

ارزیابی پایه‌ها و دورگ‌های بین‌گونه‌ای جنس پسته (*Pistacia sp.*) در شرایط تنش شوری بر

اساس برخی شاخص‌های مورفوفیزیولوژیک در شرایط گلخانه

حسین سجادیان^{۱*}، حجت هاشمی‌نسب^۲

تاریخ ارسال: ۱۳۹۹/۰۳/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۱۰

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی اثر تنش شوری ناشی از افزایش کلرید سدیم بر برخی شاخص‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک پایه‌ها و دورگ‌های بین‌گونه‌ای جنس پسته و انتخاب پایه‌های متحمل انجام گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی طراحی و اجرا گردید. فاکتورها شامل چهار پایه بادامی ریز زرد، قزوینی، دورگ‌های بین گونه‌ای اینتگریمما × بادامی ریز زرد و اینتگریمما × قزوینی) و سه سطح شوری (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) با سه تکرار در بستر کوکوپیت و پرلیت بود. نتایج نشان داد در پایه‌های مورد مطالعه با افزایش سطح شوری ارتفاع ساقه، تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر و خشک برگ، وزن تر و خشک ساقه، وزن تر و خشک ریشه، محتوای نسبی آب برگ،

پتاسیم برگ و نسبت پتاسیم به سدیم کاهش و میزان نشت یونی، پرولین و سدیم برگ افزایش یافت. بیشترین ارتفاع ساقه در دورگ اینتگریمما × قزوینی مشاهده شد. به علاوه بیشترین تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر و خشک برگ، وزن تر و خشک ساقه، وزن تر و خشک ریشه، محتوای نسبی آب برگ، میزان پرولین برگ، پتاسیم برگ و نسبت پتاسیم به سدیم مربوط به پایه قزوینی و کمترین مقدار مربوط به دورگ اینتگریمما × بادامی ریز زرد بود. بیشترین میزان نشت یونی و سدیم برگ در دورگ اینتگریمما × بادامی ریز زرد مشاهده گردید. با توجه به نتایج این پژوهش به نظر می‌رسد پایه قزوینی و دورگ اینتگریمما × قزوینی تحمل بالاتر و دورگ اینتگریمما × بادامی ریز زرد حساسیت بیشتر نسبت به تنش شوری دارند.

واژه‌های کلیدی: پسته، تحمل، دورگ‌گیری، شوری

^۱ عضو هیأت علمی گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

* نویسنده مسئول: hssajadian@yahoo.com

^۲ هیأت علمی پژوهشی، پژوهشکده پسته، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان، ایران

مقدمه

میزان عملکرد درختان پسته است (Sohrabi *et al.*,

2011). در گیاه افزایش شوری باعث تجزیه پروتئین‌ها شده که در نتیجه آن میزان پروتئین افزایش می‌یابد. پروتئین باعث افزایش فشار اسمزی سلول، حفظ آماس سلولی، حفظ ساختار پروتئین‌ها و در نتیجه حفظ ثبات غشا سلولی می‌شود (Rohman *et al.*, 2010).

سالانه بیش از ۴ هزار هکتار از باغات پسته استان کرمان در اثر شوری خشکیده و از چرخه اقتصادی خارج می‌شوند. با توجه به ارزش اقتصادی باغات پسته و ارزآوری بالای آن در بین محصولات کشاورزی و استقرار اکثر باغات پسته در اراضی شور و نیمه شور، اصلاح ژنتیکی پسته در جهت تحمل به شوری امری ضروری و اساسی‌ترین راه‌حل جهت برون رفت از این چالش محیطی می‌باشد (قنبری و همکاران، ۱۳۹۴). با توجه به این که پایه نقشی مهم در ایجاد تحمل به تنش شوری دارد، شناسایی و گزینش پایه‌های متحمل به شوری در برنامه‌های به‌نژادی اهمیت دارد. در برخی از کشورها از دورگه‌های بین گونه‌ای به عنوان پایه‌های متحمل به تنش‌های غیرزیستی استفاده می‌شود (افرنگان و همکاران، ۱۳۹۶).

گونه اینتگریمما که به عنوان پایه در آمریکا معرفی شده است پایه‌ای حساس به شوری اما دارای سرعت رشد بالایی نسبت به سایر گونه‌ها به ویژه گونه اهلی می‌باشد و سریع‌تر به مرحله باردهی می‌رسد.

شوری آب و خاک به طور روزافزون تهدیدی جدی برای کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک مانند ایران محسوب می‌شود (رنجبر و پیرسته انوشه، ۱۳۹۴). درخت پسته در مقایسه با سایر درختان میوه و خشکبار از مقاومت بیشتری به آب و خاک شور و قلیائی برخوردار است و به عنوان گیاهی سازگار با شرایط نامساعد محیطی شناخته می‌شود (Ferguson & Haviland, 2016). تنش شوری از مهم‌ترین عوامل محیطی محدود کننده تولید و گسترش پسته در ایران می‌باشد که علاوه بر کاهش کمی محصول سبب کاهش کیفیت و برهم خوردن الگوی سال‌آوری آن نیز می‌گردد (مهرنژاد و جوانشاه، ۱۳۸۹). شوری سبب افزایش تجمع یون‌های سدیم، کلر و بور در بافت‌های چوبی و برگ‌های پسته گردیده و ایجاد مسمومیت می‌نماید. مسمومیت‌های ناشی از تجمع این یون‌ها سبب حاشیه سوختگی و توسعه بافت مرده در بین رگبرگ‌ها شده و باعث ایجاد اختلال شدیدی در فرآیند فتوسنتز و نابودی کامل برگ‌ها و در نهایت خشکی کامل و یا بخشی از سطح سبزینه درخت می‌شود (علی‌پور و همکاران، ۱۳۹۲؛ Ferguson & Haviland, 2016). ابطحی (۱۳۸۰) بیان کرد افزایش شوری در پسته موجب کاهش رشد ساقه و برگ می‌شود و برگ حساسیت بیشتری نسبت به شوری دارد. همچنین گزارش شده است تنش شوری یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر

کیسه‌های پارچه‌ای غیر قابل نفوذ به گرده پوشانده شد (علی‌پور و همکاران، ۱۳۹۲).

جمع‌آوری و آماده‌سازی دانه‌های گرده گونه اینتگریمما به عنوان والد نر از کلکسیون پژوهشکده پسته در اواخر اسفندماه سال ۱۳۹۵ صورت پذیرفت. بهترین زمان جمع‌آوری گل‌ها جهت تهیه گرده پسته زمانی است که یک سوم از بساک‌های گل باز شده باشند و رنگ گل‌ها از قرمز به زرد متمایل شده است. گرده‌ها تا زمان گرده‌افشانی در ظروف شیشه‌ای در فریزر و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری گردیدند. به دلیل متفاوت بودن ارقام ماده، عمل گرده‌افشانی از اواسط تا اواخر فروردین سال ۱۳۹۶ در مرحله اوج گل‌دهی (زمانی که قسمت اعظم گل‌های خوشه باز شده و به رنگ صورتی و کلاله‌های هر گل به رنگ سفید-شیری بود) در سه نوبت و یک روز در میان انجام گرفت. به منظور جلوگیری از آلودگی گل با دیگر گرده‌ها و همچنین به دلیل سهولت انجام کار، گرده‌ها توسط سرنگ ۵۰ سی‌سی داخل کیسه عایق تزریق شد. در اردیبهشت‌ماه هنگامی که کلاله‌ی گل‌ها قهوه‌ای رنگ و میوه‌ها به اندازه دانه ارزن رسیدند کیسه‌ها از روی شاخه‌ها برداشته و شاخه‌ها علامت‌گذاری شدند. در نیمه دوم شهریورماه برداشت میوه‌ها انجام گرفت. در مرحله دوم آزمایش، کشت بذور بادامی ریز زرنده، قزوینی و دورگه‌های حاصل از قسمت نخست آزمایش یعنی اینتگریمما × بادامی ریز زرنده و اینتگریمما × قزوینی در

بنابراین می‌توان از آن به عنوان یک والد پر رشد در تلاقی با پایه‌های متداول در باغات پسته کشور بهره برد (هاشمی‌نسب و افروشه، ۱۳۹۷).

هدف این تحقیق، تولید دورگه‌های حاصل از تلاقی اینتگریمما با پایه‌های بادامی ریز زرنده و قزوینی با هدف بهبود و تسریع رشد پایه‌های اهلی و همچنین یافتن متحمل‌ترین پایه نسبت به تنش شوری با بررسی برخی شاخص‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش به منظور ارزیابی تحمل پایه‌ها و دورگ‌های بین‌گونه‌ای جنس پسته به شوری، دو پایه اهلی بادامی ریز زرنده و قزوینی به عنوان والد ماده و پایه اینتگریمما (*P. integerrima*) به عنوان والد نر مورد استفاده قرار گرفت. این آزمایش در دو مرحله انجام شد. در مرحله اول به منظور تهیه بذور دورگ، تلاقی‌های مورد نظر در کلکسیون پژوهشکده پسته واقع در رفسنجان انجام گرفت. در اواسط اسفندماه ۱۳۹۵ ابتدا از هر والد ماده سه درخت و از هر درخت پنج شاخه که دارای چهار جوانه گل بود انتخاب گردید. چهار شاخه برای گرده‌افشانی کنترل شده و یک شاخه جهت گرده‌افشانی آزاد در نظر گرفته شد. سن درختان ۳۵ سال بود. قبل از باز شدن کامل خوشه‌های گل، بر روی شاخه‌ها الکل ۷۰٪ اسپری شد تا از احتمال وجود گرده‌های ناخواسته جلوگیری گردد. شاخه‌ها توسط

در پایان آزمایش برخی شاخص‌های مورفولوژیک شامل ارتفاع ساقه، تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر و خشک برگ، وزن تر و خشک ساقه، وزن تر و خشک ریشه و برخی شاخص‌های فیزیولوژیک شامل محتوای نسبی آب برگ، نشت یونی برگ، پرولین برگ و عناصر غذایی سدیم و پتاسیم برگ مورد بررسی قرار گرفت.

اندازه‌گیری ارتفاع ساقه از محل طوقه تا مریستم انتهایی با استفاده از خط‌کش و سطح برگ با استفاده از دستگاه سنجش سطح برگ مدل CI-202 انجام شد. برای اندازه‌گیری وزن تر ابتدا گیاه را به سه قسمت برگ، ساقه و ریشه تقسیم و هر کدام جداگانه توزین شدند. برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و سپس وزن گردیدند.

برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ ابتدا دیسک‌هایی از قسمت میانی پهنک برگ به قطر ۶ میلی‌متر تهیه و پس از تعیین وزن تر، نمونه‌ها به پتری‌های درب‌دار حاوی آب مقطر منتقل و به مدت ۶ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در تاریکی قرار گرفتند. سپس وزن آماس آن‌ها اندازه‌گیری شد. پس از آن نمونه‌ها در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت نگهداری تا خشک شدند و دوباره وزن آن‌ها اندازه‌گیری و محتوای نسبی آب برگ با استفاده

نیمه دوم اسفندماه ۱۳۹۶ در گلخانه پژوهشکده پسته انجام شد. بذور ابتدا به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر خیسانده شده و به منظور ضدعفونی به مدت ۱۰ دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم ۵ درصد قرار داده شدند. سپس بذور با آب مقطر ۳ مرتبه شستشو شده و در نهایت به مدت ۱ ساعت در قارچ‌کش کاپتان با غلظت ۲ در هزار قرار گرفتند. در هر گلدان حاوی ۳/۵ کیلوگرم آمیخته کوکوپیت و پرلیت (با نسبت حجمی ۷۰ به ۳۰) سه بذر کشت شد. آبیاری گلدان‌ها تا مرحله دو برگی با آب شهری صورت گرفت. سپس برای تغذیه دانه‌ها آبیاری آن‌ها با محلول غذایی با نصف غلظت محلول غذایی هوگلند (Hoagland & Arnon, 1950) انجام شد. تنش شوری در سطوح مختلف با غلظت‌های صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار در دانه‌های ۴ ماهه از اوایل مردادماه از طریق انحلال مقادیر مناسب کلرید سدیم در محلول غذایی هوگلند به صورت تدریجی اعمال گردید. آبیاری گلدان‌ها هر دو روز یک بار به گونه‌ای انجام می‌شد که ۲۰ درصد آب آبیاری جهت شستشوی املاح از طریق زهکش خارج شود تا سطح شوری بستر داخل گلدان ثابت بماند. در طول دوره انجام تیمار شوری بیشینه دمای گلخانه ۳۵ درجه سانتی‌گراد و کمینه دمای گلخانه ۲۰ درجه سانتی‌گراد ثبت شد. گیاهان به مدت ۶۰ روز در شرایط تنش شوری نگه داشته شدند.

گرفت. برای تعیین غلظت پرولین یک میلی‌لیتر عصاره الکلی فوق‌الذکر با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر رقیق شد و ۵ میلی‌لیتر معرف ناین هیدرین (مخلوط ۱/۲۵ گرم ناین هیدرین در ۳۰ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال و ۲۰ میلی‌لیتر اسید فسفریک ۶ مولار) به آن اضافه گردید و پس از افزودن ۵ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال به آن و هم زدن به مدت چند ثانیه با دست، محلول به مدت ۴۵ دقیقه در حمام آب گرم قرار گرفت. پس از خارج کردن نمونه‌ها از حمام آب گرم و خنک کردن آن‌ها، ۱۰ میلی‌لیتر بنزن به آن‌ها اضافه و با همزن مکانیکی مخلوط شدند تا پرولین وارد فاز بنزن شود. نمونه‌ها ۳۰ دقیقه به حال ساکن رها و میزان جذب با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۵ نانومتر قرائت گردید.

پس از اتمام دوره آزمایش برای اندازه‌گیری عناصر غذایی، برگ‌های انتهایی گیاه جدا و پس از شستشوی دقیق، به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. پس از خشک شدن برگ‌ها، نمونه‌ها با آسیاب برقی پودر شدند، سپس در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند تا نمونه‌ها به خاکستر تبدیل شدند. عصاره‌گیری با استفاده از ۱۰ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک ۲ نرمال و آب مقطر و رساندن به حجم ۵۰ میلی‌لیتر انجام گرفت (امامی، ۱۳۷۵). در عصاره به دست آمده غلظت سدیم

از فرمول زیر محاسبه گردید (Yamasaki & Dillenburg, 1999).

(وزن خشک - وزن تر) = محتوای نسبی آب برگ / ۱۰۰ × (وزن خشک - وزن آماس)
 نشت یونی برگ به روش Sairam (۱۹۹۴)
 اندازه‌گیری گردید. بر اساس این روش ۰/۱ گرم برگ داخل ۱۰ میلی‌لیتر آب دو بار تقطیر شده قرار گرفت. بعد از آن نمونه به مدت ۳۰ دقیقه داخل آب ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و میزان هدایت الکتریکی (نشت ابتدایی) هر نمونه با استفاده از دستگاه EC متر اندازه‌گیری شد. سپس نمونه به مدت ۱۵ دقیقه درون بن ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده و برای بار دوم میزان هدایت الکتریکی (نشت نهایی) اندازه‌گیری و درصد نشت یونی از رابطه ذیل محاسبه شد.

۱۰۰ × نشت نهایی / نشت ابتدایی = درصد نشت یونی
 اندازه‌گیری پرولین برگ به روش Paquin & Lechasseur (۱۹۷۹) انجام گرفت. برای استخراج پرولین، ۰/۵ گرم برگ تر با استفاده از ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد در هاون چینی سائیده و محلول حاصل به لوله فالکون اضافه و عمل استخراج دو بار و هر بار با ۵ میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصد تکرار شد. مخلوط حاصل به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ و پس از جداسازی فاز مایع از جامد، قسمت مایع برای استخراج پرولین مورد استفاده قرار

کاهش رشد گیاه در تنش شوری است (Grattan & Grieve, 1999). نمک‌های محلول در خاک باعث افزایش فشار اسمزی و کاهش پتانسیل کل آب خاک می‌شوند و در نتیجه میزان دسترسی گیاه به آب محدود و جذب آب از ریشه کاهش می‌یابد که در نهایت باعث کاهش رشد می‌شود (Ahmed et al., 2015). مطابق با نتایج این پژوهش Karimi et al. (۲۰۰۹) گزارش کردند با افزایش غلظت کلرید سدیم در خاک، رشد اندام هوایی در هر دو رقم پسته بادامی ریز و قزوینی کاهش یافت. یافته‌های حاصل از مطالعه علی‌پور و همکاران (۱۳۹۶) در دانه‌های ارقام تجاری و ژنوتیپ‌های محلی پسته نشان داد با افزایش شوری از ۰/۶ به ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر، ارتفاع نهال کاهش یافت. همچنین مؤمن‌پور و همکاران (۱۳۹۵) بیان کردند با اعمال تنش شوری و افزایش غلظت آن در ۱۴ رقم پسته ارتفاع ساقه کاهش یافت. در یک بررسی روی پسته گزارش شد در شرایط تنش شوری به هم خوردن تعادل جذب عناصر غذایی توسط ریشه باعث کاهش خصوصیات رشدی نهال می‌شود (Sepaskhah & Maftoun, 1982). نتایج پژوهش حاضر با نتایج مظفری و خورشیدی جلالی (۱۳۹۷) در پسته، مینازاده و همکاران (۱۳۹۷) در انگور و مؤمن‌پور و همکاران (۱۳۹۴) ب) در بادام که بیانگر کاهش رشد گیاه در پی افزایش سطح شوری است مطابقت داشت.

ب- تعداد برگ

و پتاسیم توسط دستگاه فلیم فتومتر (Jenway, PFP7, UK) اندازه‌گیری گردید.

این آزمایش به صورت فاکتوریل (۳×۴) در قالب طرح کاملاً تصادفی شامل دو فاکتور ژنوتیپ و سه سطح تنش شوری کلرید سدیم با سه تکرار و ۹ دانه‌ال در هر تکرار اجرا شد. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

الف- ارتفاع ساقه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر شوری و پایه بر ارتفاع ساقه در سطح یک درصد معنی‌دار اما برهمکنش پایه و شوری معنی‌دار نشد (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد با افزایش شوری در آب آبیاری ارتفاع ساقه کاهش یافت و کمترین ارتفاع ساقه در سطح شوری ۲۰۰ میلی‌مولار مشاهده شد (جدول ۲). به عبارت دیگر با افزایش شوری به ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، ارتفاع ساقه به ترتیب ۱۳/۹ و ۲۳/۷ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. بیشترین ارتفاع ساقه پایه‌های پسته در سطوح مختلف شوری مربوط به دورگ اینتگریمما × قزوینی بود (جدول ۳). با افزایش شوری خاک مهمترین واکنش گیاهان، کوچک شدن اندازه و کاهش آهنگ رشد است (حیدری شریف آباد، ۱۳۸۰). سمیت یونی از مهم‌ترین علل

سطح برگ در دورگ اینتگریمما × بادامی ریز زرد به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با پایه‌های قزوینی، دورگ اینتگریمما × قزوینی و بادامی ریز زرد نشان داد (جدول ۳).

یکی از اولین پاسخ‌های مورفولوژیک گیاه در برابر تنش شوری کاهش سطح برگ می‌باشد و این‌گونه به نظر می‌رسد گیاه با این مکانیسم سعی در حفظ آب در بافت‌های خود را دارد (مردانی و همکاران، ۱۳۸۹). همچنین کاهش توسعه سطح برگ سریع‌ترین واکنش گیاه در مقابله با تنش شوری، به علت کاهش فتوسنتز است و با افزایش شدت تنش، رشد و توسعه سطح برگ متوقف می‌شود (Zhu, 2001). Karimi et al. (۲۰۱۴) بیان داشتند از دلایل کاهش رشد پایه‌های پسته در تنش شوری کاهش تعداد برگ، سطح برگ و انباشت و سمیت یون‌های سدیم و کلر می‌باشد.

همسو با نتایج بدست آمده، علی‌پور و همکاران (۱۳۹۶) نشان دادند در دانه‌های ارقام تجاری و ژنوتیپ‌های محلی پسته با افزایش شوری تعداد برگ و سطح برگ کاهش یافت. همچنین در پژوهشی، با افزایش شوری سطح برگ در هر سه پایه پسته مورد مطالعه (بادامی ریز زرد، بنه باغی تیپ رشدی پسته و بنه باغی تیپ رشدی بنه) کاهش یافت (افرنگان و همکاران، ۱۳۹۶). گزارش شده است در دانه‌های پسته رقم بادامی زرد شوری موجب کاهش معنی‌دار تعداد برگ و سطح برگ گردیده است. بدین صورت که

طبق نتایج تجزیه واریانس اثر شوری و پایه بر تعداد برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش غلظت کلرید سدیم در آب آبیاری تعداد برگ کاهش و در سطح شوری ۲۰۰ میلی‌مولار به کمترین تعداد رسید (جدول ۲). نتایج نشان داد سطوح شوری ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم به ترتیب ۲۲ و ۴۴ درصد تعداد برگ را نسبت به شاهد کاهش داد. با مقایسه میانگین داده‌ها بیشترین تعداد برگ در پایه قزوینی (۱۵/۴۴ عدد) و دورگ اینتگریمما × قزوینی (۱۴/۵۵ عدد) به دست آمد. کمترین تعداد برگ در دورگ اینتگریمما × بادامی ریز زرد (۱۰/۸۸ عدد) مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با پایه قزوینی و دورگ اینتگریمما × قزوینی نشان داد (جدول ۳).

ج- سطح برگ

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر شوری و پایه در سطح یک درصد بر سطح برگ معنی‌دار اما برهمکنش پایه و شوری معنی‌دار نبود (جدول ۱). طبق مقایسه میانگین‌ها با افزایش شوری، سطح برگ کاهش یافت. بیشترین سطح برگ در شوری صفر و کمترین میزان آن در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار مشاهده گردید (جدول ۲). به طوری که با افزایش شوری به ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، سطح برگ به ترتیب ۲/۲۵ و ۹/۴۹ درصد کاهش معنی‌داری پیدا کرد. بر اساس نتایج بیشترین سطح برگ پایه‌های پسته در سطوح مختلف شوری مربوط به پایه قزوینی بود. همچنین کمترین

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف شوری بر برخی شاخص‌های مورفولوژیک پایه‌ها و دورگ‌های بین‌گونه‌ای پسته.

میانگین مربعات									درجه آزادی	منابع تغییرات
وزن خشک ریشه	وزن تر ریشه	وزن خشک ساقه	وزن تر ساقه	وزن خشک برگ	وزن تر برگ	سطح برگ	تعداد برگ	ارتفاع ساقه		
۰/۴۱۸**	۱/۶۳۸**	۰/۳۴۱**	۱/۳۶۳**	۰/۲۴۴**	۰/۹۷۰**	۳/۳۵۱**	۴۰/۱۷۵**	۱۶/۴۳۱**	۳	پایه
۰/۳۰۷**	۱/۰۸۰**	۰/۱۵۶**	۰/۶۳۳**	۰/۲۸۲**	۱/۱۲۵**	۲۲/۴۸۲**	۱۶۸/۷۵۰**	۶۹/۸۴۲**	۲	شوری
۰/۰۰۲۱ ^{ns}	۰/۰۰۷۷ ^{ns}	۰/۰۰۱۸ ^{ns}	۰/۰۰۶۹ ^{ns}	۰/۰۰۰۶ ^{ns}	۰/۰۰۲۷ ^{ns}	۰/۲۶۹ ^{ns}	۰/۴۵۳ ^{ns}	۰/۲۵۳ ^{ns}	۶	پایه × شوری
۰/۰۰۲۸	۰/۰۱۶	۰/۰۰۳۹	۰/۰۱۵	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۵۲	۰/۱۲۴	۰/۶۶۶	۰/۶۷۱	۲۴	خطا
۵/۵۳	۵/۴۱	۵/۷۲	۵/۸۵	۳/۶۹	۳/۷۱	۸/۵۹	۶/۱۶	۴/۶۲		ضریب تغییرات

^{ns} و ^{**}: به ترتیب غیرمعنی دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

جدول ۲- میانگین تأثیر سطوح مختلف شوری بر برخی شاخص‌های مورفولوژیک.

صفات شوری (میلی مولار)	ارتفاع ساقه (سانتی‌متر)	تعداد برگ	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	وزن تر برگ (گرم)	وزن خشک برگ (گرم)	وزن تر ساقه (گرم)	وزن خشک ساقه (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)
۰	۲۰/۲۷ ^{a*}	۱۷/۰۰ ^a	۵/۴۷ ^a	۲/۲۶ ^a	۱/۱۶ ^a	۲/۳۳ ^a	۱/۲۰ ^a	۲/۶۳ ^a	۱/۱۲ ^a
۱۰۰	۱۷/۴۵ ^b	۱۳/۲۵ ^b	۴/۰۹ ^b	۱/۹۵ ^b	۱/۰۱ ^b	۲/۱۲ ^b	۱/۰۹ ^b	۲/۳۴ ^b	۰/۹۶ ^b
۲۰۰	۱۵/۴۷ ^c	۹/۵۰ ^c	۲/۷۴ ^c	۱/۶۵ ^c	۰/۸۵ ^c	۱/۸۷ ^c	۰/۹۷ ^c	۲/۰۳ ^c	۰/۸۰ ^c

*در هر ستون حروف مشابه نشان دهنده‌ی عدم اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن در سطح ۵ درصد است.

جدول ۳- میانگین تأثیر برخی شاخص‌های مورفولوژیک بر پایه‌ها و دورگ‌های بین‌گونه‌ای پسته.

صفات پایه	ارتفاع ساقه (سانتی‌متر)	تعداد برگ	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	وزن تر برگ (گرم)	وزن خشک برگ (گرم)	وزن تر ساقه (گرم)	وزن خشک ساقه (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)
BZ	۱۶/۱۸ ^{d*}	۱۲/۱۱ ^c	۳/۹۴ ^c	۱/۷۸ ^c	۰/۹۲ ^c	۱/۸۷ ^c	۰/۹۷ ^c	۲/۱۷ ^c	۰/۸۹ ^c
BZI	۱۸/۳۶ ^b	۱۰/۸۸ ^d	۳/۳۴ ^d	۱/۵۹ ^d	۰/۸۳ ^d	۱/۷۰ ^d	۰/۸۸ ^d	۱/۸۵ ^d	۰/۷۱ ^d
GH	۱۷/۱۲ ^c	۱۵/۴۴ ^a	۴/۷۸ ^a	۲/۳۳ ^a	۱/۲۰ ^a	۲/۵۲ ^a	۱/۲۹ ^a	۲/۸۴ ^a	۱/۲۱ ^a
GHI	۱۹/۲۵ ^a	۱۴/۵۵ ^b	۴/۳۴ ^b	۲/۱۰ ^b	۱/۰۸ ^b	۲/۳۵ ^b	۱/۲۱ ^b	۲/۴۸ ^b	۱/۰۵ ^b

*در هر ستون حروف مشابه نشان دهنده‌ی عدم اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن در سطح ۵ درصد است.

بادامی ریز زرد (BZ)، اینتگریمما × بادامی ریز زرد (BZI)، قزوینی (GH)، اینتگریمما × قزوینی (GHI)

در تیمار ۳۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، تعداد برگ و سطح برگ به ترتیب ۴۰ و ۹۲ درصد نسبت به شاهد (سطح صفر شوری) کاهش پیدا کرد (اسداللهی و مظفری، ۱۳۹۱). در بررسی ۱۴ رقم پسته، با اعمال تنش شوری و افزایش غلظت آن شاخص‌های رشدی از جمله تعداد برگ کاهش یافت (مؤمن‌پور و همکاران، ۱۳۹۵). نتایج محمدی و همکاران (۱۳۹۸) در برخی پایه‌های پسته نشان داد با افزایش غلظت کلرید سدیم میانگین سطح برگ کاهش یافت به طوری که بیشترین کاهش در سطح ۲۲۵ میلی‌مولار مشاهده شد. کاهش تعداد برگ و سطح برگ تحت تنش شوری در پسته (باقرزاده و همکاران، ۱۳۹۵؛ مظفری و خورشیدی جلالی، ۱۳۹۷؛ Karimi et al., 2012)، در زیتون (پوری و همکاران، ۱۳۹۶ و سیلسپور و همکاران، ۱۳۹۵)، در انگور (مینازاده و همکاران، ۱۳۹۷) و در بادام (مؤمن‌پور و همکاران، ۱۳۹۴ ب) گزارش شده است که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد.

د- وزن تر برگ

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر شوری و پایه بر وزن تر برگ در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد با افزایش غلظت شوری در آب آبیاری وزن تر برگ کاهش یافت. بیشترین و کمترین وزن تر برگ به ترتیب در سطح شوری صفر و ۲۰۰ میلی‌مولار مشاهده گردید (جدول ۲). در بین پایه‌ها، بیشترین وزن تر برگ مربوط به پایه قزوینی بود

که اختلاف معنی‌داری با پایه‌های دورگ اینتگریمما × قزوینی، بادامی ریز زرنند و دورگ اینتگریمما × بادامی ریز زرنند نشان داد. کمترین وزن تر برگ در دورگ اینتگریمما × بادامی ریز زرنند مشاهده شد (جدول ۳).

ه- وزن خشک برگ

طبق نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر شوری و پایه بر وزن خشک برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد با افزایش شوری در آب آبیاری وزن خشک برگ کاهش یافت (جدول ۲). در بین پایه‌ها، پایه قزوینی بیشترین مقدار وزن خشک برگ را دارا بود که اختلاف معنی‌داری با سایر پایه‌ها نشان داد. دورگ اینتگریمما × بادامی ریز زرنند کمترین وزن خشک را داشت (جدول ۳).

و- وزن تر ساقه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر شوری و پایه بر وزن تر ساقه در سطح یک درصد معنی‌دار اما اثرات برهمکنش پایه و شوری معنی‌دار نبود (جدول ۱). با افزایش شوری وزن تر ساقه کاهش یافت. کمترین وزن تر ساقه در سطح شوری ۲۰۰ میلی‌مولار به‌دست آمد (جدول ۲). با مقایسه میانگین‌ها بیشترین وزن تر ساقه در پایه قزوینی و کمترین در دورگ اینتگریمما × بادامی ریز زرنند مشاهده گردید (جدول ۳).

ز- وزن خشک ساقه

طبق نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر شوری و پایه بر وزن خشک ساقه در سطح یک درصد معنی‌دار

با افزایش شوری به ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار، وزن خشک ریشه به ترتیب ۱۴/۲ و ۲۸/۶ درصد کاهش یافت (جدول ۲). در بین پایه‌ها، پایه قزوینی و دورگ اینتگریمما × قزوینی نسبت به دو پایه دیگر وزن خشک ریشه بیشتری داشتند و کمترین وزن خشک ریشه مربوط به دورگ اینتگریمما × بادامی ریز زرد بود که اختلاف معنی‌داری با سایر پایه‌ها نشان داد (جدول ۳). مطابق با این نتایج اسداللهی و مظفری (۱۳۹۱)

کاهش وزن خشک اندام هوایی و ریشه در دانه‌های پسته رقم بادامی زرد را تحت تأثیر شوری گزارش نموده‌اند. بدین صورت که در تیمار ۳۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، وزن خشک ریشه و وزن خشک بخش هوایی به ترتیب ۳۰ و ۹۲ درصد نسبت به شاهد (سطح صفر شوری) کاهش پیدا کرد. در تحقیق دیگری که بر روی پسته انجام شد با کاربرد ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، وزن خشک اندام هوایی و ریشه نسبت به شاهد کاهش یافت (Adish *et al.*, 2010). همچنین گزارش شده است تنش شوری وزن خشک اندام هوایی و ریشه را در دو رقم پسته بادامی زرد و قزوینی کاهش داد (Karimi *et al.*, 2009). اسکندری و همکاران

(۱۳۹۱) اظهار داشتند دلیل کاهش وزن خشک اندام هوایی با افزایش شوری در پسته، کوچک‌تر شدن سطح برگ‌ها و کمتر شدن تعداد آن‌ها است. محمدی و همکاران (۱۳۹۸) بیان کردند در برخی پایه‌های پسته با افزایش غلظت کلرید سدیم وزن تر و خشک ساقه و

شد (جدول ۱). افزایش غلظت شوری در آب آبیاری باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک ساقه گردید. بیشترین وزن خشک ساقه در سطح شوری صفر و کمترین در سطح شوری ۲۰۰ میلی‌مولار مشاهده شد (جدول ۲). به طوری که با مصرف ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم در آب آبیاری وزن خشک ساقه به ترتیب ۹/۱۷ و ۱۹/۱۶ درصد نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری پیدا نمود. میانگین وزن خشک ساقه در پایه قزوینی و دورگ اینتگریمما × قزوینی نسبت به دو پایه دیگر بیشتر بود (جدول ۳).

ح- وزن تر ریشه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر شوری و پایه بر وزن تر ریشه در سطح یک درصد معنی‌دار اما برهمکنش پایه و شوری معنی‌دار نبود (جدول ۱). با افزایش شوری از سطح صفر به ۲۰۰ میلی‌مولار، وزن تر ریشه کاهش معنی‌داری داشت (جدول ۲). با مقایسه میانگین‌ها بیشترین وزن تر ریشه در پایه قزوینی به دست آمد. کمترین وزن تر ریشه مربوط به پایه بادامی ریز زرد و دورگ اینتگریمما × بادامی ریز زرد بود (جدول ۳).

ط- وزن خشک ریشه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر شوری و پایه بر وزن خشک ریشه در سطح یک درصد معنی‌دار شد. اما برهمکنش پایه و شوری معنی‌دار نبود (جدول ۱). بررسی روند تغییرات وزن خشک ریشه نشان داد که

ریشه در تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نسبت به شاهد کاهش نشان داد و کمترین وزن تر و خشک ساقه در سطح ۲۲۵ میلی‌مولار مشاهده گردید. در پژوهشی با افزایش شوری از شاهد به ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر وزن خشک برگ، ساقه و ریشه کاهش یافت (علی‌پور و همکاران، ۱۳۹۶). نتایج مؤمن‌پور و همکاران (۱۳۹۵) در ۱۴ رقم پسته نشان داد که با اعمال تنش شوری و افزایش غلظت آن، شاخص‌های رشدی شامل وزن تر و خشک برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی و وزن تر و خشک ریشه در تمامی ارقام مورد مطالعه کاهش یافت. همچنین نتایج پژوهش حاضر با نتایج افرنگان

و همکاران (۱۳۹۶) و مظفری و خورشیدی جلالی (۱۳۹۷) در دانه‌های پسته، مؤمن‌پور و همکاران (۱۳۹۴) ب) در تعدادی از ژنوتیپ‌های بادام و پوری و همکاران (۱۳۹۶) و سیلسپور و همکاران (۱۳۹۵) در چند رقم زیتون مطابقت داشت.

ی- محتوای نسبی آب برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر شوری و پایه بر محتوای نسبی آب برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی برهمکنش پایه و شوری تأثیر معنی‌داری در تغییرات این شاخص نداشت (جدول ۴). با افزایش شوری محتوای نسبی آب برگ‌ها کاهش یافت که کمترین مقدار در سطح شوری ۲۰۰ میلی‌مولار مشاهده گردید (جدول ۵). به طوری که با کاربرد ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، محتوای

نسبی آب برگ به ترتیب ۶/۵ و ۱۵/۸ درصد نسبت به تیمار شاهد (صفر) کاهش یافت. بیشترین محتوای نسبی آب برگ مربوط به پایه قزوینی (۷۵/۲ درصد) و به مقدار کمتر در دورگ اینتگریمما × قزوینی (۷۱ درصد)، بادامی ریز زرنند (۶۹/۶ درصد) و دورگ اینتگریمما × بادامی ریز زرنند (۶۵/۶ درصد) مشاهده گردید. دورگ اینتگریمما × بادامی ریز زرنند به طور معنی‌داری نسبت به سه پایه دیگر محتوای نسبی آب برگ کمتری داشت و اختلاف معنی‌داری با پایه‌های بادامی ریز زرنند، دورگ اینتگریمما × قزوینی و قزوینی نشان داد (جدول ۶).

محتوای نسبی آب برگ شاخص مناسبی برای

بیان وضعیت آب در گیاهان است (Hokmabadi *et al.*, 2005; Musyimi *et al.*, 2007). در شرایط تنش شوری کاهش محتوای آب نسبی ناشی از کاهش رشد ریشه، بسته شدن روزنه‌های هوایی، کاهش جذب و انتقال آب توسط ریشه و همچنین افزایش تجمع یون‌ها به ویژه یون‌های سدیم و کلر می‌باشد (Hajiboland *et al.*, 2009). در زمان تنش شوری، میزان تعرق بیش از جذب آب توسط گیاه بوده و در نتیجه با به هم خوردن تعادل آبی گیاه، محتوای نسبی آب برگ‌ها کاهش می‌یابد (Lawlor & Cornic, 2002). رنجبرکبوترخانی و همکاران (۱۳۹۵) اظهار داشتند در دانه‌های پسته رقم بادامی ریز زرنند شوری آب موجب کاهش محتوای آب نسبی برگ شد و تیمار شوری در مقایسه با شاهد

محتوای آب نسبی برگ را ۳۱/۵۲ درصد کاهش داد. در مطالعه‌ای با اعمال تنش شوری و افزایش غلظت آن، در ۱۴ رقم پسته کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ در تمامی ارقام گزارش شده است (مؤمن‌پور و همکاران، ۱۳۹۵). در تحقیق دیگری در دانه‌های پسته رقم بادامی ریز زرد تنش شوری موجب کاهش محتوای نسبی آب برگ گردید (مظفری و سلاجقه، ۱۳۹۶). گزارش‌های مشابهی در رابطه با کاهش محتوای نسبی آب برگ تحت تنش شوری در تعدادی از ژنوتیپ‌های بادام (مؤمن‌پور و همکاران، ۱۳۹۴ ب)، زیتون (سیلسپور و همکاران، ۱۳۹۵) و انگور (مینازاده و همکاران، ۱۳۹۷) ارائه شده که تأییدکننده نتایج آزمایش حاضر است.

ک- نشت یونی

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها اثر شوری و پایه بر میزان نشت یونی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). با افزایش سطوح شوری درصد نشت یونی افزایش معنی‌داری یافت و بیشترین نشت در

سطح شوری ۲۰۰ میلی‌مولار مشاهده گردید (جدول ۵). پایه قزوینی با ۳۷/۶ درصد کمترین میزان نشت یونی و دورگ اینتگریمما × بادامی ریز زرد با ۴۸/۹ درصد بیشترین نشت یونی را نشان داد (جدول ۶). در شرایط شوری، به دلیل پراکسیداسیون لیپیدها، غشاء یاخته‌ها آسیب دیده و در نتیجه میزان نفوذپذیری و نشت الکترولیت‌ها افزایش می‌یابد (Kaya et al., 2006). اندازه‌گیری نشت یونی، شاخصی از اندازه‌گیری میزان آسیب اکسایشی وارد شده به سلول و غشا است (Fisarakis et al., 2005; Karimi, 2017).

یافته‌های حاصل از مطالعه رنجبرکیوترخانی و همکاران (۱۳۹۵) در دانه‌های پسته رقم بادامی ریز زرد نشان داد که شوری آب موجب افزایش میزان نشت الکترولیت‌ها در برگ شد. همچنین مؤمن‌پور و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند با اعمال تنش شوری در ۱۴ رقم پسته درصد نشت یونی در تمامی ارقام مطالعه افزایش یافت. طبق نتایج پژوهشی در دانه‌های پسته رقم بادامی ریز زرد شوری موجب

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف شوری بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیک پایه‌ها و دورگ‌های بین‌گونه‌ای پسته.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				محتوای نسبی آب برگ	نشت یونی
		پتاسیم	سدیم	پرولین	نسبت پتاسیم به سدیم		
پایه	۳	۰/۰۹۳۵**	۰/۰۵۹۲**	۰/۰۲۱۳۵**	۲۱۳/۰۹۲**	۱۴۰/۰۵۵**	
شوری	۲	۰/۱۶۳۸**	۰/۳۴۷۳**	۰/۰۲۴۲**	۳۷۳/۷۴۵**	۴۴۱/۲۹۳**	
پایه × شوری	۶	۰/۰۰۰۷ ^{ns}	۰/۰۰۵۷ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۳ ^{ns}	۳/۵۴۳ ^{ns}	۰/۵۰۲ ^{ns}	
خطا	۲۴	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۰۷	۱۳/۱۷۲	۱۶/۸۰۱	
ضریب تغییرات		۳/۹۵	۶/۳۵	۴/۹۹	۸/۳۸	۵/۸۲	

^{ns} و ^{**}: به ترتیب غیرمعنی دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

جدول ۵- میانگین تأثیر سطوح مختلف شوری بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیک.

نسبت پتاسیم به سدیم	پتاسیم (درصد)	سدیم (درصد)	پرولین (میلی‌گرم در گرم وزن تازه برگ)	نشت یونی (درصد)	محتوای نسبی آب برگ (درصد)	صفات شوری (میلی مولار)
۲/۴۷ ^a	۱/۴۶ ^a	۰/۶۰ ^c	۰/۴۹۷ ^c	۳۷/۴۲ ^c	۷۶/۰۸ ^{a*}	۰
۱/۷۸ ^b	۱/۳۶ ^b	۰/۷۸ ^b	۰/۵۴۲ ^b	۴۳/۸۵ ^b	۷۱/۱۰ ^b	۱۰۰
۱/۳۳ ^c	۱/۲۳ ^c	۰/۹۴ ^a	۰/۵۸۷ ^a	۴۸/۵۴ ^a	۶۴/۰۱ ^c	۲۰۰

* در هر ستون حروف مشابه نشان دهنده‌ی عدم اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن در سطح ۵ درصد است.

جدول ۶- میانگین تأثیر برخی شاخص‌های فیزیولوژیک بر پایه‌ها و دورگ‌های بین گونه‌ای پسته.

نسبت پتاسیم به سدیم	پتاسیم (درصد)	سدیم (درصد)	پرولین (میلی‌گرم در گرم وزن تازه برگ)	نشت یونی (درصد)	محتوای نسبی آب برگ (درصد)	صفات پایه
۱/۷۱ ^c	۱/۳۰ ^c	۰/۸۰۶ ^b	۰/۵۲۶ ^c	۴۵/۲۲ ^b	۶۹/۶۵ ^{b*}	BZ
۱/۵۲ ^d	۱/۲۵ ^d	۰/۸۶۶ ^a	۰/۴۸۳ ^d	۴۸/۹۰ ^a	۶۵/۶۵ ^c	BZI
۲/۳۰ ^a	۱/۴۸ ^a	۰/۶۷۶ ^d	۰/۵۹۶ ^a	۳۷/۶۳ ^d	۷۵/۲۱ ^a	GH
۱/۹۲ ^b	۱/۳۹ ^b	۰/۷۴۸ ^c	۰/۵۶۳ ^b	۴۱/۳۳ ^c	۷۱/۰۹ ^b	GHI

* در هر ستون حروف مشابه نشان دهنده‌ی عدم اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن در سطح ۵ درصد است.

بادامی ریز زرد (BZ)، اینتگریمما × بادامی ریز زرد (BZI)، قزوینی (GH)، اینتگریمما × قزوینی (GHI)

افزایش نشت یونی گردید (مظفری و سلاجقه، ۱۳۹۶). همچنین نتایج این آزمایش در ارتباط با افزایش میزان نشت یونی تحت تنش شوری با نتایج به‌دست آمده در انگور (مینازاده و همکاران، ۱۳۹۷)، توت فرنگی (Turhan & Eris, 2005)، بادام (مؤمن‌پور و همکاران، ۱۳۹۴ ب) و پسته (Ahmed et al., 2015; Bybordî, 2012) مطابقت داشت.

ل- پرولین

براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها اثر شوری و پایه بر مقدار پرولین برگ در سطح یک درصد معنی‌دار ولی اثرات برهمکنش پایه و شوری معنی‌دار نبود (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد با افزایش شوری پرولین برگ افزایش یافت. در سطح شوری ۲۰۰ میلی‌مولار بیشترین میزان پرولین برگ مشاهده شد (جدول ۵). با توجه به نتایج اعمال تیمارهای شوری سبب افزایش پرولین برگ به ترتیب ۹ و ۱۸/۱ درصد در تیمارهای ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم نسبت به تیمار شاهد (صفر) گردید. پایه قزوینی بیشترین میزان پرولین برگ را داشت و اختلاف معنی‌داری با سایر پایه‌ها نشان داد. کمترین میزان پرولین برگ مربوط به دورگ اینتگریمما × بادامی ریز زرند بود (جدول ۶).

قرار گرفتن گیاه در معرض تنش شوری باعث تجزیه پروتئین‌ها شده و در نتیجه اسیدهای آمینه افزایش می‌یابند که از مهمترین آنها پرولین است. در

سیتوپلاسم تجمع پرولین در محیطی که تعادل یونی آن به هم خورده است مانند یک تنظیم‌کننده اسمزی در حفاظت ساختمان ماکرومولکول‌ها عمل می‌کند. در گیاهان افزایش پرولین باعث حفظ تورم و کاهش خسارت غشا می‌شود (Nazar et al., 2011). در گیاه تجمع پرولین با افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی به‌خصوص شوری رابطه مثبت و مستقیم دارد (Garaghanipur et al., 2015). در هنگام تنش شوری گیاه با تولید و ذخیره پرولین تحمل خود را افزایش می‌دهد و باعث کاهش سمیت یون سدیم می‌شود (Strizhov et al., 1997). به‌طور عمومی مقدار پرولین در گیاهان مقاوم به تنش بیشتر از گیاهان حساس است (Ashraf & Foolad, 2007). همسو با نتایج این پژوهش افرنگان و همکاران (۱۳۹۶) گزارش کردند با افزایش شوری مقدار پرولین برگ در پایه‌های بادامی ریز زرند افزایش یافت. همچنین نتایج یک پژوهش در پسته نشان داد که افزایش پرولین یک پاسخ عمومی گیاه به تنش شوری است (Razavinasab et al., 2014). در مطالعه ای دیگر رنجبر کبوترخانی و همکاران (۱۳۹۵) اظهار داشتند شوری آب در دانه‌های پسته رقم بادامی ریز زرند موجب افزایش میزان پرولین برگ شد. همچنین اعمال تنش شوری محتوای پرولین برگ پسته (محمدی و همکاران، ۱۳۹۸؛ Abbaspour et al., 2012)، انگور (مینازاده و همکاران، ۱۳۹۷؛ Doulati Baneh et al., 2013; Fozouni et al., 2013)

Szczerba *et al.*,) کاهش رشد می‌شود (2009). براساس نتایج پژوهش افرنگان و همکاران (۱۳۹۶) در پایه بادامی ریز زرد مقدار سدیم شاخساره با افزایش شوری افزایش نشان داد. در مطالعه مؤمن‌پور و همکاران (۱۳۹۵) روی ۱۴ رقم پسته، با افزایش غلظت شوری در آب آبیاری درصد سدیم در برگ تمامی ارقام مورد مطالعه افزایش یافت. همچنین در مطالعه دیگری در دانه‌های ارقام تجاری و ژنوتیپ‌های محلی پسته علی‌پور و همکاران (۱۳۹۶) بیان کردند با افزایش شوری میزان عنصر سدیم در برگ افزایش نشان داد. گزارش شده است در تنش شوری کاهش یا توقف رشد دانه‌های پسته می‌تواند در اثر تنش آبی در گیاه یا مسمومیت با یون‌های سدیم و کلر باشد (Sepaskhah & Maftoun, 1988). نتایج به دست آمده از این پژوهش با نتایج Picchioni *et al.* (۱۹۹۱) در پسته، مؤمن‌پور و همکاران (۱۳۹۴ الف) در بادام و مینازاده و همکاران (۱۳۹۷) در انگور همخوانی دارد.

ن- پتاسیم برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد مقدار پتاسیم برگ در پایه‌ها و سطوح مختلف شوری در سطح یک درصد معنی‌دار بود اما برهمکنش پایه و شوری معنی‌دار نبود (جدول ۴). براساس نتایج مقدار پتاسیم برگ با افزایش شوری کاهش یافت. با مقایسه میانگین‌ها بیشترین میزان پتاسیم برگ در سطح شوری

توت فرنگی (Turhan & Eris, 2005) و لیمو (Pérez-Pérez *et al.*, 2009) را افزایش داد که تأییدی بر نتایج پژوهش حاضر است.

م- سدیم برگ

براساس نتایج، مقدار سدیم برگ با افزایش شوری افزایش نشان داد. طبق مقایسه میانگین‌ها میزان سدیم برگ در سطح شوری ۲۰۰ میلی‌مولار افزایش یافت (جدول ۵). به طوری‌که با کاربرد ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم غلظت سدیم برگ به ترتیب ۳۰ و ۵۶/۶ درصد نسبت به تیمار شاهد (صفر) افزایش حاصل کرد. همچنین اثر پایه بر میزان سدیم برگ معنی‌دار شد. بیشترین میزان سدیم برگ مربوط به دورگ اینتگریمما × بادامی ریز زرد و کمترین میزان مربوط به پایه قزوینی بود (جدول ۶). کاتیون غالب موجود در محلول خاک و آب منطقه‌های شور سدیم است. در شرایط تنش شوری رادیکال‌های آزاد باعث پراکسیدشدن لیپیدهای غشا و خروج یون پتاسیم از دیواره یاخته‌ای می‌شود و یون سدیم به دلیل اثر رقابتی با پتاسیم بر محل‌های اتصال پتاسیم در غشای یاخته-ای جایگزین و از آن جایی که نمی‌تواند فعالیت پتاسیم را انجام دهد باعث نشت الکترولیت‌ها از دیواره یاخته می‌گردد (Cuin & Shabala, 2007). تحقیقات انجام شده در گیاهان مختلف در شرایط تنش شوری نشان می‌دهد سدیم، باعث تخریب غشاهای سلولی، عدم تعادل اسمزی، جلوگیری از تقسیم و بزرگ شدن

زرنده شد (افرنگان و همکاران، ۱۳۹۶). در مطالعه مؤمن-پور و همکاران (۱۳۹۵) در پسته با افزایش غلظت شوری در آب آبیاری، ابتدا درصد پتاسیم در برگ تمامی ارقام مورد مطالعه افزایش و سپس با افزایش بیشتر سطوح شوری درصد پتاسیم در برگ تمامی ارقام مورد مطالعه کاهش یافت. مینازاده و همکاران (۱۳۹۷) گزارش کردند در انگور غلظت پتاسیم برگ در تنش شوری روند کاهشی نشان داد و با افزایش غلظت کلرید سدیم تا ۱۰۰ میلی‌مولار، یون پتاسیم به کمترین غلظت رسید.

س- نسبت پتاسیم به سدیم

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نسبت پتاسیم به سدیم در پایه‌ها و سطوح مختلف شوری معنی‌دار ولی اثرات برهمکنش شوری و پایه معنی‌دار نبود (جدول ۴). با افزایش سطوح شوری میزان این شاخص کاهش معنی‌داری داشت. بیشترین و کمترین نسبت پتاسیم به سدیم به ترتیب در سطح شوری صفر و ۲۰۰ میلی‌مولار مشاهده شد (جدول ۵). با توجه به نتایج بیشترین نسبت پتاسیم به سدیم مربوط به پایه قزوینی (۲/۳۰) و کمترین نسبت مربوط به دورگ اینتگریمما × بادامی ریز زرنده (۱/۵۲) بود (جدول ۶). Jeschke (۱۹۸۴) و همچنین Greenway & manuus (۱۹۸۰) اظهار داشتند که نسبت پتاسیم به سدیم به عنوان شاخص تحمل به شوری می‌باشد. علی‌پور و همکاران (۱۳۹۶) بیان کردند در دانه‌های

صفر و کمترین میزان در سطح شوری ۲۰۰ میلی‌مولار به‌دست آمد (جدول ۵). روند تغییرات مقدار پتاسیم برگ در ارتباط با سطوح مختلف شوری نشان داد که با مصرف ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، غلظت پتاسیم برگ به ترتیب ۶/۸۵ و ۱۵/۷۵ درصد نسبت به تیمار شاهد (صفر) کاهش پیدا کرد. طبق نتایج بیشترین میزان پتاسیم برگ را پایه قزوینی (۱/۴۸ درصد) داشت و اختلاف معنی‌داری با سایر پایه‌ها نشان داد. کمترین میزان پتاسیم برگ در دورگ اینتگریمما × بادامی ریز زرنده (۱/۲۵ درصد) مشاهده گردید (جدول ۶). از عناصر مهم و تأثیرگذار در تنش شوری پتاسیم است (سرچشمه پور و ملکوتی، ۱۳۸۴). پتاسیم در فرایندهای فیزیولوژیک حیاتی از جمله آماس سلول‌ها، تنظیم حرکت روزنه‌ها برای رشد گیاه و عملکرد و همچنین فرایندهای متعدد بیوشیمیایی مانند فعال کردن آنزیم‌ها نقش مهمی ایفا می‌کند (Cakmak, 2005; Marschner, 2012). مقدار پتاسیم تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر مقاومت نسبت به تنش شوری در گیاه دارد. در محیط ریشه با افزایش سدیم میزان پتاسیم کاهش می‌یابد و علت آن فرایند رقابتی در جذب عناصر است (محمد خانی و صالحی، ۱۳۸۴؛ ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۱؛ Banakar & Ranjbar, 2010).

نتایج پژوهشی نشان داد تیمار شوری سبب کاهش غلظت پتاسیم اندام هوایی در پایه بادامی ریز

افزایش یافت. این در حالی بود که ارتفاع ساقه، تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر و خشک برگ، وزن تر و خشک ساقه، وزن تر و خشک ریشه، محتوای نسبی آب برگ، پتاسیم برگ و نسبت پتاسیم به سدیم کاهش نشان داد. با ارزیابی شاخص‌های مورد مطالعه به نظر می‌رسد به ترتیب پایه قزوینی و دورگ اینترگرما × قزوینی متحمل‌ترین پایه‌ها نسبت به شوری بودند و دارای بیشترین تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر و خشک برگ، وزن تر و خشک ساقه، وزن تر و خشک ریشه، محتوای نسبی آب برگ، پرولین برگ، پتاسیم برگ، نسبت پتاسیم به سدیم و کمترین میزان نشت یونی و سدیم برگ بودند.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از حمایت مالی دانشگاه پیام نور و از همکاری پژوهشکده پسته در انجام این تحقیق کمال تشکر و قدردانی را داریم.

منابع

- ۱- ابطحی، ع. (۱۳۸۰). واکنش نهال‌های دو وارسته پسته در رابطه با مقادیر و انواع مختلف شوری خاک در شرایط گلخانه. *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، ۵ (۱): ۹۳-۱۰۱.
- ۲- اسداللهی، ز، و مظفری، و. (۱۳۹۱). تأثیر شوری و منگنز بر رشد و ترکیب شیمیایی دانه‌های

ارقام تجاری و ژنوتیپ‌های محلی پسته با افزایش کلرید سدیم آب آبیاری شاخص نسبت پتاسیم به سدیم در برگ کاهش یافت و این شاخص در شوری‌های ۱۵ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب ۹۲ و ۹۵ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد.

در نهال‌های پسته با افزایش میزان شوری آب آبیاری تعادل عناصر غذایی به هم خورده و باعث افزایش جذب عناصر سدیم و کلر توسط ریشه شده و از جذب پتاسیم جلوگیری می‌شود در نتیجه غلظت یون پتاسیم در ریشه، ساقه و برگ کاهش و غلظت یون‌های سدیم و کلر در این اندام‌ها افزایش می‌یابد (علی‌پور و همکاران، ۱۳۹۱). در پژوهشی روی پسته Sepaskhah & Maftoun (۱۹۸۲) گزارش کردند افزایش غلظت یون سدیم جذب یون پتاسیم توسط ریشه را کاهش داده و در نتیجه نسبت پتاسیم به سدیم کاهش می‌یابد و این نسبت می‌تواند معیاری برای مطالعه تحمل گیاهان به شوری باشد.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش شوری باعث تغییر در شاخص‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک دانه‌های پسته گردید به طوری که با افزایش کلرید سدیم مقدار نشت یونی که نشان دهنده میزان تخریب و آسیب به غشاء سلولی است افزایش یافت. همچنین میزان پرولین و سدیم برگ در شرایط تنش شوری

- پسته در محیط کشت پرلیت (*Pistacia vera* L.).
مجله علوم و فنون کشت های گلخانه‌ای، ۳ (۱۲):
۱۳-۲۷.
- ۳- اسکندری، س، مظفری، و، و تاج‌آبادی‌پور، ا.
(۱۳۹۱). اثر شوری و مس بر برخی خصوصیات
رشد و ترکیب شیمیایی دو رقم پسته. مجله علوم
و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و
خاک، ۱۶ (۶۰): ۱۹۹-۲۱۴.
- ۴- افرنگان، ح، کریمی، حر، رقامی، م، و صادقی
سرشت، ا. (۱۳۹۶). ارزیابی بنه باغی به عنوان پایه
پسته در شرایط شوری براساس برخی از
شاخص‌های رشدی و ویژگی های بوم
فیزیولوژیکی. مجله علوم و فنون باغبانی ایران، ۱۸
(۴): ۳۸۹-۴۰۲.
- ۵- امامی، ع. (۱۳۷۵). روش‌های تجزیه گیاه. سازمان
تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. انتشارات
مؤسسه تحقیقات خاک و آب.
- ۶- باقرزاده، ا، کاوسی، حر، خضری، م، و میرزایی، س.
(۱۳۹۵). مطالعه الگوی بیان پروتئین و برخی
خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی در
پایه‌های پسته بادامی سفید و بادامی زرد تحت
تنش شوری. مجله بیوتکنولوژی کشاورزی، ۱ (۳):
۱۵-۳۲.
- ۷- پوری، ن، سیفی، ا، و علیزاده، م. (۱۳۹۶). ارزیابی
اثر تنش شوری و پرولین بر برخی از صفات
- ریخت‌شناختی، فیزیکی و فیتوشیمیایی برگ در
سه رقم زیتون (*Olea europaea* L.). فصلنامه
اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی، ۱۸ (۲): ۶۹-۸۵.
- ۸- حیدری شریف‌آباد، ح. (۱۳۸۰). گیاه و شوری.
مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع.
- ۹- رنجبر کبوترخانی، م، اسمعیلی‌زاده، م، کریمی،
حر، و شمشیری، م. ح. (۱۳۹۵). بررسی تأثیر
محلول‌پاشی عناصر سیلیسیم و پتاسیم بر برخی
ویژگی‌های بیوشیمیایی و اکوفیزیولوژی
دانه‌های پسته رقم بادامی ریز زرد کرمان در
شرایط تنش شوری. مجله علوم باغبانی ایران، ۴۷
(۴): ۷۳۹-۷۵۲.
- ۱۰- رنجبر، غح، و پیرسته انوشه، ه. (۱۳۹۴). نگاهی به
تحقیقات شوری در ایران با تاکید بر بهبود تولید
گیاهان زراعی. مجله علوم زراعی ایران، ۱۷ (۲):
۱۶۵-۱۷۸.
- ۱۱- سرچشمه‌پور، م، و ملکوتی، م. ح. (۱۳۸۴). ضرورت
کوددهی پتاسیم در پسته (افزایش محصول با
بهبود کیفیت). سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج
کشاورزی. نشریه فنی مؤسسه تحقیقات خاک و
آب.
- ۱۲- سیل‌سپور، م، گلچین، ا، و روزبان، م. (۱۳۹۵).
ارزیابی تحمل به شوری دو رقم زیتون بر اساس
شاخص‌های رشد و تحلیل روابط رگرسیونی آن‌ها

- ۱۷- محمدخانی، ع، و صالحی، م.ح. (۱۳۸۴). تأثیر شوری بر جذب و انتقال پتاسیم در پایه‌های پسته. نهمین کنگره علوم خاک ایران. مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، کرج. ۳۱۱-۳۱۲.
- ۱۸- محمدی، خم، عبادی، ع، عسکری سرچشمه، م.ع، فتاحی مقدم، مر، و حکم‌آبادی، ح. (۱۳۹۸). ارزیابی صفات بیوشیمیایی در برخی پایه‌های پسته تحت تنش شوری به منظور انتخاب پایه‌های متحمل. مجله به زراعی کشاورزی، ۲۱ (۳): ۳۳۶-۳۲۳.
- ۱۹- مردانی، ح، بیات، ح، و عزیزی، م. (۱۳۸۹). تأثیر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک دانه‌های خیار (*Cucumis Sativus* cv. Super Dominus) تحت شرایط خشکی. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۵ (۳): ۳۲۶-۳۲۰.
- ۲۰- مظفری، و، و خورشیدی جلالی، ع. (۱۳۹۷). تأثیر عنصر روی و سیتوکینین بر برخی پارامترهای رویشی و اکوفیزیولوژیکی دانه‌های پسته در شرایط شور. مجله علوم و فناوری پسته، ۳ (۵): ۳۹-۵۶.
- ۲۱- مظفری، و، و سلاجقه، م. (۱۳۹۶). تأثیر نیتروژن و سیلیسیم بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک دانه‌های پسته در شرایط شور. نشریه دانش آب و خاک، ۲۷ (۴): ۲۱۱-۲۲۳.
- با شوری. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار، ۶ (۲): ۸۳-۱۰۰.
- ۱۳- علی‌پور، ح، حسینی‌فر، س.ج، و غفاری موفق، ف. (۱۳۹۱). تعیین مقاومت به شوری در ارقام ماده پسته با کاربرد تلاقی‌های کنترل شده. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی، ۱۹ (۳): ۵۸-۳۹.
- ۱۴- علی‌پور، ح، حسینی‌فرد، ج، محمدی محمدآبادی، ا، حکم‌آبادی، ح، و زاده پاریزی، ر. (۱۳۹۲). گزارش نهایی طرح هیبرید پسته مقاوم به شوری و بررسی مارکرهای مورفولوژیکی مقاومت به شوری. موسسه تحقیقات پسته کشور.
- ۱۵- علی‌پور، ح، کافی، م، نظامی، ا، و محمدی، ا.ح. (۱۳۹۶). بررسی تحمل به شوری دانه‌های ارقام تجاری و ژنوتیپ‌های محلی پسته (*Pistacia vera* L.) منطقه رفسنجان در شرایط کنترل شده. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۳۱ (۱): ۷۰-۸۰.
- ۱۶- قنبری، ع، محمودی، م، بیضائی، ا، غفاری خلیق، ح، راستجو، غ، زمانی، م، امیری اوغان، ح، بختیار، ف، حقجویان، ر، زمانی، م.ج، اسدی، ه، شاهمرادی، س.ش، تونک، ف، مهرآور، م، مقدم، ع، و نجفیان، گ. (۱۳۹۴). امنیت و سلامت غذایی، ذخایر ژنتیکی. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

- ۲۲- ملکوتی، م.ج، کشاورز، پ، سعادت، س، و خلدبرین، ب. (۱۳۸۱). تغذیه گیاهان در شرایط شور. نشر آموزش کشاورزی، معاونت امور باغبانی وزارت جهاد کشاورزی.
- ۲۳- مهرنژاد، مر، و جوانشاه، ا. (۱۳۸۹). سند راهبردی تحقیقات پسته ایران. موسسه تحقیقات پسته کشور.
- ۲۴- مؤمن‌پور، ع، بخشی، د، ایمانی، ع، و رضایی، ح. (۱۳۹۴ الف). اثر تنش شوری بر خصوصیات رشدی و غلظت عناصر غذایی در رقم‌های بادام شاهرود ۱۲، تونو و ژنوتیپ ۱۶-۱ پیوندشده روی پایه GF677. مجله به زراعی کشاورزی، ۱۷ (۱): ۲۱۶-۱۹۷.
- ۲۵- مؤمن‌پور، ع، بخشی، د، ایمانی، ع، و رضایی، ح. (۱۳۹۴ ب). اثر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک در برخی از ژنوتیپ‌های انتخابی بادام پیوند شده روی پایه GF677. نشریه فن‌آوری تولیدات گیاهی، ۱۵ (۲): ۱۵۲-۱۳۷.
- ۲۶- مؤمن‌پور، ع، رسولی، م، ایمانی، ع، و دهاقین، ل. (۱۳۹۵). اثر تنش شوری بر خصوصیات رشدی، تغییرات فلورسانس کلروفیل و غلظت عناصر غذایی در ۱۴ رقم پسته. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی، ۲۳ (۲): ۹۱-۱۲۱.
- ۲۷- مینازاده، ر، کریمی، ر، و محم پرست، ب. (۱۳۹۷). اثر تغذیه برگ‌های پتاسیم سولفات بر شاخص‌های مورفوفیزیولوژیک انگور در تنش شوری. مجله زیست‌شناسی گیاهی ایران، ۱۰ (۳۷): ۸۳-۱۰۶.
- ۲۸- هاشمی‌نسب، ح، و افروشه، م. (۱۳۹۷). معرفی پایه‌ها و ارقام پسته آمریکا و مقایسه آنها با شرایط ایران. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده پسته.
- 29- Abbaspour, H, Afshari, H, & AbdelWahhab, MH. (2012). Influence of salt stress on growth, pigment, soluble sugars and ion accumulation in three pistachio cultivars. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(12), 2468-2473.
- 30- Adish, M, Fekri, M, & Hokmabadi, H. (2010). Response of Badami-Zarand pistachio rootstock to salinity stress. *International Journal of Nuts and Related Sciences*, 1(1), 1-11.
- 31- Ahmed, FF, Abdel Aal, AMK, Aly, MA, & Ahmed, SEA. (2015). Tolerance of some grapevine cultivars to salinity and calcium carbonate in the soil. *Stem Cell*, 6(3), 45-64.
- 32- Ashraf, M, & Foolad, M. (2007). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, 59(2), 206-216.
- 33- Banakar, MH, & Ranjbar, GH. (2010). Evaluation of salt tolerance of pistachio cultivars at seedling stage. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 9, 115-120.

- cultivars under drought stress. *Journal of Agricultural Biotechnology*, 6(4), 129-141.
- 42- Grattan, SR, & Grieve, CM. (1999). Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 78, 127-157.
- 43- Greenway, H, & manuus, R. (1980). Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. *Annual Review of Plant Physiology*, 31, 149-190.
- 44- Hajiboland, RN, Aliasgharzade, S, Farsad, H, & Poschenrieder, CH. (2009). Colonization with arbuscular mycorrhizal fungi improves salinity tolerance of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants. *Plant Soil*, 11, 249-255.
- 45- Hoagland, DR, & Arnon, DS. (1950). The water-culture method for growing plants without soil. California Agricultural Experiment Station, 32 p.
- 46- Hokmabadi, H, Arzani, K, & Grierson, P. (2005). Growth, chemical composition, and carbon isotope discrimination of pistachio (*Pistacia vera* L.) rootstock seedlings in response to salinity. *Australian Journal of Agricultural Research*, 56(2), 135-144.
- 47- Jeschke, WD. (1984). K^+/Na^+ exchange at cellular membranes. Intracellular compartmentation of cation and salt tolerance. In: salinity tolerance in plants. (Eds). R.C. Staples and G.H. Toenniessen. John Wiley. New York. 37-66.
- 48- Kamiab, F, Talaie, A, Khezri, M, & Javanshah, A. (2013). Exogenous application of free polyamines enhance salt tolerance of pistachio (*Pistacia vera* L.) seedlings. *Plant Growth Regulation*, 72, 257-268.
- 34- Bybordi, A. (2012). Study effect of salinity on some physiologic and morphologic properties of two grape cultivars. *Life Science Journal*, 9(4), 1092-1101.
- 35- Cakmak, I. (2005). The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168(4), 521-530.
- 36- Cuin, TA, & Shabala, S. (2007). Compatible solutes reduce ROS-induced potassium efflux in Arabidopsis roots. *Plant, Cell Environment*, 30, 875-885.
- 37- Doulati Baneh, H, Attari, H, Hassani, A, & Abdollahi, R. (2013). Salinity effects on the physiological parameters and oxidative enzymatic activities of four Iranian grapevines (*Vitis vinifera* L.) cultivar. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(9), 1022-1027.
- 38- Ferguson, L, & Haviland, DR. (2016). Pistachio Production Manual. University of California Agriculture and Natural Resource Publication, 334 p.
- 39- Fisarakis, I, Nikolaou, N, Tsikalas, P, Therios, I, & Stavrakas, D. (2005). Effect of salinity and rootstock on concentration of potassium, calcium, magnesium, phosphorus, and nitrate-nitrogen in Thompson seedless grapevine. *Journal of Plant Nutrition*, 27(12), 2117-2134.
- 40- Fozouni, M, Abbaspour, N, & Doulati Baneh, H. (2012). Short term response of grapevine grown hydroponically to salinity: Mineral composition and growth parameters. *Vitis*, 51(3), 95-101.
- 41- Garaghanipur, N, Shiran, B, Khodambashie, M, & Molaie, AR. (2015). Study of Proline accumulation and gene expression of P5CS in leaves and flower buds of common bean

- 56- Musyimi, DM, Netondo, GW, & Ouma, G. (2007). Effects of salinity on growth and photosynthesis of avocado seedlings. *International Journal of Botany*, 3(1), 78-84.
- 57- Nazar, R, Iqbal, N, Syeed, S, & Khan, NA. (2011). Salicylic acid alleviates decreases in photosynthesis under salt stress by enhancing nitrogen and sulfur assimilation and antioxidant metabolism differentially in two mungbean cultivars. *Journal of Plant Physiology*, 168(8), 807-815.
- 58- Paquin, R, & Lechasseur, P. (1979). Observations sur une méthode de dosage de la proline libre dans les extraits de plantes. *Canadian Journal of Botany*, 57(18), 1851-1854.
- 59- Pérez-Pérez, JG, Robles, JM, Tovar, JC, & Botia, P. (2009). Response to drought and salt stress of lemon 'Fino 49' under field conditions: water relations, osmotic adjustment and gas exchange. *Scientia Horticulturae*, 122(1), 83-90.
- 60- Picchioni, GA, Miyamoto, S, & Storey, JB. (1991). Boron uptake and effects on growth and carbohydrate partitioning of pistachio seedlings. *Journal of the American society for horticultural science*, 116, 706-711.
- 61- Razavinasab, A, Tajabadipour, A, & Shirani, H. (2014). Effect of salinity and nitrogen application on growth, chemical composition and some biochemical indices of pistachio seedlings (*Pistacia vera* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 37(10), 1612-1626.
- 62- Rohman, A, Riyanto, S, Yuniarti, N, Saputra, WR, Utami, R, & Mulatsih, W. (2010). Antioxidant activity, total phenolic, and total flavonoid of extracts and fractions
- 49- Karimi, HR, Maleki-Kuhbanani, A, & Roosta, HR. (2014). Evaluation of inter-specific hybrid of *P. atlantica* and *P. vera* L. cv. 'Badami-Riz-e-Zarand' as pistachio rootstock to salinity stress according to some growth indices and echo-physiological and biochemical parameters. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*, 10(3), 5-17.
- 50- Karimi, HR, Zamani, Z, Ebadi, A, & Fatahi, R. (2012). Effects of water salinity on growth indices and physiological parameters in some wild pistachio. *International Journal of Nuts and Related Sciences*, 3(1), 41-48.
- 51- Karimi, R. (2017). Potassium-induced freezing tolerance is associated with endogenous abscisic acid, polyamines and soluble sugars changes in grapevine. *Scientia Horticulturae*, 215, 184-194.
- 52- Karimi, S, Rahemi, M, Maftoun, M, & Tavallali, V. (2009). Effects of long-term salinity on growth and performance of two pistachios (*Pistacia vera* L.) rootstocks. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(3), 1630-1639.
- 53- Kaya, C, Tuna, L, & Higgs, D. (2006). Effect of silicon on plant growth and mineral nutrition of maize grown under water stress condition. *Journal of Plant Nutrition*, 29(8), 1469-1480.
- 54- Lawlor, DW, & Cornic, G. (2002). Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficit in higher plants. *Plant Cell and Environment*, 25, 275-294.
- 55- Marschner, P. (2012). Marschner's mineral nutrition of higher plants. 3rd edition, Academic Press, London, 672 p.

- 67- Strizhov, N, Abraham, E, Okresz, L, Blickling, S, Zilberstein, A, Schell, J, Koncz, C, & Szabados, L. (1997). Differential expression of two P5CS genes controlling prolin accumulation during salt stress requires ABA and is regulated by ABA1, ABI1 and AXR2 in Arabidopsis. *Plant Journal*, 12(3), 557-569.
- 68- Szczerba, MW, Britto, DT, & Kronzucker, HJ. (2009). K⁺ transport in plants: physiology and molecular biology. *Journal of Plant Physiology*, 166(5), 447-466.
- 69- Turhan, E, & Eris, A. (2005). Effects of sodium chloride applications and different growth media on ionic composition in strawberry plant. *Journal of Plant Nutrition*, 27(9), 1653-1665.
- 70- Yamasaki, S, & Dillenburg, LC. (1999). Measurements of leaf relative water content in Araucaria angustifolia. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 11, 69-75.
- 71- Zhu, JK. (2001). Plant salt tolerance. *Trends in Plant Science*, 6(2), 66-71.
- of red fruit (*Pandanus conoideus* Lam). *International Food Research Journal*, 17, 97-106.
- 63- Sairam, RK. (1994). Effect of moisture stress on physiological activities of two contrasting wheat genotypes. *Indian Journal Experimental Biology*, 32, 584-593.
- 64- Sepaskhah, AR, & Maftoun, M. (1982). Growth and chemical composition of pistachio cultivars as influenced by irrigation regimes and salinity level of irrigation water. II chemical composition. *Journal of Horticultural Sciences*, 57(4), 469-476.
- 65- Sepaskhah, AR, & Maftoun, M. (1988). Relative salt tolerance of pistachio cultivars. *Journal of Horticultural Sciences*, 63(1), 157-162.
- 66- Sohrabi, N, Tajabadipour, A, Motamed, N, & Seyedi, M. (2011). A change in leaves protein pattern of some pistachio cultivars under salinity condition. *International Journal of Nuts and Related Sciences*, 2(4), 67-74.

Evaluation of Rootstocks and Interspecific Hybrids of Pistachio (*Pistacia sp.*) in Salinity Stress Conditions Based on Some Morpho-Physiological Characteristics under Greenhouse Conditions

Abstract

This research was conducted to investigate the effect of salinity stress due to increased sodium chloride on some morphological and physiological characteristics in rootstocks and interspecific hybrids of pistachio and screening of tolerant rootstocks. The factorial experiment in a completely randomized design was carried out in greenhouse conditions. The factors included four rootstocks (Badami-Riz-e-Zarand, Ghazvini, and interspecific hybrids Integerrima × Badami-Riz-e-Zarand, Integerrima × Ghazvini) and three salinity levels (0, 100 and 200 mM of NaCl) with three replicates in coco peat and perlite media. The results showed that with increasing salinity level, stem height, leaves numbers, leaf area, leaf fresh and dry weight, stem fresh and dry weight, root fresh and dry weight, leaf relative water content, leaf potassium and the ratio of potassium

to sodium decreased, and ionic leakage, proline, and leaf sodium increased. The highest stem height was observed in Integerrima × Ghazvini hybrid. In addition, the highest leaves numbers, leaf area, leaf fresh and dry weight, stem fresh and dry weight, root fresh and dry weight, leaf relative water content, leaf proline content, leaf potassium and the ratio of potassium to sodium were observed in Ghazvini rootstock and the lowest was related to Integerrima × Badami-Riz-e-Zarand hybrid. The most amount of leaf ionic leakage and sodium concentration of leaves were observed in Integerrima × Badami-Riz-e-Zarand hybrid. It seems that Ghazvini and Integerrima × Ghazvini hybrid are more tolerant and Integerrima × Badami-Riz-e-Zarand hybrid is more sensitive to salinity stress.

Keywords: Pistachio, Salinity, Tolerance, Hybrid