

بررسی اثرات تنش شوری آب آبیاری و اسید سالیسیلیک بر عناصر غذایی برگ در سه رقم بادام پیوندی

حسین محمدی^۱، علی ایمانی^{۱،۲*}، محمدرضا اصغری^۳، علیرضا طلایی^۱ و وحید عبدوسی^۱

^۱ گروه علوم باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران

^۲ پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، مؤسسه علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

^۳ گروه علوم باغبانی، دانشگاه ارومیه، ارومیه

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۱۵، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۸/۱۲)

چکیده

در بین تنش‌های غیرزیستی، شوری خاک و آب از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر رشد و تولید محصولات کشاورزی در سراسر جهان است. از طرف دیگر، ترکیب پایه و پیوندک و همچنین محلول‌پاشی با مواد شیمیایی مثل اسید سالیسیلیک می‌تواند غلظت عناصر غذایی برگ بادام را در شرایط تنش شوری تحت تأثیر قرار دهد. بنابراین در پژوهش حاضر، اثرات محلول‌پاشی برگ اسید سالیسیلیک در غلظت‌های صفر، ۱ و ۲ میلی‌مولار بر تغییرات میزان عناصر غذایی برگ (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، سدیم، کلر، کلسیم، منیزیم، منگنز، مس، روی و آهن) سه رقم بادام (شکوفه، سهند و تونو) پیوندشده روی پایه‌های GF677 و GN تحت تنش شوری آب آبیاری (صفر، ۲، ۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر) مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تنش شوری به‌ویژه در بالاترین غلظت (۸ دسی‌زیمنس بر متر) به‌طور معنی‌داری باعث افزایش میزان عناصر سدیم، کلر، پتاسیم و کلسیم و نیز کاهش میزان نیتروژن، فسفر، منیزیم، منگنز، روی و آهن در برگ گیاه گردید. ارقام پیوندشده روی پایه‌های مختلف پاسخ‌های متفاوتی را به تنش شوری و محلول‌پاشی برگ اسید سالیسیلیک نشان دادند. به‌طور کلی، پایه GF677 باعث کاهش میزان سدیم و افزایش میزان نیتروژن، فسفر، کلسیم، منیزیم، مس، روی و آهن برگ ارقام پیوندشده گردید. همچنین محلول‌پاشی برگ اسید سالیسیلیک به‌طور معنی‌داری میزان سدیم برگ ارقام مختلف بادام را کاهش داد. در مجموع، در این آزمایش که در شرایط کنترل‌شده انجام شده، پایه GF677 و همچنین محلول‌پاشی برگ اسید سالیسیلیک در تعدیل اثرات سوء شوری نسبت به سایر تیمارها کارآمدتر بوده است. البته لازم است این تیمارها در شرایط باغ نیز مورد بررسی قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: پایه GF677، کلرید سدیم، محلول‌پاشی برگ، نیتروژن

مقدمه

نظر ژنتیکی ناخالص است. اگرچه کشور ایران (۱۳۹۰۲۹ تن) از نظر تولید پس از کشورهای آمریکا (۱۸۷۲۵۰۰ تن) و اسپانیا (۳۳۹۰۳۳ تن) در رتبه سوم جهانی قرار دارد (FAO, 2020)، اما به دلایلی مثل تنوع زیاد محصول تولیدی، نبود رقم مناسب

بادام با نام علمی *Prunus dulcis* Miller از جمله مهم‌ترین محصولات خشک میوه است که به‌طور تجاری در مناطق وسیعی از جهان کشت می‌شود. این گیاه عمدتاً دگرگشن و از

را بر هم می‌زند. مکانیسم اثر سمیت یونی نیز مربوط به جذب یون و تغییر فرآیندهای فیزیولوژیک ناشی از سمیت کمبود یا تغییر در تعادل عناصر معدنی می‌شود (Kumar *et al.*, 2018).

یکی از راه‌های اصلاح خاک‌های شور، آبشویی خاک‌ها و خارج کردن نمک از خاک است (Gupta and Abrol, 2008) که متأسفانه به علت کمبود آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک، این روش عملی نیست (Gupta and Abrol, 2008). لذا، مؤثرترین راهکار برای مدیریت شوری، شناسایی و انتخاب پایه‌ها و ارقام متحمل به شوری و استفاده از آن‌ها در مناطق با خاک شور است (Wallender and Tanji, 2012; Ahmad *et al.*, 2015; Zrig *et al.*, 2013). پایه‌ها و ارقام مختلف گیاهی با توجه به ویژگی‌های منحصر به فرد خود در تغییر میزان جذب و دفع عناصر مختلف از جمله کلر و سدیم و نیز انتقال آن‌ها به اندام‌های هوایی، نقش مهمی در تغییر پاسخ گیاهی به تنش شوری دارند (Wallender and Tanji, 2012; Zrig *et al.*, 2015). تحقیقات متعدد نشان داده است که آستانه تحمل اکثر درختان میوه هسته‌دار از جمله بادام نسبت به تنش شوری پایین است، به طوری که در هدایت الکتریکی آب آبیاری ۲/۸، ۴/۱ و ۷/۰ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب به میزان ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد از عملکرد آن کاسته می‌شود. بنابراین، در بادام نیز همانند سایر درختان میوه، انتخاب پایه و پیوندک‌های متحمل، راهبرد بسیار مناسبی به منظور کاهش عوارض ناشی از شوری به ویژه در نواحی خشک کشور است (مؤمن‌پور و همکاران، ۱۳۹۷).

در همین راستا، مؤمن‌پور و همکاران (۱۳۹۴ الف) با مطالعه اثر تنش شوری بر خصوصیات رشدی و غلظت عناصر غذایی در رقم‌های بادام شاهرود ۱۲، تونو و ژنوتیپ ۱۶-۱ پیوندشده روی پایه GF677 گزارش کردند که در همه ژنوتیپ‌ها بیشترین میزان کلر و سدیم، نسبت سدیم به پتاسیم، سدیم به کلر، سدیم به منیزیم، سدیم به فسفر و کمترین میزان کلسیم، منیزیم، فسفر، روی و مس برگ در تیمار ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر کلرید سدیم مشاهده شد. آن‌ها همچنین نشان دادند که نوع پیوندک در ممانعت از جذب سدیم و کلر ریشه و انتقال آن به

با اقلیم منطقه، سرمای دیررس بهاره، بروز انواع تنش‌های محیطی مانند خشکی و شوری، عدم امکان آبیاری بهینه و همچنین ضعف مدیریت در اجرای راهکارهای باغداری، باعث شده تا متأسفانه کشورمان سهم کمی در صادرات و تجارت بین‌المللی بادام داشته باشد (قاسمی و همکاران، ۱۳۹۴).

امروزه تنش شوری از مهم‌ترین تنش‌های محیطی به‌شمار می‌آید که رشد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد، اما آنچه اهمیت این تنش را بیش از سایر تنش‌های محیطی مشخص می‌کند، دائمی بودن اثرات تنش شوری است. سالانه حدود ۲ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی جهان (حدود یک درصد) تبدیل به زمین‌های شور می‌شوند که یا فاقد کارایی برای تولید محصول می‌باشند و یا تولید محصول در آن‌ها کاهش می‌یابد. شوری به‌عنوان یک فاکتور محیطی تمام مراحل رشد و نمو گیاه، از جوانه‌زنی بذر تا تولید دانه و میوه را کم و بیش تحت تأثیر قرار می‌دهد. البته پاسخ گیاهان به شوری به نوع گیاه، مراحل نمو گیاه، شدت و مدت تنش بستگی دارد. شوری آب در کشاورزی نه تنها باعث کاهش شدید عملکرد محصول می‌گردد بلکه به مرور زمان سبب سمیت گیاه، شور و سدیمی شدن خاک و از بین رفتن آن می‌شود (Wallender and Tanji, 2012; Ahmad *et al.*, 2013).

با توجه به آمار ارائه‌شده و تحقیقات صورت گرفته در کل کشور ایران، سطوح اراضی شور در حدود ۲۵ میلیون هکتار می‌باشد که در این بین حدود هشت میلیون هکتار مربوط به اراضی کشاورزی است که در معرض تنش شوری قرار دارند (امام و همکاران، ۱۳۹۲). در اکثر مناطق دنیا، تنش شوری عمده‌ترین تنش محیطی است که از طریق کاهش پتانسیل اسمزی و اختلال در فیزیولوژی گیاه رشد و عملکرد محصولات زراعی و باغی را محدود می‌کند. گیاهانی که در خاک‌های شور رشد می‌کنند، به دلیل خواص اسمزی، علاوه بر تنش شوری با تنش کم آبی مواجه شده که این عامل سبب کاهش سرعت رشد گیاه می‌شود. این امر موجب اختلال در تقسیم سلول و بزرگ‌شدن سلول‌ها شده و تمام واکنش‌های متابولیکی گیاه تحت تأثیر قرار می‌گیرد و ساختار غشاء سلولی

قسمت‌های هوایی مؤثر بود.

همچنین، مؤمن‌پور و همکاران (۱۳۹۴ب) تأثیر شوری آب آبیاری بر ژنوتیپ‌های بادام مامایی، نان پاریل، A200 و 1-25 پیوندشده روی پایه GF677 و پایه GF677 (پیوند نشده) بیان کردند 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 در برگ و ریشه و کمترین غلظت آهن در ریشه، در شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد.

تحقیقات متعدد نشان داده است که تحمل شوری در برخی از درختان میوه را می‌توان با استفاده از انواع پایه‌ها و یا پیوندک‌های متحمل به شوری، افزایش داد (اورعی و همکاران، ۱۳۸۸). در این مورد، Zrig و همکاران (۲۰۱۵) با مطالعه رفتار مورفو- فیزیولوژیکی سه نوع پایه بادام (GF677، GN15 و بادام تلخ) در شرایط تنش شوری نشان دادند که تجمع عناصر غذایی مختلف از جمله سدیم، کلر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم تحت تأثیر نوع پایه قرار گرفتند، که این امر بر میزان رشد و همچنین تحمل درختان به تنش شوری، تأثیرگذار بود.

امروزه استفاده از مواد آنتی‌استرس به صورت محلول‌پاشی به منظور افزایش مقاومت گیاهان به انواع مختلف تنش‌های محیطی در حال افزایش است. در این میان اسید سالیسیلیک ماده‌ای شبه‌هورمونی است که بر رشد و نمو گیاهان اثر می‌گذارد. در واقع اسید سالیسیلیک یا اورتو هیدروکسی بنزوئیک اسید به گروه متنوعی از فنول‌های گیاهی تعلق دارد. این ترکیب در تنظیم رشد و نمو گیاهی، برهم‌کنش با سایر موجودات و در پاسخ به تنش‌های محیطی نقش مهمی ایفاء می‌کند. همچنین این ماده در میوه‌دهی، گلیکولیز، جذب و انتقال یون، عملکرد فتوسنتزی و تعرق مؤثر است. اسید سالیسیلیک در بروز پاسخ‌های گیاهان به تنش‌های مختلف محیطی به‌عنوان یک حدواسط و پیام‌رسان عمل می‌کند. ثابت شده است که اسید سالیسیلیک به‌طور معنی‌داری نشت یونی و تجمع یون‌های سمی مانند کلر و سدیم را در گیاهان کاهش می‌دهد. بر طبق گزارش‌ها، اسید سالیسیلیک تأثیرات بسیاری بر

مورفولوژی و فیزیولوژی گیاه داشته و در تحریک مکانیسم‌های حمایتی افزایش مقاومت در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی نقش دارد. مشخص شده است که کاربرد اسید سالیسیلیک به‌صورت خارجی در گیاهان مختلف تحت تنش شوری می‌تواند آثار تخریبی ناشی از این تنش را کاهش دهد و فرآیندهای رشد را سریعاً به حالت اولیه برگرداند (Rajeshwari and Bhuvaneshwari, 2017). همچنین، گزارش شده است در تنش شوری، کاربرد اسید سالیسیلیک، جذب سدیم در گیاه ذرت را کاهش می‌دهد و یا باعث افزایش جذب فسفر، نیتروژن، پتاسیم، منیزیم و دیگر عناصر در مقایسه با تیمار شاهد می‌شود (Gunes et al., 2007).

اکثر مناطق کشور ما در منطقه خشک و نیمه‌خشک قرار دارند که مشکل اصلی در چنین مناطقی شوری بالای خاک و نیز آب آبیاری است. افزایش شوری در خاک‌های کشور و همچنین افزایش میزان شوری در آب آبیاری متأسفانه باعث شده است تا کشت‌وکار بسیاری از محصولات دچار بحران شدیدی گردد. در این میان، شناسایی ارقام متحمل و مقاوم به چنین تنش‌هایی در کنار ترکیب پایه و پیوندک به‌عنوان یکی از عوامل مهم تأثیرگذار در میزان حساسیت یا تحمل به شوری در درختان میوه کشت‌شده از جمله بادام در نظر گرفته شده است (مؤمن‌پور و همکاران، ۱۳۹۷). از طرف دیگر در سال‌های اخیر استفاده از مواد طبیعی برای محلول‌پاشی در جهت افزایش مقاومت به تنش‌های مختلف از جمله تنش شوری رشد امیدوارکننده‌ای داشته است. لذا تحقیق حاضر به منظور بررسی برهم‌کنش تنش شوری و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر تغییرات میزان عناصر غذایی برگ سه رقم شکوفه، تونو و سهند بر روی پایه‌های GF677 و GN انجام شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی: این پژوهش طی سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در گلخانه تحقیقاتی پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، کرج انجام شد. ایستگاه تحقیقاتی مذکور در ارتفاع ۱۳۲۰ متر از سطح دریا قرار گرفته

بر متر روی گیاهان، در مرتبه دوم (۴ روز پس از آغاز اعمال تیمار شوری)، با تیمار ۶ دسی‌زیمنس بر متر آبیاری شدند. در نهایت، در مرتبه سوم گیاهانی که قرار بود با تیمار ۸ دسی‌زیمنس بر متر تیمار شوند، با این غلظت شوری آبیاری شدند و در نتیجه در مدت یک هفته پس از آغاز اعمال تیمار شوری، به غلظت نهایی رسانده شد.

میزان رطوبت خاک گلدان‌ها در سطح ظرفیت مزرعه (FC)، قبل از انتقال گیاهان به گلدان، به کمک دستگاه صفحه فشار (مدل F1 شرکت تجهیزات رطوبت خاک کشور آمریکا) تعیین شد. آبیاری گلدان‌ها با توجه به تغییرات وزن آن‌ها و لحاظ نیاز آبی، انجام شد و به هر گلدان در هر بار از اعمال تنش شوری، ۱۹۹۰ میلی‌لیتر آب از تیمار مورد نظر، داده شد. در مقایسه با گیاهان شاهد، تعداد دفعات کمتر آبیاری در سطوح ۲، ۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر به دلیل کاهش سرعت رشد گیاهان و کاهش تبخیر و تعرق توسط آن‌ها از یک طرف و وجود نمک بیشتر در خاک این گلدان‌ها بود. این شرایط باعث حفظ رطوبت به مدت بیشتری شده و فاصله زمان بین دو آبیاری در این تیمارها را افزایش می‌داد و در نتیجه تعداد دفعات آبیاری در تیمارهای شوری با غلظت‌ها بالاتر در طول دوره آزمایش نسبت به گیاهان شاهد، کاهش یافتند. در نهایت پس از ۶۰ روز از پایان اعمال تیمارها، نمونه‌ها جمع‌آوری شده و مورد ارزیابی قرار گرفتند.

اندازه‌گیری عناصر معدنی برگ: به منظور اندازه‌گیری عناصر غذایی، پس از اتمام دوره آزمایش، برگ‌ها و ریشه‌ها جدا شدند و پس از شستشوی دقیق، به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از خشک‌شدن برگ‌ها، نمونه‌ها با آسیاب برقی به صورت پودر شدند. پس از تهیه خاکستر از مواد گیاهی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد، عصاره‌گیری با استفاده از ۱۰ میلی‌لیتر کلریدریک اسید ۲ نرمال و آب مقطر و رساندن به حجم ۵۰ میلی‌لیتر انجام شد (Waling et al., 1989). از این عصاره برای اندازه‌گیری عناصر غذایی استفاده شد.

میزان عناصر نیتروژن به صورت تیتراسیون با دستگاه تمام

و میانگین درجه حرارت سالیانه ۱۳/۷ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی منطقه ۲۵۴/۵ میلی‌متر در سال است. در طول آزمایش، دمای هوای گلخانه بین 25 ± 2 درجه سانتی‌گراد، ۱۶ ساعت مدت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی با شدت نور ۵۰۰ تا ۷۰۰ میکرولوکس بر متر مربع در ثانیه تنظیم گردید. این تحقیق، به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار فاکتور شامل پایه‌های GF677 و GN، ارقام مورد بررسی در سه سطح (ارقام شکوفه، سهند و تونو)، شوری آب آبیاری در چهار سطح [صفر (به‌عنوان شاهد)، ۲، ۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر] و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در سه سطح [صفر (به‌عنوان شاهد)، ۱ و ۲ میلی‌مولار] با سه تکرار انجام شد.

به منظور انجام این تحقیق، ابتدا پایه‌های یک‌ساله GF677 و GN که از طریق کشت بافت تولید شده بودند از شرکت ایتا صدرا (استان فارس) خریداری شد و در اواخر اسفندماه در داخل گلدان‌های ۲۵ کیلویی حاوی خاکی با بافت لومی متشکل از ۴۵٪ شن، ۳۲٪ سیلت و ۲۳٪ رس کاشته شدند. خاک مورد استفاده دارای رطوبت اشباع ۳۹٪، هدایت الکتریکی ۱/۲۸ دسی‌زیمنس بر متر، pH ۷/۴، نیتروژن ۰/۱۵٪، کربن آلی ۱/۴۳٪، فسفر قابل جذب ۱۰۲/۹ ppm، سدیم ۹۱/۹۵ ppm، کلسیم ۱۲/۱۷ ppm و منیزیم ۳۱۵/۵ ppm بود.

اعمال تیمارها: به منظور اعمال تیمار اسید سالیسیلیک، نهال‌های پیوندی ۸ هفته پس از پیوند با غلظت‌های صفر (به‌عنوان شاهد)، ۱ و ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک خریداری شده از شرکت سیگما (کشور آلمان)، در دو مرحله و به صورت ۱ هفته در میان محلول‌پاشی شدند. یک هفته پس از اتمام تیمار اسید سالیسیلیک، نهال‌ها مورد اعمال تنش شوری با غلظت‌های صفر (به‌عنوان شاهد)، ۲، ۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر به صورت مداوم و به مدت ۶۰ روز قرار گرفتند (امیری و بانی‌نسب، ۱۳۹۵). به منظور اجتناب از ایجاد شوک ناگهانی و پلاسمولیز، اعمال تنش شوری به صورت تدریجی انجام گردید. بدین منظور، ابتدا گیاهان با تیمار ۲ دسی‌زیمنس بر متر، آبیاری شدند و برای اعمال تیمار شوری با غلظت‌های ۶ و ۸ دسی‌زیمنس

نیترژن برگ در مقایسه با سطح شوری صفر دسی‌زیمنس بر متر (۱/۸۶۹ درصد)، در سطح شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر به ۱/۷۸۴ درصد کاهش یافت، اما در سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر به ۱/۸۸۶ درصد افزایش یافت. همچنین در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر میزان نیترژن برگ به ۱/۷۰۳ درصد کاهش یافت (جدول ۲). بیشترین میزان نیترژن برگ در سطح شوری صفر دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۳)، در تیمار ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم شکوفه پیوندشده روی پایه GF677 و تیمار صفر میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم سهند پیوندشده روی پایه GF677 (۲/۶۳۲ و ۲/۶۰۴ درصد)؛ در سطح شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۴)، در تیمار ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم شکوفه پیوندشده روی پایه GF677 (۲/۲۹۶ درصد)؛ در سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۵)، در تیمار صفر میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم سهند پیوندشده روی پایه GF677 (۳/۰۸۲ درصد) و در نهایت در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۶)، در تیمار صفر میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم تونو پیوندشده روی پایه GF677 (۲/۴۰۲ درصد) مشاهده شد.

فسفر: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که میزان فسفر برگ بادام به‌طور معنی‌دار و در سطح احتمال ۱ درصد تحت تأثیر اثرات ساده، اثرات دوگانه، اثرات سه‌گانه و همچنین اثرات چهارگانه پایه، رقم، تیمار اسید سالیسیلیک و تنش شوری قرار داشت (جدول ۱). مطابق مقایسه میانگین اثرات ساده (جدول ۲) مشخص شد که در مقایسه با سطح شوری صفر دسی‌زیمنس بر متر (۰/۲۳۷۶ درصد)، میزان فسفر برگ در سطح شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر به ۰/۱۸۱۰ درصد کاهش یافت، اما در سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر اندکی افزایش یافت و به ۰/۲۱۵۱ درصد رسید. در نهایت در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر میزان فسفر برگ به ۰/۱۵۹۱ درصد کاهش یافت.

براساس مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه اسید سالیسیلیک در رقم در پایه مشخص شد که بیشترین میزان فسفر برگ در سطح شوری صفر دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۳)، در تیمار ۱

اتوماتیک کج‌دال، فسفر با معرف وانادات مولیبدات با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (model: BT600 Plus, Canada) در طول موج ۴۵۰ نانومتر، میزان عناصر پتاسیم و سدیم (با محلول کلروسزیم ۰/۸۷ گرم در لیتر) در عصاره استخراج‌شده با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر (model: PFP7, UK)، کلسیم با روش تیتراسیون تا ظهور رنگ ارغوانی توسط معرف پاتون ریدر، منیزیم به‌صورت تیتراسیون با معرف اریکروم بلک تی (EBT) تا ظهور رنگ آبی، روی با تیتراسیون توسط معرف EBT و EDTA ۰/۰۱ نرمال تا ظهور رنگ سبز، آهن با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۵۰ نانومتر، منگنز از روش هضم سوزاندن خشک و ترکیب با اسید کلریدریک، مس توسط معرف فنل‌فتالین با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۰ نانومتر و کربن به‌صورت تیترا با معرف دی‌کرومات پتاسیم و نیترات نقره ۰/۰۵ نرمال تا ظهور رنگ قرمز آجری اندازه‌گیری شدند (Waling et al., 1989).

تجزیه و تحلیل داده‌ها: پس از انجام آزمون نرمال‌بودن داده‌ها، داده‌های برداشت‌شده از اندازه‌گیری‌های مختلف با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) تجزیه شدند. همچنین مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطوح متناظر معنی‌داری، صورت گرفت. لازم به ذکر است با توجه به تعداد زیاد میانگین‌ها (۷۲ عدد میانگین برای هر صفت)، برای مقایسه بهتر میانگین‌ها، از روش برش‌دهی براساس سطوح مختلف تنش شوری استفاده شد. در این حالت، در هر یک از سطوح شوری، اثرات سه‌گانه اسید سالیسیلیک در رقم در پایه (یعنی تعداد ۱۸ عدد میانگین) برای هر صفت مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج

نیترژن: براساس جدول تجزیه واریانس داده‌ها مشخص شد که اثرات ساده، اثرات دوگانه، اثرات سه‌گانه و همچنین اثرات چهارگانه پایه، رقم، تیمار اسید سالیسیلیک و تنش شوری بر میزان نیترژن برگ بادام در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین اثرات ساده نشان داد که میزان

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر پایه، رقم، تیمار سالیسیلیک اسید (SA) و تنش شوری بر عناصر غذایی برگ بادام

میانگین مربعات						dF	منابع تغییر
کلسیم	کلر	سدیم	پتاسیم	فسفر	نیتروژن		
۰/۴۲۸**	۳۱/۱۸**	۸/۴۰**	۶۸/۵۹۹**	۰/۲۰۴۹**	۷/۹۰۴**	۱	پایه
۰/۳۱۱**	۹۹/۴۲**	۰/۰۰۱**	۰/۳۲۶**	۰/۰۰۳۹**	۰/۸۹۹**	۲	رقم
۰/۷۱۰**	۵/۱۶**	۰/۰۳۹**	۰/۰۷۷**	۰/۰۰۷۵**	۰/۱۸۳**	۲	SA
۱/۳۶۲**	۶۷/۱۹**	۲/۰۱۲**	۰/۵۰۹**	۰/۰۶۵۹**	۰/۳۸۶**	۳	شوری
۱/۳۴۹**	۱۲۸/۰۱**	۰/۰۱۱**	۰/۰۲۱**	۰/۰۵۵۱**	۱/۷۰۶**	۲	پایه×رقم
۱/۴۶۸**	۱۰/۷۸**	۰/۰۰۲**	۰/۱۹۳**	۰/۰۰۵۴**	۰/۳۵۴**	۲	پایه×SA
۱/۰۴۲**	۳۹/۵۰**	۲/۲۸۱**	۰/۱۵۳**	۰/۰۶۸۸**	۰/۳۱۵**	۳	پایه×شوری
۰/۱۷۳**	۱۷/۸۸**	۰/۰۲۹**	۰/۲۶۰**	۰/۰۴۶۹**	۰/۴۲۲**	۴	رقم×SA
۰/۳۴۱**	۲/۷۲**	۰/۰۱۶**	۰/۰۹۳**	۰/۰۱۰۸**	۰/۲۵۷**	۶	رقم×شوری
۰/۶۵۸**	۲۲/۲۷**	۰/۰۲۸**	۰/۰۷۱**	۰/۰۱۱۱**	۰/۱۶۰**	۶	SA×شوری
۰/۴۹۸**	۱۲/۵۶**	۰/۰۲۶**	۰/۲۰۸**	۰/۰۴۷۳**	۰/۳۱۹**	۴	پایه×رقم×SA
۱/۱۱۷**	۴/۷۰**	۰/۰۱۱**	۰/۱۹۵**	۰/۰۱۱۹**	۰/۱۸۵**	۶	پایه×رقم×شوری
۰/۹۱۲**	۲۱/۷۳**	۰/۰۱۰**	۰/۱۳۲**	۰/۰۱۳۱**	۰/۲۴۱**	۶	پایه×SA×شوری
۰/۶۳۹**	۱۲/۱۵**	۰/۰۱۹**	۰/۰۷۳**	۰/۰۲۵۶**	۰/۱۳۹**	۲۴	پایه×رقم×SA×شوری
۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱۷	۱۴۴	خطای آزمایشی
۶/۴۷	۸/۰۳	۵/۲۵	۹/۱۳	۹/۶۱	۷/۳۲	-	ضریب تغییرات

میانگین مربعات						dF	منابع تغییر
آهن	روی	مس	منگنز	منیزیم			
۰/۰۱۵۰**	۰/۰۵۱۹**	۰/۰۰۰۰۰۰۴**	۰/۰۰۰۰۰۳ ^{ns}	۰/۲۳۰**	۱	پایه	
۰/۰۰۰۲**	۰/۰۰۰۴**	۰/۰۰۰۰۰۷۸**	۰/۰۰۰۰۱۹**	۰/۸۳۹**	۲	رقم	
۰/۰۰۲۶**	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۰۰۹۶**	۰/۰۰۰۱۲۶**	۰/۰۵۶**	۲	SA	
۰/۰۰۱۶**	۰/۰۰۱۲**	۰/۰۰۰۰۰۹۳**	۰/۰۰۰۱۴۳**	۰/۴۵۳**	۳	شوری	
۰/۰۰۰۲**	۰/۰۰۱۹**	۰/۰۰۰۰۰۹۱**	۰/۰۰۰۰۲۵**	۰/۸۷۴**	۲	پایه×رقم	
۰/۰۰۲۶**	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۰۰۸۵**	۰/۰۰۰۰۰۷ ^{ns}	۰/۱۰۱**	۲	پایه×SA	
۰/۰۰۱۴**	۰/۰۰۴۰**	۰/۰۰۰۰۰۲۸**	۰/۰۰۰۳۶۳**	۰/۱۷۰**	۳	پایه×شوری	
۰/۰۰۲۲**	۰/۰۰۰۹**	۰/۰۰۰۰۰۱۷**	۰/۰۰۰۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۱۷**	۴	رقم×SA	
۰/۰۰۰۷**	۰/۰۰۰۸**	۰/۰۰۰۰۰۱۰**	۰/۰۰۰۰۰۹*	۰/۱۰۰**	۶	رقم×شوری	
۰/۰۰۱۲**	۰/۰۰۰۶**	۹/۰۰۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰۲۹**	۰/۰۵۴**	۶	SA×شوری	
۰/۰۰۲۲**	۰/۰۰۰۷**	۰/۰۰۰۰۰۳۰**	۰/۰۰۰۰۰۶ ^{ns}	۰/۰۲۹**	۴	پایه×رقم×SA	
۰/۰۰۰۶**	۰/۰۰۰۲**	۰/۰۰۰۰۰۱۷**	۰/۰۰۰۰۰۳۸**	۰/۰۶۳**	۶	پایه×رقم×شوری	
۰/۰۰۱۶**	۰/۰۰۰۶**	۰/۰۰۰۰۰۵۶**	۰/۰۰۰۰۰۲۳**	۰/۰۳۱**	۶	پایه×SA×شوری	
۰/۰۰۰۸**	۰/۰۰۰۵**	۰/۰۰۰۰۰۱۷**	۰/۰۰۰۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۴۶**	۲۴	پایه×رقم×SA×شوری	
۰/۰۰۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۰۰۴	۱۴۴	خطای آزمایشی	
۶/۱۱	۵/۰۲	۱۵/۳۰	۱۳/۶۰	۱۱/۶۶	-	ضریب تغییرات	

***، ** و ^{ns} بترتیب معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و عدم معنی داری

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات ساده پایه، رقم، تیمار سالیسیلیک اسید (SA) و تنش شوری بر عناصر غذایی برگ بادام

کلیف	سدیم	پتاسیم	فسفر	نیتروژن		
					(درصد)	
۳/۱۶۴ ^a	۰/۰۷۸ ^b	۰/۰۹۸ ^b	۰/۲۲۹ ^a	۲/۰۰ ^a	GF677	پایه
۲/۴۰۴ ^b	۰/۴۷۲ ^a	۱/۷۲۶ ^a	۰/۱۶۷ ^b	۱/۶۲ ^b	GN	
۳/۰۱۴ ^b	۰/۲۷۵ ^b	۱/۱۲۹ ^b	۰/۲۰۷ ^a	۱/۶۸۳ ^c	شکوفه	رقم
۳/۸۲۶ ^a	۰/۲۷۴ ^b	۱/۲۳۹ ^a	۰/۱۹۴ ^b	۱/۸۹۲ ^a	تونو	
۱/۵۱۰ ^c	۰/۲۷۷ ^a	۱/۱۱۷ ^c	۰/۱۹۳ ^b	۱/۸۵۷ ^b	سهند	
۲/۶۰۷ ^c	۰/۳۰۲ ^a	۱/۱۲۶ ^c	۰/۲۰۳ ^b	۱/۸۶۷ ^a	۰	
۲/۶۵۲ ^b	۰/۲۶۶ ^b	۱/۱۸۹ ^a	۰/۲۰۴ ^a	۱/۷۹۴ ^b	۱	SA (میلی مولار)
۳/۰۹۲ ^a	۰/۲۵۸ ^c	۱/۱۷۱ ^b	۰/۱۸۶ ^c	۱/۷۷ ^c	۲	
۱/۴۶۱ ^d	۰/۱۱۸ ^d	۱/۰۵۰ ^d	۰/۲۳۷ ^a	۱/۸۶۹ ^b	۰	شوری (دسی زیمنس بر متر)
۲/۲۶۳ ^c	۰/۱۲۹ ^c	۱/۱۳۲ ^c	۰/۱۸۱ ^c	۱/۷۸۴ ^c	۲	
۳/۶۲۹ ^b	۰/۳۲۹ ^b	۱/۱۸۵ ^b	۰/۲۱۵ ^b	۱/۸۸۶ ^a	۶	
۳/۷۸۲ ^a	۰/۵۲۶ ^a	۱/۲۸۱ ^a	۰/۱۵۹ ^d	۱/۷۰۳ ^d	۸	

* در هر ستون و برای هر تیمار، حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطوح متناظر معنی داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن

ادامه جدول ۲-

کلیف	منیزیم	منگنز	مس	روی	آهن		
						(درصد)	
۰/۰۲۰ ^a	۰/۰۴۵ ^a	۰/۰۰۱۱ ^a	۰/۰۱۰ ^a	۰/۶۳۸ ^a	۱/۶۷۷ ^a	GF677	پایه
۰/۰۰۳ ^b	۰/۰۱۴ ^b	۰/۰۰۱۰ ^b	۰/۰۱۰ ^a	۰/۵۷۲ ^b	۱/۵۸۸ ^b	GN	
۰/۰۱۱ ^b	۰/۰۳۱ ^b	۰/۰۰۰۸ ^c	۰/۰۱۰ ^b	۰/۷۲۶ ^a	۱/۶۱۷ ^b	شکوفه	رقم
۰/۰۱۰ ^c	۰/۰۳۲ ^a	۰/۰۰۰۹ ^b	۰/۰۱۱ ^a	۰/۵۶۸ ^b	۱/۷۰۴ ^a	تونو	
۰/۰۱۴ ^a	۰/۰۲۷ ^c	۰/۰۰۱۴ ^a	۰/۰۱۰ ^b	۰/۵۲۰ ^c	۱/۵۷۸ ^c	سهند	
۰/۰۱۸ ^a	۰/۰۳۱ ^a	۰/۰۰۱۵ ^a	۰/۰۱۲ ^a	۰/۶۳۵ ^a	۱/۵۳۶ ^b	۰	
۰/۰۰۷ ^c	۰/۰۳۰ ^b	۰/۰۰۱۰ ^b	۰/۰۱۰ ^b	۰/۵۷۹ ^c	۱/۷۳۵ ^a	۱	SA (میلی مولار)
۰/۰۱۰ ^b	۰/۰۲۹ ^c	۰/۰۰۰۷ ^c	۰/۰۰۹ ^c	۰/۶۰۲ ^b	۱/۶۲۶ ^b	۲	
۰/۰۱۹ ^a	۰/۰۳۷ ^a	۰/۰۰۱۶ ^a	۰/۰۱۱ ^a	۰/۶۹۱ ^a	۱/۴۲۱ ^d	۰	شوری (دسی زیمنس بر متر)
۰/۰۰۶ ^d	۰/۰۲۶ ^d	۰/۰۰۰۶ ^d	۰/۰۱۲ ^a	۰/۶۳۵ ^b	۱/۸۰۶ ^a	۲	
۰/۰۱۳ ^b	۰/۰۲۷ ^c	۰/۰۰۱۱ ^b	۰/۰۰۸ ^c	۰/۶۱۸ ^c	۱/۶۴۶ ^c	۶	
۰/۰۰۹ ^c	۰/۰۲۹ ^b	۰/۰۰۰۹ ^c	۰/۰۱۰ ^b	۰/۴۷۶ ^d	۱/۶۵۷ ^b	۸	

* در هر ستون و برای هر تیمار، حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطوح متناظر معنی داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن

میلی مولار اسید سالیسیلیک در رقم شکوفه پیوندشده روی پایه (جدول ۲)، در تیمار ۲ میلی مولار اسید سالیسیلیک در رقم GF677 (۰/۵۲۸ درصد)؛ در سطح شوری ۲ دسی زیمنس بر تونو پیوندشده روی پایه GF677 (۰/۴۲۱ درصد)؛ در سطح

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل سه گانه تیمار سالیسیلیک اسید (SA)، رقم و پایه در سطح شوری صفر دسی‌زیمنس بر عناصر غذایی برگ بادام

کلر	سدیم	پتاسیم	فسفر	نیترژن	پایه	رقم	SA (میلی‌مولار)	
۰/۷۰ ^f	۰/۰۷۶ ^l	۰/۱۹۳ ^o	۰/۴۰۱ ^c	۱/۶۸۰ ^f	GF677	شکوفه	۰	
۰/۴۱ ^h	۰/۱۵۹ ^e	۱/۷۱۹ ^c	۰/۱۶۹ ^k	۱/۴۳۳ ^g	GN			
۱/۷۷ ^c	۰/۱۱۶ ^g	۰/۸۰۸ ⁱ	۰/۱۴۲ ^q	۱/۸۴۸ ^d	GF677	تونو		
۱/۷۰ ^c	۰/۲۸۰ ^a	۱/۸۲۴ ^a	۰/۱۴۱ ^q	۱/۸۲۰ ^{de}	GN			
۰/۷۰ ^f	۰/۰۸۱ ^k	۰/۱۵۰ ^p	۰/۳۷۴ ^d	۲/۶۰۴ ^a	GF677	سه‌ند		
۰/۷۰ ^f	۰/۱۷۸ ^c	۱/۱۴۸ ^g	۰/۱۶۳ ^m	۱/۷۰۸ ^{ef}	GN			
۶/۷۳ ^b	۰/۱۴۶ ^f	۰/۲۳۶ ⁿ	۰/۵۲۸ ^a	۲/۶۳۲ ^a	GF677	شکوفه		۱
۰/۴۳ ^h	۰/۱۰۴ ^h	۱/۷۶۰ ^b	۰/۱۶۵ ^l	۱/۳۴۶ ^g	GN			
۰/۸۸ ^e	۰/۰۴۶ ^o	۰/۸۵۰ ^h	۰/۲۴۵ ^f	۱/۹۱۳ ^{cd}	GF677	تونو		
۱/۲۷ ^d	۰/۲۳۲ ^b	۱/۷۵۸ ^b	۰/۱۴۷ ^p	۱/۸۲۰ ^{de}	GN			
۰/۰۷ ^j	۰/۰۴۵ ^o	۰/۷۶۴ ^j	۰/۱۹۲ ^h	۱/۹۸۹ ^c	GF677	سه‌ند		
۰/۵۳ ^g	۰/۱۱۵ ^g	۱/۵۲۰ ^d	۰/۲۳۳ ^g	۱/۶۲۴ ^f	GN			
۱/۲۴ ^d	۰/۰۷۱ ^m	۰/۷۰۷ ^l	۰/۱۸۸ ⁱ	۲/۲۴۲ ^b	GF677	شکوفه	۲	
۰/۳۰ ⁱ	۰/۰۶۲ ⁿ	۱/۵۱۷ ^d	۰/۱۶۰ ⁿ	۱/۳۷۷ ^g	GN			
۷/۰۹ ^a	۰/۰۹۰ ⁱ	۰/۳۳۵ ^m	۰/۴۲۸ ^b	۱/۸۲۰ ^{de}	GF677	تونو		
۱/۲۷ ^d	۰/۱۶۳ ^d	۱/۴۲۰ ^f	۰/۱۴۹ ^o	۲/۲۱۲ ^b	GN			
۰/۰۷ ^j	۰/۰۸۰ ^k	۰/۷۳۵ ^k	۰/۱۸۴ ^j	۱/۹۳۴ ^{cd}	GF677	سه‌ند		
۰/۳۶ ^{hi}	۰/۰۸۶ ^j	۱/۴۵۳ ^e	۰/۲۶۴ ^e	۱/۶۵۲ ^f	GN			

* در هر ستون و برای هر تیمار، حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطوح متناظر معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن

اثرات چهارگانه (پایه × رقم × اسید سالیسیلیک × شوری) در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان پتاسیم برگ بادام معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین اثرات ساده بیانگر آن بود که میزان پتاسیم برگ بادام در مقایسه با سطح شوری صفر دسی‌زیمنس بر متر (۱/۰۵۰۱ درصد)، در سایر سطوح شوری به صورت تدریجی افزایش معنی‌داری را نشان داد به طوری که به ترتیب به ۱/۱۳۲۴، ۱/۱۸۵۰ و ۱/۲۸۱۹ درصد در سطوح شوری ۲، ۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر رسید (جدول ۲).

بیشترین میزان پتاسیم برگ در سطح شوری صفر دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۳)، در تیمار ۰ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم تونو پیوندشده روی پایه GN (۱/۸۲۴

شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۵)، در تیمار ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم شکوفه پیوندشده روی پایه GF677 (۰/۶۲۰ درصد) و در نهایت در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۶)، در تیمار ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم سه‌ند پیوندشده روی پایه GN (۰/۲۵۶ درصد) مشاهده شد.

پتاسیم: مطابق تجزیه واریانس داده‌ها مشخص شد که اثرات ساده (پایه، رقم، اسید سالیسیلیک و شوری)، اثرات دوگانه (پایه × رقم، پایه × اسید سالیسیلیک، پایه × شوری، رقم × اسید سالیسیلیک، رقم × شوری و اسید سالیسیلیک × شوری)، اثرات سه‌گانه (پایه × رقم × اسید سالیسیلیک، پایه × رقم × شوری و پایه × اسید سالیسیلیک × شوری) و همچنین

ادامه جدول ۳-

کلسیم	منیزیم	منگنز	مس	روی	آهن	پایه	رقم	SA (میلی مولار)
(درصد)								
۰/۵۰ ^l	۰/۸۴ ^{cde}	۰/۱۸۱ ^a	۰/۰۰۴۳۲ ^a	۰/۰۸۵۰ ^b	۰/۱۱۰۲ ^a	GF677	شکوفه	
۱/۹۶ ^b	۱/۰۰ ^a	۰/۰۰۵۳ ^k	۰/۰۰۰۴۷ ^{fg}	۰/۰۱۴۸ ^h	۰/۰۰۱۹ ^{ij}	GN		
۱/۹۰ ^c	۰/۹۰ ^b	۰/۰۱۵۹ ^{bc}	۰/۰۰۳۱۸ ^d	۰/۰۴۸۷ ^g	۰/۰۰۱۷ ^j	GF677	تونو	۰
۱/۷۲ ^f	۰/۲۹ ^m	۰/۰۱۱۰ ^f	۰/۰۰۱۲۷ ^e	۰/۰۰۵۲ ^j	۰/۰۰۲۷ ^{ij}	GN		
۰/۴۹ ^l	۰/۷۳ ^g	۰/۰۱۵۶ ^{cd}	۰/۰۰۳۹۳ ^b	۰/۰۸۱۲ ^c	۰/۰۰۹۴۰ ^b	GF677	سهند	
۱/۶۰ ^g	۰/۲۹ ^m	۰/۰۰۶۸ ^j	۰/۰۰۰۳۱ ^g	۰/۰۱۵۰ ^h	۰/۰۰۲۰ ^{ij}	GN		
۰/۳۱ ⁿ	۰/۸۳ ^{de}	۰/۰۱۶۲ ^b	۰/۰۰۳۱۷ ^d	۰/۰۶۷۵ ^e	۰/۰۲۷۹ ^d	GF677	شکوفه	
۱/۳۶ ^j	۰/۷۵ ^f	۰/۰۰۵۷ ^k	۰/۰۰۰۴۸ ^{fg}	۰/۰۰۱۳ ^k	۰/۰۰۴۹ ^{gh}	GN		
۱/۸۵ ^d	۰/۸۴ ^{cde}	۰/۰۱۴۵ ^e	۰/۰۰۰۵۷ ^{fg}	۰/۰۷۳۷ ^d	۰/۰۰۶۸ ^f	GF677	تونو	۱
۱/۵۲ ^{hi}	۰/۳۴ ^k	۰/۰۰۹۸ ^g	۰/۰۰۰۶۳ ^f	۰/۰۱۵۷ ^h	۰/۰۰۳۲ ^{hij}	GN		
۱/۹۰ ^c	۰/۷۲ ^{gh}	۰/۰۱۴۶ ^e	۰/۰۰۰۶۴ ^f	۰/۰۴۸۷ ^g	۰/۰۰۵۹ ^{fg}	GF677	سهند	
۱/۴۸ ⁱ	۰/۹۰ ^b	۰/۰۰۷۳ ^{ij}	۰/۰۰۳۹۷ ^b	۰/۰۰۱۴ ^k	۰/۰۰۰۵۰ ^{fgh}	GN		
۲/۲۰ ^a	۰/۷۰ ^h	۰/۰۱۵۴ ^{cd}	۰/۰۰۰۵۱ ^{fg}	۰/۰۵۳۷ ^f	۰/۰۰۶۶ ^{fg}	GF677	شکوفه	
۱/۲۸ ^k	۰/۸۷ ^c	۰/۰۰۷۵ ⁱ	۰/۰۰۰۴۷ ^{fg}	۰/۰۰۸۳ ⁱ	۰/۰۰۶۷ ^{fg}	GN		
۰/۴۳ ^m	۰/۸۵ ^{cd}	۰/۰۱۵۳ ^d	۰/۰۰۰۵۴ ^{fg}	۰/۱۱۱۲ ^a	۰/۰۴۵۲ ^c	GF677	تونو	۲
۱/۷۲ ^f	۰/۳۱ ^l	۰/۰۱۱۵ ^f	۰/۰۰۱۱۱ ^e	۰/۰۱۴۶ ^h	۰/۰۰۳۷ ^{hi}	GN		
۱/۸۰ ^e	۰/۶۲ ⁱ	۰/۰۱۴۲ ^e	۰/۰۰۰۵۷ ^{fg}	۰/۰۱۷۵ ^h	۰/۰۱۲۷ ^e	GF677	سهند	
۱/۵۶ ^{gh}	۰/۵۸ ^j	۰/۰۰۹۰ ^h	۰/۰۰۳۴۹ ^c	۰/۰۰۸۴ ⁱ	۰/۰۰۶۸ ^f	GN		

* در هر ستون و برای هر تیمار، حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطوح متناظر معنی داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن

سطح احتمال ۱ درصد تحت تأثیر اثرات ساده، اثرات دوگانه، اثرات سه‌گانه و همچنین اثرات چهارگانه پایه، رقم، تیمار اسید سالیسیلیک و تنش شوری قرار داشت (جدول ۱). مقایسه میانگین اثرات ساده نشان داد که در مقایسه با سطح شوری صفر دسی‌زیمنس بر متر (۰/۱۱۸۳ درصد)، میزان سدیم برگ با افزایش سطح شوری به‌طور معنی‌داری افزایش یافت به‌طوری‌که به‌ترتیب در سطوح شوری ۲، ۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر به ۰/۱۲۹۳، ۰/۳۲۹۰ و ۰/۵۲۶۳ درصد رسید (جدول ۲).

براساس مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه اسید سالیسیلیک در رقم در پایه مشخص شد که بیشترین میزان سدیم برگ در سطح شوری صفر دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۳)، در تیمار

درصد؛ در سطح شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۴)، در تیمار ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم شکوفه پیوندشده روی پایه GN (۱/۷۹۴ درصد) و در تیمار صفر میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم شکوفه پیوندشده روی پایه GN (۱/۷۹۰ درصد)؛ در سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۵)، در تیمار صفر میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم تونو پیوندشده روی پایه GN (۲/۰۶۲ درصد) و در نهایت در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۶)، در تیمار ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم تونو پیوندشده روی پایه GN (۲/۱۹۷ درصد) مشاهده شد.

سدیم: براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها مشخص شد که میزان سدیم برگ بادام به‌طور معنی‌دار و در

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل سه گانه تیمار سالیسیلیک اسید (SA)، رقم و پایه در سطح شوری ۲ دسی‌زیمنس بر عناصر غذایی برگ بادام

کلر	سدیم	پتاسیم	فسفر	نیترژن	پایه	رقم	SA (میلی‌مولار)
(درصد)							
۱/۷۷ ^c	۰/۰۹۰ ^l	۰/۶۵۰ ^h	۰/۱۳۵ ⁿ	۱/۷۹۲ ^g	GF677	شکوفه	
۱/۲۸ ^h	۰/۱۶۱ ^f	۱/۷۹۰ ^a	۰/۱۷۲ ^h	۱/۶۶۰ ^k	GN		
۱/۸۰ ^c	۰/۱۱۳ ^j	۰/۵۵۰ ^k	۰/۱۹۷ ^c	۱/۹۶۰ ^c	GF677	تونو	۰
۱/۵۶ ^{de}	۰/۱۷۸ ^d	۱/۵۸۸ ^c	۰/۱۳۳ ^o	۱/۸۴۸ ^f	GN		
۰/۱۸ ^l	۰/۰۹۰ ^l	۰/۵۰۷ ^l	۰/۲۰۰ ^b	۲/۰۴۴ ^b	GF677	سهند	
۱/۲۸ ^h	۰/۱۴۴ ^g	۱/۵۸۸ ^c	۰/۱۷۰ ⁱ	۱/۹۴۱ ^c	GN		
۲/۱۳ ^b	۰/۰۸۱ ⁿ	۰/۵۹۳ ^j	۰/۱۷۵ ^g	۱/۹۶۲ ^c	GF677	شکوفه	
۱/۱۳ ⁱ	۰/۱۲۷ ^h	۱/۷۹۴ ^a	۰/۱۶۴ ^l	۱/۲۳۵ ^m	GN		
۱/۴۲ ^{fg}	۰/۰۹۳ ^k	۰/۷۷۸ ^e	۰/۱۹۱ ^d	۱/۷۰۸ ^l	GF677	تونو	۱
۱/۳۵ ^{gh}	۰/۱۷۳ ^e	۱/۶۸۹ ^b	۰/۱۴۳ ^m	۱/۷۳۶ ⁱ	GN		
۰/۱۱ ^l	۰/۰۶۵ ^o	۰/۶۳۵ ⁱ	۰/۱۷۲ ^h	۱/۸۷۶ ^e	GF677	سهند	
۱/۵۰ ^{ef}	۰/۲۵۵ ^a	۱/۶۹۰ ^b	۰/۱۷۷ ^f	۱/۵۱۲ ^l	GN		
۱۰/۶۳ ^a	۰/۰۸۰ ⁿ	۰/۷۱۰ ^f	۰/۱۸۰ ^e	۲/۲۹۶ ^a	GF677	شکوفه	
۰/۵۵ ^k	۰/۱۱۵ ⁱ	۱/۵۵۴ ^d	۰/۱۶۶ ^k	۱/۴۸۶ ^l	GN		
۱۰/۶۳ ^a	۰/۰۸۴ ^m	۰/۴۰۷ ^m	۰/۴۲۱ ^a	۱/۷۴۴ ^{hi}	GF677	تونو	۲
۱/۶۳ ^d	۰/۲۱۲ ^c	۱/۵۸۹ ^c	۰/۱۶۸ ^j	۱/۹۰۴ ^d	GN		
۰/۸۹ ^j	۰/۰۵۰ ^p	۰/۶۸۱ ^g	۰/۱۸۰ ^e	۱/۶۴۳ ^k	GF677	سهند	
۰/۹۲ ^j	۰/۲۱۷ ^b	۱/۵۸۹ ^c	۰/۱۱۱ ^p	۱/۷۶۴ ^h	GN		

* در هر ستون و برای هر تیمار، حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطوح متناظر معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن

(پایه، رقم، اسید سالیسیلیک و شوری)، اثرات دوگانه (پایه × رقم، پایه × اسید سالیسیلیک، پایه × شوری، رقم × اسید سالیسیلیک، رقم × شوری و اسید سالیسیلیک × شوری)، اثرات سه‌گانه (پایه × رقم × اسید سالیسیلیک، پایه × شوری و پایه × اسید سالیسیلیک × شوری) و همچنین اثرات چهارگانه (پایه × رقم × اسید سالیسیلیک × شوری) در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان کلر برگ بادام معنی‌دار بود (جدول ۱).

مقایسه میانگین اثرات ساده (جدول ۲) مشخص کرد که میزان کلر برگ بادام در مقایسه با سطح شوری صفر دسی‌زیمنس بر متر (۱/۴۶۱ درصد)، در سایر سطوح شوری به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت به‌طوری‌که به‌ترتیب به

صفر میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم تونو پیوندشده روی پایه GN (۲۸۰/۰ درصد)؛ در سطح شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۴)، در تیمار ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم سهند پیوندشده روی پایه GN (۲۵۵/۰ درصد)؛ در سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۵)، در تیمار صفر میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم سهند پیوندشده روی پایه GN (۸۱۲/۰ درصد) و در نهایت در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۶)، در تیمار ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم تونو پیوندشده روی پایه GN (۱/۱۶۱ درصد) مشاهده شد.

کلر: تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن بود که اثرات ساده

ادامه جدول ۴-۴

آهن	روی	مس	منگنز	منیزیم	کلسیم	پایه	رقم	SA (میلی مولار)
(درصد)								
۰/۰۰۳۵ ^h	۰/۰۳۵۰ ^d	۰/۰۰۰۵۴ ^d	۰/۰۱۴۲ ^{ab}	۰/۷۶۶ ^c	۱/۷۰ ^{hi}	GF677	شکوفه	۰
۰/۰۰۳۷ ^{gh}	۰/۰۲۴۷ ^{ef}	۰/۰۰۰۴۷ ^d	۰/۰۱۳۷ ^{ab}	۰/۹۰۳ ^b	۱/۸۴ ^g	GN		
۰/۰۰۵۵ ^f	۰/۰۲۶۲ ^e	۰/۰۰۰۵۱ ^d	۰/۰۱۳۵ ^{ab}	۰/۶۹۵ ^e	۲/۱۰ ^b	GF677	تونو	۰
۰/۰۰۱۸ ^{jk}	۰/۰۰۵۷ ⁱ	۰/۰۰۱۲۷ ^b	۰/۰۱۵۹ ^a	۰/۲۹۳ ^k	۱/۸۸ ^{ef}	GN		
۰/۰۱۰۰ ^d	۰/۰۱۰۰ ^h	۰/۰۰۰۵۷ ^d	۰/۰۱۲۶ ^{ab}	۰/۵۷۶ ^g	۲/۲۰ ^a	GF677	سهند	۰
۰/۰۰۳۸ ^{gh}	۰/۰۲۴۷ ^{ef}	۰/۰۰۰۹۵ ^{bc}	۰/۰۱۵۳ ^{ab}	۰/۵۸۵ ^g	۱/۴۰ ^k	GN		
۰/۰۱۰۶ ^c	۰/۰۴۷۹ ^b	۰/۰۰۰۳۷ ^d	۰/۰۱۲۸ ^{ab}	۰/۷۱۳ ^{de}	۲/۰۵ ^c	GF677	شکوفه	۱
۰/۰۰۲۹ ⁱ	۰/۰۲۲۵ ^f	۰/۰۰۰۴۹ ^d	۰/۰۰۹۲ ^{bc}	۰/۷۳۲ ^d	۱/۵۲ ^j	GN		
۰/۰۰۲۸ ⁱ	۰/۰۱۸۷ ^g	۰/۰۰۰۵۷ ^d	۰/۰۱۲۵ ^{ab}	۰/۷۲۰ ^d	۲/۰۰ ^d	GF677	تونو	۱
۰/۰۰۱۹ ^j	۰/۰۱۲۶ ^h	۰/۰۰۰۶۳ ^{cd}	۰/۰۱۰۶ ^{ab}	۰/۴۶۳ ⁱ	۱/۶۸ ⁱ	GN		
۰/۰۰۷۰ ^e	۰/۰۴۷۵ ^b	۰/۰۰۰۴۷ ^d	۰/۰۱۲۸ ^{ab}	۰/۵۲۲ ^h	۱/۹۰ ^e	GF677	سهند	۱
۰/۰۰۳۰ ⁱ	۰/۰۲۲۶ ^f	۰/۰۰۰۲۲ ^a	۰/۰۱۰۷ ^{ab}	۰/۳۴۱ ^j	۱/۸۸ ^{ef}	GN		
۰/۰۰۷۳ ^e	۰/۰۵۴۱ ^a	۰/۰۰۰۵۲ ^d	۰/۰۱۱۰ ^{ab}	۰/۷۶۶ ^c	۱/۹۷ ^d	GF677	شکوفه	۲
۰/۰۰۱۵ ^{kl}	۰/۰۲۲۸ ^f	۰/۰۰۰۵۰ ^d	۰/۰۱۱۷ ^{ab}	۰/۹۷۶ ^a	۱/۳۶ ^l	GN		
۰/۰۳۵۹ ^a	۰/۰۴۱۲ ^c	۰/۰۰۰۵۹ ^d	۰/۰۱۱۰ ^{ab}	۰/۷۷۱ ^c	۱/۸۵ ^{fg}	GF677	تونو	۲
۰/۰۰۳۹ ^g	۰/۰۰۷۰ ⁱ	۰/۰۰۰۳۲ ^d	۰/۰۱۲۵ ^{ab}	۰/۴۳۹ ⁱ	۲/۰۹ ^b	GN		
۰/۰۱۵۹ ^b	۰/۰۳۵۰ ^d	۰/۰۰۰۵۷ ^d	۰/۰۱۱۰ ^{ab}	۰/۵۲۴ ^h	۱/۷۳ ^h	GF677	سهند	۲
۰/۰۰۱۳ ^l	۰/۰۲۲۹ ^f	۰/۰۰۰۳۲ ^d	۰/۰۰۳۹ ^c	۰/۶۵۸ ^f	۱/۳۶ ^l	GN		

* در هر ستون و برای هر تیمار، حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطوح متناظر معنی داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن

درصد) مشاهده شد.

کلسیم: براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها مشخص شد که اثرات ساده، اثرات دوگانه، اثرات سه‌گانه و همچنین اثرات چهارگانه پایه، رقم، تیمار اسید سالیسیلیک و تنش شوری بر میزان کلسیم برگ بادام در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین اثرات ساده نشان داد که در مقایسه با سطح شوری صفر دسی‌زیمنس بر متر (۱/۴۲۱ درصد)، میزان سدیم برگ در سطح شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر به ۱/۸۰۶ درصد افزایش یافت، سپس در سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر به ۱/۶۴۶ درصد کاهش و در نهایت دوباره در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر به ۱/۶۵۷ درصد افزایش یافت (جدول ۲).

۲/۲۶۳، ۳/۶۲۹ و ۳/۷۸۲ درصد در سطوح شوری ۲، ۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر رسید. بیشترین میزان کلر برگ در سطح شوری صفر دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۳)، در تیمار ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم تونو پیوندشده روی پایه GF677 (۷/۰۹ درصد)؛ در سطح شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۴)، در تیمار ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در ارقام شکوفه و تونو پیوندشده روی پایه GF677 (۱۰/۶۳ درصد)؛ در سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۵)، در تیمار صفر میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم تونو پیوندشده روی پایه GF677 (۱۲/۴۰ درصد) و در نهایت در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۶)، در تیمار صفر میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم تونو پیوندشده روی پایه GN (۵/۸۱)

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل سه گانه تیمار سالیسیلیک اسید (SA)، رقم و پایه در سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر عناصر غذایی برگ بادام

کلر	سدیم	پتاسیم (درصد)	فسفر	نیترژن	پایه	رقم	SA (میلی‌مولار)
۳/۵۴ ^f	۰/۱۴۷ ^l	۰/۶۷۸ ⁿ	۰/۱۴۴ ^k	۲/۰۱۶ ^e	GF677	شکوفه	
۱/۴۸ ^k	۰/۵۵۱ ^f	۱/۸۵۱ ^d	۰/۱۵۵ ^j	۱/۳۱۸ ^o	GN		
۱۲/۴۰ ^a	۰/۱۳۴ ^m	۰/۲۳۶ ^p	۰/۴۴۵ ^b	۱/۷۳۶ ^j	GF677	تونو	۰
۳/۱۹ ^h	۰/۶۲۸ ^c	۲/۰۶۲ ^a	۰/۱۶۰ ⁱ	۱/۶۵۲ ^k	GN		
۱/۰۴ ^m	۰/۱۶۶ ^k	۰/۱۵۰ ^r	۰/۲۹۷ ^c	۳/۰۸۲ ^a	GF677	سهند	
۴/۶۰ ^c	۰/۸۱۲ ^a	۱/۸۲۴ ^e	۰/۲۱۱ ^e	۱/۵۹۶ ^m	GN		
۱۰/۶۳ ^b	۰/۲۰۶ ^j	۰/۱۶۴ ^q	۰/۶۲۰ ^a	۲/۵۲۰ ^b	GF677	شکوفه	
۲/۱۲ ^j	۰/۴۹۹ ^g	۱/۶۶۷ ^h	۰/۱۵۹ ⁱ	۱/۴۲۸ ⁿ	GN		
۳/۵۴ ^f	۰/۰۳۵ ^p	۰/۸۳۵ ^j	۰/۱۵۹ ⁱ	۱/۹۰۶ ^h	GF677	تونو	۱
۴/۰۴ ^e	۰/۵۶۵ ^e	۱/۸۵۹ ^c	۰/۱۱۶ ^l	۱/۸۷۶ ⁱ	GN		
۰/۳۱ ⁿ	۰/۰۳۶ ^p	۰/۷۵۱ ^l	۰/۱۸۰ ^g	۱/۹۶۲ ^{fg}	GF677	سهند	
۳/۳۳ ^g	۰/۵۷۵ ^d	۱/۷۵۸ ^f	۰/۱۸۵ ^f	۱/۶۲۴ ^l	GN		
۴/۴۳ ^d	۰/۰۴۴ ^o	۰/۸۲۱ ^k	۰/۱۸۷ ^f	۲/۲۱۲ ^c	GF677	شکوفه	
۱/۳۴ ^l	۰/۶۵۸ ^b	۱/۶۰۸ ⁱ	۰/۱۷۳ ^h	۱/۳۱۸ ^o	GN		
۲/۶۵ ⁱ	۰/۰۲۹ ^q	۰/۷۳۵ ^m	۰/۲۲۵ ^d	۲/۱۵۶ ^d	GF677	تونو	۲
۴/۰۴ ^e	۰/۴۷۳ ^h	۱/۹۶۰ ^b	۰/۰۹۰ ^m	۱/۹۶۰ ^g	GN		
۰/۳۷ ⁿ	۰/۰۵۸ ⁿ	۰/۶۵۰ ^o	۰/۱۷۶ ^h	۱/۹۸۸ ^f	GF677	سهند	
۲/۱۹ ^g	۰/۳۰۴ ⁱ	۱/۷۲۳ ^g	۰/۱۸۷ ^f	۱/۵۹۶ ^m	GN		

* در هر ستون و برای هر تیمار، حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطوح متناظر معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن

دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۶)، در تیمار ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم تونو پیوندشده روی پایه GF677 (۲/۱۵ درصد) به دست آمد.

منیزیم: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که میزان منیزیم برگ به‌طور معنی‌دار و در سطح احتمال ۱ درصد تحت تأثیر اثرات ساده (پایه، رقم، اسید سالیسیلیک و شوری)، اثرات دوگانه (پایه × رقم، پایه × اسید سالیسیلیک، پایه × شوری، رقم × اسید سالیسیلیک، رقم × شوری و اسید سالیسیلیک × شوری)، اثرات سه‌گانه (پایه × رقم × اسید سالیسیلیک، پایه × رقم × شوری و پایه × اسید سالیسیلیک × شوری) و همچنین اثرات چهارگانه (پایه × رقم × اسید سالیسیلیک × شوری) قرار

براساس مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه مشخص شد که بیشترین میزان کلسیم برگ در سطح شوری صفر دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۳)، در تیمار ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم شکوفه پیوندشده روی پایه GF677 (۲/۲۰ درصد)؛ در سطح شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۴)، در تیمار صفر میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم سهند پیوندشده روی پایه GF677 (۲/۲۰ درصد) و در سطح صفر میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم شکوفه پیوندشده روی پایه GN (۱/۷۹۰ درصد)؛ در سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۵)، در تیمار ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم شکوفه پیوندشده روی پایه GF677 (۳/۲۰ درصد) و در نهایت در سطح شوری ۸

ادامه جدول ۵-

آهن	روی	مس	منگنز	منیزیم	کلسیم	پایه	رقم	SA (میلی مولار)
(درصد)								
۰/۰۱۰۰ ^e	۰/۰۱۰۰ ^{hi}	۰/۰۰۰۶۳ ^e	۰/۰۰۰۹ ^f	۰/۸۲۶ ^b	۱/۹۰ ^d	GF677	شکوفه	
۰/۰۰۳۸ ⁱ	۰/۰۲۴۸ ^e	۰/۰۰۰۴۷ ^e	۰/۰۰۰۹ ^e	۰/۸۲۹ ^b	۱/۴۴ ^j	GN		
۰/۰۳۹۷ ^b	۰/۰۴۴۰ ^c	۰/۰۰۳۴۳ ^a	۰/۰۰۰۹ ^f	۰/۶۶۴ ^{ef}	۰/۴۸ ^m	GF677	تونو	۰
۰/۰۰۲۷ ^j	۰/۰۰۷۹ ⁱ	۰/۰۰۱۶ ^c	۰/۰۰۰۸ ^f	۰/۷۳۲ ^{cd}	۱/۸۴ ^e	GN		
۰/۰۹۸۱ ^a	۰/۰۴۸۷ ^b	۰/۰۰۲۶ ^b	۰/۰۰۰۵ ^h	۰/۶۴۲ ^{fg}	۰/۲۳ ⁿ	GF677	سهند	
۰/۰۰۳۹ ⁱ	۰/۰۲۴۹ ^e	۰/۰۰۱۹ ^c	۰/۰۱۱۴ ^c	۰/۵۳۶ ^{hi}	۱/۶۸ ^g	GN		
۰/۰۳۰۰ ^c	۰/۰۵۳۷ ^a	۰/۰۰۲۸ ^b	۰/۰۰۰۷ ^g	۰/۷۸۱ ^{bc}	۳/۲۰ ^a	GF677	شکوفه	
۰/۰۰۴۲ ^h	۰/۰۱۶۵ ^g	۰/۰۰۰۵ ^e	۰/۰۱۲۵ ^b	۰/۷۰۷ ^{de}	۱/۳۳ ^k	GN		
۰/۰۰۴۱ ^{hi}	۰/۰۵۰۰ ^b	۰/۰۰۰۶ ^e	۰/۰۰۰۸ ^f	۰/۶۵۴ ^{ef}	۲/۱۰ ^b	GF677	تونو	۱
۰/۰۰۲۵ ^{jk}	۰/۰۱۱۳ ^h	۰/۰۰۰۶ ^e	۰/۰۰۰۹ ^e	۰/۳۴۱ ^k	۱/۷۶ ^f	GN		
۰/۰۱۱۳ ^d	۰/۰۲۰۰ ^f	۰/۰۰۰۴ ^e	۰/۰۰۰۵ ^h	۰/۶۲۹ ^{fg}	۲/۱۰ ^b	GF677	سهند	
۰/۰۰۴۴ ^h	۰/۰۱۶۶ ^g	۰/۰۰۱۱ ^d	۰/۰۱۴۰ ^a	۰/۳۴۱ ^k	۱/۵۲ ⁱ	GN		
۰/۰۰۶۶ ^f	۰/۰۳۵۰ ^d	۰/۰۰۰۷ ^e	۰/۰۰۰۷ ^g	۰/۵۱۷ ⁱ	۲/۰۰ ^c	GF677	شکوفه	
۰/۰۰۵۱ ^g	۰/۰۲۲۰ ^{ef}	۰/۰۰۰۵ ^e	۰/۰۰۰۹ ^f	۰/۹۵۱ ^a	۱/۲۴ ^l	GN		
۰/۰۰۲۲ ^k	۰/۰۵۵۰ ^a	۰/۰۰۰۵ ^e	۰/۰۰۰۶ ^g	۰/۶۲۹ ^{fg}	۱/۶۰ ^h	GF677	تونو	۲
۰/۰۰۱۳ ^l	۰/۰۰۸۱ ⁱ	۰/۰۰۰۴ ^e	۰/۰۰۰۵ ^h	۰/۴۳۹ ^j	۱/۷۲ ^{fg}	GN		
۰/۰۰۶۵ ^f	۰/۰۳۶۲ ^d	۰/۰۰۰۵ ^e	۰/۰۰۰۳ ⁱ	۰/۵۸۵ ^{gh}	۱/۷۵ ^f	GF677	سهند	
۰/۰۰۵۳ ^g	۰/۰۲۲۲ ^{ef}	۰/۰۰۱۷ ^c	۰/۰۱۰۶ ^d	۰/۳۱۷ ^k	۱/۷۶ ^f	GN		

* در هر ستون و برای هر تیمار، حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطوح متناظر معنی داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن

شکوفه پیوندشده روی پایه GN (۰/۹۷۶ درصد)؛ در سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۵)، در تیمار ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم شکوفه پیوندشده روی پایه GN (۰/۹۵۱ درصد) و در نهایت در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۶)، در تیمار ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم شکوفه پیوندشده روی پایه GN (۰/۸۰۵ درصد) مشاهده شد.

منگنز: مطابق تجزیه واریانس داده‌ها مشخص شد که اثرات ساده رقم، اسید سالیسیلیک و شوری، اثرات دوگانه پایه × رقم، پایه × شوری، رقم × شوری و اسید سالیسیلیک × شوری، اثرات سه‌گانه پایه × رقم × شوری و پایه × اسید سالیسیلیک × شوری بر میزان منگنز برگ بادام معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین اثرات ساده (جدول ۲) نشان داد که بین سطوح

داشت (جدول ۱). مطابق مقایسه میانگین اثرات ساده مشخص شد که میزان منیزیم برگ بادام در مقایسه با سطح شوری صفر دسی‌زیمنس بر متر (۰/۶۹۱ درصد)، در سایر سطوح شوری به‌طور معنی‌داری کاهش یافت به‌طوری‌که در سطوح شوری ۲، ۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب به ۰/۶۳۵، ۰/۶۱۸ و ۰/۴۷۶ درصد رسید (جدول ۲).

مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه اسید سالیسیلیک در رقم در پایه حاکی از آن بود که بیشترین میزان منیزیم برگ در سطح شوری صفر دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۳)، در تیمار صفر میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم شکوفه پیوندشده روی پایه GN (۱/۰۰ درصد)؛ در سطح شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۴)، در تیمار ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل سه گانه تیمار سالیسیلیک اسید (SA)، رقم و پایه در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر عناصر غذایی برگ بادام

کلر	سدیم	پتاسیم	فسفر	نیترژن	پایه	رقم	SA (میلی‌مولار)
(درصد)							
۴/۵۳ ^f	۰/۰۵۱ ⁿ	۰/۸۳۶ ⁱ	۰/۱۵۷ ^f	۲/۰۳۰ ^d	GF677	شکوفه	
۲/۶۹ ^l	۰/۹۴۰ ^f	۱/۶۰۹ ^h	۰/۱۵۱ ^h	۱/۱۴۲ ^p	GN		
۳/۶۱ ^j	۰/۰۶۶ ^k	۰/۸۴۱ ⁱ	۰/۲۴۷ ^b	۲/۴۰۲ ^a	GF677	تونو	۰
۵/۸۱ ^a	۰/۸۷۵ ^h	۲/۰۵۹ ^c	۰/۱۳۳ ^m	۱/۷۹۲ ^f	GN		
۰/۴۴ ^m	۰/۰۶۸ ^j	۰/۴۳۶ ⁿ	۰/۱۴۹ ⁱ	۲/۳۱۰ ^b	GF677	سهند	
۵/۳۳ ^c	۱/۱۵۶ ^b	۱/۹۲۵ ^d	۰/۲۲۹ ^c	۱/۴۰۰ ^l	GN		
۳/۷۲ ⁱ	۰/۰۴۷ ^o	۰/۷۳۵ ^j	۰/۱۴۶ ^{jk}	۱/۴۵۶ ^k	GF677	شکوفه	
۲/۹۱ ^k	۱/۰۳۸ ^d	۱/۶۰۴ ^h	۰/۱۵۴ ^g	۱/۳۴۶ ^m	GN		
۴/۴۳ ^g	۰/۰۴۱ ^q	۰/۸۲۱ ⁱ	۰/۱۳۳ ^m	۱/۹۸۹ ^e	GF677	تونو	۱
۵/۵۳ ^b	۰/۷۷۴ ⁱ	۱/۸۵۶ ^e	۰/۱۴۷ ^j	۲/۰۷۲ ^c	GN		
۰/۴۰ ^{mn}	۰/۰۵۵ ^m	۰/۶۵۱ ^l	۰/۱۲۵ ⁿ	۱/۹۹۳ ^e	GF677	سهند	
۵/۱۱ ^d	۱/۰۳۵ ^e	۱/۷۹۰ ^f	۰/۲۵۶ ^a	۱/۵۴۰ ⁱ	GN		
۳/۹۷ ^h	۰/۰۶۳ ^l	۰/۶۵۱ ^l	۰/۱۴۳ ^l	۱/۱۸۴ ^o	GF677	شکوفه	۲
۳/۶۱ ^j	۱/۰۸۴ ^c	۱/۶۵۹ ^g	۰/۱۶۳ ^e	۱/۲۷۹ ⁿ	GN		
۴/۶۴ ^e	۰/۰۳۸ ^r	۰/۶۹۳ ^k	۰/۰۸۳ ^p	۱/۷۵۸ ^g	GF677	تونو	
۵/۵۳ ^b	۱/۱۶۱ ^a	۲/۱۹۷ ^a	۰/۱۹۴ ^d	۱/۷۶۴ ^g	GN		
۰/۳۴ ⁿ	۰/۰۴۵ ^p	۰/۵۷۸ ^m	۰/۰۹۲ ^o	۱/۶۸۲ ^h	GF677	سهند	
۵/۴۶ ^b	۰/۹۳۴ ^g	۲/۱۲۸ ^b	۰/۱۵۷ ^f	۱/۵۱۲ ^j	GN		

* در هر ستون و برای هر تیمار، حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطوح متناظر معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن.

میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم سهند پیوندشده روی پایه GN (۰/۰۱۴۰ درصد) و در نهایت در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۶)، در تیمار صفر میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم سهند پیوندشده روی پایه GN (۰/۰۱۸۱ درصد) به دست آمد. همچنین در سطح شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۴)، کمترین میزان منگنز برگ در تیمار ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم سهند پیوندشده روی پایه GN (۰/۰۰۳۹ درصد) مشاهده شد و سایر تیمارها از لحاظ آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند.

مس: براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها مشخص شد که اثرات ساده، اثرات دوگانه، اثرات سه‌گانه و

شوری صفر و ۲ دسی‌زیمنس بر متر از لحاظ میزان منگنز برگ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (به ترتیب ۰/۰۱۱۹ و ۰/۰۱۲۰ درصد). همچنین میزان منگنز برگ در سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر به ۰/۰۰۸۴ درصد کاهش یافت و در نهایت در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر به ۰/۰۱۰۹ درصد افزایش یافت.

مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه بیانگر آن بود که بیشترین میزان منگنز برگ در سطح شوری صفر دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۳)، در تیمار صفر میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم شکوفه پیوندشده روی پایه GF677 (۰/۰۱۸۱ درصد)؛ در سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۵)، در تیمار ۱

ادامه جدول ۶-

آهن	روی	مس	منگنز	منیزیم	کلسیم	پایه	رقم	SA (میلی مولار)
(درصد)								
۰/۰۰۸۴ ^d	۰/۰۴۸۷ ^c	۰/۰۰۰۸۴ ^e	۰/۰۱۰۱ ^g	۰/۳۱۲ ^{jk}	۱/۹۸ ^c	GF677	شکوفه	۰
۰/۰۰۶۸ ^{ef}	۰/۰۱۲۵ ^h	۰/۰۰۰۴۶ ^h	۰/۰۱۶۵ ^b	۰/۵۹۶ ^c	۱/۲۸ ⁱ	GN		
۰/۰۰۵۸ ^{ghi}	۰/۰۶۷۵ ^a	۰/۰۰۰۶۵ ^f	۰/۰۱۱۰ ^f	۰/۶۵۴ ^b	۱/۸۰ ^{de}	GF677	تونو	۰
۰/۰۰۶۱ ^{fgh}	۰/۰۱۰۲ ^h	۰/۰۰۱۵۹ ^c	۰/۰۱۵۶ ^c	۰/۵۱۲ ^e	۱/۴۰ ^h	GN		
۰/۰۲۱۳ ^b	۰/۰۶۶۲ ^a	۰/۰۰۲۰۳ ^b	۰/۰۰۷۶ ^j	۰/۴۶۱ ^f	۱/۸۴ ^d	GF677	سهند	۰
۰/۰۰۷۱ ^e	۰/۰۱۴۶ ^h	۰/۰۰۲۰۶ ^b	۰/۰۱۸۱ ^a	۰/۵۹۶ ^c	۱/۷۲ ^f	GN		
۰/۰۰۲۶ ^{lm}	۰/۰۲۶۲ ^f	۰/۰۰۰۴۴ ^h	۰/۰۰۰۹ ⁱ	۰/۳۴۶ ^h	۲/۰۵ ^b	GF677	شکوفه	۰
۰/۰۰۵۳ ⁱ	۰/۰۱۴۸ ^h	۰/۰۰۳۳ ^h	۰/۰۱۱۰ ^f	۰/۵۶۱ ^d	۱/۲۴ ⁱ	GN		
۰/۰۰۳۹ ^j	۰/۰۵۸۷ ^b	۰/۰۰۰۴۷ ^{gh}	۰/۰۱۲۱ ^e	۰/۵۹۸ ^c	۲/۱۵ ^a	GF677	تونو	۱
۰/۰۰۶۳ ^{efg}	۰/۰۲۰۴ ^g	۰/۰۰۱۷۴ ^c	۰/۰۱۳۶ ^d	۰/۳۱۷ ^{ij}	۱/۶۴ ^g	GN		
۰/۰۱۲۳ ^c	۰/۰۳۸۷ ^d	۰/۰۰۱۲۸ ^d	۰/۰۰۰۹ ⁱ	۰/۳۸۱ ^g	۱/۲۷ ⁱ	GF677	سهند	۱
۰/۰۰۵۴ ^{hi}	۰/۰۱۴۹ ^h	۰/۰۰۰۹۵ ^e	۰/۰۱۲۶ ^e	۰/۳۴۱ ^{hi}	۱/۸۴ ^d	GN		
۰/۰۰۱۶ ⁿ	۰/۰۳۰۰ ^e	۰/۰۰۰۴۳ ^h	۰/۰۰۵۵ ^k	۰/۳۳۷ ^{hi}	۱/۹۶ ^c	GF677	شکوفه	۰
۰/۰۰۱۸ ⁿ	۰/۰۱۳۷ ^h	۰/۰۰۰۳۴ ^h	۰/۰۰۰۹۳ ^{hi}	۰/۸۰۵ ^a	۱/۱۶ ^j	GN		
۰/۰۰۶۲۹ ^a	۰/۰۰۴۷۹ ^c	۰/۰۰۰۴۳ ^h	۰/۰۰۰۹۶ ^{gh}	۰/۵۱۵ ^e	۲/۰۴ ^b	GF677	تونو	۲
۰/۰۰۳۵ ^{jk}	۰/۰۱۲۶ ^h	۰/۰۰۰۳۳ ^h	۰/۰۰۰۸۹ ⁱ	۰/۶۵۸ ^b	۱/۶۴ ^g	GN		
۰/۰۰۳۱ ^{kl}	۰/۰۱۳۷ ^h	۰/۰۰۰۶۴ ^{fg}	۰/۰۰۰۵۹ ^k	۰/۳۰۵ ^{jk}	۱/۰۵ ^k	GF677	سهند	۲
۰/۰۰۲۰ ^{mn}	۰/۰۱۳۸ ^h	۰/۰۰۰۲۳۲ ^a	۰/۰۱۰۹ ^f	۰/۲۹۳ ^k	۱/۷۶ ^{ef}	GN		

* در هر ستون و برای هر تیمار، حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطوح متناظر معنی داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن.

شکوفه پیوندشده روی پایه GF677 (۰/۰۰۴۳۲ درصد)؛ در سطح شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۴)، در تیمار ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم سهند پیوندشده روی پایه GN (۰/۰۰۲۲۲ درصد)؛ در سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۵)، در تیمار صفر میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم تونو پیوندشده روی پایه GF677 (۰/۰۰۳۴۳ درصد) و در نهایت در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۶)، در تیمار ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم سهند پیوندشده روی پایه GN (۰/۰۰۲۳۲ درصد) به دست آمد.

روی: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که میزان روی برگ به‌طور معنی‌دار و در سطح احتمال ۱ درصد تحت تأثیر اثرات ساده (پایه، رقم، اسید سالیسیلیک و شوری)، اثرات دوگانه

همچنین اثرات چهارگانه پایه، رقم، تیمار اسید سالیسیلیک و تنش شوری بر میزان مس برگ بادام در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین اثرات ساده (جدول ۲) نشان داد که در مقایسه با سطح شوری صفر دسی‌زیمنس بر متر (۰/۰۱۶۴ درصد)، میزان مس برگ در سطح شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر به ۰/۰۰۰۶۶ درصد کاهش یافت، سپس در سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر به ۰/۰۰۱۱۹ درصد افزایش و در نهایت دوباره در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر به ۰/۰۰۰۹۶ درصد کاهش یافت.

مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه بیانگر آن بود که بیشترین میزان مس برگ در سطح شوری صفر دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۳)، در تیمار صفر میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم

سپس در سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر به ۰/۰۱۳۴ درصد افزایش و در نهایت دوباره در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر به ۰/۰۰۹۲ درصد کاهش یافت.

مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه بیانگر آن بود که بیشترین میزان آهن برگ در سطح شوری صفر دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۳)، در تیمار صفر میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم شکوفه پیوندشده روی پایه GF677 (۰/۱۱۰۲ درصد)؛ در سطح شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۴)، در تیمار ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم تونو پیوندشده روی پایه GF677 (۰/۰۳۵۹ درصد)؛ در سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۵)، در تیمار صفر میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم سهند پیوندشده روی پایه GF677 (۰/۰۹۸۱ درصد) و در نهایت در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۶)، در تیمار ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم تونو پیوندشده روی پایه GF677 (۰/۰۶۲۹ درصد) به‌دست آمد.

بحث

اثر تنش شوری بر تغییرات عناصر غذایی: Shibli و همکاران (۲۰۰۳) در تحقیقی اثر تیمار شوری کلرید سدیم بر میزان جذب عناصر غذایی در بادام تلخ در محیط‌کشت درون شیشه‌ای بررسی و گزارش کردند که با افزایش شوری، غلظت نیتروژن کاهش می‌یابد که مقدار کاهش این عنصر در ارقام مختلف با یکدیگر متفاوت است. گزارش شده است، کاهش میزان تجمع نیتروژن در برگ گیاهان تحت شرایط تنش شوری می‌تواند ناشی از اثر آنتاگونیسی یون کلر در جذب نترات، کاهش متابولیسم نیتروژن در اثر کاهش فعالیت آنزیم نترات ردوکتاز برگ و کاهش مصرف آب به‌دلیل کاهش جذب آب توسط گیاه باشد (Grattan and Grieve, 1999).

محققین گزارش نمودند که با افزایش غلظت شوری، غلظت فسفر در پایه‌های بادام تلخ، تونو و GF677 کاهش یافت (اورعی و همکاران، ۱۳۸۸). به‌طورکلی نتایج حاصل از بررسی غلظت فسفر در برگ‌های ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده نشان داد که ژنوتیپ‌های پیوندی در افزایش قدرت پایه در جذب

(پایه × رقم، پایه × اسید سالیسیلیک، پایه × شوری، رقم × اسید سالیسیلیک، رقم × شوری و اسید سالیسیلیک × شوری)، اثرات سه‌گانه (پایه × رقم × اسید سالیسیلیک، پایه × رقم × شوری و پایه × اسید سالیسیلیک × شوری) و همچنین اثرات چهارگانه (پایه × رقم × اسید سالیسیلیک × شوری) قرار داشت (جدول ۱). براساس مقایسه میانگین اثرات ساده مشخص شد که میزان روی برگ بادام در مقایسه با سطح شوری صفر دسی‌زیمنس بر متر (۰/۰۳۷۳ درصد)، در سطح شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری به ۰/۰۲۶۷ درصد کاهش یافت، اما در سطوح شوری ۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب به ۰/۰۲۷۹ و ۰/۰۲۹۲ درصد افزایش یافت (جدول ۲).

مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه اسید سالیسیلیک در رقم در پایه حاکی از آن بود که بیشترین میزان روی برگ در سطح شوری صفر دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۳)، در تیمار ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم تونو پیوندشده روی پایه GF677 (۰/۱۱۱۲ درصد)؛ در سطح شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۴)، در تیمار ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم شکوفه پیوندشده روی پایه GF677 (۰/۹۷۶ درصد)؛ در سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۵)، در تیمار ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم تونو پیوندشده روی پایه GF677 (۰/۰۵۵۰ درصد) و در تیمار ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم شکوفه پیوندشده روی پایه GF677 (۰/۰۵۳۷ درصد) و در نهایت در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۶)، در تیمار ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم شکوفه پیوندشده روی پایه GN (۰/۸۰۵ درصد) مشاهده شد.

آهن: تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن بود که میزان آهن برگ بادام به‌طور معنی‌دار و در سطح احتمال ۱ درصد تحت تأثیر اثرات ساده، اثرات دوگانه، اثرات سه‌گانه و همچنین اثرات چهارگانه پایه، رقم، تیمار اسید سالیسیلیک و تنش شوری قرار داشت (جدول ۱). مقایسه میانگین اثرات ساده (جدول ۲) نشان داد که میزان آهن برگ در مقایسه با سطح شوری صفر دسی‌زیمنس بر متر (۰/۰۱۹۴ درصد)، در سطح شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر به ۰/۰۰۶۸ درصد کاهش یافت،

سلولی می‌گردد (Hasegawa *et al.*, 2000; Mahajan and Tuteja, 2005).

در تحقیقات قبلی، اثر تیمارهای شوری بر دانه‌های ۴ رقم بادام (آذر، سهند، تونو و نان‌پاریل) بررسی و گزارش شده است که با افزایش سطح شوری، مقدار سدیم، کلر و نسبت سدیم به پتاسیم در ساقه هر چهار رقم به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرده بود به‌طوری‌که کمترین میزان این نسبت مربوط به رقم سهند بود که نشان‌دهنده انتقال کمتر سدیم و کلر از ریشه به ساقه و انتقال مقدار زیاد پتاسیم به بخش هوایی این رقم می‌باشد (گریگوریان و همکاران، ۱۳۸۴).

بررسی اثر تیمار شوری کلرید سدیم بر میزان جذب عناصر غذایی در بادام تلخ نیز نشان داد که با افزایش سطوح شوری، غلظت کلسیم کاهش یافت (Shibli *et al.*, 2003). رضایی و همکاران (۱۳۸۵) با بررسی اثر تنش شوری بر وضعیت عناصر غذایی پنج رقم زیتون گزارش کردند که غلظت کلسیم، در اثر شوری کاهش می‌یابد. کلسیم در گیاهان نقش‌های بسیاری از مقادیر اندک در تنظیم برخی متابولیسم‌های سلولی گرفته تا مقادیر زیاد در ساختار دیواره سلولی دارد. این در حالی است که در شرایط تنش‌های محیطی بخصوص تنش شوری علاوه بر بروز تداخل کلسیم با برخی عناصر دیگر (مانند سدیم)، کارکرد این عنصر در فعالیت‌های حیاتی گیاه نقش ویژه‌ای در میزان تحمل به تنش پیدا می‌کند. توانایی کلسیم در تشکیل پیوندهای بین مولکولی سبب می‌شود که در پایداری و حفظ غشاءها و دیواره سلول مهم باشد و از این طریق از ورود سدیم به داخل سلول جلوگیری می‌کند. از این سو، در ریشه‌هایی که تحت شرایط تنش شوری مقدار کلسیم آن‌ها کمتر کاهش یافته باشد، نفوذپذیری غشاء نیز به مقدار کمتری افزایش یافته و سدیم کمتری به داخل سلول وارد می‌شود (Staples and Toenniessen, 1984).

Shibli و همکاران (۲۰۰۳) در بررسی اثر تیمار شوری کلرید سدیم بر میزان جذب عناصر غذایی بر روی بادام تلخ بررسی و گزارش شده است که با افزایش شوری، غلظت منیزیم کاهش می‌یابد که مقدار کاهش این عنصر در ارقام

فسفر و انتقال آن به قسمت هوایی گیاه نقش بسزایی دارند. گزارش شده است که میزان فسفر تحت 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 (حیدری شریف آباد، Mahajan and Tuteja, 2005؛ ۱۳۸۰).

غلظت بالاتر پتاسیم می‌تواند سبب بهبود تنظیم اسمزی با مصرف انرژی کمتری نسبت به تجمع محلول‌های سازگار شود (Storey and Walker, 1999). در واقع می‌توان گفت یکی از مکانیسم‌های پیوندک در مقابله با تنش شوری انتخاب یون پتاسیم در شرایط تنش و افزایش جذب این عنصر در مقایسه با سدیم است. از آنجایی که دو یون سدیم و پتاسیم در هنگام جذب توسط ریشه‌ها با یکدیگر در رقابت می‌باشند، 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 بیشتر بودن غلظت یون سدیم در محلول خاک، کمبود پتاسیم در گیاهان قطعی است. میزان جذب پتاسیم نسبت به سدیم در شرایط تنش بسته به نوع گونه گیاهی و میزان مقاومت آن به شوری متفاوت است (حیدری شریف آباد، ۱۳۸۰).

یون سدیم با یون پتاسیم برای ورود به سلول رقابت می‌کند، چرا که انتقال آن‌ها توسط پروتئین‌های مشابهی صورت می‌گیرد. مسیرهای ورودی پتاسیم و سدیم به ۲ گروه تقسیم می‌شوند، گروه اول آن‌هایی هستند که قابلیت انتخابی بالایی برای پتاسیم نسبت به سدیم دارند و گروه دوم، انتخاب پتاسیم به سدیم در آن‌ها کمتر است. بسیاری از سیستم‌های انتقال پتاسیم، توانایی انتقال سدیم را هم دارند (Hasegawa *et al.*, 2000). ورود سدیم سبب برهم خوردن پتانسیل غشاء شده و ورود کلر به‌صورت غیرفعال را از طریق یک کانال آنیونی تسهیل می‌کند (Mahajan and Tuteja, 2005). یون سدیم برای متابولیسم سلولی سمی است و بر فعالیت بعضی آنزیم‌ها اثر می‌گذارد. غلظت بالای این یون سبب برهم خوردن تعادل اسمزی و ساختار غشاء، کاهش رشد و ممانعت از تقسیم

توسعه گیاهان بوده و در فتوسنتز، تنفس میتوکندری، پاسخ به تنش‌های اکسیداتیو و متابولیسم دیواره سلول شرکت می‌کند (Yruela, 2005). در شرایط تنش، عدم توازن بین فرآیند جذب انرژی و مصرف آن توسط اندام فتوسنتزی باعث تولید انواع اکسیژن فعال می‌شود (Mittler, 2002). مهم‌ترین سیستم‌های جمع‌آوری‌کننده ROS در گیاهان، آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز هستند. مس به‌عنوان کوفاکتور در برخی آنزیم‌ها مانند سوپراکسید دیسموتاز عمل می‌کند (Yruela, 2005).

در تحقیق دیگری نیز، اثر تیمار شوری کلرید سدیم بر میزان جذب عناصر غذایی در بادام تلخ در محیط‌کشت درون شیشه‌ای 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 توسعه کلروپلاست، دریافت انرژی نورانی و انتقال الکترون از آب به $NADP^+$ دارد. این عنصر، همچنین در انتقال الکترون به فتوسیستم یک تأثیر فراوانی دارد و یک کوفاکتور مهم برای تعدادی از آنزیم‌هایی است که در مسیر بیوستز کلروفیل نقش دارند (Grattan, 2002).

هم‌راستا با نتایج بررسی حاضر مؤمن‌پور و همکاران (۱۳۹۴ الف) با بررسی غلظت عناصر غذایی در برگ و ریشه تحت تنش شوری نشان دادند که در همه ژنوتیپ‌ها بیشترین میزان کل و سدیم، نسبت سدیم به پتاسیم، سدیم به کلر، سدیم به منیزیم، سدیم به فسفر و کمترین میزان کلسیم، منیزیم، فسفر، روی و مس برگ در تیمار ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر کلرید سدیم مشاهده شد. آن‌ها همچنین نشان دادند که نوع پیوندک در ممانعت از جذب سدیم و کلر ریشه و انتقال آن به قسمت‌های هوایی مؤثر بود. در مطالعه آن‌ها رقم شاهرود ۱۲ به‌عنوان رقم مقاوم به شوری در بین ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی انتخاب شد. این محققین در بررسی دیگری در مورد تأثیر شوری آب آبیاری شامل صفر، ۱/۲، ۲/۴، ۳/۶ و ۴/۸ گرم در لیتر نمک بر ژنوتیپ‌های بادام مامایی، نان پاریل، A200 و

مختلف با یکدیگر متفاوت می‌باشد. گزارش شده است که از مهم‌ترین نقش‌های منیزیم، شرکت آن در ساختار کلروفیل‌ها و کوفاکتور در فعال ساختن همه آنزیم‌های فسفریلاسیون است (حیدری شریف آباد، ۱۳۸۰).

Saied و همکاران (۲۰۰۵) با بررسی اثر تنش شوری کلرید سدیم بر رشد رویشی و تولید میوه دو رقم توت‌فرنگی السانتا و کرونا گزارش کردند که غلظت یون کلر در هر دو رقم با افزایش شدت تنش شوری، به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و بیشترین غلظت این یون مربوط به رقم السانتا بود. یون کلر در رقم کرونا بیشتر در ریشه‌ها و طوقه ذخیره شد ولی در رقم السانتا بیشترین غلظت کلر در دمبرگ‌ها وجود داشت و به‌طور کلی رقم کرونا قادر بود ۳۳٪ 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 بر خلاف یون سدیم سریعاً به برگ‌های گیاه انتقال می‌یابد و در واقع تحمل بیشتر رقم کرونا به شوری به‌علت جلوگیری از انتقال این یون به برگ‌های گیاه است (Saied *et al.*, 2005). تحمل به شوری به میزان جذب و انتقال یون‌های کلر از ریشه به شاخه بستگی دارد. گیاهانی که قابلیت بیشتری برای دفع‌کنندگی یون‌های سدیم و کلر دارند، این عناصر را بیشتر در بافت ریشه خود ذخیره می‌کنند (Staples and Toenniessen, 1984).

گزارش شده است، 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 دارای سلول‌های پارانشیمی بیشتری هستند. بر این اساس، گیاهانی که قابلیت جذب بیشتر این عنصر را در رقابت با سدیم، در شرایط تنش شوری دارند، دچار تغییرات ساختمانی کمتری شده و خصوصیات رشدی خود را بهتر حفظ می‌کنند. عنصر روی برای انسجام غشاء سلولی ریشه ضروری بوده و احتمالاً می‌تواند اثر منفی کلرید سدیم را با محدود نمودن جذب و یا انتقال سدیم و کلرید به داخل گیاه، کاهش دهد (Alpaslan *et al.*, 1999).

مس از جمله عناصر ضروری و کم مصرف برای رشد و

باعث کاهش مقدار پتاسیم و مس و افزایش مقدار سدیم، فسفر، منیزیم، آهن، روی، منگنز و بور شد و بر مقادیر نیتروژن و کلسیم تأثیری نداشت. اما پیش تیمار اسید سالیسیلیک باعث تغییر در جذب و انتقال مواد معدنی به برگ از جمله کاهش مقدار سدیم شد.

Al-Hakimi و Hamada (۲۰۱۰) نیز اثر مثبت اسید سالیسیلیک بر جذب یون‌های کلسیم و پتاسیم و اثر ممانعتی بر جذب سدیم و کلر در گیاه گندم تحت تنش شوری مشاهده کردند. تغییر در جذب یون‌ها که به واسطه کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک ایجاد می‌شود می‌تواند به‌عنوان یکی از مکانیسم‌ها برای کاهش اثرات تنش شوری محاسبه شود (Yildirim *et al.*, 2008). دانشمند و همکاران (۱۳۹۳) نشان دادند که کاربرد برون‌زای اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار در هر دو رقم گلرنگ مقدار سدیم را در گیاهان تحت تنش کاهش داد و غلظت عناصر پتاسیم و کلسیم را افزایش داد.

در آزمایش دلاوری پاریزی و همکاران (۱۳۹۱) در مورد گیاه ریحان سبز مشخص شد که مقدار سدیم برگ در شوری افزایش و در تیمار اسید سالیسیلیک نسبت به گیاه شاهد کاهش یافت. همچنین آن‌ها نشان دادند که میزان پتاسیم برگ در تنش شوری کاهش معنی‌داری یافت. تیمار همزمان اسید سالیسیلیک و شوری باعث کاهش معنی‌دار پتاسیم برگ شده، مقدار پتاسیم ریشه نیز کاهش یافت که نشان‌دهنده بهبود اثر شوری در حضور اسید سالیسیلیک است.

اثر ارقام و پایه‌های مختلف: در بررسی حاضر مشخص شد که پایه‌ها و ارقام مختلف نسبت به شوری و تیمار اسید سالیسیلیک پاسخ‌های مختلفی را نشان دادند. این نتایج با یافته‌های مؤمن‌پور و همکاران (۱۳۹۷، ۱۳۹۴ الف و ب) مطابقت دارد که گزارش نمودند ارقام مختلف بادام رفتار مختلفی را به شوری از خود نشان دادند. در مطالعه دیگری Zrig و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی پاسخ سه نوع پایه بادام (GF677, GN15 و بادام تلخ) به شرایط شوری نشان دادند که تجمع یون‌های سدیم، کلر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم تحت تأثیر نوع پایه قرار گرفتند. که هم‌راستا با نتایج بررسی حاضر است.

1-25 پیوندشده روی پایه GF677 و پایه GF677 (پیوند نشده) بیان نمودند 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 در برگ و ریشه و کمترین غلظت آهن در ریشه، در شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر (۴/۸ گرم در لیتر نمک) مشاهده شد (مؤمن‌پور و همکاران، ۱۳۹۴ ب).

اثر تیمار اسید سالیسیلیک: کاربرد اسید سالیسیلیک در شرایط تنش مقدار هورمون‌های گیاهی را تغییر داده و مکانیسم‌های محافظت گیاهان در برابر تنش را فعال می‌کند. در این رابطه، می‌توان نقش حفاظتی اسید سالیسیلیک در سلامتی غشاء و تنظیم جذب یون و خشتی‌کردن اثرات منفی شوری را به افزایش غلظت پتاسیم و کاهش غلظت سدیم در سیتوسول توسط تنظیم‌کردن فعالیت پتاسیم و انتقال سدیم و پمپ H که نیروی راندن برای انتقال را تولید می‌کند نسبت داد (El-Tayeb, 2005). کاربرد اسید سالیسیلیک در گیاهان می‌تواند در جذب عناصر غذایی دخالت نموده و باعث افزایش جذب عناصری مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم شود (Khan *et al.*, 2010).

براساس گزارش‌های Karlidag و همکاران (۲۰۰۹)، شوری باعث کاهش محتوی پتاسیم، آهن، مس و منگنز در توت‌فرنگی می‌شود و کاربرد اسید سالیسیلیک با غلظت ۱ میلی‌مولار قادر به افزایش این میزان در بخش هوایی گیاه می‌شود. Khan و همکاران (۲۰۱۰) مدعی شدند که تیمار گیاه ماش با اسید سالیسیلیک محتوی یون‌های در برگ‌ها که در طول تنش شوری کاهش یافته است را افزایش می‌دهد. در پژوهشی دیگر که توسط Gunes و همکاران (۲۰۰۷) بر روی ذرت انجام گردید معلوم شد که اسید سالیسیلیک از تجمع سدیم و کلر جلوگیری می‌کند اما باعث افزایش غلظت مس، منگنز، آهن، منیزیم و نیتروژن می‌شود اما اثری بر غلظت پتاسیم و روی ندارد.

مؤمنی و همکاران (۱۳۹۲) نشان دادند که تنش شوری میزان عناصر معدنی را در برگ‌های ذرت تحت تأثیر قرار داد و

این نتایج حاکی از آن است 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، در اثر شوری کاهش یافت که این کاهش در ریشه بیشتر از اندام‌های هوایی بود (رضایی و همکاران، ۱۳۸۵).

Noitsakis و همکاران (۱۹۹۷)، طی مطالعاتی که در مورد تأثیر تنش شوری روی ارقام مختلف بادام انجام داده بودند، به این نتیجه رسیدند که ارقام بادام عکس‌العمل متفاوتی به سطوح مختلف شوری نشان می‌دهند.

نتیجه‌گیری

در بررسی حاضر مشخص شد که در برگ بادام عناصر سدیم، کلسیم و پتاسیم در پاسخ به تنش شوری افزایش معنی‌داری داشتند، درحالی‌که میزان نیتروژن، فسفر، منیزیم، منگنز، روی و آهن کاهش یافت. همچنین ارقام مختلف پیوند شده روی پایه‌های GN و GF677 نیز به تنش شوری و همچنین محلول‌پاشی برگی اسید سالیسیلیک پاسخ‌های متفاوتی از خود نشان دادند. در مجموع، در برگ ارقام پیوندشده روی پایه GF677 میزان سدیم کمتر و میزان نیتروژن، فسفر، کلسیم، منیزیم، مس، روی و آهن بیشتری مشاهده شد، که به نوعی مزیت این پایه را در مقایسه با پایه GN نشان می‌دهد. محلول‌پاشی برگی اسید سالیسیلیک نیز توانست میزان سدیم برگ ارقام مختلف بادام را به‌طور معنی‌داری کاهش دهد. در نهایت، با توجه به نتایج بررسی حاضر در شرایط تنش شوری می‌توان استفاده از پایه GF677 به‌همراه محلول‌پاشی برگی اسید سالیسیلیک در غلظت ۲ میلی‌مولار را به‌منظور کاهش اثرات سوء تنش شوری در باغات بادام توصیه نمود.

در پژوهش دیگری، غلظت عناصر غذایی در دو رقم گیلاس Bigarreau Burlat و Tragana Edessis پیوندشده بر روی پایه مازارد، تحت شرایط تنش شوری کلرید سدیم بررسی و گزارش شد که با افزایش میزان شوری غلظت سدیم در برگ‌های بالایی، وسطی و شاخساره گیاهان در هر دو رقم افزایش یافت به‌طوری‌که میزان افزایش در رقم Bigarreau Burlat بیشتر بود (Papadakis et al., 2007).

تفاوت میان ارقام از نظر میزان تجمع یون‌ها می‌تواند ناشی از تفاوت در عادت رشد، سیستم‌های انتقال و آوندها، ویژگی‌های آناتومی ریشه، توانایی محدودیت جذب و انتقال عناصر و میزان مصرف آب و تعرق گیاه باشد (Moya et al., 2003; Fernandez-Ballester et al., 2003). تحمل شوری به توانایی در جذب و انتقال یون‌های نمک از ریشه به شاخه مربوط است و گیاهانی که دارای قابلیت دفع‌کنندگی یون‌های سدیم و کلر هستند، مقدار بیشتری از این عناصر را در ریشه ذخیره می‌کنند تا بافت‌های برگ و ساقه (Melgar et al., 2008). در پایه‌هایی که تحمل بیشتری نسبت به شوری دارند، مقاومت بیشتر ریشه در جذب کلر مشاهده شده است. براساس تحقیقاتی که رابطه مستقیمی میان جذب کلر و میزان استفاده آب قائل‌اند، تحمل بیشتر پایه‌های مقاوم به‌علت مقاومت بیشتر در جذب کلر و مصرف کمتر آب است (Moya et al., 2003). ارقامی که میزان کلر کمتری در برگ ذخیره کردند، احتمالاً سیستم‌هایی برای کاهش جذب کلر دارند و یا عواملی که سبب جذب پائین‌تر و یا انتقال کمتر کلر می‌شود. از جمله این عوامل می‌توان به آناتومی و ویژگی سلول‌ها و مقدار سیستم ریشه و ساقه و توانایی ریشه در جذب دوباره کلر (از جریان تعرقی)، عوامل مؤثر در باز و بسته شدن روزنه‌ها (مثل وجود عناصری مثل پتاسیم و یا اسید آبسسیک) و تعرق برگی کمتر، که عامل هدایت عناصر به برگ‌ها می‌باشد، اشاره کرد (Moya et al., 2003; Gimno et al., 2009).

منابع

امام، م.، حسین، ا. ه.، رفیعی، ن. و پیرسته انوشه، ه. (۱۳۹۲) واکنش رشد اولیه و غلظت‌های یون‌های سدیم و پتاسیم در ده رقم جو (*Hordeum vulgare L.*) در شرایط تنش شوری. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی ۵: ۱۵-۵.

- امیری، ا. و بانی‌نسب، ب. (۱۳۹۵) اثر سالیسیلیک اسید بر برخی ویژگی‌های رویشی و فیزیولوژیکی دانه‌های بادام تلخ در شرایط تنش کلرید سدیم. مجله علوم و فنون باغبانی ایران ۱۷: ۱۲-۱.
- اورعی، م.، طباطبایی، ج.، فلاحای، ا. و ایمانی، ع. (۱۳۸۸) اثرات تنش شوری و پایه بر رشد، شدت فتوستنز، غلظت عناصر غذایی و سدیم درخت بادام. علوم باغبانی ۲۳: ۱۴۰-۱۳۱.
- حیدری شریف آباد، ح. (۱۳۸۰) گیاه و شوری. مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع.
- دانشمند، ف.، آروین، م. ج.، کرامت، ب. (۱۳۹۳) تغییرات ایجاد شده توسط سالیسیلیک اسید در گیاهان گلرنگ *Carthamus tinctorius* L. تحت تنش شوری. مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران) ۲۷: ۲۱۵-۲۰۴.
- دلآوری پاریزی، م.، باقی‌زاده، ا.، انتشاری، ش. و منوچهری کلانتری، خ. (۱۳۹۱) مطالعه تأثیر سالیسیلیک اسید بر مقاومت و القای تنش اکسیداتیو در گیاه ریحان سبز (*Ocimum basilicum* L.) تحت تنش شوری. زیست‌شناسی گیاهی ۴: ۳۶-۲۵.
- رضایی، م.، لسانی، ح.، بابالار، م. و طلائی، ع. (۱۳۸۵) اثر تنش سدیم کلرید بر شاخص‌های رشد و میزان عناصر غذایی پنج رقم زیتون. مجله علوم کشاورزی ایران ۳۷: ۳۰۱-۲۹۳.
- قاسمی، ا.ع.، نجف‌آبادی، ا. و معصومی‌فر، و. (۱۳۹۴) کشت و پرورش بادام (کاشت، داشت و برداشت). انتشارات تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی (تاک).
- گریگوریان، و.، جوادی، ص.، کسرائی، ر.، مطلبی‌آذر، ع. و دژمپور، ج. (۱۳۸۴) تعیین تحمل به شوری کلور سدیمی در دانه‌های چند رقم بادام. مجله علوم و فنون باغبانی ایران ۳: ۱۴-۱.
- مؤمن‌پور، ع.، ایمانی، ع. و بخشی، د. (۱۳۹۷) تأثیر تنش شوری بر برخی از صفات بیوشیمیایی چهار رقم بادام. نشریه پژوهش آب در کشاورزی ۳۲: ۲۱۶-۲۰۱.
- مؤمن‌پور، ع.، ایمانی، ع.، بخشی، د. و رضایی، ح. (۱۳۹۴) ارزیابی خصوصیات رشدی و غلظت عناصر غذایی در چهار ژنوتیپ بادام پیوندشده روی پایه GF677 تحت تنش شوری. علوم باغبانی ایران ۴۶: ۴۲۷-۴۰۹.
- مؤمن‌پور، ع.، بخشی، د.، ایمانی، ع. و رضایی، ح. (۱۳۹۴) اثر تنش شوری بر خصوصیات رشدی و غلظت عناصر غذایی در رقم‌های بادام شاه‌رود ۱۲، تونو و ژنوتیپ ۱۶-۱ پیوندشده روی پایه GF677. به‌زراعی کشاورزی ۱۷: ۲۱۶-۱۹۷.
- مؤمنی، ن.، آروین، م. ج.، خواجه‌بویی‌نژاد، غ.، کرامت، ب. و دانشمند، ف. (۱۳۹۲) اثر کلرید سدیم و سالیسیلیک اسید بر برخی شاخص‌های فتوستنزی و تغذیه معدنی گیاه ذرت (*Zea mays* L.). زیست‌شناسی گیاهی ۵: ۳۰-۱۵.
- Ahmad, P., Azooz, M. M. and Prasad, M. N. V. (2013) Salt Stress in Plants: Signalling, Omics and Adaptations. Springer.
- Al-Hakimi, A. M. A. and Hamada, A. M. (2001) Counteraction of salinity stress on wheat plants by grain soaking in ascorbic acid, thiamin or sodium salicylate. *Biologia Plantarum* 44: 253-261.
- 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 (*Lycopersicon esculentum* L. Mill, c.v lale) grown under salinity. *Turkish Journal of Botany* 23: 1-6.
- FAO, (2020) <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- El-Tayeb, M. A. (2005) Response of barley Gains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation* 45: 215-225.
- Fernandez-Ballester, G., Garcia-Sanchez, F., Cerda, A. and Martinez, V. (2003) Tolerance of citrus rootstock seedling to saline stress based on their ability to regulate ion uptake and transport. *Tree Physiology* 23: 265-271.
- Gimno, V., Syvertsen, P. J., Nieves, M., Simo, I., Martinez, V. and Garcia-Sanchez, F. (2009) Additional nitrogen fertilization affects salt tolerance of lemon trees on different rootstocks. *Scientia Horticulturae* 121(3): 298-305.
- Grattan, S. R. (2002) Irrigation Water Salinity and Crop Production. University of California. Agriculture and Natural Resources Publication.

- Grattan, S. R. and Grieve, C. M. (1999) Salinity – mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulture* 78: 127-157.
- Gunes, A., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Bagci, E. G. and Cicek, N. (2007) Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. *Journal of Plant Physiology* 164: 728-736.
- Gupta, R. K. and Abrol, I. P. (2008) Salt leaching. In: *Encyclopedia of Soil Science. Encyclopedia of Earth Sciences Series.* (ed. Chesworth, W.) Springer, Dordrecht.
- Hasegawa, P. M., Bressan, R. A., Zhu, J. K. and Bohnert, H. J. (2000) Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 51: 463-499.
- Karlıdag, H., Yildirim, E. and Turan, M. (2009) Salicylic acid ameliorates the adverse effect of salt stress on strawberry. *Scientia Agricola* 66: 180-187.
- Khan, N. A., Syeed, S., Masood, A., Nazar, R. and Iqbal, N. (2010) Application of salicylic acid increase contents of nutrients and antioxidative metabolism in mung bean and alleviates adverse effects of salinity stress. *International Journal of Plant Biology* 1: 1-8.
- Kumar, V., Wani, S. H., Suprasanna, P. and Tran, L. S. P. (2018) *Salinity Responses and Tolerance in Plants, 2nd Ed, Exploring RNAi, Genome Editing and Systems Biology.* Springer International Publishing.
- Mahajan, S. H. and Tuteja, N. (2005) Cold, salinity and drought stresses: An overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 444: 139-158.
- Melgar, J. C., Syvertsen, J. P., Martinez, V. and Garcia-sanchez, F. (2008) Leaf gas exchange, water relations, nutrient content and growth in citrus and olive seedlings under salinity. *Biologia Plantarum* 52: 385-390.
- Mittler, R. (2002) Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science* 7: 405-410.
- Moya, J. L., Gomez-Cadenas, A., Primo-Millo, E. and Talon, M. (2003) Chloride absorption in salt- sensitive Carrizo Citrange and salt- tolerant *Cleopatra mandarin* citrus rootstocks is linked to water use. *Journal of Experimental Botany* 54: 825-833.
- 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.
- Papadakis, I. E., Veneti, G., Chatzissavidis, C., Sptiropoulos, T. E., Dimassi, N. and Therios, I. (2007) Growth, mineral composition, leaf chlorophyll and water relationships of two cherry varieties under NaCl-induced salinity stress. *Soil Science and Plant Nutrition* 53: 252-258.
- Rajeshwari, V. and Bhuvaneshwari, V. (2017) Salicylic acid induced salt stress tolerance in plants. *International Journal of Plant Biology and Research* 5: 1067.
- Saied, A. S., Keutgen, A. J. and Noga, G. (2005) The influence of NaCl salinity on growth, yield and fruit quality of strawberry cvs. Elsanta and Korona. *Scientia Horticulturae* 103: 289-303.
- Shibli, R. A., Shatnawi, M. A. and Swaidat, I. Q. (2003) Growth, osmotic adjustment and nutrient acquisition of bitter almond under induced sodium chloride salinity *in vitro*. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 34: 1969-1979.
- Staples, R. C. and Toenniessen, G. H. (1984) *Salinity Tolerance in Plants.* John Wiley and Sons.
- Storey, R. and Walker, R. R. (1999) Citrus and salinity. *Scientia Horticulturae* 78: 39-81.
- Wallender, W. W. and Tanji, K. K. (2012) *Agricultural Salinity Assessment and Management.* Published by American Society of Civil Engineers.
- Waling, I., Van Vark, W., Houba, V. J. G. and Van der Lee, J. J. (1989) *Soil and Plant Analysis, a Series of Syllabi part 7. Plant Analysis procedures.* Wageningen Agriculture University.
- Yildirim, E., Turan, M. and Guvenc, I. (2008) Effect of foliar salicylic acid applications on growth, chlorophyll, and mineral content of cucumber grown under salt stress. *Journal of Plant Nutrition* 31: 593-612.
- Yruela, I. (2005) Copper in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 17: 145-156.
- Zrig, A., Ben Mohamed, H., Tounekti, T., Ennajeh, M., Valero, D. and Khemira, H. (2015) A comparative study of salt tolerance of three almond rootstocks: Contribution of organic and inorganic solutes to osmotic adjustment. *Journal of Agricultural Science and Technology* 17: 675-689.

A study of the effects of salinity stress of irrigation water and salicylic acid on the leaf nutrient elements in three grafted almond cultivars

Hossein Mohammadi¹, Ali Imani^{1,2*}, Mohammadreza Asghari³, Alireza Talaei¹, Vahid Abdosi¹

¹Department of Horticulture, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran,

²Temperate Fruits Research Center, Horticultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

³Department of Horticultural Science, Urmia University, Urmia, Iran.

(Received: 05/08/2020, Accepted: 02/11/2020)

Abstract

Among abiotic stresses, soil and water salinity are the major factors affecting agricultural crops growth and productivity worldwide. At the same time, the scion-rootstock combination and also foliar application of chemical compounds as salicylic acid can affect the nutrient elements content of almond leaf under salinity conditions. Therefore, in this study, the effects of foliar application of salicylic acid at 0, 1 and 2 mM concentrations on the changes of leaf nutrient elements (nitrogen, phosphorus, potassium, sodium, chlorine, calcium, magnesium, manganese, copper, zinc and iron) of three almond cultivars (Shokoufeh, Sahand, and Touno) grafted on GF677 and GN rootstocks under salinity stress of irrigation (0, 2, 6 and 8 dS m⁻¹) was evaluated as factorial based on a completely randomized design with three replications. The results showed that salinity stress, especially at the highest concentration (8 dS m⁻¹) significantly enhanced sodium, chlorine, potassium and calcium content and also reduced nitrogen, phosphorus, magnesium, manganese, zinc and iron content in plant leaves. Grafted cultivars on the different rootstocks showed different responses to salinity stress and foliar application of salicylic acid. Generally, GF677 rootstock reduced sodium content but enhanced nitrogen, phosphorus, calcium, magnesium, copper, zinc and iron in the leaves of grafted cultivars. Furthermore, foliar application of salicylic acid significantly reduced leaves sodium content of different almond cultivars. Overall, in this experiment, which was performed under controlled conditions, GF677 rootstock as well as foliar application of salicylic acid were more effective in modifying the adverse effects of salinity compared with other treatments. Of course, it is necessary to study these treatments in orchard conditions as well.

Keywords: GF677 rootstock, Nutrients adsorption, Sodium chloride, Foliar application, Nitrogen

Corresponding author, Email: imani_a45@yahoo.com, a.imani@areeo.ac.ir