



انستیتو ملی دانش‌های باغبانی و تولید گیاهی

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

جلد بیست و ششم، شماره دوم، ۱۳۹۸

۲۹-۴۶

<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<sup>۱</sup> و علی ایمانی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران،

<sup>۲</sup>دانشیار بخش تحقیقات باغبانی، مؤسسه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۹/۰۸؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۲/۲۴

### 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 سالبانه 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 ۶ 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 ۶ سطح و شوری آب آبیاری در ۵ سطح و با ۴ تکرار در سال ۱۳۹۳ در گلخانه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج بررسی شد. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شامل ربیع، پرلس، Dog، سوپرنوا، ۲۴-۸ و ۱۶-۱ و شوری آب آبیاری شامل ۰/۵ (آب شهری)، ۱/۵، ۳، ۴/۵ و ۶ 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

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 اندازه‌گیری شده در بین ژنوتیپ‌های مطالعه شده با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند.

**نتیجه‌گیری:** در این پژوهش در مجموع، D99 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 ۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر را تحمل نماید.

**واژه‌های کلیدی:** بادام، ژنوتیپ D99، 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 ۲۰۱۴، 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 ۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر کاهشی در عملکرد آن‌ها مشاهده نمی‌شود، در حالی‌که در شوری به‌میزان ۲/۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌میزان ۲۵ درصد و ۴/۱ دسی‌زیمنس بر متر به‌میزان ۵۰ درصد و سرانجام در ۷ دسی‌زیمنس بر متر تا میزان ۱۰۰ درصد از عملکرد آن کاسته می‌شود

(۱۰ و ۱۶). 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 (۶، ۲۵ و ۲۶). نوتیساکیس و همکاران (۱۹۹۷)، طی مطالعاتی که در مورد تأثیر سطوح شوری صفر، ۱/۸ و ۳/۶ 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 (۲۵). در پژوهشی، اثر تنش شوری بر خصوصیات ریخت‌شناسی در برخی از ژنوتیپ‌های انتخابی بادام پیوند شده روی پایه GF677 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

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). مومن پور و همکاران (۲۰۱۵)، اثر غلظت‌های مختلف شوری را بر میزان کلروفیل برگ‌های پایه GF677 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 ۴/۹ 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 پیرووات‌کیناز<sup>۱</sup> مؤثر می‌باشد (۳۳ و ۳۴). 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،

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 ۶۰ 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 ۰/۴ در شاهد تا منفی ۱۱/۱ در تیمار ۱۰۰ میلی‌مول بر لیتر نمک کلرید سدیم افزایش می‌یابد (۳۰). ماسایی و همکاران، (۲۰۰۴)، با مطالعه اثر سطوح مختلف نمک کلرید سدیم بر هلوی رقم آرم‌کینگ پیوندشده روی پایه‌های میروبالان Mr.S2/5 و GF677 نشان دادند که با افزایش غلظت نمک، محتوای نسبی آب و پتانسیل اسمزی در حالت آماس کامل در برگ‌های ترکیب پیوندی 'GF677' / 'Arm' کم‌تر از ترکیب پیوندی Arm/Mr.S2/5 کاهش می‌یابد. این پژوهشگران علت این امر را افزایش

1- Pirovat Kinaz

۶ 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 به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو عامل ژنوتیپ در ۶ 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، D99، سوپرنوا، ۸-۲۴ و ۱-۱۶ و شوری آب آبیاری شامل ۰/۵ (آب شهری)، ۱/۵، ۳، ۴/۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر بودند. به منظور انجام این پژوهش، ابتدا بذور مورد نظر با محلول ۲ درصد قارچ‌کش ترامتیل تیورام دی‌سولفید به مدت ۲ دقیقه ضدعفونی و سپس به مدت ۲۴ ساعت در معرض آب لوله‌کشی قرار داده شدند. پس از آن بذور در پرلیت مرطوب (در حد ظرفیت زراعی) به مدت ۸ هفته در سردخانه با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند (۶). سپس بذور در اوایل اسفند به گلدان‌های حاوی خاکی با بافت لوم متشکل از ۴۸ درصد شن، ۳۵ درصد سیلت و ۱۷ درصد رس، انتقال داده شدند (جدول ۱). پس از رشد کافی ژنوتیپ‌ها (۴ ماه پس از انتقال)، (جدول ۲)، گیاهان یکنواخت از هر ژنوتیپ انتخاب و اعمال تیمارهای شوری بر روی آن‌ها آغاز شد و به مدت ۱۲ هفته، ادامه یافت.

به منظور اعمال تیمارهای شوری از نمک کلرید سدیم خالص استفاده شد. به منظور اجتناب از ایجاد شوک ناگهانی و پلاسمولیز، افزودن نمک‌ها به صورت تدریجی انجام گردید. بدین منظور، ابتدا گیاهان با تیمارهای ۰/۵، ۱/۵ و ۳ دسی‌زیمنس بر متر، آبیاری شدند و برای اعمال تیمارهایی با شوری ۴/۵ و ۶

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'، 'کونو' و ژنوتیپ '۱۶-۱' پیوندشده روی پایه GF677 را بررسی و گزارش کردند. بیش‌ترین مقدار کلر (۴/۹۴ 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، فسفر به سدیم و کم‌ترین مقدار کلسیم، منیزیم، فسفر و مس در برگ و ریشه و کم‌ترین غلظت آهن در ریشه، در شوری ۴/۸ 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

همچنین جهت اندازه‌گیری وزن تر و خشک اندام هوایی، شاخه‌ها و برگ‌ها در پایان آزمایش از گیاهان جدا و وزن شدند و سپس به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و وزن خشک آن‌ها محاسبه شد (۲۱).

شاخص کلروفیل با استفاده از کلروفیل متر مدل (Spad 502 Minolota) اندازه‌گیری شد. به منظور اندازه‌گیری پارامترهای فلورسانس کلروفیل در هر گیاه، نمونه‌گیری از برگ‌های توسعه‌یافته از گره‌های ۴ و ۵ شاخه اصلی، انجام شد. ابتدا گیره‌های دستگاه اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل (مدل، Hansatech Instrument ساخت انگلستان) به برگ‌ها وصل شدند. به طوری که قسمتی از برگ موردنظر به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار گرفت. سپس با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری فلورسانس، Act.Light به برگ تابیده شد و مقدار  $F_0$  و  $F_m$  قرائت شدند. مقدار  $F_v$  از تفاضل  $F_m$  و  $F_0$  محاسبه شد (۱).

به منظور اندازه‌گیری محتوی نسبی آب برگ (RWC)، از هر گیاه ۴ برگ کامل از برگ‌های توسعه‌یافته از گره‌های ۴ و ۵ شاخه اصلی انتخاب شدند. پس از اندازه‌گیری وزن تر (FW)، به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ 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 به مدت ۲۴ 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).

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

دسی‌زیمنس بر متر روی گیاهان، در مرتبه دوم (۳ روز پس از آغاز اعمال تیمار شوری)، با تیمار ۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر آبیاری شدند. در نهایت، در مرتبه سوم گیاهانی که قرار بود با تیمار ۶ دسی‌زیمنس بر متر آبیاری شوند، با این غلظت از نمک موجود در آب، آبیاری شدند و در نتیجه در مدت ۶ روز پس از آغاز اعمال تیمار شوری، به غلظت نهایی رسانده شد. میزان رطوبت خاک گلدان‌ها در سطح ظرفیت مزرعه<sup>۱</sup> قبل از انتقال گیاهان به گلدان، به کمک دستگاه صفحه فشاری<sup>۲</sup> (مدل F1 شرکت تجهیزات رطوبت خاک کشور آمریکا<sup>۳</sup>) تعیین شد. آبیاری گلدان‌ها با توجه به تغییرات وزن آن‌ها و لحاظ نیاز آبتی، انجام شد و به هر گلدان در هر بار از اعمال تنش شوری، ۰/۹۹۰ لیتر آب از تیمار موردنظر اضافه شد. همچنین، به منظور اطمینان از انجام نیاز آبتی 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).

به منظور 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 به منظور 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).

$100 \times$  (برگ‌هایی با نکروزه‌شدن ۵۰ تا ۱۰۰ درصد + برگ‌های با نکروزه‌شدن کم‌تر از ۵۰ درصد + برگ‌های ریزش‌یافته) - تعداد کل برگ‌ها = درصد برگ‌های سبز

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

به منظور اندازه‌گیری محتوای سدیم و پتاسیم، پس از اتمام دوره آزمایش برگ‌ها جدا شدند و پس از شستشوی دقیق، به مدت ۴۸ 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 فلیم‌فوتومتر (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.

به منظور اندازه‌گیری نشت یونی نسبی، ۰/۵ گرم برگ از هر ژنوتیپ جداگانه وزن و در داخل ویال‌های شیشه‌ای ریخته شدند و ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر به آن‌ها اضافه شد. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت درون شیکر با دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد و با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه قرار داده شدند و پس از ۲۴ ساعت میزان هدایت الکتریکی اولیه (Lt)، آن‌ها به وسیله دستگاه EC متر دیجیتالی (مدل Metrohm 644) اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها به مدت یک ساعت در حمام بن‌ماری در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و دوباره به مدت دو ساعت شیکر شدند و میزان هدایت الکتریکی نهایی (LO) آن‌ها اندازه‌گیری شد و در نهایت درصد نشت یونی طبق رابطه  $(LT/LO) \times 100$  محاسبه شد (۱۵).

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	کربنات کلسیم معادل (T.N.V)	درصد (%)	12.97
واکنش خاک (pH)	-	7.51	مس (Cu)	پی‌پی‌ام (ppm)	1.97
نیترژن (N)	درصد (%)	0.16	روی (Zn)	پی‌پی‌ام (ppm)	4.23
کربن آلی (O.C)	درصد (%)	1.55	آهن (Fe)	پی‌پی‌ام (ppm)	21.43
فسفر قابل جذب (P <sub>avr</sub> )	پی‌پی‌ام (ppm)	89.88	پتاسیم قابل جذب (K <sub>avr</sub> )	پی‌پی‌ام (ppm)	678
شن (Sand)	درصد (%)	48	منگنز قابل جذب (Mn)	پی‌پی‌ام (ppm)	14.78
سیلت (Silt)	درصد (%)	35	سدیم محلول (Na)	پی‌پی‌ام (ppm)	116.53
رس (Clay)	درصد (%)	17			

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 height (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
۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر 4.5 (dS/m)	7.64	5.1
۶ 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 نکروره شده و درصد برگ‌های ریزش‌یافته در سطح احتمال ۱ درصد، معنی‌دار بود (جدول ۴).

بر اساس نتایج به‌دست آمده (جدول ۴)، میزان قطر شاخه، با افزایش غلظت کلرید سدیم در آب آبیاری، در تمامی ژنوتیپ‌ها کاهش یافت. کم‌ترین

قطر شاخه در تیمار ۶ 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 ۶ 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.

و ژنوتیپ D99، 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 به ترتیب (۵/۱۰، ۱۰/۹۰ و ۲۹/۰۹ درصد) بود به طوری که در پایان آزمایش تنها ۵۴/۹۱ درصد از برگ‌ها سبز بودند. بعد از این ژنوتیپ، ژنوتیپ ربیع با (۶۰/۳۰ درصد) و ژنوتیپ ۱-۱۶ با (۶۰/۴۰ درصد) دارای درصد پایینی از برگ‌های سبز بودند. بیش‌ترین درصد برگ‌های سبز در سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر در ژنوتیپ D99 (۸۶/۹۱ درصد)، مشاهده شد. در این ژنوتیپ درصد برگ‌های سبز تنها در سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر به طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش یافته بود (جدول ۴). با توجه به میزان آسیب‌های ظاهری، ژنوتیپ D99، دارای وضعیت مطلوب‌تری نسبت به سایر ژنوتیپ‌های بررسی شده در این پژوهش بود به طوری که در این ژنوتیپ، میزان ریزش برگ در سطوح بالای شوری نسبت به گیاهان شاهد معنی‌دار نبود و بعد از آن ژنوتیپ ۸-۲۴ 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

کاهش ارتفاع شاخه اصلی در تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به غیر از ژنوتیپ‌های ۸-۲۴ و D99 در سطوح شوری ۳، ۴/۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شاهد معنی‌دار بود. در حالی که در ژنوتیپ‌های ۸-۲۴ و D99 کاهش ارتفاع شاخه تنها در سطوح شوری ۴/۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شاهد معنی‌دار بود (جدول ۵). ارتفاع بوته به شدت به محیط رشد وابسته است. از آن‌جا که پدیده رشد حاصل فعالیت‌های حیاتی در شرایطی است که گیاه باید آب کافی در اختیار داشته باشد، در صورت عدم تامین آب مورد نیاز به دلیل کاهش فشار تورژانس 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 طولیل شدن آن‌ها را با مشکل روبه‌رو می‌کند و حتی پس از ایجاد تعادل اسمزی و تامین فشار اسمزی مجدد سلول‌ها، گسترش و طولیل 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 ۱-۱۶ (۱۰۲ برگ)، و کم‌ترین مقدار آن به ترتیب در ژنوتیپ‌های ربیع و سوپرنوا و ژنوتیپ ۱-۱۶، تحت تیمار ۶ دسی‌زیمنس بر متر (به ترتیب به میزان ۳۳/۳۳، ۴۳/۶۷ و ۴۱/۶۷ برگ) مشاهده شد. میزان کاهش در تعداد برگ‌های کل در ژنوتیپ‌های ربیع، سوپرنوا و پرلس و ژنوتیپ ۱-۱۶، در تیمارهای ۳، ۴/۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به گیاهان شاهد معنی‌دار بود در حالی که میزان کاهش در تعداد برگ‌ها در ژنوتیپ ۸-۲۴، در سطوح ۴/۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر



پژمردگی و در نهایت ریزش کامل برگ‌ها می‌شود، در حالی که گونه‌های بادام وحشی چنین علائمی را بروز ندادند (۲۷).

شوری ارقام و گونه‌های وحشی بادام نشان داده است که با افزایش سطوح شوری تا ۶۰ میلی‌مولار در لیتر، نشانه سوختگی در حاشیه برگ ارقام بادام به تدریج ظاهر و با حالت پیش‌رونده در طول زمان، باعث

جدول ۴- 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 ۱ تا ۵۰ درصد Necrosis leaf (1 to 50 percentage) (%)	برگ‌های با نکروزه‌شدگی ۵۱ تا ۱۰۰ 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 <sup>ab</sup>	64.47 <sup>a-c</sup>	74.33 <sup>d-h</sup>	100.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>
	1.5	8.7 <sup>a-c</sup>	58.73 <sup>c-e</sup>	65.33 <sup>g-k</sup>	100.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>
	3	7.7 <sup>c-f</sup>	40.80 <sup>j-m</sup>	56.33 <sup>k-n</sup>	98.00 <sup>a</sup>	2.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>
	4.5	7.5 <sup>d-h</sup>	29.90 <sup>op</sup>	50.00 <sup>l-n</sup>	91.6 <sup>b-d</sup>	6.90 <sup>cd</sup>	1.50 <sup>c-e</sup>	0.00 <sup>e</sup>
	6	7.1 <sup>f-j</sup>	29.02 <sup>p</sup>	45.00 <sup>n-p</sup>	80.90 <sup>e</sup>	9.10 <sup>c</sup>	6.90 <sup>bc</sup>	3.10 <sup>d-f</sup>
ربیع Rabie	0.5	6.8 <sup>g-k</sup>	56.15 <sup>d-f</sup>	95.33 <sup>b</sup>	100.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>
	1.5	6.1 <sup>k-o</sup>	49.97 <sup>f-i</sup>	92.00 <sup>b-d</sup>	100.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>
	3	5.7 <sup>m-o</sup>	39.20 <sup>j-m</sup>	77.33 <sup>c-g</sup>	96.83 <sup>ab</sup>	3.17 <sup>c-e</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>
	4.5	5.5 <sup>o</sup>	35.67 <sup>m-p</sup>	46.33 <sup>m-o</sup>	84.05 <sup>de</sup>	7.94 <sup>cd</sup>	5.00 <sup>c</sup>	3.01 <sup>d-f</sup>
	6	5.2 <sup>o</sup>	30.20 <sup>n-p</sup>	33.33 <sup>q</sup>	60.30 <sup>f-g</sup>	20.70 <sup>b</sup>	9.90 <sup>ab</sup>	10.10 <sup>ab</sup>
سوپرنوا Super Nova	0.5	8.9 <sup>ab</sup>	64.20 <sup>a-c</sup>	81.00 <sup>b-f</sup>	100.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>
	1.5	8.2 <sup>b-e</sup>	62.13 <sup>b-d</sup>	69.67 <sup>f-j</sup>	100.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>
	3	7.6 <sup>d-g</sup>	48.50 <sup>f-i</sup>	58.67 <sup>j-m</sup>	97.85 <sup>ab</sup>	2.15 <sup>c-e</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>
	4.5	7.1 <sup>f-j</sup>	46.30 <sup>g-j</sup>	44.00 <sup>n-p</sup>	88.40 <sup>b-d</sup>	7.60 <sup>cd</sup>	4.00 <sup>cd</sup>	0.00 <sup>e</sup>
	6	6.6 <sup>h-l</sup>	41.97 <sup>i-l</sup>	41.67 <sup>op</sup>	54.91 <sup>g</sup>	29.09 <sup>a</sup>	10.90 <sup>a</sup>	5.10 <sup>cd</sup>
دی ۹۹ D99	0.5	8.4 <sup>b-d</sup>	55.72 <sup>d-f</sup>	71.00 <sup>e-i</sup>	100.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>
	1.5	8.2 <sup>b-e</sup>	56.20 <sup>c-f</sup>	75.33 <sup>d-h</sup>	100.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>
	3	7.6 <sup>d-g</sup>	51.72 <sup>e-h</sup>	69.67 <sup>f-j</sup>	100.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>
	4.5	6.3 <sup>j-n</sup>	44.37 <sup>b-k</sup>	65.67 <sup>g-k</sup>	98.55 <sup>a</sup>	1.45 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>
	6	5.7 <sup>no</sup>	41.73 <sup>i-l</sup>	55.67 <sup>k-n</sup>	86.91 <sup>b-d</sup>	7.09 <sup>cd</sup>	4.95 <sup>c</sup>	1.06 <sup>f-h</sup>
۱-۱۶ 1-16	0.5	7.7 <sup>d-g</sup>	64.60 <sup>a-c</sup>	102.00 <sup>a</sup>	100.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>
	1.5	7.2 <sup>f-i</sup>	58.90 <sup>c-f</sup>	101.67 <sup>a</sup>	100.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>
	3	6.5 <sup>i-m</sup>	43.23 <sup>h-l</sup>	98.00 <sup>ab</sup>	90.50 <sup>b-d</sup>	7.50 <sup>cd</sup>	2.00 <sup>c-e</sup>	0.00 <sup>e</sup>
	4.5	6.3 <sup>j-n</sup>	34.57 <sup>m-p</sup>	65.00 <sup>g-k</sup>	80.97 <sup>c</sup>	9.04 <sup>c</sup>	4.99 <sup>c</sup>	5.00 <sup>cd</sup>
	6	6.1 <sup>k-o</sup>	30.47 <sup>n-p</sup>	43.67 <sup>n-p</sup>	60.40 <sup>f</sup>	20.61 <sup>b</sup>	8.89 <sup>ab</sup>	11.10 <sup>a</sup>
۸-۲۴ 8-24	0.5	9.4 <sup>a</sup>	65.60 <sup>ab</sup>	95.00 <sup>b</sup>	100.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>
	1.5	9.4 <sup>a</sup>	67.38 <sup>a</sup>	91.00 <sup>b-c</sup>	100.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>
	3	8.6 <sup>a-c</sup>	63.50 <sup>bc</sup>	72.00 <sup>c-i</sup>	100.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>
	4.5	7.1 <sup>f-j</sup>	57.30 <sup>c-e</sup>	65.00 <sup>g-k</sup>	95.90 <sup>ab</sup>	3.05 <sup>c-e</sup>	1.05 <sup>c-e</sup>	0.00 <sup>e</sup>
	6	6.2 <sup>l-o</sup>	53.50 <sup>d-g</sup>	54.67 <sup>k-n</sup>	83.28 <sup>b-d</sup>	7.61 <sup>cd</sup>	6.10 <sup>bc</sup>	3.01 <sup>d-f</sup>

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 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، در سطوح شوری ۳، ۴/۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر و در ژنوتیپ‌های D99 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 D99 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، D99 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، تحت تأثیر 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 فلورسانس حداکثر را

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 (۳۵۶/۲۲) و ۱-۱۶ (۳۶۴/۷۸)، مشاهده شد. این نتایج با نتایج رنجبر و همکاران (۲۰۰۶)، مطابقت داشت (۲۶). آن‌ها اثر تنش شوری کلرید سدیم در چهار سطح (۰/۳،

۰/۷، ۰/۵ و ۱ دسی‌زیمنس بر متر مربع) را بر تغییرات کلروفیل فلورسانس دانه‌های 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 (۲۶).

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 <sub>o</sub>	فلورسانس حداکثر F <sub>m</sub>	دامنه فلورسانس F <sub>v</sub>	نسبت فلورسانس متغیر به فلورسانس حداکثر F <sub>v</sub> /F <sub>m</sub>
Pr > F	-	<0001	<0001	<0001	<0001	<0001	<0001	<0001
پرلس Perless	0.5	62.61 <sup>a-c</sup>	25.88 <sup>a-c</sup>	0.42 <sup>f-h</sup>	134.22 <sup>l-n</sup>	797.00 <sup>a</sup>	662.78 <sup>a</sup>	0.828 <sup>a</sup>
	1.5	54.91 <sup>c-f</sup>	22.85 <sup>c-f</sup>	0.42 <sup>f-h</sup>	134.00 <sup>l-n</sup>	763.44 <sup>a-d</sup>	629.44 <sup>a-d</sup>	0.824 <sup>ab</sup>
	3	28.10 <sup>l-p</sup>	12.36 <sup>l-p</sup>	0.44 <sup>d-f</sup>	136.02 <sup>k-m</sup>	738.33 <sup>d-f</sup>	613.33 <sup>b-e</sup>	0.805 <sup>a-c</sup>
	4.5	24.20 <sup>no</sup>	10.89 <sup>q</sup>	0.45 <sup>c-e</sup>	143.00 <sup>f-h</sup>	656.20 <sup>j-m</sup>	513.00 <sup>a-q</sup>	0.789 <sup>b-e</sup>
	6	26.02 <sup>m-o</sup>	11.97 <sup>n-p</sup>	0.46 <sup>b-d</sup>	145.44 <sup>f-h</sup>	640.89 <sup>k-n</sup>	495.44 <sup>p-s</sup>	0.773 <sup>c-e</sup>
ربیع Rabie	0.5	46.69 <sup>f-i</sup>	18.20 <sup>f-i</sup>	0.39 <sup>i-k</sup>	143.33 <sup>g-i</sup>	764.67 <sup>a-d</sup>	621.33 <sup>a-d</sup>	0.812 <sup>a-c</sup>
	1.5	35.56 <sup>i-l</sup>	14.59 <sup>i-n</sup>	0.40 <sup>b-j</sup>	146.00 <sup>f-h</sup>	745.00 <sup>b-e</sup>	599.00 <sup>c-f</sup>	0.797 <sup>d</sup>
	3	28.08 <sup>l-o</sup>	11.79 <sup>n-p</sup>	0.42 <sup>f-h</sup>	152.67 <sup>c-d</sup>	707.55 <sup>f-i</sup>	560.89 <sup>h-l</sup>	0.792 <sup>b-e</sup>
	4.5	16.71 <sup>p-r</sup>	7.51 <sup>r-t</sup>	0.45 <sup>c-e</sup>	161.89 <sup>b</sup>	701.89 <sup>f-j</sup>	540.00 <sup>i-m</sup>	0.769 <sup>d-f</sup>
	6	10.86 <sup>r</sup>	5.21 <sup>t</sup>	0.48 <sup>ab</sup>	166.89 <sup>a</sup>	523.11 <sup>r-t</sup>	356.22 <sup>w-x</sup>	0.659 <sup>j</sup>
سوپرنوا Super Nova	0.5	54.74 <sup>c-f</sup>	22.96 <sup>c-f</sup>	0.42 <sup>f-h</sup>	130.22 <sup>f</sup>	740.00 <sup>c-f</sup>	614.22 <sup>b-e</sup>	0.830 <sup>a</sup>
	1.5	48.46 <sup>e-h</sup>	21.07 <sup>d-g</sup>	0.42 <sup>f-h</sup>	131.48 <sup>p-r</sup>	723.00 <sup>d-g</sup>	591.11 <sup>d-g</sup>	0.817 <sup>ab</sup>
	3	36.64 <sup>i-l</sup>	15.76 <sup>h-l</sup>	0.43 <sup>c-g</sup>	132.00 <sup>n-p</sup>	697.89 <sup>e-j</sup>	565.89 <sup>g-k</sup>	0.81 <sup>a-c</sup>
	4.5	33.69 <sup>j-m</sup>	15.16 <sup>h-m</sup>	0.45 <sup>c-e</sup>	149.44 <sup>d-f</sup>	614.55 <sup>n-p</sup>	465.11 <sup>r-u</sup>	0.755 <sup>e-g</sup>
	6	24.70 <sup>no</sup>	12.11 <sup>m-p</sup>	0.49 <sup>a</sup>	149.67 <sup>d-f</sup>	499.78 <sup>l</sup>	350.11 <sup>x</sup>	0.689 <sup>ij</sup>
دی ۹۹ D99	0.5	42.10 <sup>g-j</sup>	15.99 <sup>h-l</sup>	0.37 <sup>k</sup>	131.67 <sup>p-r</sup>	754.89 <sup>b-e</sup>	623.22 <sup>a-d</sup>	0.826 <sup>a</sup>
	1.5	37.29 <sup>h-l</sup>	14.55 <sup>i-n</sup>	0.38 <sup>ik</sup>	132.55 <sup>p-r</sup>	727.87 <sup>d-g</sup>	595.22 <sup>c-g</sup>	0.818 <sup>ab</sup>
	3	35.96 <sup>j-l</sup>	14.50 <sup>i-n</sup>	0.39 <sup>i-k</sup>	133.44 <sup>l-p</sup>	715.44 <sup>e-h</sup>	582.00 <sup>d-h</sup>	0.813 <sup>a-c</sup>
	4.5	28.50 <sup>l-o</sup>	11.69 <sup>o-q</sup>	0.41 <sup>g-i</sup>	140.33 <sup>h-j</sup>	708.55 <sup>f-i</sup>	568.22 <sup>f-j</sup>	0.803 <sup>a-d</sup>
	6	18.57 <sup>p-r</sup>	8.17 <sup>q-s</sup>	0.44 <sup>d-f</sup>	142.44 <sup>g-i</sup>	680.55 <sup>h-k</sup>	538.11 <sup>j-n</sup>	0.790 <sup>b-e</sup>
۱-۱۶ 1-16	0.5	66.51 <sup>a</sup>	29.84 <sup>a</sup>	0.39 <sup>i-k</sup>	131.22 <sup>p-r</sup>	715.78 <sup>e-h</sup>	584.55 <sup>d-h</sup>	0.817 <sup>ab</sup>
	1.5	62.90 <sup>a-c</sup>	25.79 <sup>a-c</sup>	0.41 <sup>g-i</sup>	132.33 <sup>n-p</sup>	691.00 <sup>g-j</sup>	556.67 <sup>i-m</sup>	0.807 <sup>a-c</sup>
	3	45.18 <sup>f-g</sup>	20.78 <sup>e-h</sup>	0.46 <sup>b-d</sup>	138.77 <sup>i-k</sup>	651.67 <sup>j-m</sup>	512.89 <sup>o-r</sup>	0.787 <sup>b-e</sup>
	4.5	25.31 <sup>m-o</sup>	11.89 <sup>pq</sup>	0.47 <sup>c-e</sup>	147.33 <sup>c-g</sup>	591.44 <sup>o-q</sup>	444.11 <sup>tu</sup>	0.744 <sup>f-h</sup>
	6	15.09 <sup>qr</sup>	7.24 <sup>st</sup>	0.48 <sup>ab</sup>	153.55 <sup>cd</sup>	518.33 <sup>st</sup>	364.78 <sup>v-x</sup>	0.673 <sup>j</sup>
۸-۲۴ 8-24	0.5	44.58 <sup>f-j</sup>	17.82 <sup>g-i</sup>	0.40 <sup>h-j</sup>	131.88 <sup>o-q</sup>	723.00 <sup>d-g</sup>	591.11 <sup>d-g</sup>	0.817 <sup>ab</sup>
	1.5	50.16 <sup>d-g</sup>	21.57 <sup>d-g</sup>	0.41 <sup>g-i</sup>	132.11 <sup>n-p</sup>	721.89 <sup>d-g</sup>	589.78 <sup>d-i</sup>	0.816 <sup>ab</sup>
	3	40.88 <sup>h-k</sup>	17.17 <sup>g-k</sup>	0.42 <sup>f-h</sup>	133.33 <sup>l-p</sup>	708.55 <sup>f-i</sup>	575.22 <sup>e-k</sup>	0.811 <sup>a-c</sup>
	4.5	30.00 <sup>k-o</sup>	12.90 <sup>l-p</sup>	0.43 <sup>c-g</sup>	145.44 <sup>f-h</sup>	662.11 <sup>i-l</sup>	516.67 <sup>m-p</sup>	0.780 <sup>c-e</sup>
	6	24.81 <sup>no</sup>	11.42 <sup>pq</sup>	0.46 <sup>b-d</sup>	162.60 <sup>ab</sup>	640.80 <sup>k-n</sup>	478.20 <sup>qt</sup>	0.745 <sup>f-h</sup>

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.

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 ۶ دسی‌زیمنس بر متر، آبیاری شده بودند، مشاهده شد. میزان کاهش شاخص کلروفیل در بین ژنوتیپ‌های بررسی شده با یکدیگر اختلاف معنی‌داری را نشان داد. بیش‌ترین میزان کاهش شاخص کلروفیل در برگ‌های ژنوتیپ‌های ربیع، سوپرنوا و ۱-۱۶ و کم‌ترین میزان کاهش آن به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های D99 و ژنوتیپ ۸-۲۴ در مقایسه با گیاهان شاهد مشاهده شد (جدول ۶). نتایج حاصل از این بخش با نتایج مومن‌پور و همکاران (۲۰۱۵) و راحمی و همکاران (۲۰۰۸)، مطابقت داشت (۲۱) و (۲۶). 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 ۶) محتوی رطوبت نسبی با اعمال تنش شوری به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. محتوی رطوبت نسبی برگ‌ها از ۸۵/۳۴ درصد در برگ‌های گیاهان شاهد ژنوتیپ ۱-۱۶ تا ۵۷/۰۹ درصد در برگ‌های همین ژنوتیپ تحت اعمال تیمار شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر، کاهش یافت. ژنوتیپ‌های D99، سوپرنوا و ۸-۲۴، 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

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 تنش 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 ۱-۱۶، بیش از سایر ژنوتیپ‌ها بود. بنابراین حساسیت این ژنوتیپ‌ها به تنش شوری در سطوح ۴/۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر بیش‌تر از سایر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بوده است. در نقطه مقابل، ژنوتیپ D99 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، ۱۴ 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 پراانرژی، تشکیل رادیکال‌های آزاد، آشفته‌گی ترکیبات پیچیده برداشت‌کننده نور و

ژنوتیپ‌های ۱۶-۱ (۸۲/۹۰ درصد) و ربیع (۸۱/۲۴ درصد)، تحت تیمار ۶ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. میزان افزایش درصد نشت یونی نسبی در ژنوتیپ D99 تنها در سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به گیاهان شاهد معنی‌دار بود (جدول ۶). 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 (۴ 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).

صفات ریخت‌شناسی نشان داده بود که 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. 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

جدول ۶- 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	سطوح شوری	شاخص کلرفیل	محتوای نسبی آب	نشت یونی نسبی	ژنوتیپ	سطوح شوری	شاخص کلرفیل	محتوای نسبی آب	نشت یونی نسبی
Genotypes	Levels of salinity (ds/m)	(SPAD)	Relative water content (%)	Relative ionic leakage (%)	Genotypes	Levels of salinity (ds/m)	(SPAD)	Relative water content (%)	Relative ionic leakage (%)
	Pr > F	<0001	<0001	<0001		Pr > F	<0001	<0001	<0001
پرلس Perless	0.5	50.05 <sup>g-i</sup>	81.09 <sup>a-d</sup>	48.05 <sup>i-k</sup>	دی ۹۹ D99	0.5	50.20 <sup>g-i</sup>	83.49 <sup>a-c</sup>	49.00 <sup>h-k</sup>
	1.5	49.43 <sup>h-j</sup>	79.75 <sup>c-f</sup>	49.62 <sup>h-k</sup>		1.5	49.85 <sup>h-j</sup>	84.32 <sup>ab</sup>	52.46 <sup>g-k</sup>
	3	48.11 <sup>i-k</sup>	78.36 <sup>d-g</sup>	53.99 <sup>f-i</sup>		3	48.93 <sup>g-j</sup>	79.96 <sup>c-f</sup>	54.85 <sup>f-i</sup>
	4.5	46.94 <sup>j-l</sup>	76.48 <sup>e-j</sup>	61.24 <sup>d-g</sup>		4.5	49.03 <sup>i-l</sup>	75.0 <sup>h-k</sup>	57.96 <sup>e-h</sup>
	6	45.05 <sup>l-n</sup>	71.30 <sup>j-l</sup>	65.09 <sup>c-f</sup>		6	45.50 <sup>l-n</sup>	71.49 <sup>j-l</sup>	70.09 <sup>b-c</sup>
ربیع Rabie	0.5	48.50 <sup>i-k</sup>	81.49 <sup>a-d</sup>	49.08 <sup>h-k</sup>	۱-۱۶ 1-16	0.5	51.43 <sup>f-h</sup>	85.34 <sup>a</sup>	52.02 <sup>g-j</sup>
	1.5	46.05 <sup>k-m</sup>	78.11 <sup>d-h</sup>	52.98 <sup>g-k</sup>		1.5	50.87 <sup>g-i</sup>	82.90 <sup>a-d</sup>	56.26 <sup>e-h</sup>
	3	44.43 <sup>m-o</sup>	78.05 <sup>e-h</sup>	57.61 <sup>e-h</sup>		3	47.53 <sup>j-l</sup>	78.09 <sup>e-h</sup>	64.78 <sup>c-f</sup>
	4.5	43.94 <sup>n-p</sup>	74.94 <sup>h-k</sup>	70.40 <sup>b-e</sup>		4.5	45.43 <sup>l-n</sup>	63.00 <sup>no</sup>	73.96 <sup>a-d</sup>
	6	39.00 <sup>q</sup>	60.11 <sup>o</sup>	81.32 <sup>ab</sup>		6	41.43 <sup>pq</sup>	57.09 <sup>p</sup>	82.90 <sup>a</sup>
سوپرنوا Super Nova	0.5	57.27 <sup>b</sup>	82.87 <sup>a-d</sup>	47.65 <sup>k</sup>	۸-۲۴ 8-24	0.5	62.09 <sup>a</sup>	82.72 <sup>a-d</sup>	48.00 <sup>ik</sup>
	1.5	57.03 <sup>b</sup>	80.77 <sup>b-e</sup>	50.05 <sup>h-k</sup>		1.5	61.00 <sup>a</sup>	80.76 <sup>b-c</sup>	49.51 <sup>h-k</sup>
	3	53.11 <sup>d-f</sup>	78.05 <sup>e-h</sup>	52.09 <sup>g-k</sup>		3	58.85 <sup>ab</sup>	79.15 <sup>c-f</sup>	52.36 <sup>g-k</sup>
	4.5	49.09 <sup>h-j</sup>	74.99 <sup>h-k</sup>	64.09 <sup>c-f</sup>		4.5	54.00 <sup>c-e</sup>	77.49 <sup>f-i</sup>	60.85 <sup>d-g</sup>
	6	42.43 <sup>o-q</sup>	64.94 <sup>mn</sup>	74.11 <sup>a-d</sup>		6	50.10 <sup>g-i</sup>	71.15 <sup>j-l</sup>	69.72 <sup>b-c</sup>

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.

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 D99، پرلس و ۸-۲۴ با افزایش شوری تا سطح ۶ دسی‌زیمنس بر متر افزایش یافت. میزان افزایش در غلظت پتاسیم در سطوح شوری ۴/۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر تنها در ژنوتیپ D99 نسبت به سطح شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر معنی‌دار بود. این نتایج نشان می‌دهد که ژنوتیپ D99 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 پروتئین‌کیناز مؤثر می‌باشد و اثرات مخرب سدیم را کاهش می‌دهد (۳۳ و ۳۴). 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).

نتایج حاصل از 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 ۶ دسی‌زیمنس بر متر، مشاهده شد. غلظت سدیم در برگ‌های ژنوتیپ D99 در سطح شوری ۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌دار و در سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور غیرمعنی‌داری از سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده کم‌تر بود. درصد افزایش غلظت سدیم در برگ‌های این ژنوتیپ تنها در سطح شوری ۶ 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 ۳۴).

بر اساس نتایج به‌دست آمده، ژنوتیپ‌های مطالعه شده عکس‌العمل‌های متفاوتی در پاسخ به تنش شوری از خود نشان دادند. با افزایش شوری، غلظت

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<sup>+</sup> and Na<sup>+</sup> contents of almond.

ژنوتیپ Genotypes	سطوح شوری Levels of salinity (ds/m)	سدیم Na (%)	پتاسیم K (%)	نسبت سدیم به پتاسیم Na <sup>+</sup> /K <sup>+</sup>	ژنوتیپ Genotypes	سطوح شوری Levels of salinity (ds/m)	سدیم Na (%)	پتاسیم K (%)	نسبت سدیم به پتاسیم Na <sup>+</sup> /K <sup>+</sup>
Pr > F	-	<0001	<0001	<0001	Pr > F	-	<0001	<0001	<0001
پرلس Perless	0.5	0.33 <sup>i-k</sup>	0.89 <sup>j-n</sup>	0.37 <sup>i-k</sup>	دی ۹۹ D99	0.5	0.26 <sup>jk</sup>	0.90 <sup>j-n</sup>	0.29 <sup>jk</sup>
	1.5	0.46 <sup>h-j</sup>	0.98 <sup>i-l</sup>	0.47 <sup>h-j</sup>		1.5	0.29 <sup>jk</sup>	0.95 <sup>i-l</sup>	0.30 <sup>jk</sup>
	3	0.63 <sup>f-h</sup>	1.05 <sup>h-k</sup>	0.60 <sup>g-h</sup>		3	0.38 <sup>h-k</sup>	1.10 <sup>g-j</sup>	0.34 <sup>i-k</sup>
	4.5	0.75 <sup>e-g</sup>	1.12 <sup>g-j</sup>	0.67 <sup>f-h</sup>		4.5	0.49 <sup>i-k</sup>	1.26 <sup>e-h</sup>	0.39 <sup>i-k</sup>
	6	1.10 <sup>cd</sup>	1.06 <sup>h-k</sup>	1.04 <sup>b-d</sup>		6	0.95 <sup>d-f</sup>	1.35 <sup>d-h</sup>	0.69 <sup>f-h</sup>
ربیع Rabie	0.5	0.24 <sup>k</sup>	0.81 <sup>l-n</sup>	0.29 <sup>jk</sup>	۱-۱۶ 1-16	0.5	0.40 <sup>h-k</sup>	1.65 <sup>a-d</sup>	0.23 <sup>k</sup>
	1.5	0.30 <sup>jk</sup>	1.01 <sup>i-l</sup>	0.30 <sup>jk</sup>		1.5	0.53 <sup>g-i</sup>	1.75 <sup>a-c</sup>	0.30 <sup>jk</sup>
	3	0.50 <sup>g-i</sup>	1.14 <sup>g-j</sup>	0.43 <sup>h-j</sup>		3	0.77 <sup>e-g</sup>	1.76 <sup>a-c</sup>	0.44 <sup>h-j</sup>
	4.5	0.75 <sup>e-g</sup>	1.08 <sup>h-k</sup>	0.69 <sup>f-h</sup>		4.5	1.55 <sup>b</sup>	1.58 <sup>c-f</sup>	0.98 <sup>bc</sup>
	6	1.08 <sup>c-e</sup>	1.01 <sup>h-l</sup>	1.07 <sup>b-d</sup>		6	2.10 <sup>a</sup>	1.49 <sup>d-g</sup>	1.40 <sup>a</sup>
سوپرنوا Super Nova	0.5	0.36 <sup>i-k</sup>	1.68 <sup>a-d</sup>	0.21 <sup>k</sup>	۸-۲۴ 8-24	0.5	0.30 <sup>i-k</sup>	0.80 <sup>n</sup>	0.37 <sup>i-k</sup>
	1.5	0.47 <sup>h-j</sup>	1.79 <sup>ab</sup>	0.27 <sup>jk</sup>		1.5	0.40 <sup>h-k</sup>	0.86 <sup>k-n</sup>	0.46 <sup>h-j</sup>
	3	0.64 <sup>f-h</sup>	1.85 <sup>a</sup>	0.35 <sup>i-k</sup>		3	0.53 <sup>g-i</sup>	0.95 <sup>i-m</sup>	0.55 <sup>g-i</sup>
	4.5	1.36 <sup>bc</sup>	1.64 <sup>b-c</sup>	0.82 <sup>d-f</sup>		4.5	0.67 <sup>f-h</sup>	1.05 <sup>h-k</sup>	0.63 <sup>f-h</sup>
	6	2.01 <sup>a</sup>	1.59 <sup>c-f</sup>	1.25 <sup>ab</sup>		6	1.00 <sup>cd</sup>	1.03 <sup>h-k</sup>	0.97 <sup>bc</sup>

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.

سدیم به پتاسیم در سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر در برگ‌های ژنوتیپ‌های ۱-۱۶ (۱/۴۰) و D99 (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 D99 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

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 ۱-۱۶ و پرلس در سطوح شوری ۳، ۴/۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر و در ژنوتیپ‌های ربیع، سوپرنوا و ۸-۲۴ در سطوح شوری ۴/۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر و در ژنوتیپ D99 تنها در سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به گیاهان شاهد معنی‌دار بود. در مجموع بیش‌ترین و کم‌ترین نسبت

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 اندازه‌گیری شده در بین ژنوتیپ‌های مطالعه شده با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند. در این پژوهش در مجموع، ژنوتیپ D99 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 ۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر را تحمل نماید. با توجه به این‌که آستانه تحمل به شوری ارقام بادام، ۱/۵ 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.

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 ۳۴).

### 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

### منابع

- 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.
- Chen, S., Li, J., Wang, S., Huttermann, A. and Altman, A. 2001. Salt, nutrient uptake and transport, and ABA of *Populus euphratica*; a hybrid in response to increasing soil NaCl. Trees-Struct Funct. 15: 186-194.
- Deall, J.R. and Toivonen, P.M.A. 2003. Practical Applications of Chlorophyll Fluorescence in Plant Biology. Kluwer Academic Publish. Boston, Dordrecht, London.
- Dexter, S.T., Tottingham, W.E. and Graber, L.F. 1930. Preliminary results in measuring the hardness of plants. J. Plant Physiol. 5: 215-223.
- Dexter, S.T., Tottingham, W.E. and Graber, L.F. 1932. Investigations of the hardness of plants by measurement of electrical conductivity. J. Plant Physiol. 7: 63-78.
- 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.



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<sub>2</sub> 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 Resources 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. Biophys. 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<sub>677</sub> 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<sub>677</sub> 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 GF<sub>677</sub> 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<sub>677</sub> 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 GF<sub>677</sub> (*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<sub>677</sub> 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.

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 fluorescence 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<sup>+</sup> 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<sub>4</sub><sup>+</sup>-stimulated and -inhibited components of K<sup>+</sup> 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.