره آزمایش نسبت به گیاهان شاهد کاهش یافت. همچنین به منظور اطمینان از رفع نیاز آبخشوی خاک گلدان‌ها، پس از هر مرتبه آبیاری، زه آب تعدادی از گلدان‌ها به طور تصادفی جمع‌آوری و هدایت الکتریکی و اسیدیته آنها اندازه‌گیری شد. در نهایت نمونه خاک، از هر یک از سطوح اعمال تیمار شوری کلرید سدیم، تهیه و تجزیه و تحلیل شد (جدول ۴).

به منظور اعمال تیمارهای شوری، از نمک‌های طبیعی دریاچه نمک استان قم استفاده شد (جدول ۳). برای اجتناب از ایجاد شوک ناگهانی و پلاسمولیز، افزودن نمک‌ها به صورت تدریجی انجام گرفت و در مدت یک هفته به غلظت نهایی رسانده شد. رطوبت خاک گلدان‌ها در سطح ظرفیت مزرعه<sup>۱</sup>، قبل از انتقال گیاهان به گلدان، به کمک دستگاه صفحه فشار (F1, USA) تعیین شد. آبیاری گلدان‌ها با توجه به تغییرات وزن آنها و لحاظ نیاز آبخشوی انجام گرفت، به طوری که در 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 به دلیل کاهش سرعت رشد

جدول ۳. خصوصیات کیفی آب مورد استفاده

بی‌کربنات (mg/l)	منیزیم (mg/l)	کلسیم (mg/l)	کلر (mg/l)	سدیم (mg/l)	واکنش آب (pH)	شوری (ds/m)	نمونه آب مورد استفاده با سطوح کلرید سدیم (g/l)
۹۸	۱۷/۱	۶۲	۳۵/۵	۲۲/۱	۷/۳	۰/۵	۰ (شاهد)
۱۲۶	۲۰/۵۰	۷۰	۶۶۴	۳۸۹	۷/۴	۲/۵	۱/۲
۱۳۷	۲۲/۰۱	۷۹	۱۳۸۶	۸۰۹	۷/۶	۴/۹	۲/۴
۱۴۹	۲۳/۶	۸۸	۲۱۱۳	۱۲۳۱	۷/۷	۷/۳	۳/۶
۱۵۹	۲۵/۷	۹۹	۲۸۳۶	۱۶۵۳	۷/۸	۹/۸	۴/۸

جدول ۴. مقادیر شوری و واکنش خاک مورد استفاده در گلدان‌ها پس از اعمال تنش شوری با سطوح مختلف

اسیدیته خاک	شوری (ds/m)	نمونه خاک تیمار شده با سطوح کلرید سدیم (g/l)
۷/۴	۱/۲	۰ (شاهد)
۷/۵۵	۳/۲	۱/۲
۷/۶۵	۵/۷	۲/۴
۷/۸	۸/۳	۳/۶
۷/۹	۱۰/۹	۴/۸

1. Filed capacity

به زراعی کشاورزی

دوره ۱۷ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۴

۲۰۱

شیکر با ۱۲۰ دور در دقیقه قرار گرفتند و عصاره‌ها در چند مرحله به‌طور کامل صاف شده و با آب مقطر به حجم رسانده شدند. ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره‌ها برداشته و چهار 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 فرمول زیر محاسبه شد [۲۶]:

$$\text{درصد کلر} = \frac{\text{نرمالیت نیترات نقره} \times \text{نیترات نقره مصرفی (mlit)}}{\text{حجم کل} \times 100 \times \frac{35}{5}} \times 100 \quad (1)$$

(حجم کل عصاره × وزن نمونه)

در نهایت داده‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) تجزیه و تحلیل شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن و نرم‌افزار آماری MSTATC (نسخه ۱۰/۲) صورت گرفت.

### ۳. نتایج و بحث

#### ۳.۱. برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر خصوصیات رشدی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی ژنوتیپ، تیمار شوری و برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر افزایش قطر پیوندک، افزایش ارتفاع پیوندک، تعداد برگ تولیدی در طی دوره اعمال تنش شوری و درصد برگ‌های سبز، نکروزه و ریزش‌یافته در سطح ۱ درصد معنادار شدند. براساس نتایج حاصل، در همه ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، افزایش قطر پیوندک در طی دوره اعمال تنش شوری، با افزایش غلظت کلرید سدیم کاهش یافت. کمترین افزایش قطر در شاخه اصلی در تیمار ۴/۸ گرم در لیتر کلرید سدیم مشاهده شد. کاهش قطر شاخه اصلی در ژنوتیپ‌های پیوندی با یکدیگر اختلاف معناداری داشتند. کمترین افزایش قطر شاخه اصلی در پایه GF<sub>677</sub> که با کلرید سدیم ۴/۸ گرم در لیتر تیمار شده بود (۰/۳۱ میلی‌متر) مشاهده شد (جدول ۵).

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 و تعداد برگ‌های سبز و تعداد انشعابات آنها یادداشت شد. صفات مورد نظر در پایان آزمایش نیز اندازه‌گیری شدند و مقادیر افزایش‌یافته محاسبه شد. به‌منظور اندازه‌گیری میزان نکروزه شدن برگ‌ها، در پایان آزمایش تعداد برگ‌هایی با نکروزگی کمتر از ۵۰ درصد و نیز ۵۰ تا ۱۰۰ درصد شمارش شد. همچنین به‌منظور اندازه‌گیری ریزش برگ، در طول مدت آزمایش، تعداد برگ‌های ریزش‌یافته تا پایان آزمایش یادداشت شد. تعداد برگ‌های سبز گیاه از طریق محاسبه تفاضل تعداد کل برگ‌ها از (برگ‌های ریزش‌یافته + برگ‌های با نکروزگی کمتر از ۵۰ درصد + برگ‌هایی با نکروزگی ۵۰ تا ۱۰۰ درصد) به‌دست آمد [۲۲]. به‌منظور اندازه‌گیری عناصر غذایی، پس از اتمام دوره آزمایش، برگ‌ها و ریشه‌ها جدا شدند و پس از شست‌وشوی دقیق، به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از خشک شدن برگ‌ها، نمونه‌ها با آسیاب برقی پودر شدند. پس از تهیه خاکستر از مواد گیاهی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد، عصاره‌گیری با استفاده از ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال و آب مقطر و رساندن به حجم ۵۰ میلی‌لیتر انجام گرفت. در نهایت غلظت سدیم و پتاسیم در عصاره با دستگاه فلیم فتومتر (Jenway, PFP7, England) و آهن، فسفر و مس با دستگاه اسپکتروفتومتری (BT600 Plus, Canada) به ترتیب در طول موج‌های ۵۱۵، ۴۷۰ و ۶۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شدند. مقدار کلسیم، منیزیم و روی نیز به‌روش تیتراسیون اندازه‌گیری شد [۱].

به‌منظور اندازه‌گیری کلر، ۰/۱ گرم از بافت‌های (ریشه و برگ) خشک‌شده در آون با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن و سپس به ارلن مایر ۵۰ میلی‌لیتری منتقل شدند. به نمونه‌ها ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر جوش اضافه شد. سپس نمونه‌ها به‌مدت یک ساعت روی

اثر تنش شوری بر خصوصیات رشدی و غلظت عناصر غذایی در رقم‌های بادام 'شاهرود' ۱۲، 'تونو' و ژنوتیپ '۱۶-۱' پیوندشده روی ...

جدول ۵. برهمکنش ژنوتیپ و تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژیک و آسیب‌های ظاهری

ژنوتیپ	سطوح کلرید سدیم (gr/l)	افزایش قطر پیوندک (mm)	افزایش ارتفاع پیوندک (cm)	تعداد برگ تولیدی	برگ سبز (%)	برگ نکروزه (۱ تا ۵۰ درصد) (%)	برگ نکروزه (۵۱ تا ۱۰۰ درصد) (%)	برگ ریزش‌یافته (%)
شاهرود ۱۲	۰	۳/۸۳ <sup>ab</sup>	۴۴/۸۲ <sup>a</sup>	۱۱۶/۶۷ <sup>b</sup>	۱۰۰/۰۰ <sup>a</sup>	۰/۰۰ <sup>f</sup>	۰/۰۰ <sup>f</sup>	۰/۰۰ <sup>e</sup>
شاهرود ۱۲	۱/۲	۲/۸۰ <sup>d-f</sup>	۳۵/۹۵ <sup>a-c</sup>	۷۳/۰۰ <sup>c</sup>	۱۰۰/۰۰ <sup>a</sup>	۰/۰۰ <sup>f</sup>	۰/۰۰ <sup>f</sup>	۰/۰۰ <sup>e</sup>
شاهرود ۱۲	۲/۴	۳/۰۰ <sup>c-e</sup>	۴۳/۳۹ <sup>a</sup>	۷۲/۶۷ <sup>c</sup>	۱۰۰/۰۰ <sup>a</sup>	۰/۰۰ <sup>f</sup>	۰/۰۰ <sup>f</sup>	۰/۰۰ <sup>e</sup>
شاهرود ۱۲	۳/۶	۲/۳۷ <sup>e-g</sup>	۳۱/۹۰ <sup>a-c</sup>	۶۰/۶۷ <sup>cd</sup>	۹۶/۵۷ <sup>a</sup>	۳/۴۳ <sup>ef</sup>	۰/۰۰ <sup>f</sup>	۰/۰۰ <sup>e</sup>
شاهرود ۱۲	۴/۸	۲/۲۳ <sup>f-h</sup>	۳۴/۰۷ <sup>a-c</sup>	۷۸/۰۰ <sup>c</sup>	۹۱/۵۵ <sup>ab</sup>	۵/۹۷ <sup>d-f</sup>	۲/۴۸ <sup>f</sup>	۰/۰۰ <sup>e</sup>
۱-۱۶	۰	۳/۹۶ <sup>a</sup>	۴۰/۴۰ <sup>ab</sup>	۱۴۳/۰۰ <sup>a</sup>	۱۰۰/۰۰ <sup>a</sup>	۰/۰۰ <sup>f</sup>	۰/۰۰ <sup>f</sup>	۰/۰۰ <sup>e</sup>
۱-۱۶	۱/۲	۳/۲۶ <sup>b-d</sup>	۳۴/۱۱ <sup>a-c</sup>	۱۰۸/۶۷ <sup>b</sup>	۱۰۰/۰۰ <sup>a</sup>	۰/۰۰ <sup>f</sup>	۰/۰۰ <sup>f</sup>	۰/۰۰ <sup>e</sup>
۱-۱۶	۲/۴	۲/۶۷ <sup>d-g</sup>	۲۹/۰۵ <sup>cd</sup>	۱۰۷/۰۰ <sup>b</sup>	۹۹/۳۳ <sup>a</sup>	۰/۶۷ <sup>f</sup>	۰/۰۰ <sup>f</sup>	۰/۰۰ <sup>e</sup>
۱-۱۶	۳/۶	۲/۱۲ <sup>gh</sup>	۱۰/۴۳ <sup>ij</sup>	۳۷/۰۰ <sup>d-f</sup>	۶۶/۶۷ <sup>c</sup>	۱۰/۶۳ <sup>cd</sup>	۱۳/۷۷ <sup>d</sup>	۸/۹۳ <sup>cd</sup>
۱-۱۶	۴/۸	۱/۶۷ <sup>h</sup>	۱۷/۵۲ <sup>ef</sup>	۵۴/۶۷ <sup>c-e</sup>	۴۸/۲۲ <sup>d</sup>	۱۵/۳۸ <sup>c</sup>	۱۸/۶۳ <sup>c</sup>	۱۷/۷۶ <sup>c</sup>
تونو	۰	۴/۱۱ <sup>a</sup>	۳۸/۴۵ <sup>a-c</sup>	۷۳/۳۳ <sup>c</sup>	۱۰۰/۰۰ <sup>a</sup>	۰/۰۰ <sup>f</sup>	۰/۰۰ <sup>f</sup>	۰/۰۰ <sup>e</sup>
تونو	۱/۲	۳/۶۱ <sup>a-c</sup>	۳۹/۳۴ <sup>ab</sup>	۴۹/۶۷ <sup>c-e</sup>	۱۰۰/۰۰ <sup>a</sup>	۰/۰۰ <sup>f</sup>	۰/۰۰ <sup>f</sup>	۰/۰۰ <sup>e</sup>
تونو	۲/۴	۳/۲۲ <sup>b-d</sup>	۴۲/۱۰ <sup>a</sup>	۶۲/۶۷ <sup>cd</sup>	۱۰۰/۰۰ <sup>a</sup>	۰/۰۰ <sup>f</sup>	۰/۰۰ <sup>f</sup>	۰/۰۰ <sup>e</sup>
تونو	۳/۶	۲/۶۲ <sup>d-g</sup>	۲۱/۰۹ <sup>ef</sup>	۲۹/۰۰ <sup>e-g</sup>	۸۸/۶۸ <sup>b</sup>	۸/۴۹ <sup>de</sup>	۲/۸۳ <sup>f</sup>	۰/۰۰ <sup>e</sup>
تونو	۴/۸	۲/۰۸ <sup>gh</sup>	۱۴/۳۱ <sup>gh</sup>	۱۵/۶۷ <sup>fg</sup>	۱۸/۴۷ <sup>c</sup>	۴۵/۲۱ <sup>a</sup>	۲۸/۶۶ <sup>a</sup>	۷/۶۴ <sup>d</sup>
پایه GF <sub>677</sub>	۰	۳/۶۷ <sup>ab</sup>	۱۶/۲۰ <sup>e-g</sup>	۳۶/۶۷ <sup>d-f</sup>	۱۰۰/۰۰ <sup>a</sup>	۰/۰۰ <sup>f</sup>	۰/۰۰ <sup>f</sup>	۰/۰۰ <sup>e</sup>
پایه GF <sub>677</sub>	۱/۲	۲/۸۲ <sup>d-f</sup>	۱۹/۹۳ <sup>ef</sup>	۲۹/۶۷ <sup>e-g</sup>	۱۰۰/۰۰ <sup>a</sup>	۰/۰۰ <sup>a</sup>	۰/۰۰ <sup>f</sup>	۰/۰۰ <sup>e</sup>
پایه GF <sub>677</sub>	۲/۴	۲/۴۳ <sup>e-g</sup>	۱۶/۵۳ <sup>e-g</sup>	۱۶/۳۳ <sup>fg</sup>	۸۸/۸۴ <sup>b</sup>	۱۱/۱۶ <sup>cd</sup>	۰/۰۰ <sup>f</sup>	۰/۰۰ <sup>e</sup>
پایه GF <sub>677</sub>	۳/۶	۱/۰۵ <sup>i</sup>	۷/۲۳ <sup>kl</sup>	۱۲/۶۷ <sup>fg</sup>	۶/۱۷ <sup>f</sup>	۳۱/۴۶ <sup>b</sup>	۲۱/۹۱ <sup>b</sup>	۴۰/۴۵ <sup>b</sup>
پایه GF <sub>677</sub>	۴/۸	۰/۳۱ <sup>j</sup>	۶/۰۲ <sup>i</sup>	۶/۶۷ <sup>g</sup>	۰/۰۰ <sup>f</sup>	۵/۲۴ <sup>d-f</sup>	۹/۸۱ <sup>e</sup>	۸۴/۹۰ <sup>a</sup>

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف متفاوت‌اند، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معناداری دارند.

به‌زراعی کشاورزی

دوره ۱۷ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۴

۲۰۳

سایر ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده بود. این رقم در طول دوره آزمایش در سطوح ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر نمک کلرید سدیم توانست به ترتیب ۶۰/۶۷ و ۷۸ برگ جدید تولید کند (جدول ۵).

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 همه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، درصد برگ‌های سبز کاهش و درصد برگ‌های نکروزه و ریزش برگ افزایش یافت. پایه GF<sub>677</sub>، بیشترین نکروزه‌شدگی و ریزش برگ را در تیمار ۴/۸ گرم در لیتر کلرید سدیم نشان داد. درصد برگ‌های ریزش‌یافته، برگ‌هایی با نکروزه‌شدگی بیشتر از ۵۰ درصد و برگ‌هایی با نکروزه‌شدگی کمتر از ۵۰ درصد، در پایه GF<sub>677</sub> به ترتیب ۸۴/۹۰، ۹/۸۱ و ۵/۲۴ درصد بود، به طوری که در پایان آزمایش هیچ گونه برگ سبزی مشاهده نشد. بیشترین درصد برگ سبز در پایان آزمایش در رقم 'شاهرود ۱۲' مشاهده شد؛ به طوری که در این رقم، هیچ‌گونه ریزش برگی مشاهده نشد و تنها ۲/۴۸ درصد از برگ‌های گیاه دچار نکروزه‌شدگی بیشتر از ۵۰ درصد بودند (جدول ۵). برگ‌ها در گیاهان تحت تنش شوری، کوچک، قطور و برگ‌های مسن‌تر دچار پیری زودرس می‌شوند [۴]. مقایسه تحمل به شوری رقم‌های باغی و وحشی بادام نشان داد با افزایش سطوح شوری نشانه سوختگی در حاشیه برگ بادام‌های باغی به تدریج ظاهر می‌شود و با حالت پیش‌رونده در طول زمان، سبب پژمردگی و در نهایت ریزش کامل آنها می‌شود که علت سوختگی حاشیه‌ای در برگ‌های گونه‌های باغی حساس به شوری را کاهش محتوای نسبی آب و پتانسیل اسمزی دانسته‌اند [۱۸، ۱۳].

### ۲.۳. برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر غلظت سدیم

#### برگ و ریشه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی ژنوتیپ،

افزایش ارتفاع پیوندک‌ها در طی دوره اعمال تنش شوری در همه ژنوتیپ‌ها، با افزایش غلظت کلرید سدیم کاهش یافت. کاهش ارتفاع در ژنوتیپ‌های پیوندی با یکدیگر اختلاف معناداری نشان داد. افزایش ارتفاع گیاهان شاهد رقم 'شاهرود ۱۲'، در طی دوره اعمال تنش شوری ۴۴/۸۲ سانتی‌متر بود، درحالی که افزایش ارتفاع شاخه اصلی در این رقم و در تیمار ۴/۸ گرم در لیتر کلرید سدیم ۳۴/۰۷ سانتی‌متر بود. این نتایج حاکی از آن است که ارتفاع رقم 'شاهرود ۱۲' ۱۰/۷۵ سانتی‌متر نسبت به گیاهان شاهد کاهش یافت که این کاهش اختلاف معناداری را نشان نداد، درحالی که کاهش ارتفاع در رقم 'تونو' و ژنوتیپ '۱-۱۶' در تیمار ۴/۸ گرم در لیتر کلرید سدیم نسبت به گیاهان شاهد معنادار بود (جدول ۵). ارتفاع بوته به شدت به محیط رشد وابسته است. از آنجا که پدیده رشد حاصل فعالیت‌های حیاتی در شرایطی است که گیاه باید آب کافی در اختیار داشته باشد، در صورت تأمین نشدن آب مورد نیاز به دلیل کاهش فشار تورژانس سلول‌های در حال رشد و اثر بر طول سلول‌ها، کاهش ارتفاع رخ می‌دهد [۱۸]. تنش اسمزی در مرحله اول تنش شوری موجب کاهش محتوای آب سلول‌ها می‌شود و طولی شدن آنها را با مشکل روبه‌رو می‌کند و حتی پس از ایجاد تعادل اسمزی و تأمین فشار اسمزی مجدد سلول‌ها، گسترش و طولی شدن آنها به‌کندی صورت می‌گیرد [۱۸]. بررسی تعداد برگ تولیدی تحت اعمال تنش شوری نشان داد که تعداد برگ تولیدی در گیاهان با افزایش غلظت شوری کاهش می‌یابد، ولی کاهش تعداد برگ تولیدی در بین ژنوتیپ‌های مختلف اختلاف معناداری دارد. بیشترین برگ تولیدی در گیاهان شاهد ژنوتیپ '۱-۱۶' (۱۴۳ برگ) و کمترین آن در رقم 'تونو' و تحت تیمار ۴/۸ گرم در لیتر کلرید سدیم '۱۵/۶۷' (برگ) مشاهده شد. قابلیت بازیابی رشدی رقم 'شاهرود ۱۲' در سطوح ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر بیشتر از



### ۳.۳. برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر غلظت پتاسیم

#### برگ و ریشه

ژنوتیپ‌های پیوندی، پاسخ‌های متفاوتی به تنش شوری از خود نشان دادند. با افزایش شوری، غلظت پتاسیم در برگ‌های ژنوتیپ '۱-۱۶' تا سطح ۱/۲ گرم در لیتر، در رقم 'تونو' و پایه GF<sub>677</sub> تا غلظت ۲/۴ گرم در لیتر و در رقم 'شاهرود ۱۲' تا غلظت ۴/۸ گرم در لیتر افزایش یافت. رقم 'شاهرود ۱۲' از طریق افزایش پتاسیم، بیش از دیگر ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده در این تحقیق می‌تواند با آثار منفی و مخرب سدیم مقابله کند (جدول ۶). پتاسیم در حفظ تعادل اسمزی، باز و بسته شدن روزنه‌ها و فعال‌سازی تعدادی از آنزیم‌ها نظیر پیرووات‌کیناز مؤثر است و آثار مخرب سدیم را کاهش می‌دهد [۲۸، ۲۷]. نتایج بررسی مقدار پتاسیم در برگ‌های پایه GF<sub>677</sub> 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. پایه GF<sub>677</sub> از طریق سازوکار تدافعی ایجاد محدودیت در جذب 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 [۲].

بررسی غلظت پتاسیم در ریشه‌های پایه GF<sub>677</sub> نشان داد که مقدار شوری و نوع ژنوتیپ پیوندی بر مقدار آن مؤثر است. غلظت پتاسیم در پایه‌هایی که ژنوتیپ '۱-۱۶' روی آن پیوند شده بودند، تنها تا سطح ۱/۲ گرم در لیتر افزایش نشان داد، درحالی که در رقم‌های 'تونو' و 'شاهرود ۱۲' تا سطح ۲/۴ گرم در لیتر افزایش یافت و سپس با افزایش بیشتر شوری، مقدار آن کاهش نشان داد. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر نسبت سدیم/پتاسیم برگ و ریشه معنادار شد. در همه ژنوتیپ‌های مورد بررسی، با افزایش غلظت شوری، نسبت سدیم/پتاسیم افزایش یافت، ولی مقدار

تیمار شوری و برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر درصد سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، فسفر، کلر، مس، آهن، روی، نسبت سدیم/پتاسیم، سدیم/کلسیم، سدیم/منیزیم، سدیم/فسفر و کلر/سدیم، در سطح ۱ درصد معنادار شدند. همچنین در همه ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، با افزایش غلظت شوری، مقدار سدیم در برگ و ریشه، افزایش یافت، ولی مقدار افزایش و تجمع سدیم در برگ ژنوتیپ‌های مورد مطالعه با یکدیگر اختلاف معناداری داشت. بیشترین غلظت سدیم در همه ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، در تیمار ۴/۸ گرم در لیتر مشاهده شد. مقدار سدیم در برگ‌های پایه GF<sub>677</sub>، ژنوتیپ '۱-۱۶'، 'تونو' و 'شاهرود ۱۲' در تیمار ۴/۸ گرم در لیتر به ترتیب (۲/۱۲، ۲/۰۵، ۲/۰۱ و ۰/۶۹ درصد)، بود. از این رو نوع پیوندک به‌طور معناداری در ممانعت از جذب سدیم توسط ریشه و انتقال آن به قسمت هوایی مؤثر است. این نتایج با یافته‌های دیگر محققان مطابقت داشت [۲۰].

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، مقدار سدیم ریشه تحت تأثیر نوع پیوندک و غلظت شوری قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت شوری، مقدار سدیم ریشه افزایش یافت، ولی مقدار افزایش آن با توجه به نوع ژنوتیپ پیوندی متفاوت بود. بیشترین مقدار سدیم در ریشه‌های پایه GF<sub>677</sub> (بدون پیوند) و با تیمار ۴/۸ گرم در لیتر (۱/۳۹ درصد) مشاهده شد. مقدار سدیم در ریشه پایه‌هایی که ژنوتیپ '۱-۱۶' و رقم‌های 'تونو' و 'شاهرود ۱۲' روی آنها پیوند شده بودند به ترتیب ۱/۰۷، ۱/۰۲ و ۰/۸۸ درصد بود. همچنین، مقایسه درصد سدیم ریشه و برگ نشان داد که درصد سدیم برگ در همه سطوح شوری و در همه ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده بیشتر از درصد سدیم ریشه بود. بر اساس نتایج تحقیقات بر روی گیاهان مختلف تحت شرایط تنش شوری، سدیم سبب برهم خوردن تعادل اسمزی، تخریب غشاهای سلولی، کاهش رشد، جلوگیری از تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها می‌شود [۲۸، ۲۷، ۱۸].

خود را در حضور کلرید سدیم بهتر حفظ کنند [۲۶، ۱۸].  
 بررسی غلظت سدیم، پتاسیم و نسبت سدیم/پتاسیم در سطوح مختلف شوری در ژنوتیپ‌های مطالعه شده نشان داد که مقدار جذب سدیم توسط ریشه و انتقال آن به قسمت هوایی در پایه‌های شاهد (پیوند نشده) بیشتر بود. از طرف دیگر، در این پایه‌ها مقدار جذب پتاسیم توسط ریشه و انتقال آن به بخش هوایی کمتر بود. در واقع یکی از سازوکارهای پیوندک برای مقابله با تنش شوری انتخاب یون پتاسیم در شرایط تنش و افزایش جذب این عنصر در مقایسه با سدیم است. از آنجا که دو یون سدیم و پتاسیم در هنگام جذب توسط ریشه با یکدیگر رقابت دارند، گیاهان متحمل‌تر به شوری به‌طور انتخابی جذب پتاسیم به سدیم را ترجیح می‌دهند. گیاهان به‌صورت انتخابی جذب پتاسیم را به سدیم ترجیح می‌دهند، ولی در صورت بیشتر بودن غلظت یون سدیم در محلول خاک، کمبود پتاسیم در گیاهان قطعی است. مقدار جذب پتاسیم نسبت به سدیم در شرایط تنش بسته به نوع گونه گیاهی و حد مقاومت آن به شوری متفاوت است [۲۷، ۲۸]. همچنین، یکی دیگر از دلایل کمتر بودن سدیم در همه سطوح شوری در رقم 'شاهرود ۱۲' در مقایسه با پایه‌های شاهد (پیوند نشده)، سرعت و قدرت رشدی بیشتر این رقم در شرایط تنش شوری در مقایسه با پایه‌های شاهد (پیوند نشده)، بود، رقم 'شاهرود ۱۲' در سطوح ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر کلرید سدیم به ترتیب ۶۰/۶۷ و ۷۸/۰۰ برگ جدید تولید کرد و ارتفاع آن به ترتیب ۳۱/۹۰ و ۳۴/۰۷ سانتی‌متر افزایش یافت، در حالی که پایه‌های GF<sub>677</sub> در سطوح شوری ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر ۱۲/۶۷ و ۶/۶۷ برگ جدید تولید کردند و ارتفاع آنها ۷/۰۲ و ۶/۲۳ سانتی‌متر افزایش یافت. براین اساس، حتی در صورت جذب سدیم توسط ریشه و انتقال آن به قسمت هوایی، رقم 'شاهرود ۱۲'، سدیم را در بین تعداد بیشتری از برگ‌های تولیدی پخش می‌کند و در نتیجه از سوختگی و نکروزه‌شدگی برگ‌ها جلوگیری

افزایش این نسبت در بین ژنوتیپ‌های بررسی شده با یکدیگر اختلاف داشت. با افزایش غلظت شوری، نسبت سدیم/پتاسیم در رقم 'شاهرود ۱۲' افزایش (از ۰/۲۳ در گیاهان شاهد تا ۰/۴۰ در گیاهان تیمار شده با ۴/۸ گرم در لیتر کلرید سدیم) یافت، ولی مقدار افزایش معنادار نبود. در دیگر ژنوتیپ‌های مطالعه شده، میزان افزایش نسبت سدیم/پتاسیم در سطوح ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر کلرید سدیم معنادار بود. در مجموع بیشترین نسبت سدیم/پتاسیم در پایه GF<sub>677</sub> و در تیمار ۴/۸ گرم در لیتر (۲/۰۳) مشاهده شد. نسبت سدیم/پتاسیم در ریشه همه پایه‌های مطالعه شده، با اعمال تنش شوری و افزایش غلظت آن به‌طور معناداری افزایش یافت. نسبت سدیم/پتاسیم در ریشه پایه‌هایی که رقم 'شاهرود ۱۲' و 'تونو' روی آنها پیوند شده بود، تنها در سطوح ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر به‌طور معناداری نسبت به شاهد افزایش یافت، در حالی که در ریشه پایه‌های شاهد و پایه‌هایی که ژنوتیپ '۱۶-۱' روی آنها پیوند شده بود، در سطوح ۲/۴، ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر کلرید سدیم به‌طور معناداری نسبت به گیاهان شاهد افزایش یافت. در مجموع، بیشترین نسبت سدیم/پتاسیم در ریشه پایه‌های شاهد (بدون پیوند) و در تیمار ۴/۸ گرم در لیتر (۴/۱۹)، مشاهده شد (جدول ۷). در بررسی اثر تنش شوری بر وضعیت عناصر غذایی پنج رقم زیتون، غلظت پتاسیم در اثر شوری کاهش یافت که این کاهش در ریشه بیشتر از اندام‌های هوایی بود [۵]. پتاسیم علاوه بر تأثیر اساسی بر متابولیسم‌های حیاتی، در شرایط تنش شوری بسیار بااهمیت جلوه می‌کند، به‌نحوی که مدیریت کارآمد پتاسیم در مقابل سدیم در گیاه در بقای آن در شرایط شوری اهمیت فراوان است [۲۶، ۱۸]. برخی گیاهان می‌توانند سیتوپلاسم سلول‌های خود را از کاهش شدید مقادیر پتاسیم محافظت کنند و از واکوئل‌ها به‌عنوان مخزنی برای بافر کردن یون پتاسیم بهره ببرند. در همین زمینه، گیاهان متحمل توانایی آن را دارند که مقادیر پتاسیم سیتوسولی

اثر تنش شوری بر خصوصیات رشدی و غلظت عناصر غذایی در رقم‌های بادام 'شاهرود' ۱۲، 'تونو' و ژنوتیپ '۱۶-۱' پیوندشده روی ...

پایه‌هایی که پیوندی روی آنها نشده بود، به میزان ۰/۲۳ درصد کاهش یافت (جدول ۷). این نتایج نشان‌دهنده اثر مثبت نوع ژنوتیپ پیوندی در افزایش مقاومت پایه GF<sub>677</sub> نسبت به آثار مخرب شوری است. با بررسی اثر تنش شوری بر وضعیت عناصر غذایی پنج رقم زیتون نیز معلوم شد که غلظت کلسیم، در اثر شوری کاهش می‌یابد و این کاهش در ریشه بیشتر از اندام‌های هوایی است [۵].

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که نسبت سدیم/کلسیم در همه ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، با افزایش غلظت شوری، افزایش یافت، ولی مقدار افزایش آن در بین ژنوتیپ‌های بررسی شده با یکدیگر اختلاف داشت. با افزایش غلظت شوری، نسبت سدیم/کلسیم، در رقم 'شاهرود' ۱۲ افزایش یافت، ولی مقدار افزایش این نسبت معنادار نبود. در سایر ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، مقدار افزایش نسبت سدیم/کلسیم، در سطوح ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر کلرید سدیم معنادار بود. در مجموع، بیشترین نسبت سدیم/کلسیم (۱/۶۲)، در پایه GF<sub>677</sub> و در تیمار ۴/۸ گرم در لیتر مشاهده شد (جدول ۶). نسبت سدیم/کلسیم در ریشه پایه‌هایی که رقم 'شاهرود' ۱۲ روی آنها پیوند شده بود، در سطوح ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر به‌طور معناداری نسبت به گیاهان شاهد افزایش یافت، درحالی که نسبت سدیم/کلسیم در پایه‌هایی که رقم 'تونو' و ژنوتیپ '۱۶-۱' روی آنها پیوند شده بود، در سطوح ۲/۴، ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر به‌طور معناداری نسبت به گیاهان شاهد معنادار افزایش یافت؛ از این رو رقم 'شاهرود' ۱۲ به‌طور مؤثرتری در ممانعت از جذب سدیم توسط ریشه و انتقال آن به قسمت هوایی عمل می‌کند. کلسیم در گیاهان اثرهای بسیاری از مقادیر اندک در تنظیم برخی متابولیسم‌های سلولی گرفته تا مقادیر زیاد در ساختار دیواره سلولی دارد. این در حالی است که در شرایط تنش‌های محیطی به‌خصوص تنش شوری، علاوه بر تداخل کلسیم با برخی عناصر دیگر (نظیر سدیم)، کارکرد این عنصر در فعالیت‌های حیاتی گیاه تأثیر ویژه‌ای در میزان تحمل به تنش پیدا می‌کند [۲۶].

می‌کند. 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.

### ۴.۳. برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر غلظت کلسیم برگ و ریشه

غلظت شوری و نوع پیوندک به‌طور معناداری بر غلظت کلسیم برگ تأثیر دارد (جدول ۶). در همه ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، با افزایش شوری، کلسیم برگ کاهش داشت. مقدار کاهش غلظت کلسیم در برگ‌های ژنوتیپ '۱۶-۱' و رقم 'تونو' با افزایش شوری معنادار بود، درحالی که مقدار کاهش کلسیم در برگ‌های رقم 'شاهرود' ۱۲ معنادار نبود. در مجموع کمترین غلظت کلسیم، در برگ‌های ژنوتیپ '۱۶-۱' و در تیمار ۴/۸ گرم در لیتر (۱/۰۶ درصد) مشاهده شد (جدول ۶). بررسی اثر تیمار شوری کلرید سدیم بر مقدار جذب عناصر غذایی در بادام تلخ در محیط کشت درون‌شیشه‌ای نیز نشان داد که با افزایش سطوح شوری، غلظت کلسیم کاهش یافت [۲۵]. بررسی گیاهان مختلف تحت شرایط تنش شوری نشان داد که سدیم سبب برهم خوردن تعادل اسمزی، تخریب غشاهای سلولی، کاهش رشد، جلوگیری از تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها و در نتیجه کاهش کلسیم می‌شود [۲۶، ۲۷].

غلظت شوری و نوع پیوندک به‌طور معناداری بر مقدار کلسیم ریشه مؤثر بود. همچنین غلظت کلسیم در ریشه‌های پایه GF<sub>677</sub> با افزایش غلظت شوری به‌طور معناداری کاهش یافت، ولی مقدار کاهش در کلسیم ریشه تحت تأثیر نوع پیوندک قرار گرفت. در پایه‌هایی که رقم 'شاهرود' ۱۲ روی آنها پیوند شده بود، مقدار کلسیم ریشه از ۰/۳۱ به ۰/۲۲ درصد کاهش یافت، درحالی که در پایه‌هایی که ژنوتیپ '۱۶-۱' و رقم 'تونو' رویشان پیوند شده بود، مقدار کلسیم ریشه به ترتیب از ۰/۴۴ و ۰/۴۲ به ۰/۲۴ و ۰/۱۸ درصد کاهش نشان داد. درصد کلسیم ریشه در

علی مؤمن پور و همکاران

جدول ۶. برهمکنش تیمار شوری و ژنوتیپ بر غلظت عناصر غذایی برگ

نسبت سداب به فسفر	نسبت سداب به منیزیم	نسبت سداب به کلیم	نسبت سداب به پتاسیم	آهن (ppm)	مس (ppm)	روی (ppm)	کالر (%)	سدیم (%)	فسفر (%)	منیزیم (%)	کلیم منیزیم (%)	کلسیم (%)	پتاسیم (%)	سطح کلرید سدیم (g/l)	ژنوتیپ
۲/۱۹ <sup>c</sup>	۰/۴۰ <sup>c</sup>	۰/۲۹ <sup>c</sup>	۰/۲۳ <sup>f</sup>	۱۷/۳۶ <sup>g</sup>	۹/۴۴ <sup>d-g</sup>	۵۲/۳۲ <sup>f</sup>	۰/۰۵ <sup>g</sup>	۰/۳۵ <sup>c</sup>	۰/۱۶ <sup>d</sup>	۰/۸۸ <sup>cd</sup>	۲/۸۰ <sup>fg</sup>	۱/۲۰ <sup>hi</sup>	۱/۴۹ <sup>f-i</sup>	۰	شاهرود ۱۲
۲/۳۰ <sup>c</sup>	۰/۳۵ <sup>c</sup>	۰/۲۸ <sup>f</sup>	۰/۲۵ <sup>f</sup>	۱۸/۹۱ <sup>fg</sup>	۹/۶۷ <sup>b-c</sup>	۵۶/۱۵ <sup>e</sup>	۰/۰۵ <sup>g</sup>	۰/۳۸ <sup>c</sup>	۰/۱۶ <sup>c</sup>	۱/۸ <sup>ab</sup>	۲/۴۶ <sup>e</sup>	۱/۳۶ <sup>hi</sup>	۱/۵۵ <sup>e-h</sup>	۱/۲	شاهرود ۱۲
۲/۶۰ <sup>c</sup>	۰/۳۷ <sup>c</sup>	۰/۳۶ <sup>f</sup>	۰/۲۸ <sup>f</sup>	۲۰/۱۵ <sup>e-g</sup>	۹/۸۵ <sup>bc</sup>	۶۰/۸۳ <sup>d</sup>	۱/۱۶ <sup>f</sup>	۰/۴۵ <sup>c</sup>	۰/۱۷ <sup>b</sup>	۱/۲۲ <sup>a</sup>	۲/۴۷ <sup>e</sup>	۱/۴۴ <sup>jk</sup>	۱/۶۰ <sup>c-h</sup>	۲/۴	شاهرود ۱۲
۳/۴۲ <sup>c</sup>	۰/۷۱ <sup>de</sup>	۰/۴۸ <sup>c-f</sup>	۰/۳۳ <sup>f</sup>	۲۲/۳۰ <sup>c-f</sup>	۹/۶۳ <sup>c-g</sup>	۵۰/۴۵ <sup>f</sup>	۱/۳۹ <sup>ef</sup>	۰/۵۵ <sup>c</sup>	۰/۱۶ <sup>d</sup>	۰/۸۸ <sup>c-e</sup>	۱/۹۴ <sup>gh</sup>	۱/۱۷ <sup>k-m</sup>	۱/۶۵ <sup>a-g</sup>	۳/۶	شاهرود ۱۲
۴/۳۹ <sup>c</sup>	۰/۴۴ <sup>cde</sup>	۰/۶۲ <sup>cd</sup>	۰/۴۰ <sup>f</sup>	۲۴/۵۵ <sup>b</sup>	۹/۵۱ <sup>c-g</sup>	۴۵/۸۸ <sup>g</sup>	۱/۹۱ <sup>de</sup>	۰/۶۹ <sup>c</sup>	۰/۱۵ <sup>d</sup>	۰/۸۳ <sup>d-g</sup>	۱/۸۵ <sup>h</sup>	۱/۱۲ <sup>j-n</sup>	۱/۷۱ <sup>a-e</sup>	۴/۸	شاهرود ۱۲
۲/۰۸ <sup>c</sup>	۰/۲۸ <sup>c</sup>	۰/۱۸ <sup>f</sup>	۰/۲۱ <sup>f</sup>	۱۸/۲۵ <sup>fg</sup>	۹/۴۹ <sup>c-g</sup>	۷۶/۶۱ <sup>a</sup>	۰/۳۳ <sup>g</sup>	۰/۳۵ <sup>c</sup>	۰/۱۶ <sup>b</sup>	۱/۲۶ <sup>a</sup>	۳/۲۰ <sup>b</sup>	۱/۹۴ <sup>e</sup>	۱/۷۰ <sup>a-e</sup>	۰	تونو
۲/۶۵ <sup>c</sup>	۰/۵۲ <sup>de</sup>	۰/۲۶ <sup>ef</sup>	۰/۲۵ <sup>f</sup>	۱۸/۹۱ <sup>fg</sup>	۹/۵۱ <sup>c-g</sup>	۶۲/۵۹ <sup>cd</sup>	۱/۲۲ <sup>f</sup>	۰/۴۵ <sup>c</sup>	۰/۱۷ <sup>b</sup>	۰/۹۰ <sup>cd</sup>	۲/۶۷ <sup>e</sup>	۱/۹۶ <sup>f</sup>	۱/۷۸ <sup>a-e</sup>	۱/۲	تونو
۴/۰۰ <sup>c</sup>	۰/۷۶ <sup>de</sup>	۰/۴۷ <sup>c-f</sup>	۰/۳۴ <sup>f</sup>	۲۰/۵۰ <sup>d-g</sup>	۹/۴۴ <sup>c-g</sup>	۴۳/۹۱ <sup>g</sup>	۱/۴۴ <sup>ef</sup>	۰/۶۲ <sup>c</sup>	۰/۱۵ <sup>d</sup>	۰/۸۳ <sup>cd</sup>	۲/۳۳ <sup>f</sup>	۱/۴۱ <sup>h</sup>	۱/۸۳ <sup>a</sup>	۲/۴	تونو
۸/۸۴ <sup>b</sup>	۲/۳۰ <sup>b-c</sup>	۱/۰۴ <sup>b</sup>	۰/۸۰ <sup>de</sup>	۱۸/۴۷ <sup>fg</sup>	۹/۳۸ <sup>c-g</sup>	۳۵/۸۳ <sup>h</sup>	۲/۳۸ <sup>cd</sup>	۱/۳۳ <sup>b</sup>	۰/۱۵ <sup>e</sup>	۰/۵۸ <sup>c-h</sup>	۱/۸۶ <sup>h</sup>	۱/۲۸ <sup>ij</sup>	۱/۶۶ <sup>a-f</sup>	۳/۶	تونو
۱۳/۸۰ <sup>a</sup>	۳/۸۷ <sup>b</sup>	۱/۵۵ <sup>a</sup>	۱/۲۷ <sup>bc</sup>	۸/۵۶ <sup>h</sup>	۹/۳۳ <sup>g</sup>	۳۲/۸۷ <sup>h</sup>	۳/۴۳ <sup>b</sup>	۲/۰۱ <sup>a</sup>	۰/۱۴ <sup>e</sup>	۰/۵۴ <sup>gh</sup>	۱/۶۲ <sup>i</sup>	۱/۰۸ <sup>mn</sup>	۱/۵۸ <sup>d-h</sup>	۴/۸	تونو
۲/۵۵ <sup>c</sup>	۰/۵۵ <sup>de</sup>	۰/۳۱ <sup>d-f</sup>	۰/۲۴ <sup>f</sup>	۲۷/۲۵ <sup>ab</sup>	۹/۶۰ <sup>c-g</sup>	۵۲/۳۲ <sup>ef</sup>	۰/۳۳ <sup>g</sup>	۰/۴۲ <sup>c</sup>	۰/۱۶ <sup>d</sup>	۰/۶۶ <sup>c-f</sup>	۲/۱۲ <sup>fg</sup>	۱/۳۶ <sup>hi</sup>	۱/۶۶ <sup>a-d</sup>	۰	۱-۱۶
۳/۳۸ <sup>c</sup>	۰/۷۵ <sup>de</sup>	۰/۳۶ <sup>c-f</sup>	۰/۳۱ <sup>f</sup>	۳۰/۸۶ <sup>a</sup>	۹/۶۷ <sup>b-c</sup>	۵۲/۲۵ <sup>ef</sup>	۱/۱۶ <sup>f</sup>	۰/۵۵ <sup>c</sup>	۰/۱۶ <sup>d</sup>	۰/۷۴ <sup>c-g</sup>	۲/۲۵ <sup>f</sup>	۱/۵۲ <sup>g</sup>	۱/۷۹ <sup>ab</sup>	۱/۲	۱-۱۶
۴/۶۶ <sup>c</sup>	۱/۰۳ <sup>c-e</sup>	۰/۵۶ <sup>c-e</sup>	۰/۴۵ <sup>f</sup>	۲۶/۱۳ <sup>bc</sup>	۹/۷۵ <sup>bc</sup>	۵۵/۱۲ <sup>e</sup>	۲/۴۴ <sup>cd</sup>	۰/۷۶ <sup>c</sup>	۰/۱۵ <sup>d</sup>	۰/۸۳ <sup>c-g</sup>	۲/۰۷ <sup>fg</sup>	۱/۳۴ <sup>hi</sup>	۱/۶۶ <sup>a-f</sup>	۲/۴	۱-۱۶
۱۰/۱۵ <sup>b</sup>	۲/۸۸ <sup>bc</sup>	۱/۲۴ <sup>b</sup>	۰/۹۹ <sup>cd</sup>	۳۲/۸۸ <sup>b-c</sup>	۹/۵۳ <sup>c-g</sup>	۵۲/۲۲ <sup>ef</sup>	۳/۲۷ <sup>b</sup>	۱/۵۷ <sup>b</sup>	۰/۱۵ <sup>d</sup>	۰/۵۵ <sup>gh</sup>	۱/۸۳ <sup>h</sup>	۱/۲۸ <sup>ij</sup>	۱/۶۰ <sup>c-h</sup>	۳/۶	۱-۱۶
۱۳/۴۴ <sup>b</sup>	۵/۶۱ <sup>a</sup>	۱/۹۲ <sup>a</sup>	۱/۳۸ <sup>b</sup>	۱۱/۴۹ <sup>b</sup>	۹/۳۷ <sup>c-g</sup>	۴۳/۹۱ <sup>g</sup>	۴/۹۴ <sup>b</sup>	۲/۰۵ <sup>a</sup>	۰/۱۵ <sup>d</sup>	۰/۳۸ <sup>hi</sup>	۱/۴۴ <sup>i</sup>	۱/۰۶ <sup>n</sup>	۱/۴۷ <sup>g-i</sup>	۴/۸	۱-۱۶
۲/۰۸ <sup>c</sup>	۰/۴۱ <sup>e</sup>	۰/۱۵ <sup>f</sup>	۰/۳۵ <sup>f</sup>	۲۵/۰۱ <sup>b-d</sup>	۱/۰۵ <sup>a</sup>	۷۶/۶۱ <sup>a</sup>	۰/۵۵ <sup>g</sup>	۰/۳۸ <sup>c</sup>	۰/۱۸ <sup>a</sup>	۰/۹۵ <sup>bc</sup>	۳/۴۸ <sup>a</sup>	۵۳ <sup>b</sup>	۱/۰۵ <sup>j</sup>	۰	پایه Gf677
۲/۸۸ <sup>c</sup>	۰/۵۷ <sup>de</sup>	۰/۱۷ <sup>f</sup>	۰/۳۶ <sup>f</sup>	۳۷/۴۸ <sup>ab</sup>	۹/۹۳ <sup>ab</sup>	۷۲/۴۱ <sup>b</sup>	۱/۱۱ <sup>f</sup>	۰/۴۹ <sup>c</sup>	۰/۱۶ <sup>b</sup>	۰/۸۵ <sup>cd</sup>	۳/۶۱ <sup>a</sup>	۲/۸۶ <sup>a</sup>	۱/۳۲ <sup>i</sup>	۱/۲	پایه Gf677
۳/۵۲ <sup>c</sup>	۰/۷۵ <sup>de</sup>	۰/۲۷ <sup>ef</sup>	۰/۳۷ <sup>f</sup>	۲۲/۰۸ <sup>c-g</sup>	۹/۷۰ <sup>bcd</sup>	۶۶/۳۳ <sup>c</sup>	۱/۶۹ <sup>ef</sup>	۰/۵۹ <sup>c</sup>	۰/۱۶ <sup>b</sup>	۰/۷۸ <sup>c-e</sup>	۲/۹۹ <sup>c</sup>	۲/۲۱ <sup>c</sup>	۱/۶۶ <sup>b-h</sup>	۲/۴	پایه Gf677
۸/۸۸ <sup>b</sup>	۲/۵۷ <sup>b-d</sup>	۰/۶۹ <sup>c</sup>	۰/۹۹ <sup>cd</sup>	۱۸/۲۴ <sup>fg</sup>	۹/۶۴ <sup>b-f</sup>	۵۰/۴۵ <sup>f</sup>	۲/۸۰ <sup>c</sup>	۱/۴۳ <sup>b</sup>	۰/۱۶ <sup>d</sup>	۰/۵۶ <sup>f-h</sup>	۲/۶۵ <sup>de</sup>	۲/۰۸ <sup>d</sup>	۱/۴۴ <sup>hi</sup>	۲/۶	پایه Gf677
۱۴/۰۷ <sup>a</sup>	۶/۸۱ <sup>a</sup>	۱/۶۴ <sup>a</sup>	۲/۰۳ <sup>a</sup>	۱۲/۶۱ <sup>h</sup>	۹/۳۵ <sup>fg</sup>	۴۲/۹۸ <sup>g</sup>	۴/۶۹ <sup>a</sup>	۲/۱۲ <sup>a</sup>	۰/۱۵ <sup>e</sup>	۰/۳۳ <sup>i</sup>	۱/۶۳ <sup>i</sup>	۱/۳۰ <sup>ij</sup>	۱/۰۵ <sup>j</sup>	۴/۸	پایه Gf677

میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر صفت دارای حروف متفاوت‌اند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنادار یا یکدیگر دارند.

اثر تنش شوری بر خصوصیات رشدی و غلظت عناصر غذایی در رقم‌های بادام 'شاهرود ۱۲'، 'تونو' و ژنوتیپ '۱۶-۱' پیوندشده روی ...

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

نسبت سلیم به فسفر	نسبت سلیم به منیزیم	نسبت سلیم به کلسیم	نسبت سلیم به پتاسیم	آهن (ppm)	مس (ppm)	روی (ppm)	کلر (٪)	سدیم (٪)	فسفر (٪)	منیزیم (٪)	کلسیم + منیزیم (٪)	کلسیم (٪)	پتاسیم (٪)	سطح کلرید سلیم (gr/l)	ژنوتیپ
۷/۶۴	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۷۹/۳۱	۷/۲۸	۱۹/۹۴	۰/۳۹	۰/۳۱	۰/۱۱۷	۰/۴۶	۰/۸۷	۰/۳۱	۰/۴۷	۰	شاهرود ۱۲
۴/۱۵	۱/۲۵	۱/۳۷	۰/۹۸	۷۴/۵۸	۷/۳۵	۱۹/۶۳	۰/۸۹	۰/۴۸	۰/۱۱۲	۰/۲۹	۰/۶۵	۰/۳۳	۰/۵۰	۱/۲	شاهرود ۱۲
۴/۸۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۳۳/۸۳	۷/۰۴	۱۸/۳۱	۱/۲۷	۰/۵۵	۰/۱۱۵	۰/۷۷	۰/۵۸	۰/۳۱	۰/۵۵	۲/۴	شاهرود ۱۲
۷/۰۱	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۳۹/۸۱	۶/۸۵	۱۷/۹۹	۲/۰۵	۰/۸۹	۰/۱۱۳	۰/۶۶	۰/۵۲	۰/۲۵	۰/۴۸	۳/۶	شاهرود ۱۲
۷/۹۲	۳/۸۱	۳/۸۱	۲/۰۹	۳۲/۲۸	۶/۸۸	۱۷/۳۳	۲/۶۶	۰/۸۸	۰/۱۱۱	۰/۲۴	۰/۴۳	۰/۲۳	۰/۴۳	۴/۸	شاهرود ۱۲
۲/۶۴	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۵۶	۵۰/۸۵	۷/۳۰	۲۷/۴۷	۰/۵۵	۰/۳۲	۰/۱۲۰	۰/۳۸	۰/۸۲	۰/۲۴	۰/۵۷	۰	تونو
۴/۵۹	۱/۲۵	۱/۲۵	۰/۹۴	۴۵/۸۸	۷/۳۷	۲۴/۲۰	۰/۸۳	۰/۵۵	۰/۱۲۰	۰/۳۳	۰/۸۹	۰/۲۴	۰/۵۹	۱/۲	تونو
۵/۹۰	۳/۳۳	۱/۴۹	۱/۱۵	۴۱/۶۳	۷/۰۱	۳۳/۵۴	۱/۲۸	۰/۷۲	۰/۱۲۱	۰/۲۴	۰/۷۰	۰/۴۸	۰/۶۳	۲/۴	تونو
۷/۰۱	۴/۶۱	۲/۹۳	۱/۶۸	۴۵/۴۱	۶/۳۳	۲۲/۳۳	۱/۸۳	۰/۸۶	۰/۱۳۳	۰/۱۹	۰/۴۸	۰/۲۹	۰/۵۲	۳/۶	تونو
۸/۲۵	۶/۰۹	۴/۳۳	۲/۱۵	۴۹/۶۷	۶/۶۷	۲۲/۸۹	۲/۲۱	۱/۰۲	۰/۱۲۶	۰/۱۷	۰/۴۱	۰/۲۴	۰/۴۸	۴/۸	تونو
۳/۱۱	۱/۰۰	۰/۸۹	۰/۹۹	۵۰/۸۸	۷/۲۲	۲۲/۸۹	۰/۷۲	۰/۳۳	۰/۱۱۷	۰/۳۳	۰/۸۶	۰/۲۳	۰/۴۶	۰	۱-۱۶
۵/۱۰	۳/۲۵	۱/۶۶	۱/۲۰	۵۱/۰۹	۷/۲۷	۱۹/۶۳	۱/۰۵	۰/۶۰	۰/۱۱۸	۰/۲۶	۰/۶۳	۰/۲۴	۰/۵۰	۱/۲	۱-۱۶
۶/۶۵	۳/۰۹	۳/۵۸	۱/۸۳	۵۲/۴۰	۶/۹۶	۱۷/۹۸	۱/۵۵	۰/۸۹	۰/۱۱۹	۰/۲۶	۰/۳۸	۰/۲۳	۰/۴۶	۲/۴	۱-۱۶
۷/۶۱	۳/۶۸	۲/۰۵	۲/۰۵	۵۷/۰۳	۶/۷۳	۲۰/۶۰	۱/۸۷	۰/۹۱	۰/۱۲۰	۰/۲۴	۰/۴۴	۰/۲۰	۰/۴۴	۳/۶	۱-۱۶
۸/۸۰	۴/۵۱	۵/۸۶	۳/۲۲	۶۲/۲۸	۶/۶۴	۲۲/۳۳	۲/۰۵	۱/۰۷	۰/۱۲۲	۰/۲۴	۰/۴۴	۰/۱۸	۰/۳۳	۴/۸	۱-۱۶
۲/۸۸	۱/۲۲	۰/۳۳	۰/۸۶	۴۵/۵۷	۷/۱۸	۲۸/۱۲	۰/۴۴	۰/۳۳	۰/۱۱۳	۰/۲۳	۱/۱۵	۰/۹۳	۰/۳۵	۰	پایه GF677
۵/۶۹	۳/۸۰	۰/۶۰	۱/۴۷	۶۲/۳۳	۷/۱۳	۲۶/۴۸	۰/۸۹	۰/۶۵	۰/۱۱۴	۰/۱۷	۱/۱۴	۰/۹۷	۰/۴۴	۱/۲	پایه GF677
۶/۹۶	۴/۱۰	۱/۰۷	۱/۶۴	۷۹/۳۱	۶/۹۳	۳۰/۰۸	۱/۳۱	۰/۸۲	۰/۱۲۰	۰/۱۷	۰/۹۹	۰/۸۱	۰/۵۱	۲/۴	پایه GF677
۹/۰۵	۷/۲۰	۱/۴۵	۲/۴۰	۹۹/۶۵	۶/۷۱	۳۲/۷۰	۱/۴۷	۱/۰۱	۰/۱۲۲	۰/۱۵	۰/۹۱	۰/۸۶	۰/۴۶	۳/۶	پایه GF677
۱۱/۴۶	۹/۶۷	۱/۹۷	۴/۱۹	۱۳۹/۵۵	۶/۵۹	۳۳/۶۶	۱/۷۲	۱/۳۹	۰/۱۱۵	۰/۱۴	۰/۸۵	۰/۸۰	۰/۳۳	۴/۸	پایه GF677

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

منیزیم در برگ‌های رقم 'تونو'، ژنوتیپ '۱-۱۶' و پایه GF677 به‌طور معناداری کاهش یافت. کمترین مقدار منیزیم در این سه ژنوتیپ، در تیمار ۴/۸ گرم در لیتر به‌ترتیب به‌مقدار ۰/۵۴، ۰/۳۸ و ۰/۳۳ درصد مشاهده شد. غلظت منیزیم در برگ‌های رقم 'شاهرود' ۱۲ ابتدا با افزایش شوری تا ۲/۴ گرم در لیتر افزایش یافت و سپس با افزایش بیشتر شوری، کاهش یافت (جدول ۶). این نتایج با یافته‌های دیگر محققان مطابقت دارد [۲۵].

نسبت سدیم به منیزیم در همه ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، با افزایش غلظت شوری، افزایش یافت، اما مقدار آن در بین ژنوتیپ‌های بررسی‌شده با یکدیگر اختلاف داشت. با افزایش غلظت شوری، نسبت سدیم/منیزیم در رقم 'شاهرود' ۱۲ افزایش یافت، ولی معنادار نبود. در سایر ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، مقدار افزایش نسبت سدیم/منیزیم در سطوح ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر کلرید سدیم معنادار بود. در مجموع، بیشترین نسبت سدیم/منیزیم (۶/۸۱) در پایه GF677 و در تیمار ۴/۸ گرم در لیتر مشاهده شد (جدول ۶). منیزیم از عناصر ضروری رشد گیاه است و اصلی‌ترین تأثیر آن شرکت در بیوسنتز پروتئین‌هاست. یک تأثیر مهم دیگر این عنصر در گیاهان مختلف، شرکت در ساختمان کلروفیل است و جذب این عنصر توسط کاتیون‌های دیگر از جمله پتاسیم، آمونیوم، کلسیم و سدیم به‌شدت کاهش می‌یابد [۴].

### ۶.۳. برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر غلظت فسفر برگ و ریشه

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که نوع پیوندک و غلظت شوری بر مقدار فسفر برگ مؤثر است. غلظت فسفر در ژنوتیپ '۱-۱۶' و رقم 'تونو' با افزایش شوری تا غلظت ۱/۲ گرم در لیتر و در رقم 'شاهرود' ۱۲ تا غلظت ۲/۴ گرم در لیتر (۰/۱۶۶ درصد)، افزایش یافت و سپس با افزایش بیشتر شوری، کاهش پیدا کرد (۰/۱۵۷ درصد). غلظت

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که نسبت سدیم/کلسیم در همه ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، با افزایش غلظت شوری، افزایش یافت، ولی مقدار افزایش آن در بین ژنوتیپ‌های بررسی‌شده با یکدیگر اختلاف داشت. با افزایش غلظت شوری، نسبت سدیم/کلسیم، در رقم 'شاهرود' ۱۲ افزایش یافت، ولی مقدار افزایش این نسبت معنادار نبود. در سایر ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، مقدار افزایش نسبت سدیم/کلسیم، در سطوح ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر کلرید سدیم معنادار بود. در مجموع، بیشترین نسبت سدیم/کلسیم (۱/۶۲)، در پایه GF677 و در تیمار ۴/۸ گرم در لیتر مشاهده شد (جدول ۶). نسبت سدیم/کلسیم در ریشه پایه‌هایی که رقم 'شاهرود' ۱۲ روی آنها پیوند شده بود، در سطوح ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر به‌طور معناداری نسبت به گیاهان شاهد افزایش یافت، در حالی که نسبت سدیم/کلسیم در پایه‌هایی که رقم 'تونو' و ژنوتیپ '۱-۱۶' روی آنها پیوند شده بود، در سطوح ۲/۴، ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر به‌طور معناداری نسبت به گیاهان شاهد معنادار افزایش یافت؛ از این رو رقم 'شاهرود' ۱۲ به‌طور مؤثرتری در ممانعت از جذب سدیم توسط ریشه و انتقال آن به قسمت هوایی عمل می‌کند. کلسیم در گیاهان اثرهای بسیاری از مقادیر اندک در تنظیم برخی متابولیسم‌های سلولی گرفته تا مقادیر زیاد در ساختار دیواره سلولی دارد. این در حالی است که در شرایط تنش‌های محیطی به‌خصوص تنش شوری، علاوه بر تداخل کلسیم با برخی عناصر دیگر (نظیر سدیم)، کارکرد این عنصر در فعالیت‌های حیاتی گیاه تأثیر ویژه‌ای در میزان تحمل به تنش پیدا می‌کند [۲۶].

### ۵.۳. برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر غلظت منیزیم برگ و ریشه

غلظت شوری و نوع پیوندک بر مقدار منیزیم برگ به‌طور معناداری تأثیر داشت و با افزایش غلظت شوری، مقدار

اثر تنش شوری بر خصوصیات رشدی و غلظت عناصر غذایی در رقم‌های بادام 'شاهرود' ۱۲، 'تونو' و ژنوتیپ '۱-۱۶' پیوندشده روی ...

با افزایش غلظت شوری، نسبت سدیم/فسفر در رقم 'شاهرود' ۱۲ افزایش یافت، ولی مقدار افزایش این نسبت معنادار نبود. در سایر ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، مقدار افزایش نسبت سدیم/فسفر در سطوح ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر کلرید سدیم معنادار بود. در مجموع، بیشترین نسبت سدیم/فسفر (۱۴/۰۷)، در پایه GF<sub>677</sub> و در تیمار ۴/۸ گرم در لیتر مشاهده شد (جدول ۶). رقم 'شاهرود' ۱۲ در ممانعت از جذب سدیم توسط ریشه و انتقال آن به قسمت هوایی مؤثرتر عمل می‌کند. فسفر یکی از عناصر ضروری برای رشد و تکثیر گیاهان است و برای ذخیره‌سازی و انتقال انرژی، حفاظت و انتقال کدهای ژنتیکی به‌کار می‌رود و جزء ترکیبات ساختمانی سلول‌ها و بسیاری از ترکیبات شیمیایی است و تأثیر مهمی در متابولیسم کربوهیدرات‌ها دارد [۲۶].

### ۷.۳. برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر غلظت کلر برگ و ریشه

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در همه ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، با افزایش غلظت شوری، مقدار کلر افزایش یافت، ولی مقدار افزایش و تجمع کلر در برگ ژنوتیپ‌های مورد مطالعه با یکدیگر اختلاف معناداری داشتند، به‌طوری که بیشترین غلظت کلر در همه ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، در تیمار ۴/۸ گرم در لیتر مشاهده شد. مقدار کلر در برگ‌های پایه GF<sub>677</sub>، ژنوتیپ '۱-۱۶'، 'تونو' و 'شاهرود' ۱۲ در تیمار ۴/۸ گرم در لیتر به‌ترتیب ۴/۹۴، ۴/۴۹، ۳/۴۳ و ۱/۹۱ درصد بود. در مجموع، ژنوتیپ '۱-۱۶' در تیمار ۳/۶ گرم در لیتر و رقم‌های 'شاهرود' ۱۲ و 'تونو' در تیمارهای ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر در مقایسه با پایه‌های شاهد (پیوندشده)، به‌طور معناداری توانستند از ورود کلر به قسمت هوایی گیاه جلوگیری کنند.

مقدار کلر موجود در ریشه تحت تأثیر نوع ژنوتیپ پیوندی و غلظت شوری قرار گرفت. در همه ژنوتیپ‌های

فسفر در برگ‌های پایه GF<sub>677</sub> از ابتدا و از ۰/۱۸۲ درصد در گیاهان شاهد، با افزایش غلظت شوری کاهش نشان داد (۰/۱۵۱ درصد). این نتایج حاکی از آن است که نوع ژنوتیپ پیوندی در افزایش قدرت پایه در جذب فسفر و انتقال آن به قسمت هوایی گیاه تأثیر بسزایی دارد (جدول ۶). نتایج این تحقیق با یافته‌های اورعی و همکاران [۲] مطابقت داشت. آنها گزارش کردند که با افزایش غلظت شوری، غلظت فسفر در پایه‌های بادام تلخ، تونو و GF<sub>677</sub> کاهش یافت [۲].

نوع پیوندک و غلظت شوری بر مقدار فسفر ریشه تأثیر داشت. در پایه‌هایی که رقم 'شاهرود' ۱۲ روی آنها پیوند شده بودند، با افزایش غلظت شوری، مقدار فسفر کاهش یافت ولی در پایه‌هایی که ژنوتیپ '۱-۱۶' و 'تونو' روی آنها پیوند شده بود، غلظت فسفر افزایش یافت. در ریشه‌های پایه GF<sub>677</sub> (بدون پیوند)، غلظت فسفر با افزایش مقدار شوری تا ۳/۶ گرم در لیتر افزایش یافت و سپس در غلظت ۴/۸ گرم در لیتر کاهش نشان داد. این نتایج حاکی از آن است که نوع پیوندک در جذب فسفر توسط ریشه و انتقال آن به قسمت هوایی بسیار مؤثر است. رقم 'شاهرود' ۱۲ که دارای قدرت رشدی مطلوبی در شرایط تنش شوری است، علاوه بر اینکه قابلیت جذب فسفر توسط ریشه را در شرایط تنش شوری افزایش داد، سبب انتقال فسفر جذب‌شده به قسمت هوایی نیز شد، درحالی که ژنوتیپ '۱-۱۶' و 'تونو' که قدرت رشدی کمتری در غلظت‌های زیاد شوری داشتند تنها توانستند قدرت جذب ریشه را در شرایط تنش شوری افزایش دهند، ولی قابلیت انتقال ریشه به قسمت هوایی را نداشتند (جدول ۷).

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که نسبت سدیم/فسفر در همه ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، با افزایش غلظت شوری، افزایش یافت؛ ولی مقدار افزایش این نسبت در بین ژنوتیپ‌های بررسی‌شده با یکدیگر اختلاف داشت.

مطالعه شده، بیشترین مقدار کلر در تیمار  $4/8$  گرم در لیتر مشاهده شد (جدول ۷). در این سطح از شوری، بیشترین مقدار کلر به ترتیب در پایه‌هایی که رقم‌های 'شاهرود ۱۲' و 'تونو' و ژنوتیپ '۱-۱۶' روی آنها پیوند شده بودند، مشاهده شد. کمترین مقدار کلر در دو سطح  $3/6$  و  $4/8$  گرم در لیتر در پایه‌های شاهد مشاهده شد. این نتایج حاکی از آن است که گیاه، کلر را جذب می‌کند، ولی مقدار انتقال آن به قسمت هوایی با توجه به نوع پیوندک متفاوت است. رقم 'شاهرود ۱۲' که دارای وضعیت رشدی بهتری در شرایط تنش شوری بود، کمترین مقدار کلر در برگ و در مقابل بیشترین تجمع این عنصر را در ریشه‌ها داشت و در مجموع توانست به‌طور مؤثری از انتقال کلر از ریشه به قسمت هوایی جلوگیری کند. اختلال در رشد و فتوسنتز تا حد زیادی به تجمع کلر در برگ‌ها مربوط است. تحمل به شوری به مقدار 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 [۲۶].

### ۸.۳. برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر غلظت روی

#### برگ و ریشه

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که مقدار روی در برگ و ریشه تحت تأثیر برهمکنش نوع پیوندک و غلظت شوری قرار گرفت. در رقم 'شاهرود ۱۲' با افزایش شوری تا غلظت  $2/4$  گرم در لیتر، مقدار روی به‌طور معناداری افزایش و سپس با افزایش بیشتر شوری، کاهش یافت. در ژنوتیپ '۱-۱۶' نیز با افزایش شوری تا غلظت  $2/4$  گرم در لیتر، مقدار این عنصر افزایش یافت، ولی این افزایش نسبت به گیاهان شاهد معنادار نبود. با افزایش بیشتر شوری، مقدار این عنصر در این ژنوتیپ به‌طور معناداری کاهش یافت. در رقم 'تونو' و پایه  $GF_{677}$  از ابتدا با افزایش شوری، مقدار

روی به‌طور معناداری کاهش یافت. رقم 'شاهرود ۱۲' با افزایش این عنصر تا حدودی با آثار منفی سدیم مقابله کرد. اثر نوع پیوندک و غلظت شوری بر مقدار روی در ریشه معنادار شد. در ریشه پایه‌هایی که رقم 'شاهرود ۱۲' روی آنها پیوند شده بود با افزایش شوری مقدار روی کاهش یافت. در پایه‌هایی که رقم 'تونو' روی آنها پیوند شده بود، مقدار روی تا تیمار  $3/6$  گرم در لیتر کاهش و سپس با افزایش غلظت شوری دوباره افزایش یافت. در پایه‌هایی که ژنوتیپ '۱-۱۶' روی آنها پیوند شده بود، مقدار روی تا تیمار  $2/4$  گرم در لیتر کاهش و با افزایش غلظت شوری دوباره افزایش یافت. در پایه‌های شاهد غلظت روی تا تیمار  $1/2$  گرم در لیتر کاهش و سپس با افزایش غلظت شوری به‌طور معناداری افزایش یافت. این نتایج حاکی از آن است که رقم 'شاهرود ۱۲' از طریق تأثیر بر قدرت جذب پایه سبب افزایش جذب روی توسط ریشه و انتقال آن به بخش هوایی شد و از طریق افزایش این عنصر تا حدودی با آثار منفی سدیم و کلر مقابله کرد. روی از جمله عناصر ضروری کم‌مصرف برای گیاهان است که به‌صورت کاتیون دوظرفیتی جذب می‌شود. این عنصر عاملی اساسی در سنتز پروتئین‌ها، DNA و RNA است. اگرچه نیاز گیاهان به روی اندک است، اگر مقدار کافی از این عنصر در دسترس نباشد، گیاهان از تنش‌های فیزیولوژیکی ناشی از ناکارایی سیستم‌های متعدد آنزیمی و دیگر اعمال متابولیکی مرتبط با روی رنج خواهند برد. کمبود روی، فعالیت چندین آنزیم از جمله سوپراکسید دیسموتاز، فسفاتاز، الکل دی‌هیدروژناز، دیمیدین کیناز، کربوکسی پپتیداز و همچنین مقدار DNA و RNA را کاهش می‌دهد [۹]. این عنصر برای انسجام غشای سلولی ریشه ضروری است و به‌نظر می‌رسد که می‌تواند اثر منفی کلرید سدیم را با محدود کردن جذب یا انتقال سدیم و کلرید و به داخل گیاه، کاهش دهد [۹].



اثر تنش شوری بر خصوصیات رشدی و غلظت عناصر غذایی در رقم‌های بادام 'شاهرود' ۱۲، 'تونو' و ژنوتیپ '۱-۱۶' پیوندشده روی ...

۱/۲ گرم در لیتر مقدار آهن افزایش یافت و با افزایش بیشتر شوری، مقدار آهن در برگ این ژنوتیپ‌ها به‌طور معناداری نسبت به شاهد کاهش یافت (جدول ۶). مقدار آهن ریشه تحت تأثیر برهمکنش نوع پیوندک و غلظت شوری قرار گرفت.

غلظت آهن در ریشه پایه‌هایی که رقم 'شاهرود' ۱۲ روی آنها پیوند شده بود، کاهش معناداری داشت، به‌طوری که کمترین مقدار آهن (۳۲/۴۸ قسمت در میلیون) در تیمار ۴/۸ گرم در لیتر مشاهده شد. در ریشه پایه‌هایی که رقم 'تونو' روی آنها پیوند شده بود، با اعمال تیمار شوری و افزایش غلظت آن تا ۲/۴ گرم در لیتر غلظت آهن کاهش و سپس با افزایش بیشتر غلظت شوری، مقدار آن افزایش یافت. در ریشه پایه‌های شاهد (بدون پیوند) و پایه‌هایی که ژنوتیپ '۱-۱۶' روی آنها پیوند شده بود با اعمال تنش شوری و افزایش غلظت آن، مقدار آهن ریشه به‌طور معناداری افزایش یافت. در مجموع بیشترین تجمع آهن در ریشه پایه‌های شاهد (بدون پیوند) و در تیمار ۴/۸ گرم در لیتر مشاهده شد (۱۳۹/۵۵ قسمت در میلیون). به‌طور کلی، نتایج بررسی غلظت آهن در برگ و ریشه نشان داد که نوع پیوندک در انتقال آهن به بخش‌های هوایی گیاه بسیار مؤثر است، به‌طوری که در این آزمایش کمترین غلظت آهن در برگ و بیشترین غلظت آهن در ریشه در پایه‌های شاهد در تیمارهای ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر مشاهده شد. عنصر آهن تأثیر بسیار مهمی در توسعه کلروپلاست، دریافت انرژی نورانی و انتقال الکترون از آب به  $\text{NADP}^+$  دارد [۲۶، ۱۸].

#### ۴. نتیجه‌گیری کلی

براساس نتایج پژوهش حاضر، نوع ترکیب پایه و پیوندک و سطح شوری می‌تواند خصوصیات رشدی و غلظت عناصر غذایی برگ و ریشه‌های بادام را تحت تأثیر قرار دهد. نتایج

### ۹.۳. برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر غلظت مس در برگ و ریشه

غلظت شوری و نوع پیوندک به‌طور معناداری بر غلظت مس برگ تأثیر دارد (جدول ۶). در رقم 'شاهرود' ۱۲ و ژنوتیپ '۱-۱۶'، با افزایش شوری تا غلظت ۲/۴ گرم در لیتر و در رقم 'تونو' تا غلظت ۱/۲ گرم در لیتر غلظت مس در برگ افزایش و سپس با افزایش بیشتر شوری، کاهش یافت. در پایه  $\text{GF}_{677}$  از ابتدا با افزایش شوری، مقدار مس به‌طور معناداری کاهش یافت. رقم 'شاهرود' ۱۲ و ژنوتیپ '۱-۱۶' و به مقدار کمتری رقم 'تونو' از طریق افزایش مس در برگ‌ها تا حدودی با آثار منفی سدیم مقابله می‌کنند (جدول ۶). مس از جمله عناصر ضروری و کم‌مصرف برای رشد و توسعه گیاهان است و در فتوسنتز، تنفس میتوکندری، پاسخ به تنش‌های اکسیداتیو و متابولیسم دیواره سلول شرکت می‌کند [۲۳، ۱۵]. در شرایط تنش، عدم توازن بین فرایند جذب انرژی و مصرف آن توسط اندام فتوسنتزی موجب تولید انواع اکسیژن فعال (ROS) می‌شود [۱۶]. مهم‌ترین سیستم‌های جمع‌آوری‌کننده ROS در گیاهان، آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسیددسموتاز هستند. مس به‌عنوان کوفاکتور در برخی آنزیم‌ها مانند سوپراکسید دسموتاز عمل می‌کند [۲۹].

### ۱۰.۳. 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 به‌دست‌آمده، در رقم 'شاهرود' ۱۲ با اعمال تنش شوری و افزایش غلظت آن، مقدار آهن به‌طور معناداری افزایش یافت، به‌طوری که بیشترین مقدار آهن در این رقم در تیمار ۴/۸ گرم در لیتر مشاهده شد. در رقم 'تونو' تا تیمار ۲/۴ گرم در لیتر و در ژنوتیپ '۱-۱۶' و پایه  $\text{GF}_{677}$  تا تیمار

به مقدار بیشتری از سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده در این تحقیق، با آثار مخرب سدیم مقابله کند. در مجموع، از میان ارقام بررسی شده، رقم 'شاهرود' ۱۲<sup>۱</sup> متحمل‌ترین رقم به شوری بود.

### منابع

۱. امامی ع (۱۳۷۵) روش‌های تجزیه گیاه. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. ۱۳۰ ص.
۲. اورعی م، طباطبایی ج، فلاحی ا و ایمانی ع (۱۳۸۸) اثرات تنش شوری و پایه بر رشد، شدت فتوستتیز، غلظت عناصر غذایی و سدیم درخت بادام. علوم باغبانی. ۲۳(۲): ۱۴۰-۱۳۱.
۳. بای‌وردی ا (۱۳۹۲) ارزیابی تحمل ارقام دیرگل بادام به شوری. تولید و فرآوری محصولات باغی و زراعی. ۳(۳): ۲۲۵-۲۱۷.
۴. حیدری شریف‌آباد ح (۱۳۸۰) گیاه و شوری. مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور. ۷۶ ص.
۵. رضایی م، لسانی ح، بابالار م و طلائی ع (۱۳۸۵) اثر تنش سدیم کلرید بر شاخص‌های رشد و میزان عناصر پنج رقم زیتون. علوم کشاورزی ایران. ۳۷(۲): ۳۰۱-۲۹۳.
۶. علایی ش و تفضلی ع (۱۳۸۲) اثرهای شوری کلرید سدیم، کیتین و سایکوسل بر تجمع برخی از عناصر در زیتون (*Olea europea L.*) رقم دزفول. علوم و فنون باغبانی ایران. ۴(۱ و ۲): ۱۰-۱.
۷. گریگوریان و، جوادی ص، کسرائی ر، مطلبی آذر ع و دژم‌پور ج (۱۳۸۱) تعیین تحمل به شوری کلرور سدیمی در دانه‌های چند رقم بادام. علوم و فنون باغبانی ایران. ۳(۱ و ۲): ۱۴-۱.

بررسی صفات مورفولوژی و آسیب‌های ظاهری نشان دادند که با اعمال تنش شوری و افزایش غلظت آن، قطر پیوندک، ارتفاع پیوندک، تعداد برگ تولیدی، درصد برگ‌های سبز کاهش و درصد برگ‌های نکروزه و ریزش‌یافته افزایش یافت. توانایی بازیابی رشدی در رقم 'شاهرود' ۱۲<sup>۱</sup> در شرایط تنش شوری از طریق تولید برگ‌های جدید از سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده در این تحقیق بیشتر بود. بررسی عناصر غذایی در همه ژنوتیپ‌های مطالعه شده نشان داد که بیشترین مقدار کلر (۴/۹۴ درصد) و سدیم (۲/۱۲ درصد)، نسبت سدیم/پتاسیم (۲/۰۳)، سدیم/کلسیم (۱/۹۲)، سدیم/منیزیم (۶/۸۱)، سدیم/فسفر (۱۴/۰۷) و کمترین مقدار کلسیم (۱/۰۶ درصد)، منیزیم (۰/۳۳ درصد)، فسفر (۰/۱۴۶ درصد)، روی (۳۲/۷ قسمت در میلیون) و مس (۹/۳۳ قسمت در میلیون) برگ، در تیمار ۴/۸ گرم در لیتر کلرید سدیم مشاهده شد. همچنین، بیشترین مقدار کلر (۲/۶۶ درصد) و سدیم (۱/۳۹ درصد)، نسبت سدیم/پتاسیم (۴/۱۹)، سدیم/کلسیم (۵/۸۶)، سدیم/منیزیم (۹/۶۷)، سدیم/فسفر (۱۱/۹۴) و کمترین مقدار پتاسیم (۰/۳۳ درصد)، کلسیم (۰/۱۸ درصد)، منیزیم (۰/۱۴ درصد)، فسفر (۰/۱۱۱ درصد)، مس (۶/۵۹ قسمت در میلیون) ریشه، در تیمار ۴/۸ گرم در لیتر کلرید سدیم مشاهده شد. نوع پیوندک در ممانعت از جذب سدیم و کلر توسط ریشه و انتقال آن به قسمت هوایی مؤثر است. رقم 'شاهرود' ۱۲<sup>۱</sup> در همه سطوح شوری مطالعه شده، دارای کمترین مقدار کلر و سدیم و کمترین نسبت سدیم/پتاسیم، سدیم/کلسیم، سدیم/منیزیم و سدیم/فسفر و بیشترین نسبت کلر/سدیم بود. همچنین این رقم توانست در سطوح بالای شوری (۷/۳ دسی‌زیمنس بر متر)، از طریق افزایش پتاسیم (۱/۶۵ درصد)، مس (۹/۶۲ قسمت در میلیون)، آهن (۲۲/۳۰ قسمت در میلیون) و روی (۵۰/۴۵ قسمت در میلیون)

اثر تنش شوری بر خصوصیات رشدی و غلظت عناصر غذایی در رقم‌های بادام 'شاهرود' ۱۲، 'تونو' و ژنوتیپ '۱۶-۱' پیوندشده روی ...

17. Montaium R, Hening H and Brown PH (1994) The relative tolerance of six *Prunus* rootstocks to boron and salinity. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 6: 1169-1175.
18. Munns R and Tester M (2008) Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*. 59: 651-681.
19. Noitsakis B, Dimassi K and Therios I (1997) Effect of NaCl induced salinity on growth, chemical composition and water relation of two almond (*Prunus amygdalus* L.) cultivars and the hybrid GF677 (*Prunus amygdalus*- *Prunus persica*). *Acta Horticulturae*. 449: 641-648.
20. Papadakis IE, Veneti G, Chatzissavvidis C, Sptiropoulos TE, Dimassi N and Therios I (2007) Growth, mineral composition, leaf chlorophyll and water relationships of two cherry varieties under NaCl-induced salinity stress. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 53: 252-258.
21. Rahemi M, Nagafian Sh and Tavallaie V (2008) Growth and chemical composition of hybrid GF<sub>677</sub> influenced by salinity levels of irrigation water. *Journal of Plant Sciences*. 7(3): 309-313.
22. Rahmani A, Daneshvar HA and 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.
23. Raven JA, Evans MCW and Krob RE (1999) The role of trace metals in photosynthetic electron transport in O<sub>2</sub>- evolving organisms. *Photosynthesis Research*. 60: 111-149.
24. Shani U and Ben-Gal A (2005) Long-term response of grape vines to salinity: osmotic effects and ion toxicity. *American Journal of Enology and Viticulture*. 56: 2-12.
۸. میرمحمدی میبدی س ع و قره‌یاضی ب (۱۳۸۱) جنبه‌های فیزیولوژیک و به‌نژادی تنش شوری گیاهان. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. ۲۷۴ ص.
9. Alpaslan M, Inal A, Gunes A, Cikili Y and Ozcan H (1999) Effect of zinc treatment on the alleviation of sodium and chloride injury tomato (*Lycopersicum esculentum* L. Mill, c.v lale) grown under salinity. *Turkish Journal of Botany*. 23: 1-6.
10. Bolat I, Kaya C, Almaca A and Timucin S (2006) Calcium sulfate improve salinity tolerance in rootstock of plum. *Journal of Plant Nutrition*. 29: 553-564.
11. Garcia-Sanchez F and Syvertsen JP (2006) Salinity tolerance of Cleopatra mandarin and carrizo citrange citrus rootstock seedlings is affected by CO<sub>2</sub> enrichment during growth. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 131: 24- 31.
12. Grattan SR (2002) Irrigation water salinity and crop production. University of California. Agriculture and Natural Resources Publication 8066. 1: 1-9.
13. Karakas B, Bianco RL and Rieger M (2000) Association of marginal leaf scorches with sodium accumulation in salt-stressed peach. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 35(1): 83-84.
14. Maas EV and Hoffman GJ (1977) Crop salt tolerance: current assessment. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 103: 115- 134.
15. Marschner H (1995) Functions of mineral nutrients: Micronutrients. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press Limited. San Diego. CA, Pp. 313-396.
16. Mittler R (2002) Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends Plant Sciences*. 7: 405-410.

25. Shibli RA, Shatnawi MA and Swaidat IQ (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.
26. Staples RC and Toenniessen GH (1984) Salinity tolerance in plants. John Wiley and Sons. Pp. 443.
27. Szczerba MW, Britto DT and Kronzucker HJ (2009) K<sup>+</sup> transport in plants: physiology and molecular biology. Journal of Plant Physiology. 166: 447-466.
28. Szczerba MW, Britto DT, Balkos KD and Kronzucker HJ (2008) NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-stimulated and -inhibited components of K<sup>+</sup> transport in rice (*Oryza sativa* L.). Experimental Botany. 59: 3415-3423.
29. Yruela I (2005) Copper in plants. Brazilian Journal of Plant Physiology. 17: 145-156.