

تأثیر سطوح شوری و مقادیر مختلف مس بر جذب عناصر غذایی کم‌مصرف در شاخساره و ریشه دو رقم پسته (*Pistacia vera* L.) در شرایط گلخانه‌ای

سمانه اسکندری^{۱*} و وحید مظفری^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۱/۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۴/۱۹)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف مس و شوری بر جذب عناصر کم‌مصرف در شاخساره و ریشه نهال‌های پسته، یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۷ در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ولیعصر (عج) رفسنجان اجرا شد. تیمارها شامل پنج سطح شوری (صفر، ۸۰۰، ۱۶۰۰، ۲۴۰۰ و ۳۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک از منبع کلرید سدیم)، چهار سطح مس (صفر، ۲/۵، ۵ و ۷/۵ میلی‌گرم مس در کیلوگرم خاک از منبع سولفات مس) و دو رقم پسته (بادامی زرنند و قزوینی) بودند. نتایج نشان داد که تنش شوری، جذب عناصر غذایی کم‌مصرف شامل مس، آهن، روی و منگنز را در شاخساره و ریشه به‌طور معنی‌داری کاهش داد ($P < 0.05$). کاربرد ۵ میلی‌گرم مس در کیلوگرم خاک، باعث افزایش معنی‌دار جذب مس، آهن و منگنز شاخساره گردید، ولی بر جذب روی شاخساره تأثیر معنی‌دار نداشت. مصرف ۲/۵ میلی‌گرم مس در کیلوگرم خاک، افزایش معنی‌دار جذب مس، آهن و منگنز ریشه را به دنبال داشت، در حالی که بر جذب روی ریشه تأثیر معنی‌دار نداشت. در مجموع، جذب عناصر غذایی کم‌مصرف در رقم بادامی به‌طور معنی‌داری بیشتر از رقم قزوینی بود. از آنجا که در مناطق پسته‌کاری، درختان با محدودیت جذب عناصر کم‌مصرف مواجه هستند، لذا استفاده از رقم بادامی زرنند به‌عنوان پایه توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: رقم بادامی، رقم قزوینی، آهن، منگنز، شوری

۱. گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولیعصر (عج) رفسنجان

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: samane.scandari@yahoo.com

مقدمه

و خاک و مقاومت به خشکی، سبب گردیده تا در مناطقی که شرایط نامناسب کشت برای سایر محصولات زراعی و باغی وجود دارد، جایگاه ویژه‌ای پیدا کند. در مناطق پسته‌خیز ایران، مخصوصاً رفسنجان، شرایط فیزیکیوشیمیایی خاک نظیر شوری، پ-هاش و مقدار قابل توجه کربنات کلسیم، سبب گردیده تا جذب عناصر غذایی کم‌مصرف از جمله روی، آهن و مس با مشکل جدی مواجه شده و در نتیجه درختان پسته با کمبود این عناصر مواجه گردند (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، پ-هاش قلیایی و درصد بالای آهک در نیمرخ بیشتر خاک‌ها می‌باشد. 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 (۱۲) 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 ریزبری 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 برای رشد و توسعه گیاهان بوده و در فرآیندهای ساخت پروتئین و کربوهیدرات نقش دارد (۳۷). نقش عمده آن در گیاه، فعال نمودن آنزیم‌های دهیدروژناز، اکسیداز و آسکوربیک اسید اکسیداز می‌باشد (۳۴).

شوری یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید محصول در نواحی خشک و نیمه خشک به شمار می‌آید (۳۰). معمولاً مشکل شوری در مناطقی با منابع آب اندک، دما و تبخیر زیاد و کیفیت نامطلوب آب اتفاق می‌افتد (۳۵). تنش شوری، سوخت و ساز گیاه را از طریق کمبود آب (اثر اسمزی) و هم‌چنین از طریق اثر یون‌های خاص (سمیت یون‌ها) که وابسته به نوع نمک و گونه گیاهی است، تحت تأثیر قرار می‌دهد (۳۰). افزایش وسعت خاک‌های متأثر از شوری به دلیل مدیریت ضعیف خاک و آب در نواحی آبیاری شده رخ می‌دهد و اهمیت مسأله شوری در تولید محصولات کشاورزی در این مناطق نمود پیدا می‌کند (۳۱). شوری ممکن است به‌طور مستقیم بر جذب عناصر غذایی اثر گذاشته و به‌واسطه مجموعه‌ای از فرآیندهای پیچیده، نیاز غذایی و سوخت و ساز گیاه را تحت تأثیر قرار دهد. در مطالعات گسترده‌ای که پیرامون شوری و تغذیه گیاهی انجام گرفته، این مسأله به اثبات رسیده است که شوری باعث کاهش جذب و انباشت عناصر غذایی در گیاه می‌گردد. اما مدارک زیادی وجود ندارد که ثابت کند افزایش کوددهی در شرایط شور باعث افزایش عملکرد محصول می‌گردد (۸).

پسته (*Pistacia vera* L.) گیاهی نیمه‌گرمسیری و از عمده‌ترین محصولات صادرات غیرنفتی می‌باشد. در حال حاضر، بالغ بر ۴۲۰ هزار هکتار باغ پسته بارور و غیربارور در کشور وجود دارد که قسمت عمده این باغ‌ها در استان کرمان قرار دارد (۴۳). از مهم‌ترین ارقام پسته در ایران می‌توان به اکبری، کله‌قوچی، بادامی زرد و قزوینی اشاره کرد. میوه رقم بادامی زرد، بادامی شکل و ریز است. دارای برگ‌های پنج برگچه‌ای و زودگل بوده و در نیمه اول مرداد ماه قابل برداشت است و از این نظر جزو ارقام خیلی زودرس می‌باشد. میوه رقم قزوینی، ریز و دارای مغز سبز رنگ بوده و اکثر برگ‌های آن مرکب سه برگچه‌ای است. این رقم دیرگل می‌باشد (۳). سازگاری پسته با شرایط نامساعد محیطی، از جمله شوری آب

از راهکارهای مدیریت تغذیه‌ای، از جمله افزایش عناصر کم‌مصرف (مانند مس)، می‌تواند آثار سوء ناشی از شرایط نامناسب خاک و آب را کاهش داده و زمینه را برای افزایش عملکرد با کمیت و کیفیت مطلوب فراهم نماید. یکی دیگر از راه‌های مقابله با شوری، استفاده از ارقام مقاوم به نمک است. با توجه به تنوع گونه‌های گیاهی که هر کدام دارای صفات وراثتی و سازوکارهای خاص حفظ و تداوم بقا هستند، به نظر می‌رسد که می‌توان اقدام به شناسایی، اصلاح و گزینش گونه‌های مقاوم به شوری نمود. بنابراین یکی از اهداف این مطالعه، مقایسه تحمل دو وارپته پسته غالب منطقه رفسنجان (بادامی زرنند و قزوینی) نسبت به تنش شوری و بررسی کارایی عنصر مس در به حداقل رساندن اثرهای سوء ناشی از این تنش بود.

مواد و روش‌ها

نمونه خاک مورد نظر می‌بایست از نظر شوری و مس در حد پایینی باشد. لذا از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری مناطق مختلف نمونه‌های خاک جمع‌آوری و پس از تجزیه آنها خاک مورد نظر انتخاب و برای انجام آزمایش به گلخانه آورده شد و پس از هواخشک کردن و عبور از الک ۲ میلی‌متری، بعضی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن تعیین گردید (جدول ۱).

رده‌بندی خاک (۴۲) مورد آزمایش به شرح زیر است:

Coarse Loamy, Mixed, Semi Active, Calcareous, Thermic, Typic Torrifluvents.

بذرهای پسته (رقم بادامی زرنند و قزوینی) از مؤسسه تحقیقات پسته کشور تهیه و پس از جداسازی پوست سخت، با استفاده از قارچ‌کش بنومیل به میزان دو گرم در لیتر ضد عفونی شدند. سپس جهت جوانه زدن برای کاشت، به مدت چند روز میان پارچه‌های متقال مرطوب در دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار گرفتند. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در اردیبهشت سال ۱۳۸۷ در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ولیعصر (عج) رفسنجان انجام شد. فاکتور مس شامل چهار سطح (صفر، ۲/۵، ۵ و ۷/۵

کشت مداوم، انتخاب ارقام با عملکرد زیاد، مصرف همه ساله و بیش از نیاز کودهای فسفاته، فرسایش، آبشویی، عدم مصرف کودهای حاوی عناصر کم‌مصرف و کودهای آلی، موجب کاهش ذخیره این عنصر در خاک و در نتیجه کاهش عملکرد می‌شود (۳۴). تحقیقات محدودی که تاکنون صورت گرفته هیچ همبستگی را بین مقدار مس موجود در خاک و کمبود آن در درختان پسته نشان نداده است (۲۴). مس به مقدار کمی به وسیله گیاه جذب می‌شود. به نحوی که سطح بحرانی آن در بخش‌های سبزینه‌ای گیاه ۳ تا ۵ میکروگرم در گرم ماده خشک می‌باشد (۳۴).

رابطه بین شوری و تغذیه عناصر غذایی کم‌مصرف پیچیده بوده و شوری ممکن است باعث افزایش یا کاهش غلظت عناصر کم‌مصرف در اندام‌های هوایی گیاهان شده و یا هیچ اثری بر آنها نداشته باشد (۲۶). اکثر عناصر غذایی کم‌مصرف به صورت بالقوه در متعادل کردن مقادیر زیاد شوری خاک و آب شرکت می‌کنند (۲۳ و ۲۷). مکانیسم‌های تحمل گیاهان به تنش دوگانه شوری و فلزات سنگین، به ویژه مس، مورد مطالعه قرار نگرفته است و به نظر می‌رسد که سازگاری گیاهان به شوری با کاهش اثرات سمی مس همراه است و احتمالاً تجمع فعال پرولین، به عنوان یکی از حفاظت کنندگان عمومی در برابر تنش، مسئول این پدیده در شرایط حضور همزمان دو عامل می‌باشد (۴۵). ال-الن (۲۰)، طی آزمایشی، به منظور تعیین عکس‌العمل گیاهچه‌های 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.

با عنایت به شور و آهکی بودن خاک‌های تحت کشت پسته و روند رو به افزایش آن، لزوم ارائه راهکار عملی جهت به حداقل رساندن اثرهای مخرب این تنش امری ضروری است. گرچه آزمایش‌هایی با سطوح شوری مختلف روی دو رقم پسته بادامی زرنند و قزوینی توسط سایر محققین صورت گرفته است، لیکن در هیچیک از آنها تأثیر عنصر مس به عنوان یک فاکتور مستقل و نیز اثر متقابل آن با شوری بررسی نشده است. استفاده

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

مقدار	خصوصیات خاک
۵/۵	رس (%)
۲۳/۱	سیلت (%)
۷۱/۴	شن (%)
۰/۵	ماده آلی (%)
لوم شنی	بافت
۱۸	ظرفیت زراعی (درصد وزنی)
۴	نقطه پژمردگی دائم (درصد وزنی)
۲۷	کربنات کلسیم معادل (%)
۱۲	ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی مول در کیلوگرم)
۷/۵	پ-هاش
۱	قابلیت هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)
۵/۳	فسفر به روش اولسن (میلی‌گرم در کیلوگرم)
۱۰۰	پتاسیم عصاره‌گیری شده با اسنات آمونیوم (میلی‌گرم در کیلوگرم)
۰/۴	مس عصاره‌گیری شده با DTPA (میکروگرم در گرم خاک)
۰/۵	روی عصاره‌گیری شده با DTPA (میکروگرم در گرم خاک)
۳/۲	آهن عصاره‌گیری شده با DTPA (میکروگرم در گرم خاک)
۴/۷	منگنز عصاره‌گیری شده با DTPA (میکروگرم در گرم خاک)

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 و خوب به هم زده شد. جهت کشت، ۱۲۰ گلدان به قطر ۱۶ و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر تهیه و خاک داخل پاکت‌ها به گلدان‌های پلاستیکی مربوط به هر تیمار منتقل گردید. در هر گلدان، تعداد ۸ بذر جوانه زده در عمق ۳ سانتی‌متر کشت و با توزین گلدان‌ها رطوبت آنها به حد ظرفیت زراعی رسانده شد.

آبیاری گلدان‌ها تا پایان آزمایش به وسیله آب مقطر تا رسیدن به ظرفیت زراعی همراه با توزین مرتب آنها صورت گرفت. تیمارهای شوری طبق نقشه طرح به صورت محلول درآمد و به سه قسمت مساوی تقسیم شدند و پس از استقرار

میلی‌گرم مس در کیلوگرم خاک از منبع سولفات مس) بود. از آنجا که مظفری (۱۴) هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک‌های منطقه پسته‌خیز رفسنجان را بین ۲/۳ تا ۱۹/۶ دسی‌زیمنس بر متر گزارش کرده است، لذا در این پژوهش فاکتور شوری در پنج سطح (صفر، ۸۰۰، ۱۶۰۰، ۲۴۰۰ و ۳۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک از منبع کلرید سدیم) انتخاب گردید که در نهایت شوری‌هایی در همین محدوده را ایجاد می‌کرد (۱۱). با توجه به حد ظرفیت زراعی خاک مورد نظر، مقدار پنج کیلوگرم خاک درون کیسه پلاستیکی ریخته و نصف حجم آبی که این پنج کیلوگرم خاک را به ظرفیت زراعی می‌رساند به آن اضافه و به مدت ۲۴ ساعت به حال خود رها گردید (دهانه کیسه پلاستیک باز بود). سپس 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

تأثیر تیمارهای شوری و مس بر جذب مس شاخساره و ریشه است. همان‌طور که در جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) نشان داده شده است، افزایش شوری سبب کاهش معنی‌دار جذب مس شاخساره گردید. به‌طوری که میانگین جذب مس سدیم در کیلوگرم خاک، به‌ترتیب ۵۲، ۷۷ و ۳۱ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. این نتایج با یافته‌های ابوطالبی و همکاران (۱) روی مرکبات هم‌خوانی دارد. این محققین در یک آزمایش گلخانه‌ای روی گونه‌های مختلف مرکبات نشان دادند که سطوح شوری کم و متوسط (۲۰ و ۴۰ میلی‌مول کلرید سدیم در لیتر)، مقدار مس در شاخساره گونه بکرایی (*Citrus riteculata* × *C. limetta*) را نسبت به شاهد کاهش داد. این درحالی بود که شوری زیاد (۶۰ میلی‌مول کلرید سدیم در لیتر)، مقدار مس در شاخساره این گونه را به اندازه‌ای افزایش داد که اختلاف با تیمار شاهد معنی‌دار نگردید. در گونه ولکامریانا (*C. volkameriana*)، با افزایش شوری، مقدار مس در شاخساره نسبت به شاهد کاهش یافت.

نتایج هم‌چنین نشان داد که با افزایش شوری به ۸۰۰، ۱۶۰۰ و ۳۲۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، جذب این عنصر در ریشه به‌ترتیب ۵۱، ۵۷ و ۶۰ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (جدول ۴). گزارش‌های متناقضی مبنی بر تأثیر شوری بر جذب مس توسط گیاه منتشر شده است. دلیل این امر می‌تواند به اثر رقت مربوط باشد. 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 داده که غلظت مس در برگ و شاخساره ذرت کشت شده در خاک (۳۹) 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 (۲۲). هم‌چنین با توجه به کاهش وزن ریشه و خاصیت آنتاگونیسمی (برهمکنش منفی) بین عناصر غذایی و یون‌های سمی در شرایط

کامل نهال‌ها (هفته پنجم پس از کشت)، با فواصل زمانی یک هفته، به‌صورت محلول همراه با آب آبیاری به گلدان‌ها اضافه گردیدند. سپس در هفته دهم، تعداد نهال‌ها به ۵ بوته در هر گلدان تقلیل داده شد. در تمامی دوره آزمایش، دما بین ۲۵ تا ۳۰ درجه سلسیوس ثابت نگه داشته شد. هم‌چنین شدت نور برای تمامی تیمارها یکسان بود. در هفته بیست و چهارم پس از کاشت، نهال‌ها از محل طوقه قطع گردیدند. بدین صورت که شاخساره (برگ و ساقه) و ریشه از هم جدا شدند. سپس ریشه‌ها با دقت از خاک خارج گردیدند. به منظور جلوگیری از هدررفت ریشه‌های موئین، شستشوی ریشه‌ها روی الک انجام شد. شاخساره نیز با آب مقطر شستشو داده شد و همراه ریشه‌ها هواخشک گردید. نمونه‌ها پس از قرار گرفتن در پاکت‌های کاغذی مخصوص، به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۶۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند تا وزن آنها به حد ثابتی برسد. سپس توزین و با آسیاب دستی پودر شدند. یک گرم از نمونه‌های پودر شده شاخساره و ریشه در دمای ۵۵ درجه سلسیوس به روش خشک سوزانی خاکستر و پس از هضم با اسید کلریدریک عصاره‌گیری گردید. در عصاره به‌دست آمده غلظت مس، روی، آهن و منگنز با دستگاه جذب اتمی مدل (GBC Avanta ver.1.33) اندازه‌گیری گردید (۲). از آنجا که بررسی غلظت عناصر تحت تنش شوری به دلیل به‌وجود آمدن اثر رقت (Dilution effect) گاهی متناقض به‌نظر می‌رسید، در این تحقیق، جذب عناصر [جذب کل (میکروگرم در گلدان) = وزن ماده خشک (گرم در گلدان) × غلظت (میکروگرم در گرم)] محاسبه و مورد بررسی آماری قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها به‌وسیله نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن (در سطح ۰.۰۵٪) صورت گرفت. نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شد.

نتایج و بحث

جذب مس

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲ و ۳)، بیانگر معنی‌دار شدن

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثرهای مختلف شوری و مس بر جذب عناصر کم‌مصرف در شاخساره نهال‌های پسته

میانگین مربعات			صفات		
روی	منگنز	آهن	مس	درجه آزادی	منبع تغییرات
۲۱۰/۳۶**	۱۲۴/۱۶**	۶۵۶**	۷۵۲/۲۳**	۴	شوری
۱۱/۰۴ ^{ns}	۸/۶۳*	۸۴/۸۵*	۱۳۹/۰۴**	۳	مس
۱۲/۳۸*	۵/۳۵ ^{ns}	۵۳/۲۴ ^{ns}	۵۴/۳۷*	۱۲	شوری×مس
۲۹۵/۷۵**	۴۳۱/۸۹**	۳۵۵۷**	۴۴۴/۱۸**	۱	رقم
۴/۳۵ ^{ns}	۵/۲۸ ^{ns}	۴۴/۵۱ ^{ns}	۷۷/۸۸*	۴	شوری×رقم
۳/۱۱ ^{ns}	۳/۰۶ ^{ns}	۴۱/۵۷ ^{ns}	۱۶/۴۱ ^{ns}	۳	مس×رقم
۳/۳۷ ^{ns}	۰/۵۳ ^{ns}	۲۷/۲۳ ^{ns}	۷۰/۴۳**	۱۲	مس×شوری×رقم
۵/۶۶	۳/۱۱	۲۹/۵۶	۲۸/۵	۸۰	خطا
۲۲/۴۴	۱۷/۴۵	۱۸/۰۴	۲۷		ضریب تغییرات (%)

*, ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱٪ و ۵٪ و غیرمعنی‌دار

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثرهای شوری و مس بر جذب عناصر کم‌مصرف در ریشه نهال‌های پسته

میانگین مربعات			صفات		
روی	منگنز	آهن	مس	درجه آزادی	منبع تغییرات
۱۲۷/۴۱**	۰/۱۹**	۱۴۳۱/۰۲**	۰/۸۳**	۴	شوری
۱۷/۴۶ ^{ns}	۰/۰۳**	۱۶۲/۸۲*	۰/۱۴*	۳	مس
۱۲/۵۹ ^{ns}	۰/۰۲**	۱۱۷/۶۹**	۰/۱۱*	۱۲	شوری×مس
۱۳۵/۹۵**	۰/۱۱**	۵۸۱/۳۳**	۰/۶۳**	۱	رقم
۸/۷۵ ^{ns}	۰/۰۰۹ ^{ns}	۷۵/۱۰ ^{ns}	۰/۱۷*	۴	شوری×رقم
۱۱/۶۶ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۶۰/۶۹ ^{ns}	۰/۱۷*	۳	مس×رقم
۵/۹۹ ^{ns}	۰/۰۰۹ ^{ns}	۷۳/۳۰ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}	۱۲	مس×شوری×رقم
۶/۸۸	۰/۰۰۶	۴۶/۶۸	۰/۰۵	۸۰	خطا
۲۵/۸۹	۵/۶۲	۲۸/۳۶	۱۰/۲۱		ضریب تغییرات (%)

*, ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱٪ و ۵٪ و غیرمعنی‌دار

معنی‌داری بر جذب مس در شاخساره نداشت. محصولی (۱۳) نشان داد که کاربرد ۵ میکروگرم مس در کیلوگرم خاک، با افزایش غلظت و جذب کل مس در اندام هوایی گندم همراه است. لیانگ و همکاران (۳۲) نیز مشاهده کردند که مصرف ۵ میلی‌گرم مس در کیلوگرم خاک، غلظت و جذب کل مس در لوبیا را افزایش داد.

شور، جذب عناصر غذایی توسط ریشه کاهش می‌یابد. نتایج مربوط به تأثیر تیمار مس بر جذب مس توسط شاخساره و ریشه در جدول ۵ آمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد، با افزایش مس تا سطح ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک، میانگین جذب مس شاخساره به‌طور معنی‌داری (بیش از ۷۰٪ نسبت به شاهد) افزایش یافت. کاربرد بیشتر مس در خاک تأثیر

جدول ۴. تأثیر کاربرد شوری بر جذب کل عناصر کم‌مصرف در شاخساره و ریشه نهال‌های پسته

سطح شوری	مس	آهن	منگنز	روی
(میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک)				
شاخساره (میکروگرم در گلدان)				
صفر	۸۲۴/۴۵ a	۱۵۵۶/۹۸a	۱۹۹/۱۴a	۲۴۵/۵۴ a
۸۰۰	۳۹۳/۱۰ bc	۹۸۵/۵۶ b	۱۱۲/۲۶ b	۱۳۴/۲۰ b
۱۶۰۰	۱۹۱/۳۱ d	۹۱۹/۲۱ b	۹۸/۷۳ bc	۹۱/۹۹c
۲۴۰۰	۳۰۹/۷۹ c	۸۳۶/۹۶ b	۸۵/۴۹ c	۱۰۳/۰۲ bc
۳۲۰۰	۵۶۹/۶۸ b	۶۵۹/۷۸ c	۶۷/۳۰ d	۶۱/۲۹ d
ریشه (میکروگرم در گلدان)				
صفر	۳۸۲/۶۲ a	۱۳۴۱/۲۰a	۱۹۶/۶۱ a	۱۸۵/۸۴ a
۸۰۰	۱۸۷/۱۸ b	۷۵۹/۴۳ b	۱۲۰/۱۴ b	۱۳۵/۱۳ b
۱۶۰۰	۱۶۴/۰۸ b	۵۵۳/۹۲ c	۸۹/۲۱ c	۱۰۵/۱۶ c
۲۴۰۰	۱۵۳/۸۸ b	۵۵۲/۴۹ c	۱۰۲/۹۶ bc	۸۶/۷۹ c
۳۲۰۰	۱۵۳/۱۳ b	۲۴۵/۷۱ d	۵۰/۵۰ d	۶۱/۶۵ d

در هر ستون و برای هر ویژگی، میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۰/۰۵ آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۵. تأثیر کاربرد مس بر جذب کل عناصر کم‌مصرف در شاخساره و ریشه نهال‌های پسته

سطح مس (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	مس	آهن	منگنز	روی
شاخساره (میکروگرم در گلدان)				
صفر	۳۷۷/۲۲ b	۸۴۶/۴۷ b	۹۵/۴۹ b	۱۱۱/۹۴ a
۲/۵	۴۲۲/۸۵ b	۱۰۶۴/۰۱ a	۱۱۴/۷۲ a	۱۴۰/۹۱ a
۵	۶۴۷/۹۰ a	۱۰۶۷/۵۰ a	۱۱۹/۹۳ a	۱۳۳/۴۴ a
۷/۵	۳۸۲/۶۹ b	۹۸۸/۷۶ ab	۱۲۰/۱۹ a	۱۲۲/۵۴ a
ریشه (میکروگرم در گلدان)				
صفر	۱۹۵/۱۴ b	۵۴۳/۲۵ b	۸۴/۱۸ c	۷۱/۰۹۹ a
۲/۵	۲۱۸/۷۱ a	۸۱۸/۲۱ a	۱۲۸/۲۲ a	۱۲۸/۹۷ a
۵	۲۰۴/۱۱ ab	۷۱۳/۵۶ ab	۱۲۱/۳۳ ab	۱۲۷/۷۳ a
۷/۵	۲۱۴/۷۵ ab	۶۸۷/۱۹ ab	۱۱۳/۸۰ bc	۱۰۳/۲۴ a

در هر ستون و برای هر ویژگی، میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۰/۰۵ آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

می‌رسد؛ درحالی‌که انتقال مس به شاخساره به مقدار زیادی محدود می‌شود. کالسن و همکاران (۲۹) محلول‌پاشی و کودآبیاری روی و مس را روی درختان پسته در آمریکا مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که محلول‌پاشی روی

کاربرد ۲/۵ میلی‌گرم مس بر کیلوگرم خاک، جذب این عنصر توسط ریشه را ۱۲٪ نسبت به شاهد افزایش داد. مارشنر (۳۴) بیان داشت در گیاهانی که مس زیادی دریافت می‌کنند، مقدار مس در ریشه تقریباً به مقدار این عنصر در محیط ریشه

تشدید کند (۴۷). ننوا (۳۶) با انجام یک آزمایش آبکشت، گزارش کرد که کمبود آهن و تیمار شوری، جذب و غلظت آهن در ریشه و شاخساره نخود را کاهش داد.

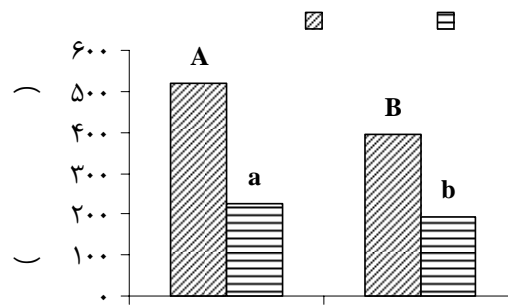
روند تغییرات جذب آهن توسط ریشه نیز مشابه شاخساره بود. به طوری که اعمال تیمارهای شوری ۸۰۰، ۱۶۰۰ و ۳۲۰۰ به ترتیب باعث کاهش جذب آهن به میزان ۴۳، ۵۹ و ۸۲ درصد در ریشه گردید. بر این اساس، کاهش در جذب آهن ریشه شدیدتر از شاخساره بود. الفولی و سلاما (۲۱) گزارش کردند که تیمار شوری باعث کاهش کمتر مقدار عناصر کم‌مصرف در شاخساره نسبت به ریشه گردید. ابو النور (۱۵) نشان داد که تیمار شوری باعث کاهش معنی‌دار مقدار آهن در ریشه و شاخساره ذرت گردید و این کاهش در گیاهان رشد یافته روی خاک‌های شنی نسبت به خاک‌های رسی شدیدتر بود.

در ارتباط با تأثیر سطوح مختلف مس بر جذب آهن توسط شاخساره، نتایج نشان داد که با افزایش مس به ۲/۵ و ۵ میلی‌گرم مس در کیلوگرم خاک، جذب این عنصر در شاخساره به ترتیب ۲۵ و ۲۶ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۵). اختلاف تیمار ۷/۵ میلی‌گرم مس در کیلوگرم خاک با شاهد از نظر آماری معنی‌دار نگردید. در مورد جذب آهن ریشه، تنها تیمار ۲/۵ میلی‌گرم مس در کیلوگرم خاک باعث افزایش تقریبی ۵۰ درصدی نسبت به شاهد گردید. برنال و همکاران (۱۶) طی یک مطالعه مقایسه‌ای، تأثیر افزایش مس در محیط هیدروپونیک و مصرف مستقیم آن در برگ‌ها را بر جذب عناصر کم‌مصرف در گیاه سویا بررسی کردند. تجزیه عنصری برگ‌ها نشان داد که در گیاهانی که تیمار مس در برگ‌ها اعمال شده بود، هیچ اثر متقابل منفی بین جذب مس و آهن مشاهده نشد. حتی تیمار مس جذب آهن توسط گیاه را افزایش داد. برعکس، مقدار روی گیاه کاهش یافت و نتیجه عکس آن در برگ گیاهانی که مس را از طریق ریشه دریافت کرده بودند مشاهده شد. پاتسیکا و همکاران (۳۸) مشاهده کردند که افزایش مس در محیط کشت هیدروپونیک باعث افزایش آهن در لوبیا می‌شود. لومباردی و سباستیانی (۳۳) طی تحقیقی روی

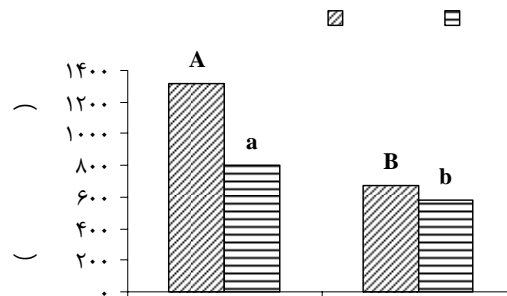
و مس، دو تا سه هفته بعد از گل‌دهی، غلظت مس و روی برگ را افزایش داده است. اما کاربرد کودآبیاری تأثیری بر غلظت روی و مس برگ نداشت. شواهد به‌دست آمده از آزمایش‌های براون و همکاران (۱۷) و براون و ژانگ (۱۸) نشان داد که محلول‌پاشی روی و مس، روشی مؤثر در افزایش مقدار این عناصر در برگ پسته است. تحقیقات شارما و همکاران (۴۱) روی مرکبات نشان داد که محلول‌پاشی ۰/۲ درصد سولفات روی نه تنها میزان روی برگ را افزایش داد، بلکه میزان عناصر آهن، مس و منگنز را هم بالا برد. لیکن محلول‌پاشی مخلوط سولفات روی و مس ۰/۲ درصد، فقط باعث افزایش میزان روی و مس گردید. هم‌چنین وقتی غلظت این دو عنصر به نصف تقلیل یافت، میزان آهن برگ به بیشترین مقدار خود رسید. تأثیر رقم پسته مورد استفاده نیز بر جذب مس توسط شاخساره و ریشه معنی‌دار گردید (جدول ۲ و ۳). نتایج نشان داد که میانگین جذب مس شاخساره و ریشه رقم بادامی زرد 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 (شکل ۱).

جذب آهن

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای شوری و مس بر جذب آهن در شاخساره و ریشه (جدول ۲ و ۳) نشان داد که تأثیر شوری و مس بر جذب آهن معنی‌دار است ($P < 0.05$). مقایسه میانگین‌های مربوط به تأثیر شوری و مس بر جذب آهن توسط شاخساره و ریشه در جداول ۴ و ۵ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، با افزایش شوری، میانگین جذب آهن شاخساره به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. به طوری که در تیمارهای ۸۰۰، ۱۶۰۰ و ۳۲۰۰، میزان جذب آهن شاخساره به ترتیب ۳۷، ۴۱ و ۵۸ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. این نتایج با یافته‌های جماعتی اردکانی (۵) در پایه‌های مختلف پسته همخوانی دارد. مقادیر زیاد کلرید سدیم در محیط می‌تواند جذب آهن را تحت تأثیر قرار داده و کمبود یا سمیت آهن را



شکل ۱. اثر رقم پسته بر جذب مس توسط شاخساره و ریشه



شکل ۲. اثر رقم پسته بر جذب آهن توسط شاخساره و ریشه

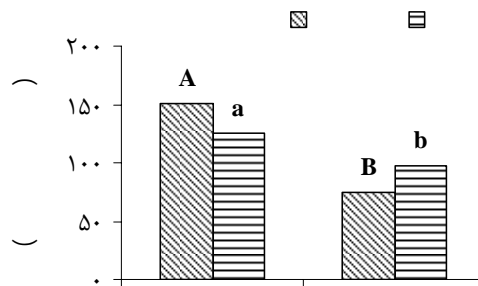
پراکسیدازهای موجود روی دیواره سلولزی ریشه بچسبند. لذا این گونه چسبیدن کاتیون در آپوپلاست می‌تواند به گونه‌ای معنی‌دار به میزان کل کاتیون ریشه کمک کند. با توجه به این‌که رقم قزوینی به ترتیب ۶۶۹ و ۵۸۱ میکروگرم جذب آهن در شاخساره و ریشه داشته است، می‌توان نتیجه گرفت که رقم قزوینی نسبت به رقم بادامی زرنده، توانایی بیشتری در نگه‌داری آهن در ریشه را دارد.

جذب منگنز

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲ و ۳) نشان‌دهنده اثر معنی‌دار شوری و مس بر جذب منگنز در شاخساره و ریشه می‌باشد. مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر شوری و مس بر جذب منگنز

هلو نشان دادند که با افزایش غلظت مس از ۰/۱ به ۵۰ میکرومول، جذب آهن شدیداً تحریک شد. اما افزایش غلظت مس به ۱۰۰ میکرومول، تأثیری بر جذب آهن نداشت.

نتایج موجود در ارتباط با تأثیر رقم پسته بر جذب آهن (جدول ۲ و ۳) نشان داد که اختلاف بین دو رقم در شاخساره و ریشه معنی‌دار است. میانگین جذب آهن در شاخساره و ریشه رقم بادامی به ترتیب ۱۳۱۳ و ۷۹۹ و در رقم قزوینی به ترتیب ۶۶۹ و ۵۸۱ میکروگرم در گلدان بود، که نشان‌دهنده جذب بیشتر آهن در رقم بادامی است (شکل ۲). همان‌گونه که بررسی‌های مربوط به جذب کاتیون‌های چند ظرفیتی، مانند آهن، در فضای آزاد آپوپلاست ریشه نشان داده (۳۴)، آهن می‌تواند به صورت پیوند غیر یونی به گروه‌هایی مانند



شکل ۳. اثر رقم پسته بر جذب منگنز توسط شاخساره و ریشه

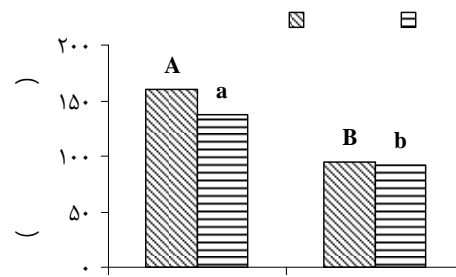
مس، جذب منگنز ریشه به ترتیب ۵۲، ۴۴ و ۳۵ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. نتایج مربوط به تأثیر رقم پسته مورد استفاده بر جذب منگنز (جدول ۲ و ۳) نشان داد که میانگین جذب منگنز شاخساره و ریشه در رقم بادامی به ترتیب ۱۵۰ و ۱۲۵ و در رقم قزوینی به ترتیب ۷۴ و ۹۷ میکروگرم در گلدان بود که حاکی از جذب بیشتر منگنز در شاخساره و ریشه رقم بادامی است (شکل ۳).

جذب روی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲ و ۳) نشان می‌دهد که اثر شوری بر جذب روی در شاخساره و ریشه معنی‌دار، اما اثر تیمار مس بر جذب این عنصر در شاخساره و ریشه از نظر آماری معنی‌دار نیست. نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) نشان داد که با افزایش شوری به ۱۶۰۰ و ۳۲۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، جذب روی در شاخساره به ترتیب ۶۳ و ۷۵ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. این نتایج با یافته‌های شهریاری (۱۰) و طالبی (۱۱) روی گیاه پسته هم‌خوانی دارد. چنین روندی در ریشه نیز مشاهده شد. به طوری که شوری ۱۶۰۰ و ۳۲۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، جذب روی ریشه را به ترتیب ۴۳ و ۶۷ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. دوران زوآزو و همکاران (۱۹) مشاهده کردند که تحت تنش شوری، غلظت روی در ساقه و ریشه انبه کاهش یافت.

توسط شاخساره و ریشه در جداول ۴ و ۵ آمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، میانگین جذب منگنز شاخساره با افزایش شوری به طور معنی‌داری کاهش یافت. با افزایش شوری به ۸۰۰، ۱۶۰۰، ۲۴۰۰ و ۳۲۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، جذب این عنصر در شاخساره به ترتیب ۴۴، ۵۷ و ۶۶ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. نتایج مشابهی توسط ابوطالبی و همکاران (۱) روی گونه‌های مختلف مرکبات مشاهده گردید. نتایج موجود در جدول ۴ هم‌چنین نشان می‌دهد که در سطوح شوری ذکر شده، جذب منگنز ریشه به ترتیب ۳۹، ۵۵، ۴۸ و ۷۴ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. این نتایج با یافته‌های ابو النور (۱۵) روی گیاه ذرت هم‌خوانی دارد. نتایج مطالعات الفولی و همکاران (۲۲) نشان داد که با افزایش سطوح شوری، تقریباً تمام عناصر غذایی کم‌مصرف (آهن، منگنز، روی و مس) در بافت‌های مختلف گندم و باقلا کاهش یافتند. کاهش مشابهی در مقدار عناصر غذایی کم‌مصرف با افزایش شوری توسط یحیی (۴۶) گزارش شده است.

همان‌طور که در جدول ۵ مشخص است، افزایش مس باعث افزایش معنی‌دار جذب منگنز شاخساره و ریشه گردید. به طوری که کاربرد ۲/۵، ۵ و ۷/۵ میلی‌گرم مس در کیلوگرم خاک، جذب منگنز شاخساره را به ترتیب ۲۰، ۲۶ و ۲۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. هم‌چنین با کاربرد همین سطوح



شکل ۴. اثر رقم پسته بر جذب روی توسط شاخساره و ریشه

زرد و قزوینی) کاهش یافت. در رابطه با تأثیر تیمار مس، نتایج نشان داد که مصرف مس منجر به بهبود جذب عناصر کم مصرف در ریشه و شاخسار نهال‌های پسته گردید. در مجموع، جذب عناصر غذایی کم مصرف در رقم بادامی زرد به‌طور معنی‌داری بیشتر از رقم قزوینی بود و اگر رقم بادامی زرد به‌عنوان پایه مورد استفاده قرار گیرد، احتمال این‌که عملکرد بیشتری تولید کند و یا مقاومت بیشتری نسبت به شوری داشته باشد وجود دارد. لذا در مناطق پسته‌کاری که درختان با محدودیت جذب عناصر کم مصرف مواجه هستند، استفاده از رقم بادامی زرد به‌عنوان پایه توصیه می‌گردد. هم‌چنین با عنایت به وجود تنش شوری در خاک‌های مناطق پسته‌خیز رفسنجان، نقش مهم مس در تشکیل میوه و دستاوردهای این پژوهش، پیشنهاد می‌شود تأثیر سطوح مختلف مس هم در شرایط خاکی و هم به‌صورت محلول‌پاشی در باغ‌های پسته مورد بررسی قرار گرفته و با در نظر گرفتن کمبود نسبی آب در منطقه رفسنجان، تأثیر تنش خشکی و مس بر ترکیب شیمیایی پسته مورد پژوهش قرار گیرد. در نهایت، با توجه به نتایج این پژوهش، تحقیقات روی سایر ارقام پسته در گلخانه و در شرایط مزرعه نیز انجام گیرد.

توللی و همکاران (۴۴)، نشان دادند که تنش شوری منجر به کاهش غلظت روی در نهال‌های پسته تا حد کمبود گردید. این محققین بیان داشتند که غلظت‌های نسبتاً زیاد Na^+ و یا قابلیت دسترسی محدود آب برای گیاه که به‌واسطه مقادیر زیاد نمک‌های محلول ایجاد می‌گردد، احتمالاً مسئول کاهش غلظت روی در بافت‌های تحت تنش شوری است. جنس و همکاران (۲۵)، عنوان نمودند که آثار زیان‌آور کمبود روی تحت تنش شوری ممکن است به‌عنوان عامل محدودکننده مهم‌تری نسبت به سمیت کلرید سدیم در کاهش رشد عمل کند. نتایج مربوط به تأثیر رقم پسته بر جذب روی توسط شاخساره و ریشه (جداول ۲ و ۳) نیز معنی‌دار گردید. به‌طوری‌که جذب روی شاخساره و ریشه در رقم قزوینی نسبت به رقم بادامی به‌ترتیب ۴۱ و ۳۳ درصد کاهش نشان داد (شکل ۴). براون و همکاران (۱۷)، ضمن تحقیق روی نهال‌های دو رقم پسته نشان دادند که میزان جذب روی و مس در واریته‌های مختلف با هم متفاوت است.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش شوری، جذب کل عناصر مس، آهن، روی و منگنز در هر دو رقم پسته (بادامی

منابع مورد استفاده

- 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. امامی، ع. ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه گیاه (جلد اول). نشریه فنی شماره ۹۸۲، مؤسسه تحقیقات آب و خاک، تهران.
۳. پناهی، ب.، ع. اسماعیل‌پور، ف. فریورد، م. موذن‌پور کرمانی و ح. فریور مهین. ۱۳۸۰. راهنمای پسته (کاشت، داشت و برداشت). انتشارات نشر آموزش کشاورزی.
۴. تاج‌آبادی پور، ا. ۱۳۸۳. تأثیر کاربرد خاکی پتاسیم بر مقاومت نسبی سه رقم پسته به تنش آبی و شوری. رساله دکتری، بخش خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.
۵. جماعتی اردکانی، م. ۱۳۸۴. تأثیر سطوح مختلف شوری بر جوانه‌زنی و استقرار چند رقم پسته. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۶. حیدری نژاد، ع. و د. ابوسعیدی. ۱۳۸۴. شناسایی و بررسی عوامل مؤثر ریزبرگی درختان پسته (قرمز) از دیدگاه‌های بیماری‌های گیاهی، تغذیه و آبیاری. گزارش نهایی، بخش تحقیقات آبیاری و تغذیه، مؤسسه تحقیقات پسته کشور، رفسنجان.
۷. حیدری، م. ۱۳۸۵. شناسایی خاک‌های غالب و تأثیر خصوصیات آنها بر غلظت عناصر برگ، کمیت و کیفیت پسته در منطقه انار رفسنجان. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، گروه 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، قم.
۹. خوش‌گفتارمنش، ا. ح. و ح. سیادت. ۱۳۸۱. تغذیه معدنی سبزیجات و محصولات باغی در شرایط شور. انتشارات نشر آموزش کشاورزی.
۱۰. شهریاری، ر. ۱۳۸۶. تأثیر شوری، فسفر و روی بر رشد و ترکیب شیمیایی گیاه پسته. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، بخش خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان.
۱۱. طالبی، م. ۱۳۸۷. تأثیر روی و شوری بر رشد، ترکیب شیمیایی و بافت آوندی در دو رقم پسته. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، بخش خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان.
۱۲. طالبی، م. و. مظفری و ا. تاج‌آبادی پور. ۱۳۸۸. پاسخ دانه‌های پسته رقم قزوینی (*Pistacia vera cv. Ghazvini*) به سطوح مختلف روی و کلرید سدیم. مجله علوم خاک و آب ۲۳: ۱۴۹-۱۶۱.
۱۳. محصلی، و. ۱۳۸۲. تأثیر سطوح مختلف مس بر رشد و ترکیب شیمیایی گندم رقم فلات. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی ۶۱: ۲۵-۳۱.
۱۴. مظفری، و. ۱۳۸۴. بررسی نقش پتاسیم، کلسیم و روی در کنترل عارضه سرخشکیدگی پسته. رساله دکتری، بخش خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.
15. Abou El-Nour, E. A. A. 2002. Growth and nutrient contents response of maize to foliar nutrition with micronutrients under irrigation with saline water. *J. Biol. Sci.* 2(2): 92-97.
16. Bernal, M., R. Cases, R. Picorel and I. Yruea. 2007. Foliar and root Cu supply affect differently Fe- and Zn- uptake and photosynthetic activity in soybean plants. *Environ. Exp. Bot.* 60: 145-150.
17. Brown, P. H., Q. Zhang and L. Ferguson. 1994. Influence of rootstock on nutrient acquisition by pistachio. *J. Plant Nutr.* 17(7): 1137-1148.
18. Brown, P. H. and Q. Zhang. 1997. Foliar spray applications at spring flush enhances zinc status of pistachio trees. *California Pistachio Industry, Annual. Report, Crop Year 1996-97*, pp. 101-106.
19. 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.
20. El-Elnay, A. E. 2001. Wheat seedlings response to interactive effects of Cu and salinity. *J. Plant Nutr.* 92: 424-425.

21. El-Fouly, M. M. and Z. A. Salama. 1999. Can foliar fertilization increase plant tolerance to salinity? Proc. of Dahlia Greidinger Intl. Symp. on Nutrient Management under Salinity and Water Stress, 28 Feb- 4 Mar., Technion-IIT, Haifa, 3(1-4): 113-125.
22. El-Fouly, M., Z. M. Mobarak and Z. A. Salama. 2001. Micronutrient spray as a tool to increase tolerance of faba bean and wheat plants to salinity. Proc. of XIV Intl. Plant Nutrition Colloquium, 28 July- 4 Aug., 2001, Hanover, Germany, pp. 422-423.
23. Enberg, A. and L. Wu. 1995. Selenium assimilation and differential response to elevated sulfate and chloride salt concentrations in two saltgrass ecotypes. Ecotoxicol. Environ. Saf. 32(2): 171-178.
24. Ferguson, L., R. H. Beede, M. W. Freeman, D. R. Haviland, B. A. Holtz and C. E. Kallsen. 2005. Pistachio Production Manual. 4th ed., Production Editor: JoAnn Coviello.
25. Genc, Y., G. K. McDonald and R. D. Graham. 2005. The interactive effects of zinc and salt on growth of wheat. PP. 548-549. In: Li, C. J. *et al.* (Eds.), Plant Nutrition for Food Security, Human Health and Environmental Protection, Tsinghua University Press, Beijing, China.
26. Grattan, S. R. and C. M. Grieve. 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. Sci. Hort. 78: 127-157.
27. Grieve, C. M., M. C. Shannon and D. A. Dierig. 1999. Salinity effects on growth, shoot-ion relations, and seed production of *Lesquerella fendleri*. PP. 239-243. In: Janick, J. (Ed.), Perspectives on New Crops and New Uses, ASHS Press, Alexandria, VA.
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. Kallsen, C. E., B. Holtz, L. Villaraz and C. Wylie. 2000. Leaf zinc and copper concentrations of mature pistachio trees in response to fertigation. Hort. Technol. 10(1): 172-176.
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. Khosravinejad, F., R. Heydari and T. Farboodnia. 2008. Effects of salinity on photosynthetic pigments, respiration, and water content in two barley varieties. J. Biol. Sci. 11(20): 2438-2442.
32. Liang, J., J. W. B. Stewart and R. E. Karamanos. 1991. Distribution and plant availability of soil copper fractions in Saskatchewan. Can. J. Soil Sci. 71: 89-99.
33. Lombardi, L. and L. Sebastiani. 2005. Copper toxicity in *Prunus cerasifera*: Growth and antioxidant enzymes responses of in vitro grown plant. Plant Sci. 168: 797-802.
34. Marschner, H. 1995. Functions of mineral nutrients: Micronutrients. PP. 313-396. In: Mineral Nutrition of Higher Plants, 2nd ed., Academic Press Ltd., San Diego, CA.
35. Meloni, D. A., M. A. Oliva, H. A. Ruiz and C. A. Martinez. 2001. Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. J. Plant Nutr. 24: 599-612.
36. Nenova, V. 2008. Growth and mineral content ratios of pea plants under different salinity levels and iron supply. J. Plant Physiol. 34 (3-4): 189-202.
37. Olszewska, M., S. Grzegorzczak, 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.). J. Elementol. 13(4): 597-604.
38. Patsikka, E., M. Kairavuo, F. Sersen, E. M. Aro and E. Tyystjarvi. 2002. Excess copper predisposes photosystem II to photoinhibition in vivo by outcompeting iron and causing decrease in leaf chlorophyll. J. Plant Physiol. 129: 1359-1367.
39. 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.
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. Sharma, K. K., K. N. Sharma and V. K. Nayyar. 1990. Effect of copper and zinc sprays on leaf-nutrient concentration in Kinnow mandarin (*Citrus reticulata* x *C. Deliciosa*). Indian J. Agric. Sci. 60(4): 278-280.
42. Soil Survey Staff. 2010. Keys to Soil Taxonomy. Eleventh edition, NRCS, USDA, USA.
43. Tajabadi Pour, A., A. R. Sepaskhah and M. Maftoun. 2005. Plant water relations and seedling growth of tree pistachio cultivars as influenced by irrigation frequency and applied potassium. J. Plant Nutr. 28: 1413-1425.
44. Tavallali, V., M. Rahemi, M. Maftoun, B. Panahi, S. Karimi, A. Ramezani and M. Vaezpour. 2009. Zinc influence and salt stress on photosynthesis, water relations, and carbonic anhydrase activity in pistachio. Sci. Hort. 123(2): 272-279.
45. Volkov, K. S., V. P. Kholodova and V. V. Kuznetsov. 2006. Plant adoption to salinity reduces copper toxicity. Biomed. Life Sci. 411(1): 479-481.

46. Yahya, A. 1998. Salinity effects on growth and on uptake and distribution of sodium and some essential mineral nutrients in sesame. *J. Plant Nutr.* 21: 1439-1451.
47. Yousfi, S., M. Wissal, H. Mahmoudi, C. Abdelly and M. Gharsalli. 2007. Effect of salt on physiological responses of barley to iron deficiency. *J. Plant Physiol. Biochem.* 45: 309-314.