

اثر شوری و مس بر برخی خصوصیات رشد و ترکیب شیمیایی دو رقم پسته

سمانه اسکندری و وحید مظفری^{*۱}

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۶/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۹/۲۳)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف مس و شوری بر پارامترهای رشد و ترکیب شیمیایی نهال‌های پسته، یک آزمایش فاکتوریل با سه فاکتور، شوری در پنج سطح (۰، ۸۰۰، ۱۶۰۰، ۲۴۰۰ و ۳۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک از منبع کلرید سدیم)، مس در چهار سطح (۰، ۲/۵، ۵ و ۷/۵ میلی‌گرم مس در کیلوگرم خاک از منبع سولفات مس) و دو رقم پسته (بادامی ریز زرد و قزوینی)، در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه اجرا شد. نتایج نشان داد، بالاترین تیمار شوری موجب کاهش میانگین وزن خشک اندام هوایی، ریشه، ارتفاع گیاه و سطح برگ به ترتیب به میزان ۶۷، ۷۲، ۴۵ و ۷۶ درصد نسبت به شاهد گردید. لیکن کاربرد ۷/۵ میلی‌گرم مس در کیلوگرم خاک میانگین وزن خشک اندام هوایی و سطح برگ را به ترتیب ۲۴ و ۲۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. هم‌چنین اختلاف معنی‌داری بین دو رقم در خصوصیات رشد به جز شاخص سطح برگ وجود نداشت. افزایش شوری خاک موجب کاهش معنی‌دار جذب کل عناصر فسفر، پتاسیم و مس در اندام هوایی و ریشه و افزایش جذب کل سدیم و کلر در اندام هوایی و ریشه گردید. تیمار ۵ میلی‌گرم مس در کیلوگرم خاک، باعث افزایش معنی‌دار جذب مس در اندام هوایی گردید. به دلیل این‌که جذب کل عناصر در رقم بادامی به‌طور معنی‌داری بیشتر از رقم قزوینی بود، می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که احتمالاً رقم اخیر تحمل بیشتری به محیط‌های شور دارد.

واژه‌های کلیدی: شوری، پسته، مس، رشد

۱. به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: vmozafary@yahoo.com

مقدمه

پسته (*Pistacia vera* L.) گیاهی نیمه گرمسیری از خانواده *Anacardiaceae* و جنس *Pistacia* است. در حال حاضر بالغ بر ۴۷۰ هزار هکتار باغ پسته بارور و غیربارور در کشور وجود دارد که بیش از ۷۰ درصد از این باغ‌ها در استان کرمان قرار دارد (۱۰). در خاک‌های مناطق پسته خیز ایران، مخصوصاً رفسنجان به دلیل بالا بودن pH و مقدار قابل توجه کربنات کلسیم، شور بودن خاک و آب آبیاری، جذب عناصر کم مصرف با مشکل جدی مواجه بوده و در نتیجه درختان پسته با کمبود عناصر کم مصرف مخصوصاً روی و مس مواجه هستند (۶، ۷ و ۸). خوشگفتارمنش (۸) طی تحقیقی که در باغ‌های پسته انجام داد، بیان نمود که مشکلات تغذیه‌ای در باغ‌های پسته علاوه بر کمبود شدید پتاسیم، کمبود روی، آهن، مس و منگنز و نیز فقر شدید مواد آلی است که خیلی از این عوامل محدودکننده ناشی از شور بودن و pH قلیایی و درصد بالای آهک در نیمرخ بیشتر خاک‌ها است. تحقیقات متعددی که در زمینه مهار شوری انجام گردیده نشان می‌دهد که کاربرد بعضی از عناصر غذایی از جمله پتاسیم (۴، ۱۴ و ۴۰)، کلسیم (۱۴) و روی (۱۳) می‌تواند از تأثیر سوء شوری خاک یا آب بکاهد و به عبارت دیگر تحمل نسبی گیاه را به تنش شوری افزایش دهد. حیدری‌نژاد و ابوسعیدی (۶) در پژوهشی، عوامل مؤثر بر عارضه ریز برگگی درختان پسته را مورد بررسی قرار دادند. این محققین ضمن بررسی روش‌های متفاوت کوددهی با عناصر مختلف، این عارضه را به کمبود عناصر مس و آهن و مسمومیت عنصر بور ربط داده و بیان نمودند که امکان دارد در خاک تعدادی از این باغ‌ها، عناصر مس و آهن به اندازه کافی وجود داشته باشد اما به دلیل شور و آهکی بودن خاک‌های تحت کشت، این عناصر قابل جذب به وسیله گیاه نیستند و یا اگر جذب گیاه نیز شوند به فرمی می‌باشند که توانایی رفتن به محل‌های فیزیولوژیک و مورد استفاده گیاه را ندارند.

مس از جمله عناصر ضروری و کم مصرف برای رشد و توسعه گیاهان بوده و در فرآیندهای ساخت پروتئین و

کربوهیدرات نقش دارد (۲). مقدار مس گیاهان به‌طور وسیعی بسته به اندام گیاه، مرحله رشد، رقم، غلظت مس در خاک و شرایط اقلیمی تغییر می‌کند (۳۶). تحقیقات محدودی که تاکنون صورت گرفته هیچ همبستگی را مابین مقدار مس موجود در خاک و کمبود آن در درختان پسته نشان نداده است (۲۵). مس به مقدار کمی به وسیله گیاه جذب می‌شود، به نحوی که سطح بحرانی آن در بخش‌های سبزینه‌ای ۳۰ تا ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک می‌باشد. اگر مقدار مس در برگ‌ها از ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک کمتر باشد، بروز علائم کمبود آن محتمل خواهد بود (۱۶). با عنایت به شور و آهکی بودن خاک‌های تحت کشت پسته و روند رو به افزایش آن، لزوم رایج راهکار عملی جهت به حداقل رساندن آثار مخرب این تنش امری ضروری است، و گرچه آزمایش‌هایی با سطوح شوری مختلف روی این دو رقم پسته (بادامی زرنده و قزوینی) صورت گرفته است، لیکن در هیچ یک از آنها تأثیر عنصر مس به عنوان یک فاکتور مستقل و نیز اثر متقابل آن با شوری بررسی نشده است. بنابراین هدف اصلی این تحقیق، بررسی تأثیر شوری و مس بر رشد و ترکیب شیمیایی دو رقم بادامی ریز زرنده و قزوینی و ارزیابی کارایی عنصر مس در به حداقل رساندن اثرات سوء تنش ناشی از شوری است.

مواد و روش‌ها

در ابتدا خاک کافی (Coarse Loamy, Mixed, Semi Active,) (Calcareous, Thermic, Typic Torrfluvents) از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری از یکی از مناطق پسته خیز استان کرمان که از نظر شوری و مس قابل استفاده در حد پایینی بوده، تهیه و پس از خشک کردن در هوا و عبور از الک ۲ میلی‌متری بعضی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن از جمله pH در خمیراشباع به وسیله الکتروود شیشه‌ای (۷/۵)، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع با استفاده از دستگاه EC متر (۱ دسی زیمنس بر متر)، سیلت (۲۳/۱ درصد)، رس (۵/۵ درصد)، ظرفیت زراعی (۱۸ درصد)، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با اسید

شوری طبق نقشه طرح به صورت محلول درآمده و به ۳ قسمت مساوی تقسیم شد و پس از استقرار کامل نهال‌ها (هفته پنجم پس از کشت) به فواصل زمانی یک هفته به صورت محلول همراه با آب آبیاری به گلدان‌ها اضافه گردید. سپس در هفته دهم، تعداد نهال‌ها به ۵ بوته در هر گلدان تقلیل داده شد.

در هفته بیست و چهارم پس از کاشت، نهال‌ها از محل طوقه قطع، برگ و ساقه از هم جدا شدند. ریشه‌ها نیز با دقت از خاک خارج گردیدند. سطح برگ (به وسیله دستگاه Leaf Area Meter) و طول ساقه‌ها اندازه‌گیری شدند. به منظور جلوگیری از هدررفت ریشه‌های موئین، شستشوی ریشه‌ها بر روی الک انجام شد. برگ‌ها و ساقه‌ها نیز با آب مقطر شستشو و همراه ریشه‌ها هوا خشک گردید. نمونه‌ها پس از قرار گرفتن در پاکت‌های کاغذی مخصوص، به مدت ۴۸ ساعت در آون با درجه حرارت ۶۵ تا ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده شد تا وزن آنها به حد ثابتی برسد. سپس توزین و با آسیاب دستی پودر شدند. یک گرم از نمونه‌های پودر شده اندام هوایی (برگ و ساقه) و ریشه در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس به روش سوزاندن خشک (Dry ash)، خاکستر و پس از هضم با اسید کلریدریک عصاره‌گیری گردید. در عصاره به دست آمده غلظت سدیم توسط دستگاه فلیم فتومتر، غلظت فسفر به روش زرد وانادات و غلظت مس توسط دستگاه جذب اتمی مدل GBC Avanta ver.1.33 اندازه‌گیری شد (۳). هم‌چنین غلظت کلر در اندام هوایی و ریشه به روش تیتراسیون با نیترات نقره (۱۷) اندازه‌گیری شد. از آنجا که بررسی غلظت عناصر تحت تنش شوری به دلیل به وجود آمدن مسئله رقت (Dilution Effect) گاهی متناقض به نظر می‌رسید، در این تحقیق جذب کل عناصر (وزن ماده خشک × غلظت) محاسبه و مورد بررسی آماری قرار گرفت. در پایان آزمون، از خاک تمامی گلدان‌ها نمونه‌برداری و پس از تهیه عصاره اشباع، قابلیت هدایت الکتریکی اندازه‌گیری و از تقسیم وزن خشک مربوط به هر تیمار بر حداکثر وزن خشک در کل تیمارها عملکرد نسبی اندام هوایی و ریشه به دست آمد. سپس معادله‌های رگرسیونی

کلریدریک (۱۲ درصد)، فسفر قابل استفاده به روش اولسن (۵/۳۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، غلظت پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیم (۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، درصد کربن آلی (۵/۵ درصد) به روش جکسون (۲۹) و غلظت مس، روی، آهن و منگنز قابل استفاده (به ترتیب ۰/۴، ۰/۵، ۳/۲ و ۴/۷ میکروگرم در گرم خاک) به روش DTPA (۳۲) تعیین شد.

بذرهای پسته (رقم بادامی ریز زرنده و قزوینی) از مؤسسه تحقیقات پسته کشور تهیه و پس از جداسازی پوست سخت برعلیه قارچ، ضد عفونی و جهت جوانه زدن برای کاشت به مدت چند روز میان پارچه‌های متقال مرطوب در دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار داده شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان صورت گرفت. فاکتور مس شامل چهار سطح ۰، ۲/۵، ۵ و ۷/۵ میلی‌گرم مس در کیلوگرم خاک از منبع سولفات مس، و فاکتور شوری شامل پنج سطح ۰، ۸۰۰، ۱۶۰۰، ۲۴۰۰ و ۳۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک از منبع کلرید سدیم بودند. مقدار پنج کیلوگرم خاک مورد نظر داخل کیسه‌های پلاستیکی ریخته و براساس نتایج آزمون خاک، عناصر غذایی نیتروژن از منبع اوره و فسفر و پتاسیم از منبع فسفات پتاسیم به میزان ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و آهن، روی و منگنز به ترتیب از منابع کلات آهن (سکوسترین آهن)، سولفات روی و سولفات منگنز به میزان ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک به صورت محلول به خاک اضافه شد. هم‌چنین طبق نقشه طرح، سطوح مختلف مس به صورت محلول از منبع سولفات مس به خاک داخل کیسه‌ها اضافه شد. خاک پس از رساندن به حد ظرفیت مزرعه، خشک و سپس مخلوط و یکنواخت گردید. جهت کشت، ۱۲۰ گلدان به قطر ۱۶ و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر تهیه و خاک داخل پاکت‌ها به گلدان‌های پلاستیکی مربوطه به هر تیمار منتقل شد. در هر گلدان تعداد ۸ بذر جوانه زده در عمق ۳ سانتی‌متری کشت گردید. آبیاری گلدان‌ها تا پایان آزمایش به وسیله آب مقطر تا رسیدن به ظرفیت مزرعه همراه با توزین مرتب آنها صورت گرفت. تیمارهای

میان عملکرد نسبی اندام هوایی و ریشه با شوری عصاره اشباع خاک (ECe) برقرار گردید. پس از نرمال کردن توزیع خطاها، نرمالیتی داده‌های به‌دست آمده در آزمایش با استفاده از نرم‌افزار MINITAB آزمون گردید و تجزیه و تحلیل به‌وسیله نرم‌افزار MSTATC انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها نیز به‌طریق آزمون دانکن انجام شد. در نهایت با استفاده از نرم‌افزارهای EXCEL و WORD نسبت به رسم نمودارها، جدول‌ها و نمایش اطلاعات اقدام شد.

نتایج و بحث

الف) وزن خشک اندام هوایی و ریشه

مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در جدول ۱ نشان داده شده است. میانگین وزن خشک اندام هوایی و ریشه با افزایش شوری کاهش معنی‌دار پیدا کرد، به‌طوری‌که با کاربرد ۸۰۰، ۱۶۰۰، ۲۴۰۰ و ۳۲۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، میانگین وزن خشک اندام هوایی به‌ترتیب ۳۷، ۵۱، ۵۹ و ۶۷ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. کاهش رشد پسته با افزایش شوری آب و خاک توسط محققان مختلف گزارش شده است (۲۴، ۳۰، ۳۹). مظفری (۱۴) نشان داد که افزایش شوری موجب کاهش معنی‌دار وزن خشک برگ، ساقه، و ریشه نهال پسته رقم بادامی ریز زرنند گردید. به نظر می‌رسد عوامل بازدارنده رشد نهال‌های پسته در سطوح بالای شوری، تنش آب توسط کلرید سدیم و یا افزایش قابل‌توجه در غلظت سدیم و کلر و تأثیر آنها بر توازن عناصر غذایی باشد. کاهش در وزن خشک اندام هوایی می‌تواند به تعداد کمتر برگ و توسعه کوچک‌تر برگ‌ها با افزایش شوری در محیط رشد نسبت داده شود. این یافته‌ها با نتایج سپاسخواه و همکاران (۴۲) و کریمی و همکاران (۳۰) که دریافتند با افزایش شوری وزن خشک ارقام پسته کاهش می‌یابد، هم‌خوانی دارد. روند تغییرات وزن خشک اندام هوایی تحت تأثیر سطوح مختلف مس (جدول ۱)، نشان داد که میانگین وزن خشک اندام هوایی و ریشه با افزایش سطوح مس، افزایش معنی‌داری یافت. با افزودن ۷/۵ میلی‌گرم

مس در کیلوگرم خاک، وزن خشک اندام هوایی نسبت به تیمار شاهد ۲۴ درصد افزایش یافت. هم‌چنین کاربرد ۲/۵ میلی‌گرم مس در کیلوگرم خاک، وزن خشک ریشه را ۲۷ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. مقایسه روند افزایش این دو صفت تحت تأثیر تیمار مس نشان داد که در سطح پایین مس، وزن خشک ریشه بیشتر از اندام هوایی افزایش یافت، اما در سطح بالای مس این روند برعکس بود، به‌گونه‌ای که وزن خشک اندام هوایی نسبت به ریشه افزایش بیشتری نشان داد. کاربرد مقادیر زیاد مس معمولاً از رشد ریشه قبل از اینکه روی توسعه اندام هوایی تأثیر بگذارد، جلوگیری می‌کند. اگرچه این امر لزوماً به این معنی نیست که ریشه‌ها به غلظت‌های بالای مس حساس‌ترند، ولی احتمالاً از این واقعیت ناشی می‌شود که ریشه‌ها در محیطی هستند که مقدار مس بیش از حد مطلوب است. به‌نظر می‌رسد که افزایش وزن ماده خشک گیاه بر اثر اضافه کردن مس به‌علت نقش این عنصر در تشکیل کلروفیل، فتوسنتز، متابولیسم کربوهیدرات‌ها و نیتروژن و بالاخره فعال کردن آنزیم‌های مهم گیاهی باشد. این نظریه توسط تانگ و میلر (۴۳) و لیدان و هنریکس (۳۱) نیز تأیید شده است.

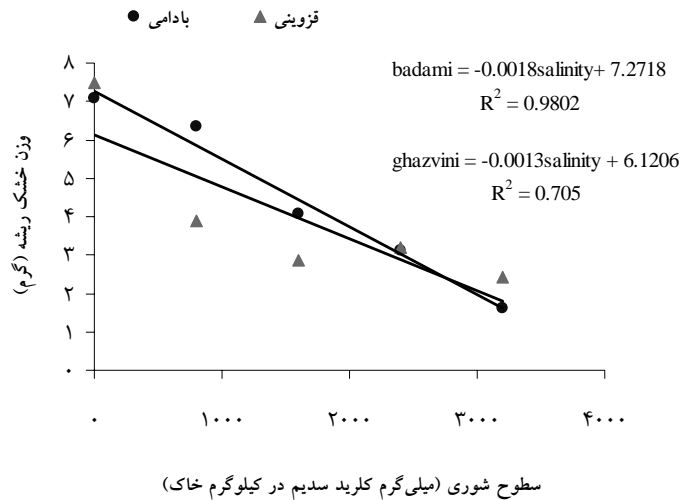
تأثیر برهم‌کنش سطوح مختلف شوری و مس بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه در جدول ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در شرایط غیرشور و شوری کم (۸۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک)، کاربرد ۷/۵ میلی‌گرم مس در کیلوگرم خاک، باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی نسبت به شاهد گردید. بنابراین با افزایش شوری، مس نتوانست مانع کاهش وزن خشک گردد. به عبارت دیگر، در شرایط غیرشور و یا شوری کم، مصرف مس، افزایش وزن خشک اندام هوایی را به دنبال داشت، ولی در شوری‌های زیاد چنین روندی مشاهده نشد و تأثیر مس معنی‌دار نشد. برهم‌کنش شوری و رقم نیز بر وزن خشک ریشه معنی‌دار گردید. همان‌طور که در شکل ۱ ملاحظه می‌گردد در شوری‌های کم تا متوسط (۸۰۰ تا ۱۶۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک)، وزن خشک ریشه در رقم بادامی بیشتر از رقم قزوینی بود ولی

جدول ۱. مقایسه میانگین‌های تأثیر کاربرد شوری و مس بر پارامترهای رشد دانه‌های پسته

میانگین	سطوح مس (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)				سطوح شوری
	۷/۵	۵	۲/۵	۰	(میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک)
وزن خشک اندام هوایی (گرم)					
۹/۰ ^A	۱۰/۰ ^a	۹/۰ ^{ab}	۹/۴ ^a	۷/۶ ^b	۰
۵/۶ ^B	۷/۶ ^b	۵/۳ ^c	۴/۸ ^{cd}	۴/۸ ^{cd}	۸۰۰
۴/۴ ^C	۴/۶ ^{cd}	۴/۷ ^{cd}	۴/۳ ^{cde}	۴/۱ ^{cde}	۱۶۰۰
۳/۷ ^D	۳/۷ ^{c-f}	۳/۳ ^{def}	۴/۳ ^{cde}	۳/۶ ^{def}	۲۴۰۰
۳/۰ ^E	۲/۳ ^f	۳/۴ ^{def}	۳/۳ ^{def}	۲/۸ ^{ef}	۳۲۰۰
	۵/۷ ^A	۵/۱ ^{AB}	۵/۲ ^{AB}	۴/۶ ^B	میانگین
وزن خشک ریشه (گرم)					
۷/۳ ^A	۶/۵ ^b	۷/۹ ^a	۸/۷ ^a	۵/۹ ^{bc}	۰
۵/۱ ^B	۶/۱ ^{bc}	۴/۴ ^{de}	۴/۷ ^{cd}	۵/۳ ^{bcd}	۸۰۰
۳/۵ ^C	۵/۰ ^{bcd}	۳/۱ ^{efg}	۳/۷ ^{def}	۲/۱ ^{gh}	۱۶۰۰
۳/۱ ^C	۲/۰ ^{gh}	۲/۴ ^{fgh}	۴/۳ ^{de}	۳/۹ ^{def}	۲۴۰۰
۲/۰ ^D	۲/۰ ^h	۳/۱ ^{efg}	۲/۳ ^{fgh}	۱/۶ ^{gh}	۳۲۰۰
	۴/۱ ^{AB}	۴/۲ ^{AB}	۴/۸ ^A	۳/۷ ^B	میانگین
سطح برگ (سانتی‌متر مربع)					
۳۵۱/۱ ^A	۴۲۹/۵ ^a	۳۳۸/۱ ^b	۳۳۷/۱ ^b	۲۹۹/۹ ^{bc}	۰
۲۵۷/۲ ^B	۳۰۶/۴ ^{bc}	۲۴۷/۳ ^{cd}	۲۲۶/۶ ^{de}	۲۴۸/۵ ^{cd}	۸۰۰
۱۶۷/۴ ^C	۱۹۷/۳ ^{def}	۱۸۷/۳ ^{def}	۱۶۹/۴ ^{efg}	۱۱۵/۵ ^{gh}	۱۶۰۰
۱۱۷/۳ ^D	۱۰۲/۸ ^{ghi}	۱۰۲/۰ ^{ghi}	۱۵۵/۳ ^{fgh}	۱۰۹/۳ ^{gh}	۲۴۰۰
۸۲/۸ ^E	۴۱/۹ ⁱ	۱۱۲/۷ ^{gh}	۹۱/۰ ^{hi}	۸۵/۵ ^{hi}	۳۲۰۰
	۲۱۵/۵ ^A	۱۹۷/۵ ^{AB}	۱۹۵/۹ ^{AB}	۱۷۱/۷ ^B	میانگین
ارتفاع ساقه (سانتی‌متر)					
۲۳/۱ ^A	۲۴/۳	۲۱/۴	۲۴/۳	۲۲/۳ ^o	۰
۱۵/۸ ^B	۱۶/۴	۱۵/۵	۱۶/۱	۱۵/۳	۸۰۰
۱۴/۸ ^{BC}	۱۳/۷	۱۵/۲	۱۵/۸	۱۴/۵	۱۶۰۰
۱۵/۰ ^{BC}	۱۳/۱	۱۴/۷	۱۵/۷	۱۶/۶	۲۴۰۰
۱۲/۸ ^C	۱۰/۶	۱۳/۸	۱۲/۸	۱۴/۰	۳۲۰۰
	۱۵/۶	۱۶/۱	۱۷/۰	۱۶/۵	میانگین

در هر ردیف یا ستون میانگین‌های دارای یک حرف مشترک، در سطح ۰/۰۵ تفاوت معنی‌دار ندارند.

o: در هر ردیف یا ستون میانگین‌های فاقد حروف از نظر آماری تفاوت معنی‌داری ندارند.



شکل ۱. اثر سطوح مختلف شوری و رقم مورد استفاده بر وزن خشک ریشه

۱۰، ۱۴ و ۲۶ درصد کاهش یافت. کاهش سطح برگ ممکن است در ارتباط با پیری زودرس و مرگ بافت باشد، که سرعت رشد را کاهش داده و یا رشد رویشی را به تأخیر می‌اندازد. به نظر می‌رسد کاهش سطح برگ با افزایش شوری، یکی از دلایل مهم ورود کمتر کربن و رشد محدود تحت تنش شوری باشد. نتایج مشابهی توسط مظفری (۱۴) و سعادت‌مند و همکاران (۳۹) روی گیاه پسته به‌دست آمده است. ولکمار و همکاران (۴۴) اثرات شوری بر روی رشد سلول برگ را مورد بررسی قرار دادند و اعلام نمودند که رشد سلول برگ‌ها با افزایش میزان شوری کاهش می‌یابد و علت این کاهش را هزینه سلول‌ها در تولید و تجمع مواد تنظیم‌کننده نیروی اسمزی دانستند. این مصرف انرژی باعث می‌شود که سلول‌ها برای تقسیم شدن انرژی کمتری دریافت کنند و رشدشان کاهش یابد. نتایج هم‌چنین نشان داد که با افزایش مس، میانگین سطح برگ به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۱)، به‌طوری‌که کاربرد ۷/۵ میلی‌گرم مس در کیلوگرم خاک، باعث افزایش ۲۶ درصدی سطح برگ نسبت به تیمار شاهد گردید. روند تغییرات سطح برگ تحت تأثیر برهم‌کنش شوری و مس در جدول ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود،

با افزایش بیشتر شوری عکس‌العمل دو رقم بادامی و قزوینی نسبت به تنش شوری یکسان بود، به عبارت دیگر، در شوری‌های بالا کاهش وزن خشک ریشه در دو رقم مورد آزمایش مشابه بود.

ب) سطح برگ و ارتفاع ساقه

نتایج آزمون دانکن مربوط به تأثیر شوری و مس حاکی از آن است که با افزایش شوری میانگین سطح برگ و ارتفاع ساقه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۱)، همان‌طور که مشاهده می‌گردد در سطوح شوری ۸۰۰، ۱۶۰۰، ۲۴۰۰ و ۳۲۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، میانگین سطح برگ به ترتیب ۲۷، ۵۲، ۶۷ و ۷۶ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. هم‌چنین در همین سطح شوری، میانگین ارتفاع ساقه به ترتیب ۳۱، ۳۶، ۳۵ و ۴۵ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. نتایج حاکی از این است که سطح برگ نسبت به ارتفاع ساقه به تیمار شوری حساس‌تر است. نتایج به‌دست آمده با یافته‌های مظفری (۱۴) و شهریاری (۱۱) مطابقت دارد. شهریاری نشان داد که در شوری‌های ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، میانگین ارتفاع ساقه نسبت به شاهد به ترتیب

درحالی که در محیط کشت هیدروپونیک، شوری حاصل از کلرید سدیم، غلظت مس در برگ‌های گوجه‌فرنگی را به میزان زیادی افزایش داد (۹)، تحقیقات دیگر نشان دادند که غلظت مس در برگ و اندام هوایی ذرت کشت شده در خاک (۳۸) و محلول غذایی (۲۸)، با افزایش شوری کاهش یافت. علت کاهش جذب عناصر کم‌مصرف از جمله مس در شرایط شور می‌تواند ناشی از جذب بیشتر عناصری مانند سدیم، منیزیم و کلسیم باشد (۲۳).

هم‌چنین در شرایط شور، با توجه به کاهش حجم ریشه و خاصیت آنتاگونیسمی بین عناصر غذایی و یون‌های مضرى همچون سدیم و کلر، جذب عناصر غذایی توسط ریشه کاهش می‌یابد. نتایج مربوط به تأثیر تیمار مس بر جذب کل مس اندام هوایی و ریشه در جدول ۲ آمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد، با افزایش مس تا سطح ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک، میانگین جذب مس اندام هوایی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، به‌طوری‌که بیش از ۷۰ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد. کاربرد بیشتر مس در خاک تأثیر معنی‌داری بر جذب مس در اندام هوایی نداشت. هم‌چنین کاربرد ۲/۵ میلی‌گرم مس بر کیلوگرم خاک، جذب این عنصر توسط ریشه را ۱۲ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. مارشئر (۳۳) بیان داشت در گیاهانی که مقدار زیادی مس دریافت می‌کنند، مقدار مس در بافت ریشه به‌طور نسبی به غلظت این عنصر در محیط خارجی می‌رسد. درحالی‌که انتقال به اندام هوایی به مقدار زیادی محدود می‌شود. یکی از راه‌های مهم تحمل گیاهان نسبت به زیادی مس، توانایی آنها در کاهش انتقال مس به بخش‌های هوایی است که در نتیجه رسیدن به آستانه سمیت را به تأخیر می‌اندازد. تأثیر رقم مورد استفاده بر جذب مس اندام هوایی و ریشه معنی‌دار گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که میانگین جذب مس اندام هوایی و ریشه رقم بادامی زرنده به ترتیب ۵۲۰ و ۲۲۳ و در رقم قزوینی به ترتیب ۳۹۴ و ۱۹۲ میکروگرم در گلدان بود که حاکی از افزایش معنی‌دار جذب مس در رقم بادامی نسبت به رقم قزوینی است (جدول ۳).

در شرایط غیرشور، کاربرد ۷/۵ میلی‌گرم مس در کیلوگرم خاک، باعث افزایش ۴۳ درصدی سطح برگ گردید، بنابراین با افزایش شوری به ۳۲۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک و کاربرد همین مقدار مس در خاک، سطح برگ ۸۶ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. این امر نشان می‌دهد که در شوری‌های طبیعی خاک، کاربرد مس می‌تواند رشد گیاه را بهبود بخشد، لیکن در سطوح بالای شوری و مس در خاک، از یک سو به دلیل مسمومیت کلریدسدیم تعادل بین عناصر غذایی بر هم خورده و رقابت بین یون‌ها تشدید می‌گردد و از طرف دیگر به علت بروز سمیت مس، رشد گیاه مختل می‌شود. ال‌ال‌نی (۲۲)، طی آزمایشی به منظور تعیین عکس‌العمل نهال‌های گندم به تنش دوگانه افزایش مس و شوری، نشان داد که ترکیب دو تنش اثر نامطلوب هر دو تیمار (شوری و مس) را افزایش داد. در ارتباط با تأثیر رقم مورد استفاده بر سطح برگ، نتایج نشان داد که دو رقم به‌کاررفته با هم اختلاف معنی‌دار داشتند. به‌گونه‌ای که سطح برگ در رقم بادامی ۲۴ درصد بیشتر از رقم قزوینی بود.

ج) ترکیب شیمیایی

جذب کل مس

همان‌طور که در جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲)، نشان داده شده است، افزایش شوری سبب کاهش معنی‌دار جذب مس اندام هوایی گردید. به‌طوری‌که میانگین جذب مس اندام هوایی در سطوح شوری ۱۶۰۰، ۲۴۰۰ و ۳۲۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک، به ترتیب ۷۷، ۶۲ و ۳۱ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. این نتایج با یافته‌های ابوطالبی و همکاران (۱)، بر روی مرکبات هم‌خوانی دارد. نتایج هم‌چنین نشان داد که با افزایش شوری به ۱۶۰۰ و ۳۲۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک، جذب این عنصر در ریشه به ترتیب ۵۷ و ۶۰ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. گزارشات متناقضی مبنی بر اثر شوری بر جذب مس توسط گیاه منتشر شده است. دلیل این امر می‌تواند به اثر رقت مربوط باشد.

جدول ۲. مقایسه میانگین‌های تأثیر کاربرد شوری و مس بر جذب کل عناصر در اندام هوایی و ریشه دانه‌های پسته

Cl★	Na★	K★	P★	Cu*	سطح شوری (میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک)
اندام هوایی					
۱۴/۹ ^D	۳/۰ ^D	۵۱/۳ ^{AB}	۱۲/۴ ^A	۸۲۴/۴ ^A	۰
۳۱/۰ ^C	۱۰/۴ ^C	۶۵/۸ ^A	۶/۵ ^B	۳۹۳/۱ ^{BC}	۸۰۰
۹۷/۹ ^B	۱۵/۷ ^C	۴۲/۲ ^B	۵/۱ ^C	۱۹۱/۳ ^D	۱۶۰۰
۱۲۹/۵ ^B	۳۵/۷ ^B	۴۰/۳ ^B	۴/۷ ^C	۳۰۹/۸ ^C	۲۴۰۰
۱۸۷/۰ ^A	۵۵/۴ ^A	۱۰/۰ ^C	۳/۴ ^D	۵۶۹/۷ ^B	۳۲۰۰
ریشه					
۲/۲ ^D	۶/۹ ^C	۴۱/۴ ^A	۱۰/۲ ^A	۳۸۲/۶ ^A	۰
۱۰/۶ ^C	۸/۱ ^C	۲۹/۹ ^B	۷/۴ ^B	۱۸۷/۲ ^B	۸۰۰
۲۱/۳ ^B	۱۳/۹ ^B	۲۰/۱ ^C	۴/۹ ^C	۱۶۴/۱ ^B	۱۶۰۰
۲۶/۲ ^B	۲۱/۶ ^{AB}	۱۹/۶ ^C	۳/۸ ^C	۱۵۳/۹ ^B	۲۴۰۰
۴۴/۷ ^A	۲۶/۵ ^A	۱۱/۰ ^D	۲/۷ ^D	۱۵۳/۱ ^B	۳۲۰۰
اندام هوایی					
۱۱۳/۰	۱۵/۵	۵۲/۶ ^A	۵/۷ ^O	۳۷۷/۲ ^B	۰
۱۰۱/۵	۲۹/۴	۳۷/۶ ^{AB}	۶/۵	۴۲۲/۸ ^B	۲/۵
۸۰/۶	۲۷/۲	۴۴/۹ ^A	۶/۹	۶۴۷/۹ ^A	۵
۷۳/۲	۲۴/۱	۳۲/۵ ^B	۶/۵	۳۸۲/۷ ^B	۷/۵
ریشه					
۲۲/۰	۱۷/۹	۲۳/۶ ^{AB}	۵/۱ ^B	۱۹۵/۱ ^B	۰
۲۰/۶	۱۶/۴	۲۸/۰ ^A	۶/۶ ^A	۲۱۸/۷ ^A	۲/۵
۲۳/۴	۱۵/۹	۲۴/۷ ^{AB}	۶/۲ ^{AB}	۲۰۴/۱ ^{AB}	۵
۱۸/۲	۱۱/۴	۲۱/۲ ^B	۵/۴ ^B	۲۱۴/۷ ^{AB}	۷/۵

در هر ستون میانگین‌های دارای یک حرف مشترک، در سطح ۰/۰۵ تفاوت معنی‌دار ندارند.

*: واحد جذب میکروگرم در گلدان ★: واحد جذب میلی‌گرم در گلدان

O: در هر ستون میانگین‌های فاقد حروف از نظر آماری تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۳. میزان جذب کل برخی عناصر در اندام هوایی و ریشه دو رقم پسته

عنصر	میزان جذب در ریشه		میزان جذب در اندام هوایی	
	رقم قزوینی	رقم بادامی	رقم قزوینی	رقم بادامی
Cu *	۱۹۲	۲۲۳	۳۹۴	۵۲۰
★ P	۵	۶/۵۷	۵/۱۳	۷/۶۹
★ K	۲۰/۲۲	۲۸/۶۰	۳۸/۶۴	۴۵/۲۲

*: واحد جذب میکروگرم در گلدان ★: واحد جذب میلی‌گرم در گلدان

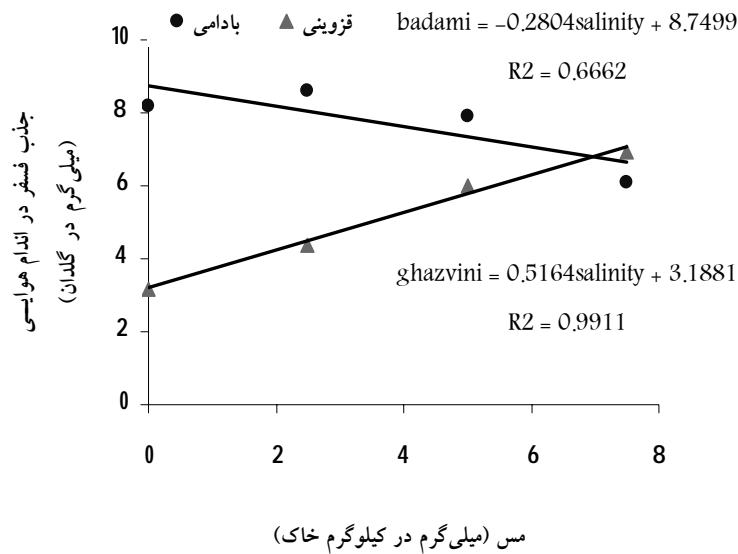
جذب کل فسفر

می‌گردد که بافت آنها درشت و مس بومی کمی دارند (۳۷). در ارتباط با تأثیر رقم بر جذب فسفر اندام هوایی و ریشه نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که جذب فسفر اندام هوایی و ریشه رقم بادامی به ترتیب ۵۰ و ۳۰ درصد بیشتر از رقم قزوینی بود (جدول ۳). روند تغییرات جذب فسفر تحت تأثیر برهم‌کنش رقم و سطوح مختلف مس در اندام هوایی در شکل ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در شرایط فقدان و کاربرد کم تا متوسط مس (۲/۵ و ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، رقم بادامی نسبت به قزوینی جذب بالاتری از فسفر در اندام هوایی نشان داد، ولی در حضور مقادیر بیشتر مس در خاک، دو رقم مورد استفاده جذب فسفر یکسانی در اندام هوایی نشان دادند.

جذب کل پتاسیم

نتایج نشان داد، اثر تیمارهای مس و شوری، بر میانگین جذب پتاسیم در اندام هوایی و ریشه معنی‌دار است. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن (جدول ۲)، نشان داد که با افزایش شوری به ۳۲۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، جذب پتاسیم اندام هوایی بیش از ۸۰ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت و از ۵۱/۳۱ به ۱۰/۰۱ میلی‌گرم در گلدان رسید. در مورد جذب پتاسیم در ریشه نیز با افزایش سطوح شوری به ۸۰۰، ۱۶۰۰، ۲۴۰۰ و ۳۲۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، جذب پتاسیم به ترتیب ۲۹، ۵۱، ۵۴ و ۷۳ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت که با نتایج طالبی (۱۲)، مطابقت دارد. دمیرال (۱۹)، نشان داد که در بالاترین سطح شوری، مقدار پتاسیم برگ

همان‌طور که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود، افزایش شوری باعث کاهش معنی‌دار جذب فسفر اندام هوایی و ریشه گردید، به طوری که با افزایش کلرید سدیم به ۱۶۰۰ و ۳۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، جذب فسفر در اندام هوایی به ترتیب ۵۹ و ۷۳ درصد و در ریشه به ترتیب ۵۲ و ۷۴ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد. این نتایج با یافته‌های شهریاری (۱۱) و مظفری (۱۴) روی گیاه پسته مطابقت دارد. در اکثر موارد، شوری باعث کاهش غلظت فسفر در بافت گیاه می‌گردد. کاهش مقدار قابل استفاده فسفات در خاک‌های شور به دلایلی از جمله اثرات مربوط به یون مشترک که باعث کاهش فعالیت فسفات می‌شوند و مراحل جذب و نیز حلالیت کم کانی‌های فسفات کلسیم که غلظت فسفر محلول خاک را در سطح کمی نگه می‌دارند، می‌باشد. در بسیاری مواقع، شوری غلظت فسفر بافت‌های گیاهی را بین ۲۰ تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد، اما این کاهش دلیلی برای وقوع کمبود فسفر در گیاهان نمی‌باشد (۹). نتایج مقایسه میانگین‌ها مربوط به تیمار مس بر جذب فسفر در ریشه (جدول ۲) نشان داد، کاربرد ۲/۵ میلی‌گرم مس در کیلوگرم خاک، باعث افزایش معنی‌دار جذب فسفر در ریشه به میزان ۳۰ درصد نسبت به شاهد شد. این در حالی بود که کاربرد بیشتر مس، تأثیر معنی‌داری بر جذب فسفر در ریشه نداشت. این نتیجه نشان‌دهنده این است که در حضور مقادیر مناسب مس در خاک، جذب فسفر توسط ریشه افزایش می‌یابد. تحقیقات انجام شده نشان داده است که زیادی مس علاوه بر این که موجب کاهش غلظت فسفر می‌شود، عموماً در خاک‌هایی مشاهده



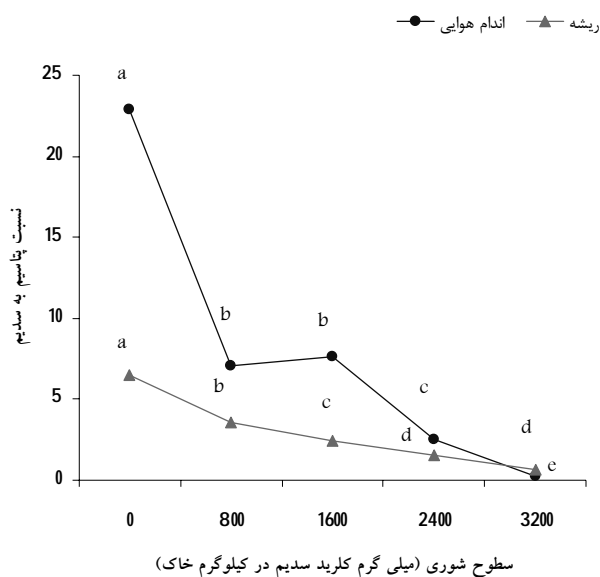
شکل ۲. اثر سطوح مختلف مس و رقم مورد استفاده بر جذب فسفر اندام هوایی

پسته (بادامی و فندقی) می‌گردد ولی تأثیر معنی‌داری بر غلظت پتاسیم اندام هوایی ندارد. برخی محققان نشان داده‌اند که در شرایط شور، توجه به تغذیه درختان پسته به‌خصوص مصرف کودهای پتاسیم‌دار از عوامل مهم بهبود عملکرد است. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که جذب پتاسیم اندام هوایی و ریشه رقم بادامی به ترتیب ۱۷ و ۴۱ درصد بیشتر از رقم قزوینی بود (جدول ۳).

جذب کل سدیم

مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در جدول ۲ آمده است. با افزایش شوری میانگین جذب سدیم اندام هوایی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، به‌طوری‌که در تیمار شاهد جذب این عنصر در اندام هوایی از ۳/۰۲ به ۱۰/۳۸ و ۱۵/۷۵ میلی‌گرم در گلدان به ترتیب در تیمارهای ۸۰۰ و ۱۶۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک رسید. هم‌چنین جذب سدیم اندام هوایی در سطوح شوری زیاد به‌طور ناگهانی افزایش یافت. به‌طوری‌که با افزایش شوری به ۲۴۰۰ و ۳۲۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، جذب سدیم اندام هوایی

و ریشه‌های اصلی و فرعی دو پایه زیتون نسبت به شاهد کاهش یافت. هم‌چنین با افزایش شوری نسبت K/Na در اندام هوایی و ریشه کاهش یافت (شکل ۳). کاهش جذب پتاسیم که توسط سدیم ایجاد شده است، یک نمونه رقابت کاملاً شناخته شده بین عناصر توسط ریشه گیاهان می‌باشد. دوران زوآزو و همکاران (۲۱)، مشاهده کردند که غلظت پتاسیم در ریشه گیاه انبه با افزایش شوری کاهش یافت که نشان‌دهنده تبادل یون‌های پتاسیم با یون‌های سدیم است. این محققان عنوان کردند که در شرایط شور، مقادیر بالای سدیم در محیط خارجی نه تنها از جذب پتاسیم توسط ریشه ممانعت به عمل می‌آورد، بلکه ممکن است سلامت غشاهای ریشه را مختل کرده و گزینش‌پذیری آنها را تغییر دهد. گراتان و گریو (۲۶)، اظهار داشتند که شوری می‌تواند به‌طور مستقیم جذب عناصر غذایی را تحت تأثیر قرار دهد، به‌طوری‌که Na^+ جذب K^+ را کاهش می‌دهد. بدیهی است که مقدار جذب پتاسیم به‌طور معکوس با مقدار سدیم و کلر در بافت‌های گیاه ارتباط دارد (۱۸). سپاسخواه و مفتون (۴۱)، مشاهده کردند که افزایش کلرید سدیم در خاک، باعث کاهش غلظت پتاسیم در ریشه ارقام



شکل ۳. اثر سطوح مختلف شوری بر نسبت K/Na

دفع سدیم از برگ می‌باشد (۴۱)، انتظار می‌رفت مقدار تجمع سدیم در ریشه بیشتر از برگ باشد. هانسن و مانز (۲۷)، گزارش کردند که عدم توانایی گیاهان دفع‌کننده سدیم در شرایط شور، احتمالاً به دلیل جایگزینی کلسیم به وسیله سدیم در غشای سلولی می‌باشد که نتیجه آن کاهش استحکام غشای سلولی و افزایش انتقال سدیم از ریشه به اندام هوایی می‌باشد. سعادت‌مند و همکاران (۳۹)، نشان دادند که غلظت سدیم در اندام هوایی با افزایش سطوح شوری در هر دو پایه پسته (سرخس و قزوینی) به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش یافت و غلظت Na^+ در رقم سرخس نسبت به قزوینی به‌طور کلی بالاتر بود. نجفیان و همکاران (۳۵)، گزارش کردند که با افزایش سطوح شوری، مقدار سدیم در ریشه و اندام هوایی هر دو ژنوتیپ بادام تلخ افزایش یافت، اما این افزایش، روند مشخصی نداشت.

جذب کل کلر

مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن نشان داد (جدول ۲) افزایش شوری باعث افزایش معنی‌دار جذب عنصر

به‌ترتیب بیش از ۱۱ و ۱۸ برابر افزایش حاصل کرد. این امر بیان‌گر ظرفیت محدود نگهداری سدیم در ریشه نهال‌های پسته است. ساز و کار حفظ و نگهداری سدیم احتمالاً به دلیل جلوگیری از انتقال سدیم در استوانه مرکزی ریشه می‌باشد، ولی با وجود توانایی زیاد ریشه در نگهداری سدیم، مقدار قابل توجهی از این عنصر به اندام هوایی منتقل شد. ظاهراً ظرفیت انباشته شدن سدیم در ریشه در یک غلظت معین سدیم محیط، اشباع می‌شود، سپس با افزایش سدیم محیط، غلظت سدیم اندام هوایی نیز به همان اندازه افزایش می‌یابد (۲۰).

همین روند ولی با شدت کمتر در مورد جذب سدیم ریشه مشاهده شد، به‌طوری‌که با افزایش شوری به ۲۴۰۰ و ۳۲۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، مقدار جذب سدیم به‌ترتیب به ۲۱/۶۴ و ۲۶/۵۲ میلی‌گرم در گلدان رسید، در حالی‌که در شرایط غیرشور مقدار جذب آن ۶/۸۶ میلی‌گرم در گلدان بود. ملاحظه می‌شود که میزان جذب سدیم اندام هوایی به‌خصوص در شوری‌های بالای ۱۶۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، در مقایسه با ریشه به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای بیشتر است. از آنجا که گیاه پسته دارای مکانیسم

نسبت به رقم قزوینی، ممکن است مربوط به حالات رشدی مختلف در هر دو پایه باشد. زیرا رقم سرخس نسبت به رقم قزوینی ساقه باریک‌تری دارد.

رابطه بین عملکرد نسبی و شوری عصاره اشباع خاک در پایان آزمایش

نمونه‌برداری خاک از ۳۱ باغ پسته در منطقه رفسنجان نشان داد، هدایت الکتریکی عصاره اشباع از ۲/۳ تا ۱۹/۶ دسی زیمنس بر متر متغیر بود (۱۵). هم‌چنین با توجه به طرح‌ها و تحقیقات انجام شده در دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، مقادیر نمک به‌کار برده شده در این تحقیق تقریباً همان شوری‌ها را ایجاد کرد. بدین صورت که در پایان آزمایش، میانگین شوری‌های ایجاد شده منتج از سطوح ۰، ۸۰۰، ۱۶۰۰، ۲۴۰۰ و ۳۲۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک به ترتیب ۲/۱، ۵/۰، ۹/۲، ۱۵/۳ و ۲۰/۷ دسی زیمنس بر متر بود. معادلات رگرسیونی میان عملکرد نسبی (٪) اندام هوایی و ریشه با شوری عصاره اشباع خاک (ECe) (به ترتیب معادله‌های ۱ و ۲) نشان داد، با افزایش ECe، رشد نسبی اندام هوایی و ریشه کاهش یافت و با توجه به شیب معادله رگرسیونی، ریشه در مقایسه با اندام هوایی حساسیت بیشتری به شوری عصاره اشباع خاک دارد.

$$1 - Y = -1/155ECe + 64/58 \rightarrow r^2 = 0/41^{**}$$

$$2 - Y = -1/738ECe + 67/59 \rightarrow r^2 = 0/42^{**}$$

** در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این تحقیق، اثر سوء شوری بر وزن خشک اندام هوایی، ریشه و سطح برگ دانه‌های ارقام بادامی ریز زرنده و قزوینی پسته مجدداً مورد تأیید قرار گرفت و بین دو رقم اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. برای اولین بار در شرایط غیرشور و یا شوری کم، تأثیر مثبت مس بر بهبود این صفات مشخص شد، ولی در شوری‌های زیاد چنین روندی مشاهده

کلر در اندام هوایی و ریشه گردید، به طوری که با افزایش شوری از صفر به ۸۰۰، ۱۶۰۰ و ۳۲۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، جذب کلر اندام هوایی به ترتیب از ۱۴/۹۵ به ۳۰/۹۷، ۹۷/۹۲ و ۱۸۷ میلی‌گرم در گلدان رسید. تغییرات جذب کلر ریشه با افزایش شوری مشابه اندام هوایی بود، با این تفاوت که میزان افزایش جذب کلر ریشه نسبت به اندام هوایی از شدت کمتری برخوردار بود (جدول ۲). بدین صورت که با افزایش غلظت کلرید سدیم به ۸۰۰، ۱۶۰۰ و ۳۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، جذب کلر ریشه به ترتیب به ۱۰/۳۲، ۲۱/۳۴ و ۴۴/۷۳ میلی‌گرم در گلدان رسید، در صورتی که در شرایط غیرشور، مقدار جذب آن ۲/۲۴ میلی‌گرم در گلدان بود. جماعتی اردکانی (۵)، نشان داد که شوری باعث افزایش غلظت سدیم و کلر در اندام هوایی و ریشه ارقام مختلف پسته می‌شود و این افزایش در رقم متحمل کمتر از رقم حساس بود. علاوه بر این، اندام هوایی نسبت به ریشه غلظت بالاتری از کلر را نشان دادند. سعادت‌مند و همکاران (۳۹)، گزارش کردند که غلظت کلر هر دو پایه پسته با افزایش سطوح شوری به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، زیرا یون‌های کلر اغلب مایلند در اندام هوایی تجمع یابند. علاوه بر این، رقم سرخس نسبت به قزوینی کلر بیشتری در خود انباشته کرد. این نتایج با آنچه توسط محمدی و همکاران (۳۴)، ارائه شده است، هم‌خوانی دارد. این محققان اظهار داشتند که افزایش سطح کلرید سدیم، تجمع کلر و سدیم را در ریشه و اندام هوایی پایه‌های پسته به‌خصوص رقم سرخس افزایش داد.

در رابطه با تأثیر رقم مورد استفاده بر جذب کلر اندام هوایی، نتایج نشان داد که جذب کلر در اندام هوایی و ریشه رقم بادامی به ترتیب ۱۳ و ۵۶ درصد بیشتر از رقم قزوینی بود. محمدی و همکاران (۳۴)، اظهار داشتند که تمایل رقم سرخس به تجمع بیشتر کلر و سدیم نسبت به ارقام بادامی و قزوینی، تا حدودی حساسیت بیشتر به نمک در رقم سرخس را توضیح می‌دهد. سعادت‌مند و همکاران (۳۹) نیز عنوان نمودند که تمایل رقم سرخس به تجمع بیشتر کلر و سدیم

می‌شود. در نهایت پیشنهاد می‌شود این تحقیق بر روی رقم‌های دیگر پسته در گلخانه و در شرایط مزرعه انجام گیرد.

نشد و تأثیر مس معنی‌دار نگردید. هم‌چنین نتایج حاکی از افزایش معنی‌دار جذب مس، فسفر و پتاسیم در رقم بادامی نسبت به رقم قزوینی است. در نتیجه استفاده از رقم بادامی زرنده که خیلی آسان‌تر در دسترس باغ‌داران قرار می‌گیرد، توصیه

منابع مورد استفاده

۱. ابوطالبی، ع. ا.، ع. تفضلی، ب. خلدبرین و ن. ع. کریمیان. ۱۳۸۴. اثر شوری بر غلظت عناصر کم مصرف در شاخساره گونه‌های مختلف مرکبات. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۴: ۴۵-۵۳.
۲. اسکندری، س.، و. مظفری و ا. تاج آبادی‌پور. ۱۳۸۹. تأثیر شوری و مس بر برخی شاخص‌های فیزیولوژی و آناتومی دو رقم پسته در شرایط گلخانه. نشریه آب و خاک ۲۴(۶): ۱۲۱۰-۱۲۲۳.
۳. امامی، ع. ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه گیاه (جلد اول). نشریه فنی شماره ۹۸۲. مؤسسه تحقیقات آب و خاک. تهران.
۴. تاج آبادی‌پور، ا. ۱۳۸۳. تأثیر کاربرد خاکی پتاسیم بر مقاومت نسبی سه رقم پسته به تنش آبی و شوری. رساله دکتری خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.
۵. جماعتی اردکانی، م. ۱۳۸۴. تأثیر سطوح مختلف شوری بر جوانه‌زنی و استقرار چند رقم پسته. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۶. حیدری‌نژاد، ع. و د. ابوسعیدی. ۱۳۸۴. شناسایی و بررسی عوامل مؤثر ریز برگی درختان پسته (قرمزو) از دیدگاه‌های بیماری‌های گیاهی، تغذیه و آبیاری. گزارش نهایی بخش تحقیقات آبیاری و تغذیه مؤسسه تحقیقات پسته کشور.
۷. حیدری، م. ۱۳۸۵. شناسایی خاک‌های غالب و تأثیر خصوصیات آنها بر غلظت عناصر برگ، کمیت و کیفیت پسته در منطقه انار رفسنجان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.
۸. خوش‌گفتارمنش، ا. ح. ۱۳۸۳. تعیین مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید پسته در اراضی شور استان قم. پژوهش‌نامه استان قم، مجموعه مقالات تحقیقات استان قم، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان قم، شماره دوم.
۹. خوش‌گفتارمنش، ا. ح. و ح. سیادت. ۱۳۸۱. تغذیه معادنی سبزیجات و محصولات باغی در شرایط شور. انتشارات نشر آموزش کشاورزی، کرج.
۱۰. دفتر آمار و فن‌آوری اطلاعات. ۱۳۸۶. آمارنامه کشاورزی. معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی وزارت جهاد کشاورزی، تهران.
۱۱. شهریاری، ر. ۱۳۸۶. تأثیر شوری، فسفر و روی بر رشد و ترکیب شیمیایی گیاه پسته. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان.
۱۲. طالبی، م. ۱۳۸۷. تأثیر روی و شوری بر رشد، ترکیب شیمیایی و بافت آوندی در دو رقم پسته. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، بخش خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان.
۱۳. طالبی، م.، و. مظفری و ا. تاج آبادی‌پور. ۱۳۸۸. پاسخ دانه‌های پسته رقم قزوینی (*Pistacia vera* L. cv. Ghazvini) به سطوح مختلف روی و کلرید سدیم. مجله علوم خاک و آب ۲۳: ۱۴۹-۱۶۱.
۱۴. مظفری، و. ۱۳۸۴. بررسی نقش پتاسیم، کلسیم و روی در کنترل عارضه سرخشکیدگی پسته. رساله دکتری خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

۱۵. مظفری، و.، م. ج. ملکوتی، ب. خلد برین و م. بای‌بوردی. ۱۳۸۴. بررسی چند عامل سرخشکیدگی پسته و کنترل آن با تغذیه بهینه. مجله علمی- پژوهشی علوم خاک و آب. مؤسسه تحقیقات خاک و آب ۱۹(۲): ۱۵۴-۱۶۴.
- ملکوتی، م. ج. و م. همایی. ۱۳۷۳. حاصل‌خیزی مناطق خشک و نیمه‌خشک "مشکلات و راه حل‌ها". انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
17. Chapman, H. D. and D. F. Pratt. 1961. Methods of analysis for soil, plant and water. Univ. Calif., Div. Agric. Sci. P: 60-62.
18. Chartzoulakis, K., M. Loupassaki, M. Bertaki and I. Androulakis. 2002. Effects of NaCl salinity on growth, ion content and CO₂ assimilation rate of six olive cultivars. Sci. Hort. 96:235-247.
19. Demiral, M. A. 2005. Comparative response of two olive (*Olea europaea* L.) cultivars to salinity. Turk. J. Agric. 29:267-274.
20. Doring, J. and P. Ludders. 1986. Effect of different salt treatment on *Punica granatum* L. at different root temperatures. Artenbauwissenschaft. 52(1):26-31.
21. Duran Zuazo, V. H., A. Martinez-Raya, J. Aguilar Ruiz and D. Franco Tarifa. 2005. Impact of salinity on macro- and micro nutrient uptake in mango (*Mangifera indica* L. cv. Osteen) with different rootstocks. Spanish J. Agric. Res. 2(1):121-133.
22. El-Elnay A. E. 2001. Wheat seedlings response to interactive effects of Cu and salinity. J. Plant Nutr. 92:424-425.
23. El-Fouly, M., M. Zeniab and A. S. Zeniab. 2001. Micronutrient spary as a tool to increase tolerance of faba bean and wheat plants to salinity. XIV International Plant Nutrition Colloquium. Hanover, Germany. pp: 422-423.
24. Ferguson, L., J. A. Poss, S. R. Grattan, G. M. Grieve, D. Wang, C. Wilson, T. J. Donovan and C. T. Chao. 2002. Pistachio rootstocks influence scion growth and ion relations under salinity and boron stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 127:194-199.
25. Ferguson, L.E., Sanden, V., Gratten, S., Epstein L. and Krueger B. 2005. Pistachio root-stock. PP: 1-73. In: Ferguson, L. E. (Ed.), Pistachio production manual. 4th ed., Division of Agriculture and Natural Resources. University of California, Oakland.
26. Grattan, S. R. and C. M Grieve. 1999. Salinity- mineral nutrient relation in horticultural crops. Sci. Hort. 78: 127-157.
27. Hansen, E. H. and D. N. Munnns. 1988. Effects of CaSO₄ and NaCl on mineral content of *Leucaena leucocephala*. Plant Soil 107:101-105.
28. Izzo, R., F. Navari- Izzo and M. F. Quartacci. 1991. Growth and mineral absorption in maize seedlings as affected by increasing NaCl concentrations. J. Plant Nutr. 14:687-699.
29. Jackson, M. L. 1975. Soil chemical analysis, Advanced Course. Univ. Wis. College Agric., Dept. Soils, Madison, WI., USA.
30. Karimi, S., M. Rahemi, M. Maftoun, S. Eshghi and V. Tavallali. 2009. Effects of longterm salinity on growth and performance of two pistachio (*Pistacia vera* L.) rootstocks. Aust. J. Basic & Appl. Sci. 3(3):1630-1639.
31. Lidon, F. C. and F. S. Henriques. 1993. Changes in the thylakoid membrane polypeptide patterns triggered by excess Cu in rice. Photosynthetica 28:109-117.
32. Lindsay, W. L. and W. A. Norvell. 1978. Development of DTPA test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci. Soc. Amer. J. 42:421-428.
33. Marschner, H. 1995. Functions of mineral nutrients: Micronutrients. PP:313-396. In: Mineral nutrition of higher plants (2nd ed.), Academic Press Limited. San Diego. CA.
34. Mohammadi, A. H., Z. Banihashemi and M. Maftoun. 2007. Interaction between salinity stress and Verticillium wilt disease in three pistachio rootstocks in a calcareous soil. J. Plant Nutr. 30:241-252.
35. Najafian, Sh., M. Rahemi and V. Tavallali. 2008. Effect of salinity on tolerance of two bitter almond rootstocks. J. Agric. Environ. Sci. 3(2): 264-268.
36. Olszewska, M., S. Grzegorzcyk, J. Alberski, A. Baluch-Malecka and A. Kozikowski. 2008. Effect of copper deficiency on gas exchange parameters, leaf greenness (SPAD) and yield of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.). Elementol. 13(4):597-604.
37. Pais, I. and J. Benton Jones. 1997. The Handbook of Trace Elements. St Lucie Press. 217pp.
38. Rahman, S., G. F. Vance and L. C. Munn. 1993. Salinity induces effects on the nutrient status of soil, corn leaves and kernels. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 24:2251-2269.
39. Saadatmand, A. R., Z. Banihashemi, M. Maftoun and A. R. Sepaskhah. 2007. Interactive effect of soil salinity and water stress on growth and chemical compositions of pistachio nut tree. J. Plant Nutr. 30:2037-2050.
40. Satti, S. M. E. and M. L. Lopez. 1994. Effect of increasing potassium levels for alleviating sodium chloride stress on the growth and yield of tomato. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 25: 2807-2823.

41. Sepaskhah, A. R. and M. Maftoun. 1982. Growth and chemical composition of pistachio seedlings as influenced by irrigation regimes and salinity levels of irrigation water. II. Chemical composition. *J. Hort. Sci.* 57: 469-476.
42. Sepaskhah, A. R., M. Maftoun and N. Karimian. 1985. Growth and chemical composition of pistachio cultivars as affected by salinity and applied iron. *J. Hort. Sci.* 60:115-121.
43. Tang, T. and D. M. Miller. 1991. Growth and tissue composition of rice grown in soil treated with inorganic copper. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 22:2037- 2045.
44. Volkmar, K. M., Y. Hu and H. Steppuhn. 1997. Physiological responses of plants to salinity: A review. *Can. J. Plant Sci.* 78:19-27.

Effect of Soil Copper and Salinity on Growth and Chemical Composition of Two Pistachio Cultivars

S. Eskandari and V. Mozafari^{1*}

(Received : Sep. 6-2010 ; Accepted : Dec. 13-2011)

Abstract

A greenhouse experiment was conducted to study the effects of soil copper (Cu) and salinity on growth and chemical composition of two pistachio cultivars. A factorial experiment was carried out as a completely randomized design with three replications. Treatments consisted of four Cu levels (0, 2.5, 5, and 7.5 mg Kg⁻¹ soil as CuSO₄.2H₂O), five salinity levels (0, 800, 1600, 2400, and 3200 mg NaCl Kg⁻¹ soil) and two pistachio cultivars (Badami-e-Zarand and Ghazvini). Results showed that salinity significantly decreased growth parameters. Application of 3200 mg NaCl Kg⁻¹ soil decreased shoot and root dry weights, leaf area and stem height by 67, 72, 45 and 76 % respectively. Application of 7.5 mg Cu Kg⁻¹ soil increased shoot dry weight and leaf area by 24 and 26% respectively. Moreover, there was no significant difference between growth parameters of two pistachio cultivars, except for leaf area index. Salinity stress significantly decreased shoot and root P, K and Cu total uptake, and increased that of Na and Cl. Application of 5 mg Cu Kg⁻¹ soil significantly increased shoot Cu uptake. Since total uptake of all elements for Badami cultivar was significantly higher than the Ghazvini, it could be concluded that the latter cultivar is probably more resistant to the saline conditions.

Keywords: Salinity, Pistachio, Copper, Growth.

1. MSc. Grad. Student and Assis. Prof. of Soil Sci., Respectively, College of Agric., Vali-e-Asr Univ. of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran.

*: Corresponding Author, Email: vmozafary@yahoo.com