نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۱، ص. ۶۴۷-۶۳۷

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No. 3, Jul-Aug 2012, p. 637-647

تأثیر پتاسیم و شوری بر برخی خصوصیات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی پسته در محیط پرلیت

وحید مظفری[1*] – لیلا امیدی[2]

تاریخ دریافت:۸۹/۱۱/۱۷
تاریخ پذیرش:۹۰/۱۱/۱۰

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر پتاسیم و شوری بر برخی پارامترهای مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی پسته (رقم بادامی زرند)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل با دو فاکتور شوری (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار کلریدسدیم) و پتاسیم (صفر و ۱ میلی‌مولار پتاسیم از منبع نیترات پتاسیم) در قالب طرح کاملاً تصادفی با شش تکرار در محیط پرلیت انجام شد. جهت بررسی غلظت پرولین و قندهای احیاءکننده در دو زمان مختلف (سه و شش روز پس از اعمال شوری) طرح به‌صورت فاکتوریل اسپلیت با سه تکرار تجزیه گردید و در آن شوری× پتاسیم به‌عنوان فاکتور اصلی در قالب طرح کاملاً تصادفی و زمان به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. نمونه‌برداری‌های مربوط به غلظت پرولین و قندهای احیاءکننده، سه و شش روز پس از اعمال شوری انجام گرفت. نتایج حاصله نشان داد، با افزایش شوری (کلرید سدیم) از صفر به ۱۰۰ میلی‌مولار، وزن خشک اندام هوایی و ریشه به‌ترتیب حدود ۱۷ و ۱۵ درصد افزایش معنی‌داری یافت. با افزایش پتاسیم از صفر به ۱ میلی‌مولار، وزن خشک اندام هوایی از ۰/۸۸۵ به ۱/۰۰۷ گرم در هر گلدان رسید. کاربرد ۱ میلی‌مولار پتاسیم، ارتفاع گیاه و تعداد برگ را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. افزایش شوری موجب افزایش معنی‌دار سدیم و کاهش منیزیم گیاه گردید. غلظت پرولین و قندهای احیاءکننده سه روز پس از اعمال شوری افزایش معنی‌داری حاصل نمود در حالی‌که پتاسیم غلظت پرولین را کاهش داد. هم‌چنین، عامل زمان به‌طور معنی‌داری غلظت قندهای احیاءکننده را تحت تأثیر قرار داد به‌طوری که با گذشت ۷۲ ساعت غلظت قندهای احیاءکننده کاهش معنی‌داری حاصل نمود اما در مورد غلظت پرولین این‌گونه نبود.

واژه های کلیدی: پتاسیم، شوری، پرلیت، پرولین، قندهای احیاکننده

مقدمه

در بخش وسیعی از جهان به‌خصوص در نواحی خشک و نیمه‌خشک، شوری آب و خاک از عوامل محدودکننده رشد گیاه و تولید محصولات زراعی به‌شمار می‌آیند. برخی مطالعات نشان می‌دهند که ۲۰ تا ۵۰ درصد کل اراضی کشاورزی آبیاری شده تحت تأثیر غلظت‌های بالای نمک هستند، در نتیجه به‌طور قابل ملاحظه‌ای ارزش اقتصادی خود را از دست می‌دهند (۱۹). پتاسیم شاخص‌ترین عنصر محلول در بین ترکیب‌های معدنی است و نقش عمده‌ای در پایین نگه‌داشتن پتانسیل اسمزی استوانه مرکزی سلول‌های ریشه بازی می‌کند. پایین بودن پتانسیل اسمزی، لازمه تعادل آب داخل گیاه و انتقال املاح به‌واسطه فشار تورژسانس در آوند چوبی می‌باشد (۲۴).

پسته (*Pistacia vera* L.) گیاهی نیمه‌گرمسیری از خانواده Anacardiaceae و جنس *Pistacia* می‌باشد. کاهش رشد پسته با افزایش شوری آب و خاک توسط محققان مختلف گزارش گردیده است (۱ و ۱۸). کاهش رشد پسته در اثر آب آبیاری شور می‌تواند مربوط به سمیت یون‌های کلرید و سدیم (۳۱)، افزایش فشار اسمزی محلول خاک (۳۶)، تأثیر سوء املاح بر فتوسنتز (۱۷)، سنتز اسید نوکلئیک و پروتئین (۳۰) و فعالیت‌های آنزیمی (۴۱) باشد. برخی محققین نشان دادند، کاربرد بعضی از عناصر غذایی از جمله پتاسیم (۲۵ و ۲۶)، می‌تواند از تأثیر سوء شوری خاک و یا آب بکاهد و یا به عبارت دیگر مقاومت نسبی گیاه را به تنش شوری خاک افزایش دهد. زینگ و همکاران (۴۲) نشان دادند، کاربرد پتاسیم موجب افزایش غلظت پتاسیم برگ، عملکرد و بهبود کیفیت مغز پسته گردید. خوش‌گفتارمنش و سیادت (۳) گزارش نمودند هنگامی‌که شیب قابل

۱و۲- استادیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه خاک‌شناسی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان
(*- نویسنده مسئول: (Email: vmozafary@yahoo.com

توجهی از غلظت سدیم وجود داشته باشد، میزان تجمع و انتقال پتاسیم در گیاه افزایش می‌یابد. بن‌ماهیول و همکاران (۱۳) در تحقیقی تأثیر تنش شوری بر جوانه‌زنی و رشد گلخانه‌ای گیاه پسته را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که شوری تأثیری منفی بر رشد اندام هوایی گیاه پسته داشت در حالی‌که رشد ریشه را بهبود بخشید. در تحقیقات دیگر مشخص شد که به‌رغم اثرات سودمند افزایش نسبت K/Na در داخل گیاه، کوددهی پتاسیم نمی‌تواند موجب کاهش اثرات زیان‌آور شوری گردد (۱۱، ۱۲ و ۱۶).

برخلاف وجود شواهد زیادی مبنی بر کاهش جذب و انتقال پتاسیم در حضور غلظت زیاد سدیم، اطلاعات اندکی نیز نشان می‌دهد که اضافه نمودن پتاسیم به خاک‌های سدیمی، رشد و عملکرد گیاه را بهبود می‌بخشد (۲۰). این محققین عنوان نمودند که پسته در مقابل شوری دو استراتژی در پیش می‌گیرد؛ نخست اینکه به‌سرعت رشد اندام هوایی و ریشه را به‌منظور به‌دست آوردن توانایی ذخیره سازی انرژی جهت مقابله با این تنش کاهش می‌دهد و سپس با توسعه ریشه سعی در سازگار نمودن گیاه می‌نماید. محمدخانی (۶) در پژوهشی اثر غلظت‌های صفر تا ۶۰ میلی‌مولار کلرید سدیم را در رشد ارقام بادامی ریز، قزوینی، سرخس و بنه مورد بررسی قرار داد. تحقیقات وی نشان داد که اثر نوع پایه و کلرید سدیم بر روی ماده خشک کل گیاه، تعداد برگ، طول ساقه و همچنین ماده خشک هر یک از اندام‌های برگ، ساقه و ریشه در دو سال آزمایش معنی‌دار بود به‌طوری که با افزایش غلظت کلرید سدیم محلول غذایی، مقدار ماده خشک برگ، ساقه و ریشه کاهش یافت. شهریاری‌پور (۵) مشخص نمود که شوری‌های بالا موجب کاهش رشد پسته همانند سایر گیاهان مقاوم به شوری می‌گردد. به‌طوری که افزایش شوری در سطوح بالا، منجر به کاهش معنی‌دار وزن خشک برگ، ساقه و ریشه، سطح برگ و ارتفاع ساقه و همچنین افزایش نسبت وزن خشک شاخسار به ریشه گردید. نتایج به‌دست آمده توسط حکم‌آبادی (۲) در پسته نیز نشان داد، افزایش غلظت کلریدسدیم در آب آبیاری به بیش از ۷۵ میلی‌مول در لیتر کلرید سدیم، باعث کاهش شدیدی در میزان بیوماس کل گیاه و همین‌طور وزن خشک و تر ریشه، ساقه و برگ گردید.

تنظیم اسمزی یک روش مهم سازگار شدن گیاهان در شرایط تنش شوری گزارش شده است چرا که با این عمل به حفظ تورژسانس و حجم سلول کمک می‌کند و از پاشیدگی سلول جلوگیری می‌نماید (۴۰). پرولین یک اسیدآمینه حمایت‌کننده بافت گیاهی است که در شرایط شور در گیاه تجمع می‌یابد (۱۵). افزایش غلظت پرولین عمومی‌ترین و فراوان‌ترین پاسخی است که به‌محض آبکشی ناشی از کمبود آب یا افزایش فشار اسمزی مشاهده می‌شود. پرولین به‌جز تنظیم اسمزی، نقش‌های دیگری نیز از قبیل جاروب کردن رادیکال هیدروکسیل، تنظیم pH سلولی، پایدار کردن ساختار پروتئین و محافظت در برابر سرما و تنظیم پتانسیل ردوکس دارد (۹). هم‌چنین به‌نظر می‌رسد قندها با تأمین کربن مورد نیاز جهت تشکیل پرولین، به‌طور غیرمستقیم در تطابق اسمزی گیاه با شرایط تنش، نقش مهمی را ایفا می‌کنند (۳۵).

حکم‌آبادی (۲) در پژوهشی ضمن اندازه‌گیری میزان پرولین برگ پسته که تحت تنش شوری قرار گرفته بود، گزارش کرد میزان تجمع پرولین در برگ در تیمار ۱۵۰ میلی مولار و ۲۲۵ میلی‌مولار کلرید سدیم در سی‌امین روز بعد از اعمال تیمار، به‌ترتیب ۱/۸ و ۲/۴ برابر و شصتمین روز به‌ترتیب ۱/۷ و ۲/۳ برابر بیشتر از میزان تجمع آن در تیمار شاهد بود. نتایج تحقیقات مظفری (۷) نشان داد، با افزایش شوری عصاره اشباع از ۳ به ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر غلظت پرولین برگ پسته بطور معنی‌داری از ۰/۱۶ به ۰/۲۲ میلی‌گرم بر گرم وزن برگ تازه افزایش یافت. اما با افزایش بیشتر شوری تغییر معنی‌داری در غلظت پرولین ایجاد نشد. مطالعات واکر و همکاران (۴۰) نشان داد که قرار گرفتن پسته در معرض تنش شوری به میزان ۱۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم باعث افزایش میزان ساکارز و قندهای احیاءکننده (گلوکز و فروکتوز) می‌شود. شهریاری‌پور (۵) نشان داد که شوری باعث کاهش ۳۱ درصدی غلظت قندهای احیاءکننده در برگ پسته گردید. با توجه به اهمیت اقتصادی پسته و استقرار بسیاری از باغ‌های پسته در اراضی شور، بررسی راهکارهایی که بتوان مقاومت این گیاه را به تنش شوری افزایش داد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. تحقیقات انجام شده با بعضی از گیاهان نشان می‌دهد که پتاسیم قادر است در این راستا مثمرثمر واقع شود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر پتاسیم و شوری بر برخی پارامترهای رشد و خصوصیات شیمیایی پسته (رقم بادامی زرند)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل با دو فاکتور شوری (۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار کلریدسدیم) و پتاسیم (۰ و ۱ میلی مولار پتاسیم از منبع نیترات پتاسیم) در قالب طرح کاملاً تصادفی با شش تکرار در محیط پرلیت در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان انجام شد که در نهایت ۳۶ گلدان مورد استفاده قرار گرفت. غلظت پرولین و قندهای احیاءکننده در دو زمان مختلف (سه و شش روز پس از اعمال شوری) و در دو گلدان متفاوت با سه تکرار اندازه‌گیری شد. جهت بررسی این دو صفت، طرح به‌صورت فاکتوریل اسپلیت تجزیه گردید و در آن شوری× پتاسیم به‌عنوان فاکتور اصلی در قالب طرح کاملاً تصادفی و زمان به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. محلول غذایی بر اساس جدول هوگلند که با توجه به هدف آزمایش تغییراتی در آن صورت گرفت (هوگلند تصحیح شده) ساخته شد (۲۱).

بذرهای پسته رقم بادامی زرند از مؤسسه تحقیقات پسته تهیه و پس از جداسازی پوست سخت با قارچ‌کش ضدعفونی گردید و جهت

جوانه‌زدن به مدت پنج روز میان پارچه‌های مرطوب در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. سپس مقدار ۶۰۰ گرم پرلیت در هر یک از گلدان‌های پلاستیکی ریخته شد. پس از آن در هرگلدان سه عدد بذر جوانه‌زده شده در عمق دو سانتی‌متری کشت گردید. تا هفته چهارم پس از کاشت، آبیاری گلدان‌ها تا حد ظرفیت زراعی با آب مقطر انجام شد. از هفته پنجم به‌بعد طبق نقشه طرح، تیمارهای پتاسیم و عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم (جدول ۱)، کلر (NaCl ۰/۱ میکرومولار) و هم‌چنین عناصر کم‌مصرف (سولفات منگنز ۱۱/۸۳، سولفات مس ۱، اسید بوریک ۲۴/۲۵، سولفات روی ۳/۴۷، آمونیوم مولیبدات ۰/۰۴ و Fe-EDTA ۱/۵۴ میکرومولار) بر اساس محلول هوگلند تصحیح شده تهیه و اعمال گردید.

جهت جلوگیری از تجمع عناصر مورد استفاده هر ۱۵ روز یک‌بار آب‌شویی تمام گلدان‌ها انجام و سپس مجدداً تیمارها اعمال گردید. در هفته دهم پس از کاشت، تیمارهای شوری با غلظت‌های صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم اعمال گردید. با گذشت سه روز پس از اعمال شوری، اولین برداشت از بافت تازه گیاهی (برگ‌ها) انجام و به‌همین ترتیب شش روز پس از آن نیز، دومین برداشت صورت گرفت (دو برداشت با بازه زمانی ۷۲ ساعت). نمونه‌های مذکور به‌منظور اندازه‌گیری آنزیم پرولین به‌روش بیت و همکاران (۱۰) و قندهای احیاءکننده به روش نلسون (۲۸) به آزمایشگاه منتقل گردید.

در پایان هفته یازدهم تعداد بوته در گلدان، ارتفاع بوته، تعداد برگ در هر بوته، وزن مرطوب و وزن خشک اندام هوایی و ریشه و وزن خشک کل گیاه (اندام هوایی + ریشه) اندازه‌گیری شد. در عصاره‌های حاصل از کل گیاه درصد عناصر سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه Flame Photometer و هم‌چنین میزان کلسیم و منیزیم به کمک دستگاه جذب اتمیک اندازه‌گیری شد. در پایان آزمایش، داده‌های به‌دست آمده از اندازه‌گیری‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری MSTATC و با استفاده از آزمون دانکن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. هم‌چنین نمودارهای مربوطه با استفاده از برنامه Excel رسم گردید.

جدول ۱- غلظت محلول نهایی عناصر پرمصرف در تیمارهای مختلف پتاسیم بر حسب میلی‌مولار

نام ترکیب	تیمارهای پتاسیم (میلی‌مولار)	
	تیمار .K (K=۰)	تیمار K_1 (m mol Lit^{-1}) (K=۱)
KNO_3	-	۱
$MgSO_4.7H_2O$	۰/۵	۰/۵
$Ca(NO_3)_2.4H_2O$	۱	۰/۵
NH_4H_2PO4	۱	۱

نتایج و بحث

تأثیر پتاسیم و شوری بر برخی شاخص‌های رشد

نتایج تجزیه واریانس وزن خشک اندام هوایی و ریشه در جدول ۲ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، شوری و پتاسیم وزن خشک اندام هوایی را تحت تأثیر معنی‌دار قرار داد. لیکن وزن خشک ریشه فقط تحت تأثیر شوری قرار گرفت و پتاسیم تأثیر معنی‌داری بر این پارامتر نداشت. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن نشان داد، با افزایش شوری (کلرید سدیم) از صفر به ۱۰۰ میلی‌مولار، وزن خشک اندام هوایی و ریشه به‌ترتیب حدود ۱۷ و ۱۵ درصد افزایش معنی‌داری یافت، اما در شوری بالاتر (۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) تغییر معنی‌داری حاصل نشد. (شکل ۱، الف و ب). با کاربرد ۱ میلی‌مولار پتاسیم، ارتفاع گیاه به‌طور معنی‌داری افزایش و از ۷/۱۵ به ۱۱/۴۱ سانتی‌متر رسید (شکل ۲، الف و ب). اندازه‌گیری پارامتر تعداد برگ نیز نشان داد که تیمار پتاسیم به‌طور مؤثر و معنی‌داری آن را افزایش داد. مظفری (۷) نشان داد، میانگین وزن خشک، سطح برگ و ارتفاع نهال پسته با افزایش شوری کاهش و با به‌کارگیری عنصر پتاسیم میانگین پارامترهای یاد شده به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در تحقیقی که توسط آشوارت و همکاران (۸) انجام گرفت مشخص شد، کاربرد پتاسیم عملکرد مغز پسته را بیش از ۲۰ درصد بهبود بخشید. هم‌چنین بن‌می‌مون و همکاران (۱۴) نیز نشان دادند که مصرف پتاسیم موجب افزایش وزن تازه مغز و بهبود کیفیت درصد خندانی گیاه پسته گردید. تاج‌آبادی‌پور (۱) با کاربرد صفر تا ۲۲۵ میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک در گلدان تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک برگ، ساقه و ریشه پایه‌های مختلف پسته به‌دست نیاورد و چنین اظهار داشت که احتمالاً پتاسیم عصاره‌گیری شده با آمونیم استات (۷۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) برای رشد بهینه پایه‌های پسته کافی بوده است.

تأثیر پتاسیم و شوری بر غلظت پرولین (سه و شش روز پس از اعمال شوری)

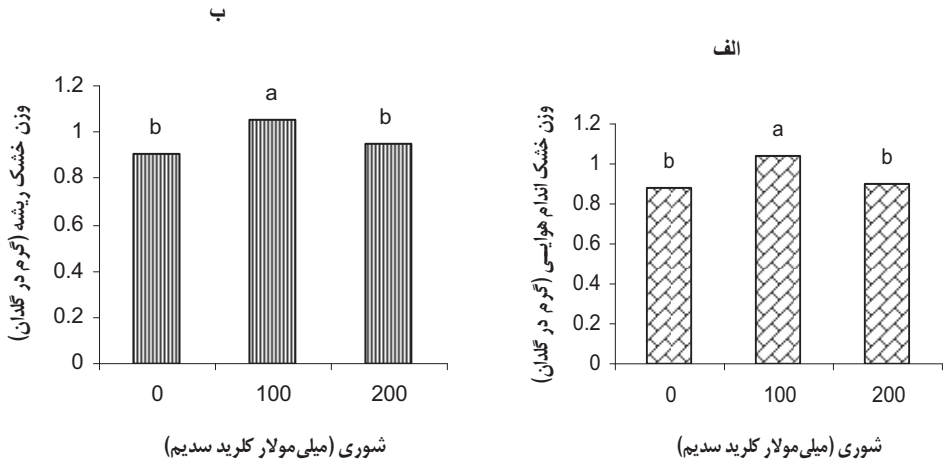
نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که پس از ۷۲ ساعت، شوری و پتاسیم تأثیر معنی‌داری بر میزان پرولین داشت. هم‌چنین برهم‌کنش شوری و پتاسیم نیز در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن نشان داد (جدول ۴) پس از گذشت سه روز از اعمال سطوح مختلف شوری، غلظت پرولین در سطوح ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار کلریدسدیم، به‌ترتیب ۳ و ۳/۶ برابر نسبت به شاهد (صفر میلی‌مولار کلریدسدیم) افزایش معنی‌داری حاصل نمود. سانور و همکاران (۳۴) در تحقیقی نشان دادند که دوازده ساعت پس از تیمار با کلرید سدیم، غلظت پرولین نسبت به گیاهان

شاهد به ۲/۹ برابر رسید. تحقیقات زیادی نشان می‌دهد که تجمع پرولین در گیاه پسته، به‌عنوان یک پاسخ عمومی به تنش شوری است (۱، ۲، ۴، ۷ و ۳۸). در مقابل، افزایش یک میلی‌مولار پتاسیم، مقدار پرولین برگ را حدود ۲۴ درصد نسبت به شاهد کاهش داد.

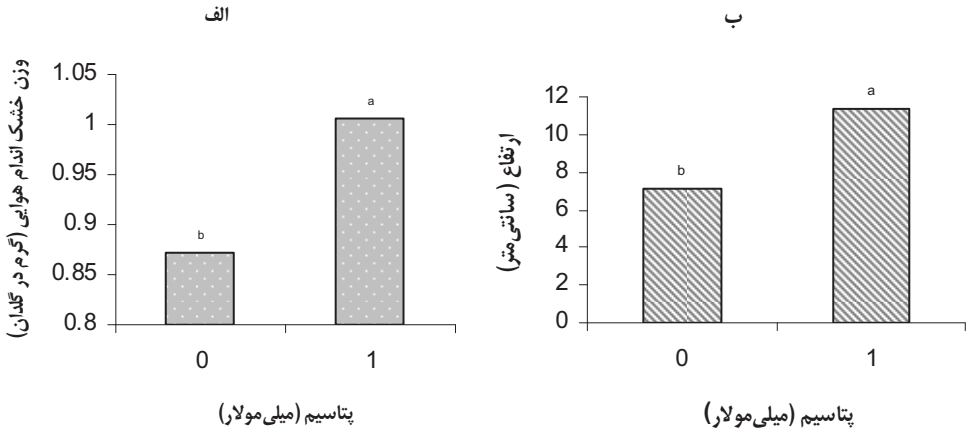
جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس برخی شاخص‌های رشد تحت تأثیر تیمارهای پتاسیم و شوری

صفات / منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	تعداد برگ	ارتفاع گیاه
شوری	۲	۰/۰۸۵*	۰/۰۶۴*	۷/۲**	۴/۲۷ns
پتاسیم	۱	۰/۱۶۵*	۰/۰۳۴ns	۳۶/۶**	۱۶۳/۴**
شوری× پتاسیم	۲	۰/۰۵۳ns	۰/۰۱۴ns	۲/۱ns	۲/۹۲ns
خطا	۳۰	۰/۰۲۳	۰/۰۱۷	۲/۵	۳/۶۷
CV%		۱۶/۱۳	۱۳/۳۱	۱۸/۷	۲۰/۶

ns معنی‌دار نیست *، معنی‌دار در سطح ۵ درصد **، معنی‌دار در سطح ۱ درصد.



شکل ۱- تأثیر سطوح مختلف شوری بر وزن خشک اندام هوایی (الف) و ریشه (ب)



شکل ۲- تأثیر سطوح مختلف پتاسیم بر وزن خشک اندام هوایی (الف) و ارتفاع گیاه (ب)

برهم‌کنش پتاسیم و شوری نشان داد، در نبود پتاسیم، با افـزایش شوری از صفر به ۲۰۰ میلی‌مولار کلریدسدیم، غلظت پرولین بـیش از پنج برابر افزایش حاصل نمود در حالی‌که در حضور یـک میلـی‌مـولار پتاسیم و با افزایش شوری غلظت پـرولین حـدود ۱/۴ برابـر افـزایش یافت. پس از گذشت سه روز از زمان نمونه‌برداری اول، مجدداً از سـه تکرار بعدی نمونه‌گیری به‌عمل آمد و فقط سطوح مختلف شـوری بـر غلظت پرولین معنی‌دار شد و پتاسیم و اثرات متقابـل، غلظـت پـرولین برگ را تحت تأثیر معنی‌دار قرار نـداد. نتـایج مقایسه میـانگین‌هـا بـا استفاده از آزمون دانکن نشان داد (جدول ۴) که با افـزایش شـوری از صفر به ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار کلریـد سـدیم، غلظـت پـرولین بـرگ به‌ترتیب از ۰/۸۲۰ به ۲/۸۰۰ و ۲/۷۹۳ میکرومـول بـر گـرم وزن تـر رسید. پرولین اسیدآمینه‌ای است که در پاسخ به شوری افزایش نـشان می‌دهد، در حقیقت محققین معتقدند که کلریدسدیم مسیر بیوسـنتزی پرولین و توانایی آنتی‌اکسیدانی سلول گیاهی را تحریـک و انباشـتگی آن باعث القای مقاومت به شـوری مـی‌گـردد (۷و ۱۵). مظفـری (۲۵) عنوان نمود که با افزایش سدیم و یا با کاهش پتاسیم غلظـت پـرولین بیش از ۱۰۰ درصد افزایش حاصل کرد.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس پرولین و قندهای احیاءکننده تحت تأثیر تیمارهای شوری و پتاسیم (برداشت اول و دوم)

صفات		میانگین مربعات			
منبع تغییرات	درجه آزادی	غلظت پرولین	غلظت قندهای احیاءکننده	غلظت پرولین	غلظت قندهای احیاءکننده
		سه روز پس از اعمال شوری		شش روز پس از اعمال شوری	
شوری	۲	۱۱/۳۵**	۱۶۱۲۸۷/۴**	۷/۸**	۷۵۴۳/۱
پتاسیم	۱	۲/۱۴*	۸۳۹۸/۱ns	۰/۰۳ns	۳۷/۳**
شوری× پتاسیم	۲	۱/۴۲*	۶۳۹۶/۹ns	۰/۸۰ns	۳۹۰/۲ns
خطا	۱۲	۰/۲۴۹	۲۰۳۸۸/۳	۰/۴۵	۸۹۸۳/۷
CV%		۱۹/۵	۲۰/۴	۲۹/۳	۲۳

ns معنی‌دار نیست *، معنی‌دار در سطح ۵ درصد **، معنی‌دار در سطح ۱ درصد

جدول ٤- مقایسه میانگین غلظت پرولین (میکرومول بر گرم وزن خشک) تحت تأثیر کاربرد شوری و پتاسیم

سطوح شوری (میلی‌مولار کلریدسدیم)	سطوح پتاسیم (میلی‌مولار)		میانگین
	۰	۱	
	غلظت پرولین (سه روز پس از اعمال شوری)		
۰	۰/۸۰۷d	۲/۲۱۷d	۱/۰۱۲B
۱۰۰	۳/۷۴۷ab	۲/۳۱۷c	۳/۰۳۲A
۲۰۰	۴/۱۶۳a	۳/۱۱۳bc	۳/۶۳۸A
میانگین	۲/۹۰۶A	۲/۲۱۶B	
	غلظت پرولین (شش روز پس از اعمال شوری)		
۰	۰/۶۳۳a	۱/۰۰۷a	۰/۸۲۰B
۱۰۰	۲/۶۴۷a	۲/۹۵۳a	۲/۸۰۰A
۲۰۰	۳/۲۵۳a	۲/۳۳۳a	۲/۷۹۳A
میانگین	۲/۱۷۸A	۲/۰۹۸A	

میانگین‌هایی که در یک حرف مشترکند طبق آزمون دانکن از لحاظ آماری معنی‌دار نیستند.

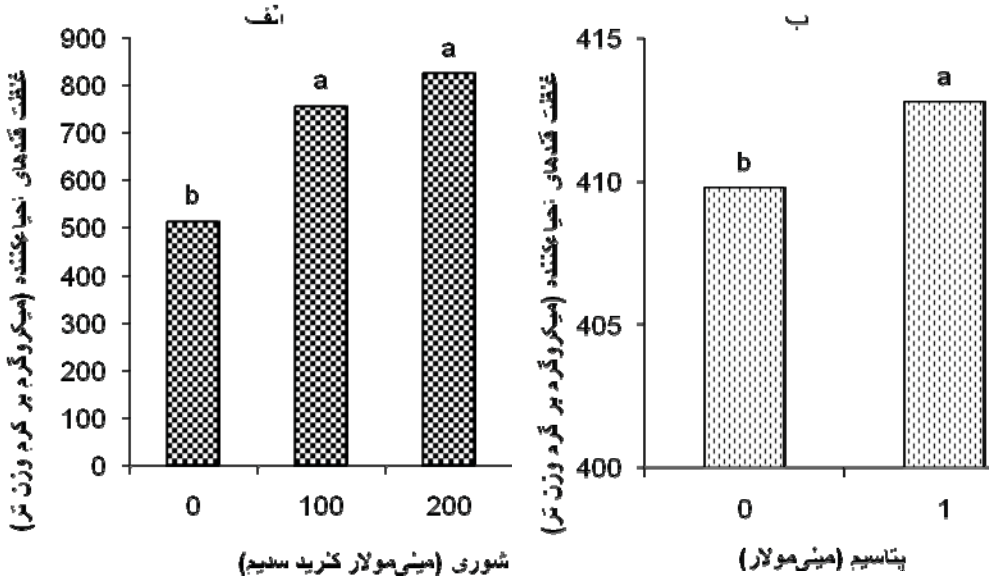
در حالی‌که نارایان (۲۷) گزارش کرد که گیاهان با پتاسیم کافی در مقایسه با گیاهان با کمبود پتاسیم، پرولین بیشتری انباشته می‌کنند و این روند بیانگر این حقیقت است که پتاسیم از طریق افزایش غلظت پرولین و کاهش قندهای احیاءکننده و در نتیجه به‌وسیله تطابق اسمزی تحمل گیاه به تنش خشکی را افزایش می‌دهد. از طرف دیگر لیو و زو (۲۳) مشاهده کردند که پتاسیم بر غلظت پرولین تأثیر معنی‌داری نداشت. در این پژوهش نیز با کاربرد عنصر پتاسیم، تنش وارد شده به گیاه در نتیجه سدیم اضافی کنترل شده و در نتیجه در گیاه پرولین اضافی تولید نشد.

تأثیر پتاسیم و شوری بر غلظت قندهای احیاءکننده (سه و شش روز پس از اعمال شوری)

نتایج تجزیه واریانس غلظت قندهای احیاءکننده (جدول ۳) نشان داد که پس از گذشت سه روز از اعمال تیمارهای شوری، غلظت قندهای احیاءکننده تحت تأثیر معنی‌دار قرار گرفت در حالی‌که کاربرد پتاسیم و اثر متقابل شوری و پتاسیم معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد، شوری موجب افزایش غلظت قندهای احیاءکننده از ۵۱۴/۲ در شاهد به ۷۵۸/۱ در سطح دوم و ۸۲۵/۹ میکروگرم بر گرم وزن تر در سطح سوم شوری (۲۰۰ میلی‌مول کلریدسدیم) شد (شکل ۳، الف). نتایج پژوهش حکم‌آبادی (۲) در پسته نشان داد که میزان قندهای محلول موجود در برگ به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر شوری قرار گرفت. این محقق نشان داد که هم در زمان نمونه‌برداری اول (۳۰ روز) و هم در زمان نمونه‌برداری دوم (۶۰ روز) میزان کل قندهای محلول موجود در برگ با افزایش غلظت کلرید سدیم افزایش شدیدی پیدا نمود. هم‌چنین این نتایج پس از گذشت شش روز بعد از اعمال شوری نشان داد (جدول ۳) تنها پتاسیم غلظت قندهای احیاءکننده را تحت تأثیر معنی‌دار قرار داد و برعکس برداشت اول، شوری تأثیر معنی‌داری نداشت. با افزایش یک میلی‌مولار پتاسیم غلظت قندهای احیاءکننده از ۴۰۹/۸ به ۴۱۲/۷ میکروگرم بر گرم وزن تر رسید (شکل ۳، ب). برهم‌کنش شوری و پتاسیم نیز معنی‌دار بود به‌طوری که بیشترین مقدار قندهای احیاءکننده در تیمار K_0S_3 (شوری ۲۰۰ میلی‌مولار و پتاسیم صفر) به‌دست آمد که ۱۸ درصد بیشتر از شاهد بود.

تأثیر زمان بر غلظت قندهای احیاءکننده و پرولین

نتایج تجزیه واریانس غلظت پرولین و قندهای احیاءکننده نشان داد (جدول ۴)، تأثیر فاکتور زمان بر غلظت قندهای احیاءکننده در سطح یک درصد معنی‌دار بود، به طوری‌که غلظت قندهای احیاءکننده پس از گذشت سه روز نسبت به زمان اول نمونه‌برداری (روز ششم) به‌طور معنی‌داری کاهش حاصل نمود (شکل ۴، الف). به‌نظر می‌رسد این کاهش غلظت نشان‌دهنده نوعی سازگاری گیاه با تنش شوری باشد. با وجود کم شدن پرولین از مقدار ۲/۵۶ به ۲/۱۴ میکرومول بر گرم وزن تر پس از گذشت ۷۲ ساعت، این کاهش در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود (شکل ۴، ب).

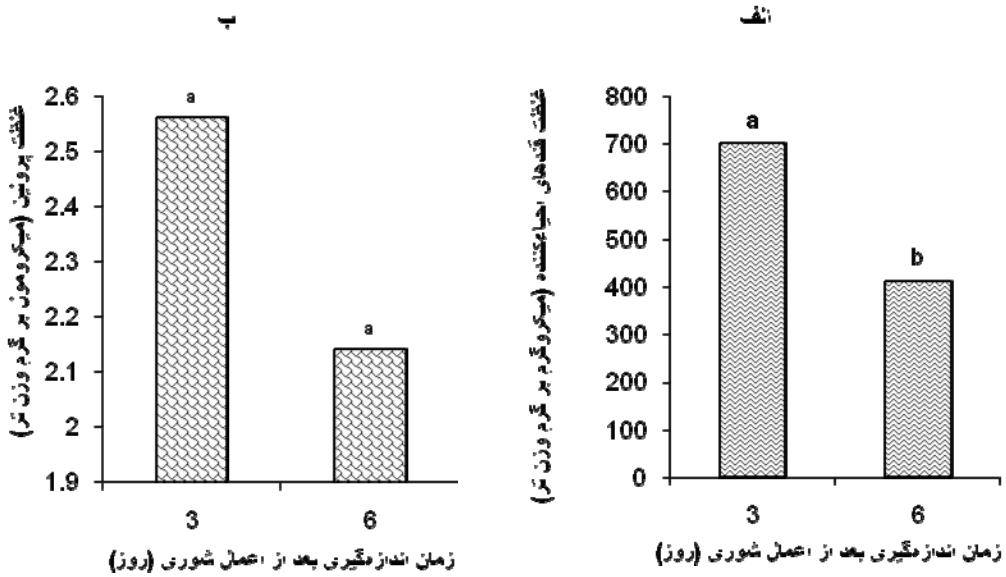


شکل ۳- تأثیر شوری (الف) و پتاسیم (ب) بر غلظت قندهای احیاءکننده

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس پرولین و قندهای احیاءکننده تحت تأثیر تیمارهای شوری، پتاسیم و زمان

صفات		میانگین مربعات	
منبع تغییرات	درجه آزادی	قندهای احیاءکننده	پرولین
شوری	۲	۱۱۷۸۶۹/۴**	۱۸/۸**
پتاسیم	۱	۳۶۵۶/۰ns	۱/۳*
شوری×پتاسیم	۲	۲۲۳۷/۷ns	۳/۰*
خطای ۱	۱۲	۱۵۷۳۳/۹ns	۳/۰ns
زمان	۱	۷۴۷۴۶۱/۱**	۱/۶ns
شوری×زمان	۲	۵۰۹۵۸/۸ns	۰/۸ns
پتاسیم×زمان	۱	۴۷۷۴/۶ns	۰/۸ns
شوری×پتاسیم×زمان	۲	۴۵۵۰/۴ns	۱/۴ns
خطای ۲	۱۲	۱۳۶۳۸/۵ns	۵/۴ns
%CV		۲۱/۰۳	۲۸/۵

ns معنی‌دار نیست *، معنی‌دار در سطح ۵ درصد **، معنی‌دار در سطح ۱ درصد



شکل ٤- تأثیر زمان بر غلظت قندهای احیاءکننده (الف) و پرولین (ب)

تأثیر پتاسیم و شوری بر غلظت برخی عناصر غذایی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۵) غلظت برخی از عناصر غذایی نشان داد با افزایش پتاسیم، غلظت پتاسیم گیاه در سطح یک درصد افزایش معنی‌دار حاصل نمود. به‌گونه‌ای که مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن نشان داد که کاربرد یک میلی‌مولار پتاسیم، غلظت این عنصر را نسبت به شاهد ۱۴ درصد افزایش داد (شکل ۵، الف). در بسیاری از تحقیقات، افزایش پتاسیم سبب افزایش غلظت این عنصر در گیاه شده است (۱۴، ۲۹ و ۴۲). کایا و همکاران (۲۲) دریافتند که اضافه نمودن نیترات پتاسیم به محیط ریشه غلظت پتاسیم برگ را افزایش داد و جذب یون‌هایی نظیر نیتروژن و کلسیم را بهبود بخشید و در نهایت سبب افزایش پایداری غشاء سلول گردید. افزایش شوری هم‌چنین موجب افزایش معنی‌دار میزان سدیم کل گیاه شد، به‌طوری که غلظت سدیم از ۰/۸۵ درصد در شاهد به ۱/۶۲ درصد در بالاترین سطح شوری (۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) رسید (شکل ۵، ب). افزایش غلظت سدیم بر اثر شوری توسط پژوهش‌گران متعددی گزارش شده است (۲، ۱۸ و ۳۲). کاربرد تیمارهای پتاسیم و شوری بر افزایش یا کاهش غلظت کلسیم در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود، حال آن‌که تیمارهای شوری و پتاسیم هر یک به‌تنهایی غلظت

عنصر منیزیم را تحت تأثیر قرار دادند. شوری غلظت منیزیم را از ۰/۱۶۳ درصد در شاهد به ۰/۱۲۸ درصد در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار کلریدسدیم به‌طور معنی‌داری کاهش دهد. لیکن غلظت منیزیم با کاربرد پتاسیم افزایش حاصل نمود و از ۰/۱۳۵ به ۰/۱۵۵ درصد رسید (شکل ۵، الف). با توجه به نقش منیزیم به‌عنوان یک کاتیون مبادله‌گر و تنظیم‌کننده pH شیره سلولی (۲۴)، احتمالاً برای جلوگیری از اثرات تخریبی سدیم، کاربرد پتاسیم منجر به افزایش غلظت منیزیم در کل گیاه شده است. محققان به این نتیجه رسیده‌اند که شوری ناشی از کلرید سدیم باعث کاهش غلظت منیزیم در برگ مرکبات شده، اما این کاهش همیشه به‌دلیل افزایش شوری نبوده است (۳۳). هم‌چنین تاتینی و همکاران (۳۸) اثرات تنش شوری بر ژنوتیپ‌های زیتون را بررسی و گزارش نمودند که با افزایش شوری میزان منیزیم ریشه و ساقه کاهش یافت.

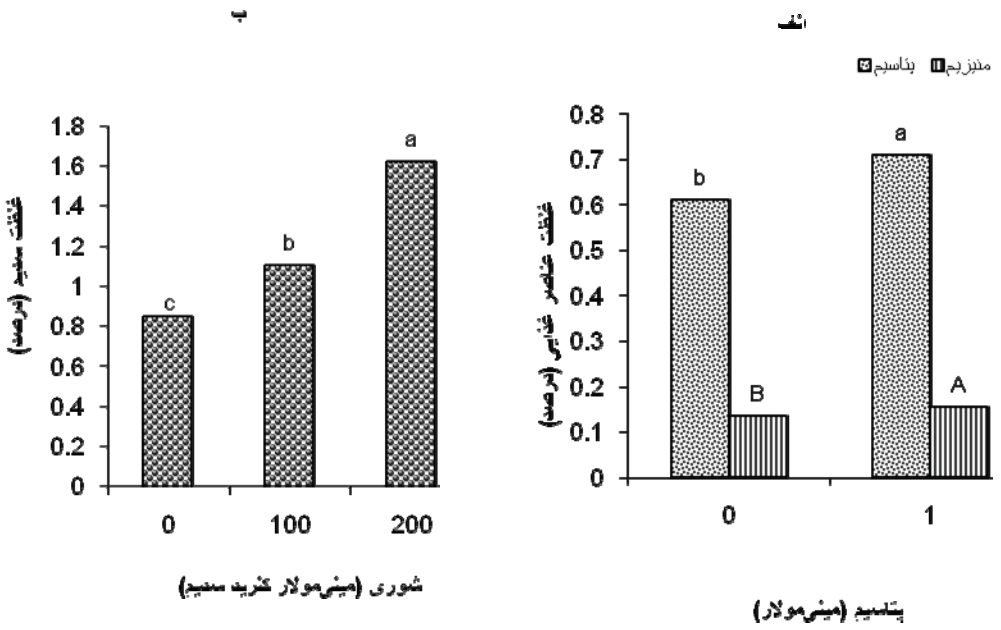
نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده از این تحقیق نشان داد که شوری موجب افزایش غلظت سدیم در کل گیاه گردید. کاربرد عنصر پتاسیم توانست در کاهش اثرات منفی شوری مؤثر واقع شود، به‌طوری که سبب افزایش غلظت عناصر پتاسیم و منیزیم شد و هم‌چنین تعداد برگ و ارتفاع گیاه را افزایش داد.

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس غلظت عناصر غذایی در گیاه پسته

صفات / منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		سدیم (٪)	پتاسیم (٪)	کلسیم (٪)	منیزیم (٪)
شوری	۲	۱/۸۷**	۰/۰۰۷ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۴**
پتاسیم	۱	۰/۰۴۷ns	۰/۰۸۸**	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۰۴*
شوری× پتاسیم	۲	۰/۰۷ns	۰/۰۰۷ns	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۰۰۱ns
خطا	۳۰	۰/۰۶۵ns	۰/۰۰۵ns	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۰۱ns
CV%		۲۱/۵	۱۱/۲	۲۰/۵	۱۶/۹۵

ns معنی‌دار نیست *، معنی‌دار در سطح ۵ درصد **، معنی‌دار در سطح ۱ درصد.



شکل ۵ - تأثیر پتاسیم بر غلظت پتاسیم و منیزیم کل گیاه (الف) و تأثیر شوری بر غلظت سدیم کل گیاه (ب)

برای مقابله گیاه پسته با تنش شوری (جهت تنظیم اسمزی) غلظت پرولین و قندهای احیاءکننده در گیاه افزایش یافت. این‌چنین به‌نظر می‌رسد که گیاه پسته به‌سرعت سعی در سازگار نمودن خود با شرایط شور دارد به‌گونه‌ای که پس از گذشت شش روز از اعمال شوری نسبت به زمان اول نمونه‌برداری، غلظت قندهای احیاءکننده به‌طور معنی‌داری کاهش حاصل نمود که این روند در مورد پرولین مشاهده نگردید.

منابع

۱- تاج‌آبادی‌پور ا. ۱۳۸۳. تأثیر کاربرد پتاسیم بر مقاومت نسبی ۳ رقم پسته به تنش آبی و شوری. رساله دکتری بخش خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

۲- حکم آبادی ح. ۱۳۸۲. عکس‌العمل برخی پایه های درختان پسته به زیادی بور و کلرید سدیم در آب آبیاری. رساله دکتری، بخش خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس. تهران.

۳- خوشگفتارمنش ا.ح. و سیادت ح. ۱۳۸۱. تغذیه معدنی سبزیجات و محصولات باغی در شرایط شور. نشر آموزش کشاورزی. معاونت امور باغبانی وزارت جهاد کشاورزی. تهران، ایران.

۴- رضوی نسب ا. ۱۳۸۶. اثر نیتروژن، شوری و ماده آلی بر رشد و ترکیب شیمیایی پسته و مورفولوژی پسته. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان.

۵- شهریاری‌پور ر. ۱۳۸۶. تأثیر فسفر، روی و شوری بر رشد و ترکیب شیمیایی پسته. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان.

۶- محمدخانی ع. ۱۳۷۶. پسته. انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

۷-مظفری و. ۱۳۸۴. بررسی نقش پتاسیم، کلسیم و روی در کنترل عارضه سرخشکیدگی پسته. رساله دکتری، بخش خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

8- Ashworth L.Jr., Gaona S.A., and Surber E. 1985. Nutritional diseases of pistachio trees: Pottasium and phosphorous deficiencies and chloride and boron taxicities. Phytopathology. 75:1084-1091.

9- Aspinall D., and Paleg L.G. 1981. Physiology and biochemistry of drought resistance in plants. Academic Press, New York.

10- Bates S., Waldren R.P., and Teare I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil 39:205-207.

11- Bar-Tal A., Feigenbaum S., and Sparks D.L. 1991. Potassium-salinity interactions in irrigated corn. Irrig. Sci.12:27–35.

12- Bernstein L., Francois L.E., and Clark R.A.1974. Interactive effects of salinity and fertility on yields of grains and vegetables. Agron. J. 66,412–421.

13- Benmahioul B., Daguin F., and Kaid-Harche M. 2009. Effects of salt stress on germination and *in vitro* growth of pistachio (*Pistacia vera* L.). C. R. Biologies 322:752–758.

14- Ben Mimoun M., Loumi O., Ghrab M., Latiri K., and Hellaliiant R. 2004. Foliar Potassium Application on Pistachio Tree. IPI regional workshop on Potassium and Fertigation development in West Asia and North Africa; Rabat, Morocco, 24-28 November.

15- Berteli F., Corrales E., Guerrero C., Ariza M., Pilego F., and Valpuesta V. 1995. Salt stress increases ferrodoxin-dependent glutamate synthase activity and protein level in the leaves of tomato.Physiol. Plant. Copenhagen.93: 259-264.

16- Cerda A., Pardines J., Botella M.A., and Martinez V. 1995. Effect of potassium on growth, water relations and the inorganic and organic solute contents for two maize cultivars grown under saline conditions. J. Plant Nutr.18:839–851.

17- Downton W.J.S., and Loveys B.R. 1981. Abscisic acid content and osmotic relations of salt stressed grapevine leaves. Aust. J. Plant Physiol.8: 443-452.

18- Ferguson L., Poss J.A., Grattan S.R., Grieve G.M., Wang D., Wilson C., Donvan T.J., and Chao C.T. 2002. Pistachio rootstocks influence scion growth and ion relations under salinity and boron stress. J. Am. Soc. Hort. Sci.127: 194-199.

19- Flowers T.J. 1999. salinization and horticultural production. Sci. Hort.78:1-4.

20- Grattan S.R., and Grieve C.M. 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. Sci. Hort.78,127–157.

21- Hoagland D.R., and Arnon D.I. 1938. The water culture method for growing plants without soil. Univ. Calif. Agric. Experiment Station Circular 347:1–32.
22- Kaya C., Higgs D., and Kirnak H. 2001. The effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spanich. Bulg. J. Plant Physiol. 27(3–4),47–59.
23- Liu J., and Zhu J.K. 1997. Proline accumulation and salt stress induced gene expression in a salt hypersensitive mutant of arabidopsis. Plant Physiol.114: 591-596.
24- Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press, London, U.K.
25- Mozaffari V., and Malakouti M.J. 2006. Responses of Badami-Zarand pistachio rootstock and die-back disease (*Paecilomyces variotii*) in different Na/K and salinity ratios under greenhouse conditions. 27th international horticulture congress, Seoul, South Korea.
26- Mozaffari V., Pour Khosravani R., and Mohammadi nasab A. 2009. The Response of Mature Pistachio Trees to Different Sources of Potassium in Saline and Calcareous Soils. International Symposium on Pistachios & Almonds Sanliurfa, Turkey.
27- Narayan A. 1992. Nutritional approaches for drought management in agriculture crops. A review. Plant Physiol. Biochem.,19: 59-64.
28- Nelson N. 1944. A photometric adaptation of the somogyi method for the determination of sugars. J. Biol. Chem.153:375 -380.
29- Nessim M.G., Magda A., Hussein A., and Moussa A. 2008. The Effects of Irrigation Water Salinity, Potassium Nit rate Fertilization, Proline Spraying and Leaching Fraction on the Growth and Chemical Composition of Corn Grown in Calcareous Soil. International Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology. Turkey, 787-803.
30- Nieman R.H. 1965. Expansion of bean leaves and its suppression by salinity. Plant Physiol.,40: 156-161.
31- Parsa A.A., and Karimian N. 1975. Effect of sodium chloride on seedling growth of two major varieties of Iranian pistachio. J. Hort. Sci.,50:41 -46.
32- Picchioni G.A., Miyamoto S., and Storey J.B. 1990. Salt effects on growth and ion uptake of pistachio rootstock seedlings. J. Am. Soc. Hort. Sci.115:647 -653.
33- Ruiz D., Martinez V., and Cerda A. 1997. Citrus response to salinity: growth and nutrient uptake. Tree Physiol.17:141 -150.
34- Sanoure A., Thorin D., and Davey M. 1999. NaCl and $CuSO_4$ treatments trigger distinct oxidative defence mechanisms in *Nicotiana plumbaginifolia* L. Plant Cell Environ.22: 387-396.
35- Stewart G.R., and Lee J.A. 1974. The role of proline accumulation in halophytes. Planta,120:279 -289.
36- Sepaskhah A.R., and Maftoun M. 1988. Relative salt tolerance of pistachio cultivars. J. Hort. Sci.63: 157-162.
37- Shahriaripour R., Tajabadipour A., Mozaffari V., Dashti H., and Adhami E. 2009. Effects of Salinity and Soil Zinc Application on Growth and Chemical Composition of Pistachio Seedlings. J. Plant. Nutr.33:8, 1166-1179.
38- Tattini M., Bertoni P., and Caselli S. 1992. Genotypic response to sodium chloride salinity of four major olive cultivars. Plant Soil.106:105 -111.
39- Volkmar K.M., Hu Y., and Steppuhn H. 1997. Physiological responses of plants to salinity: A review. Can. J. Plant Sci.78: 19-27.
40- Walker R.R., Torokfalvy E., and Behboudian M.H. 1988. Photosynthetic rates and solute partitioning in relation to growth of salt treated pistachio plants. Aust. J. Plant Physiol.15:787 -798.
41- Weimbeg R. 1970. Enzyme levels in pea seedlings grown on highly salinized media. Plant Physiol.46: 466-470.
42- Zeng Q., Brown P.H., and Holtz B.A. 1999. Potassium Fertilization and Diagnostic Criteria for Pistachio Trees. Better Crops.83:10 -12.

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No. 3, Jul-Aug 2012, p. 637-647

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۱، ص. ۶۴۷-۶۳۷

Effects of Potassium and Salinity Application on Morphological and Physiological Parameters of Pistachio Seedling in Perlit

V. Mozafari[1*]- L. Omidi[2]

Received: 6-2-2011
Accepted: 30-1-2012

Abstract

A factorial greenhouse experiment as completely randomized design with six replications was conducted to Study the effects of potassium and salinity application on morphological and physiological parameters of pistachio seedling (cv. Badami-e-Zarand) in perlit. Treatments were 2 levels of K (0 and 1 mM KNO_3) and 3 levels of salinity (0, 100 and 200 mg NaCl kg^{-1} soil). Prolin and redusing sugars contents whit 3 replications and on two separate time (3 and 6 days after salinity application) measured. A factorial split analyzed to test the trend of this factors so that salinity×pottasium and time were as main and sub factors respectively. Results showed that as salinity increased shoot and root dry weights 17% and 15% increased, respectively. As increasing K consentration from 0 to 1 mM, increased dry weight shoot from 0.885 to 1.007 per pot. 1 mM K application increased the leaf number and stem height. As salinity increased significantly increased Na and decreased Mg of plant. Prolin and redusing sugars contents increased three days after application of salinity treatments while K decreased prolin consentration. redusing sugars content significantly affected by time factor so that redusing sugars consentration redused after 3 days but it wasn't correct about prolin content.

Keywords: Potassium, Salinity, Perlit, Prolin, Reducing sugar

1,2- Assistant Professor and Former MSc Student, Department of Soil Science, Vali-E-Asr University, Rafsanjan, Iran
(*- Corresponding Author Email: vmozafary@yahoo.com)