Archive of SID

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و ششم، شماره دوم، ۱۳۹۸
۲۹-٤٦
http://jopp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jopp.2019.14325.2283

اثر تنش شوری بر ویژگی‌های رشدی تعدادی از ژنوتیپ‌های انتخابی بادام

*علی مومن‌پور[۱] و علی ایمانی[۲]

[۱]استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران،
[۲]دانشیار بخش تحقیقات باغبانی، مؤسسه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۹٦/۰۹/۰۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۲/۲٤

چکیده

سابقه و هدف: بادام (*Prunus dulcis*) یکی از مهم‌ترین درختان خشک میوه متحمل به خشکی ولی حساس به شوری است. عمده مناطق پراکنش بادام در ایران و جهان دارای رژیم رطوبتی خشک و نیمه‌خشک می‌باشند. در این مناطق، میزان تبخیر سالیانه بیش‌تر از بارندگی است که خود موجب افزایش بیش‌تر شوری خاک می‌گردد. براساس گزارش‌های موجود، در حدود ۱۲/۵ درصد از خاک‌های ایران شور هستند. بنابراین توسعه ارقام و پایه‌های متحمل به شوری، می‌تواند به‌عنوان یکی از راهکارهای تأثیرگذار بر میزان افزایش تحمل به شوری در درختان میوه کشت شده از جمله بادام باشد. علی‌رغم ارایه وجود اطلاعاتی در زمینه تأثیر تنش شوری بر خصوصیات ریخت‌شناسی، فیزیولوژیک، زیست- شیمیایی و تغییرات غلظت عناصر غذایی بادام، لازم است که ارقام و پایه‌های بیش‌تری در جهت تحمل به شوری مورد بررسی قرار گیرند تا در نهایت اطلاعات حاصل از مجموع پژوهش‌های انجام‌شده منجر به معرفی ارقام و پایه‌های متحمل‌تر به شوری شود. بنابراین این پژوهش در راستای پژوهش‌های قبلی و با هدف بررسی اثر تنش شوری بر خصوصیات رشدی، واکنش‌های فیزیولوژیک و غلظت عناصر غذایی در ٦ ژنوتیپ بادام و انتخاب متحمل‌ترین ژنوتیپ به شوری انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، اثر تنش شوری بر تغییرات صفات ریخت‌شناسی، فیزیولوژیک و غلظت عناصر غذایی برگ تعدادی از ژنوتیپ‌های بادام به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو عامل ژنوتیپ در ٦ سطح و شوری آب آبیاری در ۵ سطح و با ٤ تکرار در سال ۱۳۹۳ در گلخانه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج بررسی شد. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شامل ربیع، پرلس، D_{99}، سوپرنوا، ۲٤-۸ و ۱٦-۱ و شوری آب آبیاری شامل ۰/۵ (آب شهری)، ۱/۵، ۳، ٤/۵ و ٦ دسی‌زیمنس بر متر، بودند. در پایان آزمایش، صفات ریخت‌شناسی و فیزیولوژیک شامل ارتفاع شاخه، قطر شاخه، درصد برگ‌های سبز، درصد برگ‌های نکروزه، درصد برگ‌های ریزش‌یافته، وزن تر و خشک اندام هوایی، شاخص کلروفیل، محتوی رطوبت نسبی، درصد نشت یونی نسبی، فلورسانس حداقل، فلورسانس حداکثر، نسبت فلورسانس متغیر به فلورسانس حداکثر و عناصر غذایی پتاسیم و سدیم اندازه‌گیری گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که نوع ژنوتیپ و سطح شوری بر تغییرات صفات ریخت‌شناسی، فیزیولوژیک و غلظت عناصر غذایی مؤثر است. در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده با افزایش سطح شوری، شاخص‌های رشد شامل ارتفاع شاخه، قطر شاخه، تعداد

* مسئول مکاتبه: a.momenpour@areeo.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

برگ کل، درصد برگ‌های سبز، وزن تر و خشک اندام هوایی، محتوی رطوبت نسبی، شاخص کلروفیل و درصد پتاسیم برگ‌ها کاهش و درصد برگ‌های نکروزه، درصد برگ‌های ریزش‌یافته، نسبت وزن خشک به وزن تر اندام هوایی، درصد نشت یونی، درصد سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم برگ‌ها، افزایش یافتند ولی میزان کاهش و افزایش در صفات اندازه‌گیری‌شده در بین ژنوتیپ‌های مطالعه شده با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند.

نتیجه‌گیری: در این پژوهش در مجموع، D_{99} به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ به تنش شوری انتخاب شد. این ژنوتیپ توانست از طریق حفظ خصوصیات رشدی خود و افزایش جذب پتاسیم در مقابل سدیم، به خوبی شوری تا ٤/٥ دسی‌زیمنس بر متر را تحمل نماید.

واژه‌های کلیدی: بادام، ژنوتیپ D_{99}، صفات فیزیولوژیک، صفات ریخت‌شناسی، کلرید سدیم و پتاسیم

مقدمه

بادام یکی از درختان میوه مناطق معتدله بومی فلات ایران است که طبق آخرین آمار به‌دست آمده در سال ۲۰۱٤، ایران با سطح زیرکشت بیش از ۱۷۰ هزار هکتار و تولید ۱۵۸ هزار تن، سومین کشور تولیدکننده آن در دنیا محسوب می‌شود (۸). بادام در مناطقی با زمستان‌های معتدل و تابستان‌های گرم و خشک رشد می‌کند. اکثر مناطق ایران در اقلیم خشک و نیمه‌خشک قرار دارند که رشد و نمو گیاهان را با محدودیت مواجه می‌کند. معمولاً در این گونه مناطق، شوری آب نیز بالاست که این امر موجب آسیب بیش‌تر می‌شود. در چنین شرایطی یکی از راهکارهای تأثیرگذار در میزان افزایش تحمل به شوری، استفاده از پایه‌ها و ارقام متحمل می‌باشد (۱۰ و ۱۲). پژوهش‌های مختلف نشان داده است که بادام در زمره درختان میوه نسبتاً حساس به شوری قرار دارد. درختان بادام می‌توانند در خاک‌هایی با شوری کم رشد مناسب داشته باشند و تا هدایت الکتریکی ۱/٥ دسی‌زیمنس بر متر کاهشی در عملکرد آن‌ها مشاهده نمی‌شود، در حالی‌که در شوری به‌میزان، ۲/۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌میزان ۲٥ درصد و ٤/۱ دسی‌زیمنس بر متر به‌میزان ٥۰ درصد و سرانجام در ۷ دسی‌زیمنس بر متر تا میزان ۱۰۰ درصد از عملکرد آن کاسته می‌شود (۱۰ و ۱٦). بنابراین در بادام نیز، همانند سایر درختان میوه، انتخاب پایه و پیوندک‌های متحمل، استراتژی بسیار مناسبی به‌منظور کاهش عوارض ناشی از شوری به‌خصوص در نواحی خشک کشور می‌باشد.

پژوهش‌های انجام‌یافته، نشان می‌دهند که شاخص‌های ریخت‌شناسی بادام از جمله رشد طولی، قطر تنه، ضخامت برگ‌ها و حوزه گسترش ریشه‌ها با افزایش شوری، کاهش می‌یابند که علت این کاهش رشد و عملکرد را معمولاً مربوط به سمیت یونی و تنش خشکی ناشی از افزایش پتانسیل اسمزی محلول خاک دانسته‌اند (٦، ۲٥ و ۲٦). نوتیساکیس و همکاران (۱۹۹۷)، طی مطالعاتی که در مورد تأثیر سطوح شوری صفر، ۱/۸ و ۳/٦ گرم در لیتر کلرید سدیم روی ارقام مختلف بادام انجام داده‌اند، به این نتیجه رسیدند که ارقام بادام عکس‌العمل متفاوتی به سطوح مختلف شوری نشان می‌دهند (۲٥). در پژوهشی، اثر تنش شوری بر خصوصیات ریخت‌شناسی در برخی از ژنوتیپ‌های انتخابی بادام پیوند شده روی پایه GF_{677} بررسی و گزارش شد، با اعمال تنش شوری و افزایش غلظت آن، شاخص‌های رشدی شامل ارتفاع شاخه، قطر شاخه، تعداد برگ کل، تعداد برگ‌های سبز، تراکم برگ روی شاخه اصلی، سطح برگ و نسبت سطح برگ، وزن تر و خشک برگ، وزن تر و خشک

www.SID.ir

Archive of SID

اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه، در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، کاهش یافتند. در مجموع، نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان داد که نوع ژنوتیپ پیوندی، در افزایش تحمل شوری بسیار مؤثر است. در این پژوهش، رقم شاهرود ۱۲ و سهند به‌ترتیب به‌عنوان متحمل‌ترین و حساس‌ترین ارقام نسبت به تنش شوری تشخیص داده شد (۲۰ و ۲۱). مقایسه تحمل به شوری ارقام و گونه‌های وحشی بادام نشان داده است که با افزایش سطوح شوری تا ٦٠ میلی‌مولار در لیتر، نشانه سوختگی در حاشیه برگ ارقام بادام به‌تدریج ظاهر و با حالت پیش‌رونده در طول زمان، باعث پژمردگی و در نهایت ریزش کامل برگ‌ها می‌شود، در حالی‌که گونه‌های بادام وحشی چنین علائمی را بروز ندادند (۲۷). بروز سوختگی حاشیه‌ای در برگ‌های ارقام حساس به شوری به کاهش محتوای نسبی آب و پتانسیل اسمزی و تجمع یون‌های سمی مانند کلر و سدیم نسبت داده شده است (۱۳).

بررسی‌ها نشان داده که شوری علاوه بر تأثیر بر خصوصیات ریخت‌شناسی، بر شاخص‌های فیزیولوژیکی گیاهان نیز تأثیرگذار است. شیبلی و همکاران، (۲۰۰۳)، با بررسی اثر شوری بر روابط آبی و محتوای یونی بادام تلخ گزارش کردند که پتانسیل اسمزی شیره یاخته‌ای برگ از منفی ۰/٤ در شاهد تا منفی ۱۱/۱ در تیمار ۱۰۰ میلی‌مول بر لیتر نمک کلرید سدیم افزایش می‌یابد (۳۰). ماسایی و همکاران، (۲۰۰٤)، با مطالعه اثر سطوح مختلف نمک کلرید سدیم بر هلوی رقم آرمکینگ پیوندشده روی پایه‌های میروبالان Mr.S2/5 و GF_{677} نشان دادند که با افزایش غلظت نمک، محتوای نسبی آب و پتانسیل اسمزی در حالت آماس کامل در برگ‌های ترکیب پیوندی GF_{677}/ 'Arm' کم‌تر از ترکیب پیوندی Arm/Mr.S2/5 کاهش می‌یابد. این پژوهشگران علت این امر را افزایش تدریجی یون‌های سدیم با افزایش سطح شوری حتی تا دو برابر نسبت به شاهد در تیمار ۱۲۰ میلی‌مول در لیتر در ترکیب پیوندی اخیر بیان نمودند (۱۸). بررسی‌ها نشان می‌دهد که شوری باعث تخریب ساختار کلروپلاست‌ها، کاهش میزان کلروفیل و عدم پایداری ترکیب‌های رنگیزه- پروتئین می‌شود (۱۲). مومن‌پور و همکاران (۲۰۱۵)، اثر غلظت‌های مختلف شوری را بر میزان کلروفیل برگ‌های پایه GF_{677} بررسی و گزارش کردند که با افزایش غلظت شوری میزان کلروفیل برگ‌ها، به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (۲۱). آن‌ها گزارش کردند، این پایه قابلیت تحمل شوری تا ٤/۹ دسی‌زیمنس بر متر را دارد (۲۳).

سازوکارهای مختلفی در جهت تحمل شوری وجود دارند که از جمله آن‌ها می‌توان به توزیع یکنواخت یون‌های نمکی سمی در داخل واکوئل‌های سلول، تجمع یون‌های متعادل‌کننده اسمزی در داخل سیتوپلاسم، قابلیت کاهش جذب کلر یا سدیم توسط ریشه‌ها و عدم انتقال کلر یا سدیم به قسمت‌های هوایی اشاره کرد (۹). در پژوهش‌های انجام‌شده روی گیاهان مختلف تحت شرایط تنش شوری نشان داده شده است که سدیم، باعث عدم تعادل اسمزی، تخریب غشاهای سلولی، کاهش رشد، جلوگیری از تقسیم و بزرگ‌شدن سلول‌ها می‌شود، ولی پتاسیم در حفظ تعادل اسمزی، باز و بسته شدن روزنه‌ها و فعال‌سازی تعدادی از آنزیم‌ها مانند پیروات‌کیناز[1] مؤثر می‌باشد (۳۳ و ۳٤). 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 (۱۷). در پژوهشی اثر تیمار شوری کلرید سدیم بر میزان جذب عناصر غذایی در بادام تلخ در محیط کشت درون‌شیشه‌ای بررسی و گزارش شد که با افزایش سطوح شوری،

1- Pirovat Kinaz

www.SID.ir

Archive of SID

غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و آهن کاهش و غلظت عناصر روی، مس، منگنز، بر، سدیم و کلر افزایش نشان دادند (۳۰). مومن‌پور و همکاران (۲۰۱۵)، اثر تنش شوری بر غلظت عناصر غذایی در رقم‌های بادام 'شاهرود ۱۲'، 'تونو' و ژنوتیپ '۱۶-۱' پیوندشده روی پایه GF_{677} را بررسی و گزارش کردند، بیش‌ترین مقدار کلر (٤/٩٤ درصد) و سدیم (۲/۱۲ درصد)، نسبت سدیم به پتاسیم (۲/۰۳)، در برگ‌ها، در تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر، مشاهده شد (۲۰). در پژوهش دیگری، غلظت عناصر غذایی در چهار ژنوتیپ بادام تحت تنش شوری بررسی و گزارش شد 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 ٤/٨ گرم در لیتر مشاهده شد. در این پژوهش، رقم شکوفه، توانست در شوری ۷/۳ دسی‌زیمنس بر متر، از طریق افزایش پتاسیم، مس، آهن و روی، به مقدار بیش‌تری از سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده، با اثرات مخرب سدیم مقابله کند (۲۲).

علی‌رغم ارایه وجود اطلاعاتی در زمینه تأثیر تنش شوری بر خصوصیات ریخت‌شناسی، فیزیولوژیک، زیست- شیمیایی و تغییرات غلظت عناصر غذایی بادام، ارقام زیادی هستند که هنوز مورد بررسی قرار نگرفته‌اند، بنابراین لازم است که ارقام و پایه‌های بیش‌تری در جهت تحمل به شوری مورد بررسی قرار گیرند تا در نهایت اطلاعات حاصل از مجموع پژوهش‌های انجام‌شده منجر به معرفی متحمل‌ترین ارقام و پایه‌های متحمل به شوری شود. بنابراین این پژوهش در راستای پژوهش‌های قبلی و با هدف بررسی اثر تنش شوری بر خصوصیات رشدی، واکنش‌های فیزیولوژیک و غلظت عناصر غذایی در ٦ ژنوتیپ بادام و انتخاب متحمل‌ترین ژنوتیپ به شوری انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، اثر تنش شوری بر خصوصیات ریخت‌شناسی، فیزیولوژیک و غلظت عناصر غذایی در برگ تعدادی از ژنوتیپ‌های بادام به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو عامل ژنوتیپ در ٦ سطح و شوری آب آبیاری در ۵ سطح و با چهار تکرار و مجموع ۱۲۰ گلدان در سال ۱۳۹۳ در گلخانه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج انجام شد. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شامل ربیع، پرلس، D_{99}، سوپرنوا، ۲٤-۸ و ۱٦-۱ و شوری آب آبیاری شامل ۰/۵ (آب شهری)، ۱/۵، ۳، ٤/۵ و ٦ دسی‌زیمنس بر متر بودند. به‌منظور انجام این پژوهش، ابتدا بذور موردنظر با محلول ۲ درصد قارچ‌کش تترامتیل‌تیورام دی‌سولفید به‌مدت ۲ دقیقه ضدعفونی و سپس به‌مدت ۲٤ ساعت در معرض آب لوله‌کشی قرار داده شدند. پس ازآن بذور در پرلیت مرطوب (در حد ظرفیت زراعی) به‌مدت ۸ هفته در سردخانه با دمای ٤ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند (٦). سپس بذور در اویل اسفند به گلدان‌های حاوی خاکی با بافت لوم متشکل از ٤۸ درصد شن، ۳۵ درصد سیلت و ۱۷ درصد رس، انتقال داده شدند (جدول ۱). پس از رشد کافی ژنوتیپ‌ها (٤ ماه پس از انتقال)، (جدول ۲)، گیاهان یکنواخت از هر ژنونتیپ انتخاب و اعمال تیمارهای شوری بر روی آن‌ها آغاز شد و به‌مدت ۱۲ هفته، ادامه یافت.

به‌منظور اعمال تیمارهای شوری از نمک کلرید سدیم خالص استفاده شد. به‌منظور اجتناب از ایجاد شوک ناگهانی و پلاسمولیز، افزودن نمک‌ها به‌صورت تدریجی انجام گردید. بدین‌منظور، ابتدا گیاهان با تیمارهای ۰/۵، ۱/۵ و ۳ دسی‌زیمنس بر متر، آبیاری شدند و برای اعمال تیمارهایی با شوری ٤/۵ و ٦

www.SID.ir

Archive of SID

دسی‌زیمنس بر متر روی گیاهان، در مرتبه دوم (۳ روز پس از آغاز اعمال تیمار شوری)، با تیمار ٤/٥ دسی‌زیمنس بر متر آبیاری شدند. در نهایت، در مرتبه سوم گیاهانی که قرار بود با تیمار ٦ دسی‌زیمنس بر متر آبیاری شوند، با این غلظت از نمک موجود در آب، آبیاری شدند و در نتیجه در مدت ٦ روز پس از آغاز اعمال تیمار شوری، به غلظت نهایی رسانده شد. میزان رطوبت خاک گلدان‌ها در سطح ظرفیت مزرعه[1] قبل از انتقال گیاهان به گلدان، به کمک دستگاه صفحه فشاری[2] (مدل F1 شرکت تجهیزات رطوبت خاک کشور آمریکا[3]) تعیین شد. آبیاری گلدان‌ها با توجه به تغییرات وزن آن‌ها و لحاظ نیاز آبشویی، انجام شد و به هر گلدان در هر بار از اعمال تنش شوری، ۰/۹۹۰ لیتر آب از تیمار موردنظر اضافه شد. هم‌چنین، به‌منظور اطمینان از انجام نیاز آبشویی خاک گلدان‌ها پس از هر مرتبه آبیاری، زه آب تعدادی از گلدان‌ها به‌طور تصادفی جمع‌آوری و هدایت الکتریکی و pH آن‌ها اندازه‌گیری شد. در نهایت در پایان آزمایش نیز نمونه خاک، از هر یک از سطوح اعمال تیمار شوری، تهیه و تجزیه شد (جدول ۳).

به‌منظور اندازه‌گیری میزان نکروزه شدن برگ‌ها، تعداد برگ‌هایی با میزان نکروزه‌شدگی کم‌تر از ۵۰ درصد و ۵۰ تا ۱۰۰ درصد شمارش و درصد آن‌ها در پایان آزمایش، محاسبه شد. هم‌چنین به‌منظور اندازه‌گیری میزان ریزش برگ، در طول مدت آزمایش، تعداد برگ‌های ریزش‌یافته تا پایان آزمایش یادداشت شدند. درصد برگ‌های سبز از طریق رابطه زیر محاسبه شد (۱۳).

۱۰۰× (برگ‌هایی با نکروزه‌شدن ۵۰ تا ۱۰۰ درصد + برگ‌های با نکروزه‌شدن کم‌تر از ۵۰ درصد + برگ‌های ریزش‌یافته) – تعداد کل برگ‌ها = درصد برگ‌های سبز

همچنین جهت اندازه‌گیری وزن تر و خشک اندام هوایی، شاخه‌ها و برگ‌ها در پایان آزمایش از گیاهان جدا و وزن شدند و سپس به‌مدت ٤٨ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و وزن خشک آن‌ها محاسبه شد (۲۱).

شاخص کلروفیل با استفاده از کلروفیل‌متر مدل (Spad 502 Minolota) اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری پارامترهای فلورسانس کلروفیل در هر گیاه، نمونه‌گیری از برگ‌های توسعه‌یافته از گره‌های ٤ و ٥ شاخه اصلی، انجام شد. ابتدا گیره‌های دستگاه اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل (مدل، Hansatech Instrument ساخت انگلستان) به برگ‌ها وصل شدند. به‌طوری‌که قسمتی از برگ موردنظر به‌مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار گرفت. سپس با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری فلورسانس، Act.Light به برگ تابیده شد و مقدار F_o و F_m قرائت شدند. مقدار F_v از تفاضل F_m و F_o محاسبه شد (۱).

به‌منظور اندازه‌گیری محتوی نسبی آب برگ (RWC)، از هر گیاه ٤ برگ کامل از برگ‌های توسعه‌یافته از گره‌های ٤ و ٥ شاخه اصلی انتخاب شدند. پس از اندازه‌گیری وزن تر (FW)، به‌مدت ٢٤ ساعت در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد در داخل آب مقطر در شرایط تاریکی قرار داده شدند تا آماس نمایند. بعد از خارج کردن برگ‌ها از آب مقطر و حذف رطوبت اضافی، وزن آماس آن‌ها اندازه‌گیری شد (TW). سپس نمونه‌ها به‌مدت ٢٤ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا وزن خشک (DW) آن‌ها اندازه‌گیری شود. در نهایت میزان نسبی آب برگ از طریق رابطه زیر محاسبه شد (۳۵).

$$RWC = [(FW - DW)/(TW - DW)] \times 100$$

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

www.SID.ir

Archive of SID

به‌منظور اندازه‌گیری نشت یونی نسبی، ۰/۵گرم برگ از هر ژنوتیپ جداگانه وزن و در داخل ویال‌های شیشه‌ای ریخته شدند و ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر به آن‌ها اضافه شد. نمونه‌ها به‌مدت ۲٤ ساعت درون شیکر با دمای ۲٤ درجه سانتی‌گراد و با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه قرار داده شدند و پس از ۲٤ ساعت میزان هدایت الکتریکی اولیه (Lt)، آن‌ها به‌وسیله دستگاه EC متر دیجیتالی (مدل Metrohm 644) اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها به‌مدت یک ساعت در حمام بن‌ماری در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و دوباره به‌مدت دو ساعت شیکر شدند و میزان هدایت الکتریکی نهایی (LO) آن‌ها اندازه‌گیری شد و در نهایت درصد نشت یونی طبق رابطه (LT/LO)×۱۰۰ محاسبه شد (۱۵).

به‌منظور اندازه‌گیری محتوای سدیم و پتاسیم، پس از اتمام دوره آزمایش برگ‌ها جدا شدند و پس از شستشوی دقیق، به‌مدت ٤۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از خشک‌شدن، نمونه‌ها با آسیاب برقی 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. غلظت سدیم و پتاسیم در عصاره با دستگاه فلیم‌فتومتر (JENWAY مدل PFP7)، اندازه‌گیری شدند (۷). در نهایت، تجزیه و تحلیل داده‌های آماری، با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱)، انجام و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن و نرم‌افزار Mstatc صورت گرفت.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مخلوط خاکی مورد استفاده.

Table 1. Physical and chemical characteristics of soil mixture.

عنوان Title	واحد Unit	مقدار Value	عنوان Title	واحد Unit	مقدار Value
رطوبت اشباع (S.P)	درصد (٪)	40	بافت (Texture)	-	لوم
رطوبت ظرفیت زراعی (FC)	درصد (٪)	29.4	کلسیم محلول (Ca)	پی‌پی‌ام (ppm)	1241
رطوبت نقطه پژمردگی (PWP)	درصد (٪)	14.5	منیزیم (Mg)	پی‌پی‌ام (ppm)	310.2
شوری (EC)	دسی‌زیمنس بر متر (dS/m)	1.53	کربنات‌کلسیم معادل (T.N.V)	درصد (٪)	12.97
واکنش خاک (pH)	-	7.51	مس (Cu)	پی‌پی‌ام (ppm)	1.97
نیتروژن (N)	درصد (٪)	0.16	روی (Zn)	پی‌پی‌ام (ppm)	4.23
کربن آلی (O.C)	درصد (٪)	1.55	آهن (Fe)	پی‌پی‌ام (ppm)	21.43
فسفر قابل‌جذب ($P_{avr.}$)	پی‌پی‌ام (ppm)	89.88	پتاسیم قابل‌جذب ($K_{avr.}$)	پی‌پی‌ام (ppm)	678
شن (Sand)	درصد (٪)	48	منگنز قابل‌جذب (Mn)	پی‌پی‌ام (ppm)	14.78
سیلت (Silt)	درصد (٪)	35	سدیم محلول (Na)	پی‌پی‌ام (ppm)	116.53
رس (Clay)	درصد (٪)	17			

www.SID.ir

Archive of SID

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

Table 2. Growth status of genotypes studied at the start of salinity treatment.

ژنوتیپ Genotypes	قطر گیاه (شاخه اصلی) Plant diameter (mm)	تعداد برگ (شاخه اصلی) Number of leaves	ارتفاع گیاه (شاخه اصلی) Plant hight (cm)
Perless	4.51	30.45	22.98
Rabie	3.40	28.33	21.90
Super Nova	4.35	32.25	23.75
D99	3.99	29.45	20.78
1-16	4.1	34.60	24.78
8-24	4.59	33.33	24.90

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

Table 3. EC and pH soil treated with salinity different levels.

خاک تیمار شده با سطوح مختلف کلرید سدیم Soil treated with NaCl different levels	واکنش خاک pH	شوری عصاره اشباع خاک گلدان dS/m
شاهد 0.5 (dS/m)	7.45	1.1
۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر 1.5 (dS/m)	7.49	1.8
۳ دسی‌زیمنس بر متر 3 (dS/m)	7.54	3.45
٤/٥ دسی‌زیمنس بر متر 4.5 (dS/m)	7.64	5.1
٦ دسی‌زیمنس بر متر 6 (dS/m)	7.75	6.75

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر قطر شاخه، ارتفاع شاخه، تعداد برگ، درصد برگ‌های سبز، درصد برگ‌های نکروزه شده و درصد برگ‌های ریزش‌یافته در سطح احتمال ۱ درصد، معنی‌دار بود (جدول ٤).

بر اساس نتایج به‌دست آمده (جدول ٤)، میزان قطر شاخه، با افزایش غلظت کلرید سدیم در آب آبیاری، در تمامی ژنوتیپ‌ها کاهش یافت. کم‌ترین قطر شاخه در تیمار ٦ دسی‌زیمنس بر متر، مشاهده شد. میزان کاهش قطر شاخه در ژنوتیپ‌های مطالعه شده، اختلاف معنی‌داری را نشان داد. کم‌ترین قطر شاخه در ژنوتیپ ربیع که با تیمار ٦ دسی‌زیمنس بر متر آبیاری شده بود، مشاهده شد.

نتایج نشان داد میزان ارتفاع در طی دوره اعمال تنش شوری، با افزایش غلظت کلرید سدیم در تمامی ژنوتیپ‌ها کاهش یافت. میزان کاهش ارتفاع در ژنوتیپ‌ها با یکدیگر اختلاف معنی‌داری را نشان داد.

www.SID.ir

Archive of SID

کاهش ارتفاع شاخه اصلی در تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به غیر از ژنوتیپ‌های ۲۴-۸ و D_{99} در سطوح شوری ۳، ۴/۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شاهد معنی‌دار بود. در حالی‌که در ژنوتیپ‌های ۲۴-۸ و D_{99} کاهش ارتفاع شاخه تنها در سطوح شوری ۴/۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شاهد معنی‌دار بود (جدول ۵). ارتفاع بوته به‌شدت 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 عدم تامین آب مورد نیاز به‌دلیل کاهش فشار تورژسانس سلول‌های در حال رشد و اثر بر طول سلول‌ها، کاهش ارتفاع رخ می‌دهد (۲۴). تنش اسمزی در مرحله اول تنش شوری موجب کاهش محتوای آب سلول‌ها می‌شود و طویل شدن آن‌ها را با مشکل روبه‌رو می‌کند و حتی پس از ایجاد تعادل اسمزی و تامین فشار اسمزی مجدد سلول‌ها، گسترش و طویل شدن آن‌ها به‌کندی صورت می‌گیرد (۲۴). نتایج حاصل از بررسی تعداد برگ کل تحت اعمال تنش شوری نشان داد که تعداد برگ تولیدی در گیاهان با افزایش غلظت شوری کاهش یافت ولی میزان کاهش در تعداد برگ‌ها در بین ژنوتیپ‌های مختلف با یکدیگر اختلاف معنی‌داری را نشان داد. بیش‌ترین میزان برگ در گیاهان شاهد ژنوتیپ ۱۶-۱ (۱۰۲ برگ)، و کم‌ترین مقدار آن به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های ربیع و سوپرنوا و ژنوتیپ ۱۶-۱، تحت تیمار ۶ دسی‌زیمنس بر متر (به‌ترتیب به‌میزان ۳۳/۳۳، ۴۱/۶۷ و ۴۳/۶۷ برگ) مشاهده شد. میزان کاهش در تعداد برگ‌های کل در ژنوتیپ‌های ربیع، سوپرنوا و پرلس و ژنوتیپ ۱۶-۱، در تیمارهای ۳، ۴/۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به گیاهان شاهد معنی‌دار بود در حالی‌که میزان کاهش در تعداد برگ‌ها در ژنوتیپ ۲۴-۸، در سطوح ۴/۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر و ژنوتیپ D_{99}، تنها در سطح ۶ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به گیاهان شاهد، معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج حاصل از بررسی برهمکنش ژنوتیپ و تنش شوری بر درصد برگ‌های سبز، برگ‌های نکروزه و برگ‌های ریزش‌یافته نشان داد که با اعمال تنش شوری و افزایش غلظت آن، در تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، درصد برگ‌های سبز کاهش و درصد برگ‌های نکروزه و ریزش‌یافته، افزایش یافت (جدول ۴). درصد برگ‌های ریزش‌یافته، برگ‌هایی با میزان نکروزگی بیش‌تر از ۵۰ درصد و برگ‌هایی با میزان نکروزگی کم‌تر از ۵۰ درصد در ژنوتیپ سوپرنوا در تیمار ۶ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب (۵/۱۰، ۱۰/۹۰ و ۲۹/۰۹ درصد) بود به‌طوری‌که در پایان آزمایش تنها ۵۴/۹۱ درصد از برگ‌ها سبز بودند. بعد از این ژنوتیپ، ژنوتیپ ربیع با (۶۰/۳۰ درصد) و ژنوتیپ ۱۶-۱ با (۶۰/۴۰ درصد) دارای درصد پایینی از برگ‌های سبز بودند. بیش‌ترین درصد برگ‌های سبز در سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر در ژنوتیپ D_{99} (۸۶/۹۱ درصد)، مشاهده شد. در این ژنوتیپ درصد برگ‌های سبز تنها در سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش یافته بود (جدول ۴). با توجه به میزان آسیب‌های ظاهری، ژنوتیپ D_{99}، داری وضعیت مطلوب‌تری نسبت به سایر ژنوتیپ‌های بررسی شده در این پژوهش بود به‌طوری‌که در این ژنوتیپ، میزان ریزش برگ در سطوح بالای شوری نسبت به گیاهان شاهد معنی‌دار نبود و بعد از آن ژنوتیپ ۲۴-۸، قرار داشت. این نتایج با نتایج راحمی و همکاران، (۲۰۰۸) و مومن‌پور و همکاران (۲۰۱۵)، مطابقت داشت (۲۱ و ۲۶). گزارش شده است که برگ‌ها در گیاهان تحت تنش شوری، کوچک، قطور و برگ‌های مسن‌تر دچار پیری زودرس می‌شوند (۱۲). مقایسه تحمل به

www.SID.ir

Archive of SID

شوری ارقام و گونه‌های وحشی بادام نشان داده است که با افزایش سطوح شوری تا ٦٠ میلی‌مولار در لیتر، نشانه سوختگی در حاشیه برگ ارقام بادام به‌تدریج ظاهر و با حالت پیش‌رونده در طول زمان، باعث پژمردگی و در نهایت ریزش کامل برگ‌ها می‌شود، در حالی‌که گونه‌های بادام وحشی چنین علائمی را بروز ندادند (٢٧).

جدول ٤- اثر از برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر برخی از صفات ریخت‌شناسی بادام.

Table 4. Effect of interaction between salinity and genotype on some of morphologic traits of almond.

ژنوتیپ Genotypes	سطوح شوری Levels of salinity (ds/m)	قطر شاخه Branch diameter (mm)	ارتفاع شاخه Branch height	تعداد برگ کل N. of leaves	برگ‌های سبز Green leaves (%)	برگ‌هایی با نکروزه‌شدگی ١ تا ٥٠ درصد Necrosis leaf (1 to 50 percentage) (%)	برگ‌های با نکروزه‌شدگی ٥١ تا ١٠٠ درصد Necrosis leaf (51 to 100 percentage) (%)	ریزش برگ downfall leaf (%)
Pr > F	-	<0001	<0001	<0001	<0001	<0001	<0001	<0001
پرلس Perless	0.5	8.8^{ab}	64.47^{a-c}	74.33^{d-h}	100.00^{a}	0.00^{e}	0.00^{e}	0.00^{e}
	1.5	8.7^{a-c}	58.73^{c-e}	65.33^{g-k}	100.00^{a}	0.00^{e}	0.00^{e}	0.00^{e}
	3	7.7^{c-f}	40.80^{j-m}	56.33^{k-n}	98.00^{a}	2.00^{e}	0.00^{e}	0.00^{e}
	4.5	7.5^{d-h}	29.90^{op}	50.00^{l-n}	91.6^{b-d}	6.90^{cd}	1.50^{c-e}	0.00^{e}
	6	7.1^{f-j}	29.02^{p}	45.00^{n-p}	80.90^{e}	9.10^{c}	6.90^{bc}	3.10^{d-f}
ربیع Rabie	0.5	6.8^{g-k}	56.15^{d-f}	95.33^{b}	100.00^{a}	0.00^{e}	0.00^{e}	0.00^{e}
	1.5	6.1^{k-o}	49.97^{f-i}	92.00^{b-d}	100.00^{a}	0.00^{e}	0.00^{e}	0.00^{e}
	3	5.7^{m-o}	39.20^{j-m}	77.33^{c-g}	96.83^{ab}	3.17^{c-e}	0.00^{e}	0.00^{e}
	4.5	5.5^{o}	35.67^{m-p}	46.33^{m-o}	84.05^{de}	7.94^{cd}	5.00^{c}	3.01^{d-f}
	6	5.2^{o}	30.20^{n-p}	33.33^{q}	60.30^{fg}	20.70^{b}	9.90^{ab}	10.10^{ab}
سوپرنوا Super Nova	0.5	8.9^{ab}	64.20^{a-c}	81.00^{b-f}	100.00^{a}	0.00^{e}	0.00^{e}	0.00^{e}
	1.5	8.2^{b-e}	62.13^{b-d}	69.67^{f-j}	100.00^{a}	0.00^{e}	0.00^{e}	0.00^{e}
	3	7.6^{d-g}	48.50^{f-i}	58.67^{j-m}	97.85^{ab}	2.15^{c-e}	0.00^{e}	0.00^{e}
	4.5	7.1^{f-j}	46.30^{g-j}	44.00^{n-p}	88.40^{b-d}	7.60^{cd}	4.00^{cd}	0.00^{e}
	6	6.6^{h-l}	41.97^{i-l}	41.67^{op}	54.91^{g}	29.09^{a}	10.90^{a}	5.10^{cd}
دی ٩٩ D99	0.5	8.4^{b-d}	55.72^{d-f}	71.00^{e-i}	100.00^{a}	0.00^{e}	0.00^{e}	0.00^{e}
	1.5	8.2^{b-e}	56.20^{c-f}	75.33^{d-h}	100.00^{a}	0.00^{e}	0.00^{e}	0.00^{e}
	3	7.6^{d-g}	51.72^{e-h}	69.67^{f-j}	100.00^{a}	0.00^{e}	0.00^{e}	0.00^{e}
	4.5	6.3^{j-n}	44.37^{h-k}	65.67^{g-k}	98.55^{a}	1.45^{e}	0.00^{e}	0.00^{e}
	6	5.7^{no}	41.73^{i-l}	55.67^{k-n}	86.91^{b-d}	7.09^{cd}	4.95^{c}	1.06^{f-h}
١-١٦ 1-16	0.5	7.7^{d-g}	64.60^{a-c}	102.00^{a}	100.00^{a}	0.00^{e}	0.00^{e}	0.00^{e}
	1.5	7.2^{f-i}	58.90^{c-f}	101.67^{a}	100.00^{a}	0.00^{e}	0.00^{e}	0.00^{e}
	3	6.5^{i-m}	43.23^{h-l}	98.00^{ab}	90.50^{b-d}	7.50^{cd}	2.00^{c-e}	0.00^{e}
	4.5	6.3^{j-n}	34.57^{m-p}	65.00^{g-k}	80.97^{e}	9.04^{c}	4.99^{c}	5.00^{cd}
	6	6.1^{k-o}	30.47^{n-p}	43.67^{n-p}	60.40^{f}	20.61^{b}	8.89^{ab}	11.10^{a}
٨-٢٤ 8-24	0.5	9.4^{a}	65.60^{ab}	95.00^{b}	100.00^{a}	0.00^{e}	0.00^{e}	0.00^{e}
	1.5	9.4^{a}	67.38^{a}	91.00^{b-e}	100.00^{a}	0.00^{e}	0.00^{e}	0.00^{e}
	3	8.6^{a-c}	63.50^{bc}	72.00^{e-i}	100.00^{a}	0.00^{e}	0.00^{e}	0.00^{e}
	4.5	7.1^{f-j}	57.30^{c-e}	65.00^{g-k}	95.90^{ab}	3.05^{c-e}	1.05^{c-e}	0.00^{e}
	6	6.2^{l-o}	53.50^{d-g}	54.67^{k-n}	83.28^{b-d}	7.61^{cd}	$6.10b^{c}$	3.01^{d-f}

میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر صفت دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ١ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

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

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر وزن تر و خشک اندام هوایی و نسبت بین آن‌ها در سطح ۱ درصد معنی‌دار شدند (جدول ۵).

وزن تر و خشک اندام هوایی در تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، با اعمال تنش شوری و افزایش غلظت آن، به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. وزن تر و خشک اندام هوایی در ژنوتیپ‌های پرلس، سوپرنوا و ربیع و ژنوتیپ ۱۶-۱، درسطوح شوری ۳، ۴/۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر و در ژنوتیپ‌های D_{99} و ۲۴-۸ در سطوح شوری ۴/۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد کاهش نشان دادند. این نتایج بیانگر آن است که ژنوتیپ‌های D_{99} و ۲۴-۸ در شرایط اعمال تنش شوری خصوصیات رشدی خود را بهتر حفظ کردند و تحمل آن‌ها نسبت به تنش شوری از سایر ژنوتیپ‌های بررسی شده در این پژوهش، بیش‌تر بود. این نتایج با نتایج مومن‌پور و همکاران (۲۰۱۵) و نوتیساکیس و همکاران (۱۹۹۷)، مطابقت داشت (۲۰، ۲۱ و ۲۵). در این مطالعات نیز به عکس‌العمل متفاوت ارقام مختلف بادام نسبت به تنش شوری، اشاره شده است.

در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده، با افزایش شوری نسبت وزن خشک اندام هوایی به وزن تر اندام هوایی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بیش‌ترین نسبت وزن خشک به وزن تر اندام هوایی در سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر و در ژنوتیپ‌های سوپرنوا (۰/۴۹)، ربیع (۰/۴۸) و ۱۶-۱ (۰/۴۸)، مشاهده شد (جدول ۵). این نتایج نشان می‌دهد که در این ژنوتیپ‌ها سرعت از دست دادن آب نسبت به کاهش سرعت رشد رویشی گیاه بیش‌تر بوده است. گزارش شده است که یکی از علائم اولیه واکنش‌های گیاهان به تنش شوری، تنش اسمزی می‌باشد به‌طوری‌که شیبلی و همکاران (۲۰۰۳)، با بررسی اثر شوری بر روابط آبی و محتوای یونی بادام تلخ گزارش کردند که پتانسیل اسمزی شیره یاخته‌ای برگ از منفی ۰/۴ در شاهد تا منفی ۱۱/۱ در تیمار ۱۰۰ میلی‌مول بر لیتر نمک کلرید سدیم قابل افزایش است (۳۰).

بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش در ژنوتیپ‌های بررسی شده، با افزایش شوری میزان فلورسانس حداقل به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بیش‌ترین میزان فلورسانس حداقل، در تمامی ژنوتیپ‌ها در تیمار ۶ دسی‌زیمنس بر متر دیده شد. در سطوح مختلف اعمال تیمار شوری آب آبیاری بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش، از نظر میزان فلورسانس حداقل اختلاف معنی‌داری وجود داشت. کم‌ترین میزان فلورسانس حداقل به‌ترتیب در گیاهان شاهد ژنوتیپ‌های سوپرنوا، D_{99} و ۱۶-۱ و بیش‌ترین میزان آن، به‌ترتیب در برگ‌های ژنوتیپ‌های ربیع و ۲۴-۸، که تحت تیمار ۶ دسی‌زیمنس بر متر قرار داشتند، مشاهده شد (جدول ۵).

با توجه به اطلاعات حاصل از پژوهش حاضر میزان فلورسانس حداکثر در ژنوتیپ‌های بررسی شده، با افزایش سطوح شوری به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. بیش‌ترین میزان فلورسانس حداکثر، در بین تمام ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، در گیاهان شاهد ژنوتیپ‌های پرلس و ربیع، مشاهده شد. کم‌ترین میزان فلورسانس حداکثر، با اعمال تیمار ۶ دسی‌زیمنس بر متر و در برگ‌های ژنوتیپ‌های سوپرنوا (۴۹۹/۸۸)، ۱۶-۱ (۵۱۳/۳۳) و ربیع (۵۲۳/۱۱) مشاهده شد (جدول ۵).

میزان فلورسانس متغیر با افزایش غلظت کلرید سدیم در تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. کم‌ترین میزان فلورسانس متغیر، تحت‌تأثیر تیمار ۶ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. این کاهش در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه معنی‌دار بود. بر طبق نتایج به‌دست آمده، ژنوتیپ‌های پرلس و ربیع که بیش‌ترین میزان فلوسانس حداکثر را

www.SID.ir

Archive of SID

در تیمارهای ۰/۵ (شاهد) و ۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر به خود اختصاص داده بودند، بیش‌ترین میزان فلورسانس متغیر را نیز تحت این دو تیمار دارا بودند (جدول ۵). کم‌ترین میزان دامنه فلورسانس به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های سوپرنوا (۳۵۰/۱۱)، ربیع (۳۵٦/۲۲) و ۱-۱٦ (۳٦٤/۷۸)، مشاهده شد. این نتایج با نتایج رنجبر و همکاران (۲۰۰٦)، مطابقت داشت (۲٦). آن‌ها اثر تنش شوری کلرید سدیم در چهار سطح (۰/۳، ۰/۵، ۰/۷ و ۱ دسی‌زیمنس بر مترمربع) را بر تغییرات کلروفیل فلورسانس دانهال‌های یک‌ساله بادام شیرین بررسی و گزارش کردند که با افزایش مدت زمان اعمال تنش شوری، میزان فلورسانس متغیر کاهش یافت. آن‌ها علت کاهش نسبت فلورسانس متغیر به فلورسانس حداکثر را به‌دلیل تأثیر تنش شوری بر محدودیت کارایی دستگاه فتوسنتز بیان کرده‌اند (۲٦).

جدول ۵- اثر برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر برخی از صفات ریخت‌شناسی و تغییرات کلروفیل فلورسانس بادام.

Table 5. Effect of interaction between salinity and genotype on some of the morphologic traits and chlorophyll of almond fluorescence parameters.

ژنوتیپ Genotypes	سطوح شوری Levels of salinity (ds/m)	وزن تر اندام هوایی Aerial organ fresh weight (gr)	وزن خشک اندام هوایی Aerial organ dry weight (gr)	نسبت وزن خشک به تر اندام هوایی Root dry weight ratio to aerial organ dry weight	فلورسانس حداقل F_o	فلورسانس حداکثر F_m	دامنه فلورسانس F_v	نسبت فلورسانس متغیر به فلورسانس حداکثر F_v/F_m
Pr > F	-	<0001	<0001	<0001	<0001	<0001	<0001	<0001
پرلس Perless	0.5	62.61^{a-c}	25.88^{a-c}	0.42^{f-h}	134.22^{l-n}	797.00^{a}	662.78^{a}	0.828^{a}
	1.5	54.91^{c-f}	22.85^{c-f}	0.42^{f-h}	134.00^{l-n}	763.44^{a-d}	629.44^{a-d}	0.824^{ab}
	3	28.10^{l-o}	12.36^{l-p}	0.44^{d-f}	136.02^{k-m}	738.33^{d-f}	613.33^{b-e}	0.805^{a-c}
	4.5	24.20^{no}	10.89^{q}	0.45^{c-e}	143.00^{f-h}	656.20^{j-m}	513.00^{n-q}	0.789^{b-e}
	6	26.02^{m-o}	11.97^{n-p}	0.46^{b-d}	145.44^{f-h}	640.89^{k-n}	495.44^{p-s}	0.773^{c-e}
ربیع Rabie	0.5	46.69^{f-i}	18.20^{f-i}	0.39^{i-k}	143.33^{g-i}	764.67^{a-d}	621.33^{a-d}	0.812^{a-c}
	1.5	35.56^{i-l}	14.59^{i-n}	0.40^{h-j}	146.00^{f-h}	745.00^{b-e}	599.00^{c-f}	0.797^{a-d}
	3	28.08^{l-o}	11.79^{n-p}	0.42^{f-h}	152.67^{c-d}	707.55^{f-i}	560.89^{h-l}	0.792^{b-e}
	4.5	16.71^{p-r}	7.51^{r-t}	0.45^{c-e}	161.89^{b}	701.89^{f-j}	540.00^{j-m}	0.769^{d-f}
	6	10.86^{r}	5.21^{t}	0.48^{ab}	166.89^{a}	523.11^{r-t}	356.22^{wx}	0.659^{j}
سوپرنوا Super Nova	0.5	54.74^{c-f}	22.96^{c-f}	0.42^{f-h}	130.22^{r}	740.00^{c-f}	614.22^{b-e}	0.830^{a}
	1.5	48.46^{e-h}	21.07^{d-g}	0.42^{f-h}	131.48^{p-r}	723.00^{d-g}	591.11^{d-g}	0.817^{ab}
	3	36.64^{i-l}	15.76^{h-l}	0.43^{e-g}	132.00^{n-p}	697.89^{g-j}	565.89^{g-k}	0.81^{a-c}
	4.5	33.69^{j-m}	15.16^{h-m}	0.45^{c-e}	149.44^{d-f}	614.55^{n-p}	465.11^{r-u}	0.755^{e-g}
	6	24.70^{no}	12.11^{m-p}	0.49^{a}	149.67^{d-f}	499.78^{t}	350.11^{x}	0.689^{ij}
دی ۹۹ D99	0.5	42.10^{g-j}	15.99^{h-l}	0.37^{k}	131.67^{p-r}	754.89^{b-e}	623.22^{a-d}	0.826^{a}
	1.5	37.29^{h-l}	14.55^{i-n}	0.38^{jk}	132.55^{p-r}	727.87^{d-g}	595.22^{c-g}	0.818^{ab}
	3	35.96^{j-l}	14.50^{i-n}	0.39^{i-k}	133.44^{l-p}	715.44^{e-h}	582.00^{d-h}	0.813^{a-c}
	4.5	28.50^{l-o}	11.69^{o-q}	0.41^{g-i}	140.33^{h-j}	708.55^{f-i}	568.22^{f-j}	0.803^{a-d}
	6	18.57^{p-r}	8.17^{q-s}	0.44^{d-f}	142.44^{g-i}	680.55^{h-k}	538.11^{j-n}	0.790^{b-e}
۱-۱٦ 1-16	0.5	66.51^{a}	29.84^{a}	0.39^{i-k}	131.22^{p-r}	715.78^{e-h}	584.55^{d-h}	0.817^{ab}
	1.5	62.90^{a-c}	25.79^{a-c}	0.41^{g-i}	132.33^{n-p}	691.00^{g-j}	556.67^{i-m}	0.807^{a-c}
	3	45.18^{f-g}	20.78^{e-h}	0.46^{b-d}	138.77^{i-k}	651.67^{j-m}	512.89^{o-r}	0.787^{b-e}
	4.5	25.31^{m-o}	11.89^{pq}	0.47^{c-e}	147.33^{e-g}	591.44^{o-q}	444.11^{tu}	0.744^{f-h}
	6	15.09^{qr}	7.24^{st}	0.48^{ab}	153.55^{cd}	518.33^{st}	364.78^{v-x}	0.673^{j}
۸-۲٤ 8-24	0.5	44.58^{f-j}	17.82^{g-i}	0.40^{h-j}	131.88^{o-q}	723.00^{d-g}	591.11^{d-g}	0.817^{ab}
	1.5	50.16^{d-g}	21.57^{d-g}	0.41^{g-i}	132.11^{n-p}	721.89^{d-g}	589.78^{d-i}	0.816^{ab}
	3	40.88^{h-k}	17.17^{g-k}	0.42^{f-h}	133.33^{l-p}	708.55^{f-i}	575.22^{e-k}	0.811^{a-c}
	4.5	30.00^{k-o}	12.90^{l-p}	0.43^{e-g}	145.44^{f-h}	662.11^{i-l}	516.67^{m-p}	0.780^{c-e}
	6	24.81^{no}	11.42^{pq}	0.46^{b-d}	162.60^{ab}	640.80^{k-n}	478.20^{q-t}	0.745^{f-h}

میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر صفت دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

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

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که نسبت فلورسانس متغیر به فلورسانس حداکثر، در تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، با اعمال تنش شوری و افزایش غلظت آن به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. در سطوح مختلف اعمال تیمار شوری آب آبیاری، بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش، از نظر نسبت فلورسانس متغیر به فلورسانس حداکثر اختلاف معنی‌داری وجود داشت. نسبت فلورسانس متغیر به فلورسانس حداکثر، در برگ‌های گیاهان شاهد ژنوتیپ‌های بررسی شده در حدود ۰/۸۲ تا ۰/۸۳ بود که نشان‌دهنده وجود شرایط محیطی ایده‌آل و فاقد تنش برای رشد تمامی ژنوتیپ‌ها در کل دوره آزمایشی بود (جدول ۵). در بسیاری از گونه‌های گیاهی زمانی که F_v/F_m در حد ۰/۸۳ باشد، به این مفهوم است که تنشی بر گیاه وارد نشده است و بنابراین مقادیر کم‌تر، بیانگر وجود تنش در گیاهان است (۱۹).

با توجه به تغییرات نسبت فلورسانس متغیر به فلورسانس حداکثر، شدت تنش وارده به ژنوتیپ‌های ربیع، سوپرنوا و ۱۶-۱، بیش از سایر ژنوتیپ‌ها بود. بنابراین حساسیت این ژنوتیپ‌ها به تنش شوری در سطوح ٤/٥ و ٦ دسی‌زیمنس بر متر بیش‌تر از سایر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بوده است. در نقطه مقابل، ژنوتیپ D_{99} به میزان کم‌تری دچار آسیب شد. به‌عبارت دیگر، نسبت فلورسانس متغیر به فلورسانس حداکثر در این ژنوتیپ کم‌ترین کاهش را نشان داد. این نتایج با نتایج دل و نیونن (۲۰۰۳)، کداد و همکاران (۲۰۱۰) و استارک و همکاران (۲۰۰۰)، مطابقت داشت (۳، ١٤ و ۳۲). گزارش شده است که تنش شوری یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی محدودکننده فتوسنتز است (۲۹) که از طریق بسته شدن روزنه‌ها باعث کاهش CO_2 درون‌سلولی شده که در نتیجه آن، تجمع ناقلین الکترون پرانرژی، تشکیل رادیکال‌های آزاد، آشفتگی ترکیبات پیچیده برداشت‌کننده نور و افت کارایی فتوسنتز رخ می‌دهد (۱۱). مقدار فلورسانس کلروفیل به‌عنوان معیاری برای سنجش سالم بودن غشای تیلاکوئیدی و کارایی نسبی انتقال الکترون از فتوسیستم II به فتوسیستم I در نظر گرفته می‌شود.

نتایج نشان داد که شاخص کلروفیل در ژنوتیپ‌های مطالعه شده، تحت تنش شوری به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. کم‌ترین میزان شاخص کلروفیل در گیاهانی که با تیمار ٦ دسی‌زیمنس بر متر، آبیاری شده بودند، مشاهده شد. میزان کاهش شاخص کلروفیل در بین ژنوتیپ‌های بررسی‌شده با یکدیگر اختلاف معنی‌داری را نشان داد. بیش‌ترین میزان کاهش شاخص کلروفیل در برگ‌های ژنوتیپ‌های ربیع، سوپرنوا و ۱۶-۱ و کم‌ترین میزان کاهش آن به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های D_{99} و ژنوتیپ ٢٤-٨ در مقایسه با گیاهان شاهد مشاهده شد (جدول ٦). نتایج حاصل از این بخش با نتایج مومن‌پور و همکاران (۲۰۱۵) و راحمی و همکاران (۲۰۰۸)، مطابقت داشت (۲۱ و ۲٦). شوری با تخریب ساختار کلروپلاست‌ها، کاهش میزان کلروفیل و عدم پایداری ترکیب‌های رنگیزه-پروتئین کلروپلاستین باعث کاهش سطح فتوسنتزی گیاه شده که خود منتج به کاهش در تثبیت دی‌اکسیدکربن می‌شود که علت اصلی کاهش رشد و عملکرد گیاهان در اثر تنش شوری می‌باشد.

بر طبق نتایج به‌دست آمده (جدول ٦) محتوی رطوبت نسبی با اعمال تنش شوری به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. محتوی رطوبت نسبی برگ‌ها از ٨٥/٣٤ درصد در برگ‌های گیاهان شاهد ژنوتیپ ١٦-١ تا ٥٧/٠٩ درصد در برگ‌های همین ژنوتیپ تحت اعمال تیمار شوری ٦ دسی‌زیمنس بر متر، کاهش یافت. ژنوتیپ‌های D_{99}، سوپرنوا و ٢٤-٨، کم‌ترین میزان کاهش در محتوی رطوبت نسبی برگ را نشان دادند. این نتایج با نتایج حاصل از بررسی صفات ریخت‌شناسی، مطابقت داشت. نتایج حاصل از بررسی

www.SID.ir

Archive of SID

صفات ریخت‌شناسی نشان داده بود که بیش‌ترین نسبت وزن خشک به وزن تر اندام هوایی در سطح شوری ٦ دسی‌زیمنس بر متر و در ژنوتیپ‌های سوپرنوا (۰/٤۹)، ربیع (۰/٤۸) و ۱٦-۱ (۰/٤۸)، مشاهده شد. شوری از طریق انباشت تدریجی یون‌های سدیم باعث کاهش محتوای نسبی آب و پتانسیل اسمزی شیره یاخته‌ای برگ در حالت آماس کامل می‌شود (۱۸ و ۳۰).

بر اساس نتایج به‌دست آمده، درصد نشت یونی نسبی در برگ‌های تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده با افزایش غلظت نمک، افزایش یافت. میزان افزایش درصد نشت یونی نسبی در بین ژنوتیپ‌های بررسی شده با یکدیگر اختلاف معنی‌داری را نشان دادند. بیش‌ترین درصد نشت یونی نسبی در برگ‌های ژنوتیپ‌های ۱٦-۱ (۸۲/۹۰ درصد) و ربیع (۸۱/۲٤ درصد)، تحت تیمار ٦ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. میزان افزایش درصد نشت یونی نسبی در ژنوتیپ D_{99} تنها در سطح شوری ٦ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به گیاهان شاهد معنی‌دار بود (جدول ٦). گزارش شده است که یکی از راه‌های پی‌بردن به میزان آسیب به غشاهای سلولی، استفاده از آزمون نشت یونی نسبی می‌باشد. ثبت میزان نشت یونی نسبی تخمین خسارت بافت‌ها را امکان‌پذیر می‌کند. این روش برای اولین بار توسط دکستر و همکاران (۱۹۳۰ و ۱۹۳۲)، به‌منظور بررسی مقاومت به سرما در گیاهان به‌کار برده شد (٤ و ۵) و در طی زمان به‌منظور سنجش آسیب غشاء سلولی نسبت به سایر تنش‌های محیطی از جمله تنش شوری مورد استفاده قرار گرفت (۲).

جدول ٦- اثر برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر برخی از صفات ریخت‌شناسی بادام.

Table 6. Effect of interaction between salinity and genotype on some of physiological characteristics of almond.

ژنوتیپ Genotypes	سطوح شوری Levels of salinity (ds/m)	شاخص کلرفیل (SPAD)	محتوای نسبی آب Relative water content (%)	نشت یونی نسبی Relative ionic leakage (%)	ژنوتیپ Genotypes	سطوح شوری Levels of salinity (ds/m)	شاخص کلرفیل (SPAD)	محتوای نسبی آب Relative water content (%)	نشت یونی نسبی Relative ionic leakage (%)
Pr > F	-	<0001	<0001	<0001	-	Pr > F	<0001	<0001	<0001
پرلس Perless	0.5	50.05^{g-i}	81.09^{a-d}	48.05^{i-k}	دی ۹۹ D99	0.5	50.20^{g-i}	83.49^{a-c}	49.00^{h-k}
	1.5	49.43^{h-j}	79.75^{c-f}	49.62^{h-k}		1.5	49.85^{h-j}	84.32^{ab}	52.46^{g-k}
	3	48.11^{i-k}	78.36^{d-g}	53.99^{f-i}		3	48.93^{g-j}	79.96^{c-f}	54.85^{f-i}
	4.5	46.94^{j-l}	76.48^{g-j}	61.24^{d-g}		4.5	49.03^{i-l}	75.0^{h-k}	57.96^{e-h}
	6	45.05^{l-n}	71.30^{j-l}	65.09^{c-f}		6	45.50^{l-n}	71.49^{j-l}	70.09^{b-e}
ربیع Rabie	0.5	48.50^{i-k}	81.49^{a-d}	49.08^{h-k}	۱-۱٦ 1-16	0.5	51.43^{f-h}	85.34^{a}	52.02^{g-j}
	1.5	46.05^{k-m}	78.11^{d-h}	52.98^{g-k}		1.5	50.87^{g-i}	82.90^{a-d}	56.26^{e-h}
	3	44.43^{m-o}	78.05^{e-h}	57.61^{e-h}		3	47.53^{j-l}	78.09^{e-h}	64.78^{c-f}
	4.5	43.94^{n-p}	74.94^{h-k}	70.40^{b-e}		4.5	45.43^{l-n}	63.00^{no}	73.96^{a-d}
	6	39.00^{q}	60.11^{o}	81.32^{ab}		6	41.43^{pq}	57.09^{p}	82.90^{a}
سوپرنوا Super Nova	0.5	57.27^{b}	82.87^{a-d}	47.65^{k}	۸-۲٤ 8-24	0.5	62.09^{a}	82.72^{a-d}	48.00^{jk}
	1.5	57.03^{b}	80.77^{b-e}	50.05^{h-k}		1.5	61.00^{a}	80.76^{b-e}	49.51^{h-k}
	3	53.11^{d-f}	78.05^{e-h}	52.09^{g-k}		3	58.85^{ab}	79.15^{c-f}	52.36^{g-k}
	4.5	49.09^{h-j}	74.99^{h-k}	64.09^{c-f}		4.5	54.00^{c-e}	77.49^{f-i}	60.85^{d-g}
	6	42.43^{o-q}	64.94^{mn}	74.11^{a-d}		6	50.10^{g-i}	71.15^{j-l}	69.72^{b-e}

میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر صفت دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

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

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج حاصل ار مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده، با افزایش غلظت شوری، مقدار سدیم در برگ‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بر اساس نتایج به‌دست آمده، بیش‌ترین غلظت سدیم در برگ‌های ژنوتیپ ۱۶-۱، (۲/۱۰ درصد) و ژنوتیپ سوپرنوا (۲/۰۱ درصد) و در سطح شوری ٦ دسی‌زیمنس بر متر، مشاهده شد. غلظت سدیم در برگ‌های ژنوتیپ D_{99} در سطح شوری ٤/٥ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌دار و در سطح شوری ٦ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور غیرمعنی‌داری از سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده کم‌تر بود. درصد افزایش غلظت سدیم در برگ‌های این ژنوتیپ تنها در سطح شوری ٦ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به گیاهان شاهد معنی‌دار بود (جدول ۷). این نتایج نشان می‌دهد که نوع ژنوتیپ به‌طور معنی‌داری در ممانعت از جذب سدیم توسط ریشه و انتقال آن به قسمت هوایی مؤثر است. پژوهشگران دیگر نیز اثر تنش شوری بر غلظت عناصر غذایی در برگ و ریشه ژنوتیپ‌های مختلف بادام را بررسی و به عکس‌العمل‌های متفاوت ژنوتیپ‌ها تحت تنش شوری اشاره کرده‌اند (۲۰ و ۲۲). در پژوهش‌های انجام‌شده روی گیاهان مختلف تحت شرایط تنش شوری نشان داده شده است که سدیم باعث عدم تعادل اسمزی، تخریب غشاهای سلولی، کاهش رشد، جلوگیری از تقسیم و بزرگ‌شدن سلول‌ها می‌شود (۳۳ و ٣٤).

بر اساس نتایج به‌دست آمده، ژنوتیپ‌های مطالعه شده عکس‌العمل‌های متفاوتی در پاسخ به تنش شوری از خود نشان دادند. با افزایش شوری، غلظت پتاسیم در برگ‌های ژنوتیپ‌های سوپرنوا، ربیع و ۱۶-۱، تا سطح شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد، افزایش یافت. سپس محتوی پتاسیم در ۳ ژنوتیپ یاد شده، با افزایش بیش‌تر سطح شوری کاهش یافت. غلظت پتاسیم در برگ‌های ژنوتیپ‌های D_{99}، پرلس و ٢٤-٨ با افزایش شوری تا سطح ٦ دسی‌زیمنس بر متر افزایش یافت. میزان افزایش در غلظت پتاسیم در سطوح شوری ٤/٥ و ٦ دسی‌زیمنس بر متر تنها در ژنوتیپ D_{99} نسبت به سطح شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر معنی‌دار بود. این نتایج نشان می‌دهد که ژنوتیپ D_{99} از طریق افزایش مقدار پتاسیم بیش‌تر از سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده در این پژوهش می‌تواند با اثرات منفی و مخرب سدیم مقابله کند (جدول ۷). گزارش شده است که پتاسیم در حفظ تعادل اسمزی، باز و بسته شدن روزنه‌ها و فعال‌سازی تعدادی از آنزیم‌ها مانند پیروات‌کیناز مؤثر می‌باشد و اثرات مخرب سدیم را کاهش می‌دهد (۳۳ و ٣٤). پتاسیم علاوه بر ایفای نقش اساسی در متابولیسم‌های حیاتی، در شرایط تنش شوری بسیار با اهمیت جلوه می‌کند به‌نحوی‌که مدیریت کارآمد پتاسیم در مقابل سدیم در گیاه در بقای آن در شرایط شوری اساسی است (۳۱). برخی گیاهان توانایی این را دارند که سیتوپلاسم سلول‌های خود را از کاهش شدید مقادیر پتاسیم محافظت کرده و از واکوئل‌ها به‌عنوان مخزنی برای بافر کردن یون پتاسیم بهره ببرند. در همین رابطه گیاهان متحمل توانایی آن را دارند که مقادیر پتاسیم سیتوسولی خود را در حضور کلرید سدیم بهتر حفظ نمایند (۳۱).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- اثر برهمکنش تیمار شوری و ژنوتیپ بر محتوی پتاسیم و سدیم برگ‌های بادام.

Table 7. Effect of interaction between salinity and genotype on leaves K^+ and Na^+ contents of almond.

ژنوتیپ Genotypes	سطوح شوری Levels of salinity (ds/m)	سدیم Na (%)	پتاسیم K (%)	نسبت سدیم به پتاسیم Na^+/K^+	ژنوتیپ Genotypes	سطوح شوری Levels of salinity (ds/m)	سدیم Na (%)	پتاسیم K (%)	نسبت سدیم به پتاسیم Na^+/K^+
Pr > F	-	<0001	<0001	<0001	Pr > F	-	<0001	<0001	<0001
پرلس Perless	0.5	0.33^{i-k}	0.89^{j-n}	0.37^{i-k}	دی ۹۹ D_{99}	0.5	0.26^{jk}	0.90^{j-n}	0.29^{jk}
	1.5	0.46^{h-j}	0.98^{i-l}	0.47^{h-j}		1.5	0.29^{jk}	0.95^{i-l}	0.30^{jk}
	3	0.63^{f-h}	1.05^{h-k}	0.60^{g-h}		3	0.38^{h-k}	1.10^{g-j}	0.34^{i-k}
	4.5	0.75^{e-g}	1.12^{g-j}	0.67^{f-h}		4.5	0.49^{i-k}	1.26^{e-h}	0.39^{i-k}
	6	1.10^{cd}	1.06^{h-k}	1.04^{b-d}		6	0.95^{d-f}	1.35^{d-h}	0.69^{f-h}
ربیع Rabie	0.5	0.24^{k}	0.81^{l-n}	0.29^{jk}	۱-۱۶ 1-16	0.5	0.40^{h-k}	1.65^{a-d}	0.23^{k}
	1.5	0.30^{jk}	1.01^{i-l}	0.30^{jk}		1.5	0.53^{g-i}	1.75^{a-c}	0.30^{jk}
	3	0.50^{g-i}	1.14^{g-j}	0.43^{h-j}		3	0.77^{e-g}	1.76^{a-c}	0.44^{h-j}
	4.5	0.75^{e-g}	1.08^{h-k}	0.69^{f-h}		4.5	1.55^{b}	1.58^{c-f}	0.98^{bc}
	6	1.08^{c-e}	1.01^{h-l}	1.07^{b-d}		6	2.10^{a}	1.49^{d-g}	1.40^{a}
سوپرنوا Super Nova	0.5	0.36^{i-k}	1.68^{a-d}	0.21^{k}	۸-۲۴ 8-24	0.5	0.30^{i-k}	0.80^{n}	0.37^{i-k}
	1.5	0.47^{h-j}	1.79^{ab}	0.27^{jk}		1.5	0.40^{h-k}	0.86^{k-n}	0.46^{h-j}
	3	0.64^{f-h}	1.85^{a}	0.35^{i-k}		3	0.53^{g-i}	0.95^{j-m}	0.55^{g-i}
	4.5	1.36^{bc}	1.64^{b-e}	0.82^{d-f}		4.5	0.67^{f-h}	1.05^{h-k}	0.63^{f-h}
	6	2.01^{a}	1.59^{c-f}	1.25^{ab}		6	1.00^{cd}	1.03^{h-k}	0.97^{bc}

میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر صفت دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

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

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر نسبت سدیم به پتاسیم برگ معنی‌دار شد (جدول ۷). بر اساس نتایج به‌دست آمده، در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده با افزایش غلظت شوری نسبت سدیم به پتاسیم افزایش یافت. مقدار افزایش در نسبت سدیم به پتاسیم در ژنوتیپ‌های ۱۶-۱ و پرلس در سطوح شوری ۳، ۴/۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر و در ژنوتیپ‌های ربیع، سوپرنوا و ۲۴-۸، در سطوح شوری ۴/۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر و در ژنوتیپ D_{99} تنها در سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به گیاهان شاهد معنی‌دار بود. در مجموع بیش‌ترین و کم‌ترین نسبت سدیم به پتاسیم در سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر در برگ‌های ژنوتیپ‌های ۱۶-۱ (۱/۴۰) و D_{99} (۰/۶۹) مشاهده شد (جدول ۷).

به‌طورکلی نتایج حاصل از بررسی غلظت سدیم، پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم در سطوح مختلف شوری در ژنوتیپ‌های بررسی شده نشان داد که مقدار سدیم در برگ‌های ژنوتیپ D_{99} در سطح شوری ۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری از سایر ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده کم‌تر بود. از طرفی تنها در این ژنوتیپ، در سطح شوری ۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر مقدار پتاسیم در برگ‌ها به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد افزایش یافته بود. در واقع می‌توان نتیجه

www.SID.ir

Archive of SID

گرفت یکی از راهبردهای تحمل بیش‌تر این ژنوتیپ در مقابله با تنش شوری در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، انتخاب یون پتاسیم در شرایط تنش و افزایش جذب این عنصر در مقایسه با سدیم است. از آن‌جایی‌که دو یون سدیم و پتاسیم در هنگام جذب توسط ریشه با یکدیگر در رقابت می‌باشند، گیاهان متحمل‌تر به شوری به‌طور انتخابی جذب پتاسیم به سدیم را ترجیح می‌دهند. گزارش شده است که گیاهان 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 می‌باشد (۱۲، ۲۰، ۲۲، ۳۱، ۳۳ و ۳٤).

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که نوع ژنوتیپ و سطح شوری بر تغییرات صفات ریخت‌شناسی، فیزیولوژیک و غلظت عناصر غذایی مؤثر است. در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده با افزایش سطح شوری، شاخص‌های رشد شامل ارتفاع شاخه، قطر شاخه، تعداد برگ کل، درصد برگ‌های سبز، وزن تر و خشک اندام هوایی، محتوی رطوبت نسبی، شاخص کلروفیل و درصد پتاسیم برگ‌ها کاهش و درصد برگ‌های نکروزه، درصد ریزش برگ‌ها، نسبت وزن خشک به وزن تر اندام هوایی، درصد نشت یونی، درصد سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم برگ‌ها، افزایش یافتند ولی میزان کاهش و افزایش صفات اندازه‌گیری‌شده در بین ژنوتیپ‌های مطالعه شده با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند. در این پژوهش در مجموع، ژنوتیپ D_{99} به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ به تنش شوری انتخاب شد. این ژنوتیپ توانست از طریق حفظ خصوصیات رشدی خود و افزایش جذب پتاسیم در مقابل سدیم، به خوبی شوری تا ٤/٥ دسی‌زیمنس بر متر را تحمل نماید. با توجه به این‌که آستانه تحمل به شوری ارقام بادام، ۱/٥ دسی‌زیمنس بر متر گزارش شده است، از این ژنوتیپ می‌توان به‌عنوان یک ژنوتیپ نیمه‌متحمل به شوری نامبرد و در کارهای تحقیقاتی آتی، تحمل به شوری آن در ترکیب با پایه‌های انتخابی بادام مورد ارزیابی قرار گیرد.

منابع

1. Baker, N.R. and Rosenqvist, E. 2004. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. J. Exp. Bot. 55: 607-1621.
2. Chen, S., Li, J., Wang, S., Huttermann, A. and Altman, A. 2001. Salt, nutrient uptake and transport, and ABA of *Populus eupharatica*; a hybrid in response to increasing soil NaCl. Trees-Struct Funct. 15: 186-194.
3. Deall, J.R. and Toivonen, P.M.A. 2003. Practical Applications of Chlorophyll Fluorescence in Plant Biology. Kluwer Academic Publish. Boston, Dordrecht, London.
4. Dexter, S.T., Tottingham, W.E. and Graber, L.F. 1930. Preliminary results in measuring the hardiness of plants. J. Plant Physiol. 5: 215-223.
5. Dexter, S.T., Tottingham, W.E. and Graber, L.F. 1932. Investigations of the hardiness of plants by measurement of electrical conductivity. J. Plant Physiol. 7: 63-78.
6. El-Azab, E.M., El-Kobbia., A.M. and El-Khayat, H.M. 1998. Effects of three sodium salts on vegetative growth and mineral composition of stone fruit rootstock seedlings. Alexandria J. Agri. Res. 43: 219-229.

www.SID.ir

Archive of SID

7.Emami, A. 1996. Methods of plant analysis. Agricultural Research and Education Organization. Soil and Water Research Institute. 130p.
8.FAO. 2014. Food and Agricultural commodities production. *http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx*.
9.Garcia-Sanchez, F. and Syvertsen, J.P. 2006. Salinity tolerance of Cleopatra mandarin and carrizo citrange citrus rootstock seedlings is affected by CO_2 enrichment during growth. Hort. Sci. 131: 24-31.
10.Grattan, S.R. 2002. Irrigation water salinity and crop production. University of California. Agriculture and Natural Resourses Public. 8066.
11.Griffiths, H. and Parry, M.A.J. 2002. Plant responses to water stress. Ann. Bot. 89: 801-802.
12.Heiydari Sharif Abad, H. 2001. Plant and salinity. For. Range. 71p. (In Persian)
13.Karakas, B., Bianco, R.L. and Rieger, M. 2000. Association of marginal leaf scorches with sodium accumulation in salt-stressed peach. Hort. Sci. 35: 1. 83- 84.
14.Kodad, O., Morales, F. and Socias i Company, R. 2010. Evaluation of almond flower tolerance to frosts by chlorophyll fluorescence Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens, 94: 141-145.
15.Lutts, S., Kinet, J.M. and Bouharmont, J. 1995. Changes in plant response to NaCl during development of rice (*Oryza sativa* L.) varieties differing in salinity resistance. Exper. Bot. 46: 1843-1852.
16.Maas, E.V. and Hoffman, G.J. 1977. Crop salt tolerance: current assessment. Irrig. Drain. Engin. 103: 115-134.
17.Mahajan, Sh. and Tuteja, N. 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. Biochem. Biophy. 444: 139-158.
18.Massai, R., Remorni, D. and Tattini, M. 2004. Gas exchange, water relations and osmotic adjustment in two scion/ rootstock combinations of *Prunus* under various salinity concentrations. Plant. Soil. Sci. 259: 153-162.
19.Maxwell, K. and Johnson, G.N. 2000. Chlorophyll fluorescence a practical guide. Exper. Bot. 51: 659-668.
20.Momenpour, A., Bakhshi, D., Imani, A. and Rezaie, H. 2015. Effect of salinity stress on growth characteristics and concentrations of nutrition elements in Almond (*Prunus dulcis*) 'Shahrood 12', 'Touno' cultivars and '1-16' genotype budded on GF_{677} rootstock. Agri. Crops. Prod. 17: 1. 112-133. (In Persian)
21.Momenpour, A., Bakhshi, D., Imani, A. and Rezaie, H. 2015. Effect of Salinity Stress on the Morphological and Physiological characteristic in some Selected Almond (*Prunus dulcis*) Genotypes Budded on GF_{677} rootstock. Plant. Prod. Technol. 7: 2. 137-152. (In Persian)
22.Momenpour, A., Imani, A., Bakhshi, D. and Rezaie, H. 2015. Effect of Salinity Stress on Concentrations of Nutrition Elements in Almond (Prunus Dulcis) 'Shokofeh', 'Sahand' Cultivars and '13-40' Genotype Budded on GF677 Rootstock. Hort. Sci. 29: 2. 255-268. (In Persian)
23.Momenpour, A., Imani, A., Bakhshi, D. and Rezaie, H. 2015. Evaluation of salinity tolerance in some almond genotypes grafted on GF_{677} rootstock base on morphological characteristic and chlorophyll fluorescence. Plant. Proc. Func. 3: 10. 9-28. (In Persian)
24.Munns, R. and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Ann. Rev. Plant. Biol. 59: 651-681.
25.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. Hort. 449: 641-648.
26.Rahemi, M., Nagafian, Sh. and Tavallaie V. 2008. Growth and chemical composition of hybrid GF_{677} influenced by salinity levels of irrigation water. Plant. Sci. 7: 3. 309-313.
27.Rahmani, A., Daneshvar, H.A. and Sardabi H. 2003. Effect of salinity on growth of two wild almond species and two genotypes of the cultivated almond species (*P. dulcis*). Iran. J. Forest. Pop. Res. 11: 1. 202-208.

www.SID.ir

Archive of SID

28. Ranjbarfordoei, A., Samson, R.S. and Vanamme P. 2006. Chlorophyll fluorescence performance of sweet almond [*Prunus dulcis* (Miller) D. Webb] in response to salinity stress induced by NaCl. Photosynthetica. 44: 4. 513-522.
29. Sayed, O.H. 2003. Chlorophyll flourscence as a tool in cereal research. Photosynthetica. 3: 321-330.
30. 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. Com. Soil. Sci. Plant. Anal. 34: 1969-1979.
31. Staples, R.C. and Toenniessen, G.H. 1984. Salinity tolerance in plants. John Wiley and Sons. 443p.
32. Starck, Z., Niemyska, B., Bogdon, J. and Tawalbeh, R.N.A. 2000. Response of tomato plants to chilling stress in association with nutrient or phosphorus starvation. Plant. Soil. Sci. 226: 99-106.
33. Szczerba, M.W., Britto, D.T. and Kronzucker, H.J. 2009. K^+ transport in plants: physiology and molecular biology. Plant. Physiol. 166: 447-466.
34. Szczerba, M.W., Britto, D.T., Balkos, K.D. and Kronzucker, H.J. 2008. NH_4^+-stimulated and -inhibited components of K^+ transport in rice (*Oryza sativa* L.). Exp. Bot. 59: 3415-3423.
35. Yamasaki, S. and Dillenburg, L.C. 1999. Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*. Braz. J. Plant Physiol. 11: 69-75.

www.SID.ir