تأثیر متقابل سدیم و منیزیم بر برخی خصوصیات رشدی و میزان کلروفیل پسته در محیط پرلیت

فهیمه زادصالحی[۱*]، وحید مظفری[۲]، احمد تاج آبادی پور[۲] و حسین حکم‌آبادی[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۹/۱۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۵/۸)

چکیده

در خاک‌های آهکی و شور، تأثیر سوء بعضی از یون‌ها نظیر بی‌کربنات، بور، منیزیم و به‌خصوص سدیم و عدم تعادل صحیح میان غلظت عناصر غذایی عامل اصلی کاهش رشد به حساب می‌آیند. آزمایشی گلخانه‌ای برای مطالعه تأثیر سدیم و منیزیم بر برخی خصوصیات رشدی و میزان کلروفیل نهال‌های پسته (رقم بادامی- زرند) در محیط پرلیت به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی و با چهار تکرار انجام شد. تیمارها شامل سه سطح سدیم (صفر، ۴۵ و ۹۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) و چهار سطح منیزیم (صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار منیزیم از منبع سولفات منیزیم) بودند. از محلول غذایی هوگلند تصحیح شده برای آبیاری گلدان‌ها استفاده شد. نتایج نشان داد که با افزایش سدیم، وزن خشک برگ، ارتفاع ساقه، سطح برگ و غلظت کلروفیل a به صورت معنی‌داری کاهش یافت. با افزایش منیزیم از صفر به سطح ۰/۵ میلی‌مولار (هوگلند کامل)، وزن خشک برگ و ریشه کاهش معنی‌داری یافت. هنگامی که غلظت منیزیم به ۲ میلی‌مولار رسید کاهش وزن خشک برگ شدیدتر شد، اما وزن خشک ریشه را تحت تأثیر معنی‌دار قرار نداد. کاربرد ۲ میلی‌مولار منیزیم هم‌چنین شاخص‌های ارتفاع ساقه، تعداد و سطح برگ، غلظت کلروفیل a و کلروفیل کل را به‌ترتیب ۱۸، ۲۵، ۱۹، ۴۲ و ۴۱ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. برهمکنش شوری و منیزیم نیز نشان داد که در سطح صفر سدیم و با افزایش منیزیم، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، ارتفاع ساقه و سطح برگ کاهش معنی‌داری یافت. ولی هنگامی‌که سدیم به ۹۰ میلی‌مولار رسید، نه تنها کاهش معنی‌داری صورت نگرفت بلکه وزن خشک برگ بیش از ۶۰٪ افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: پسته، تنش شوری، محیط شن‌کشت، مناطق خشک

مقدمه

تنش شوری که از تنش‌های غیرزنده محسوب می‌شود، یکی از عوامل مهم کاهش قابلیت اراضی در تولید محصولات کشاورزی است (۱۰). سطحی معادل ۷/۳۳ میلیون هکتار اراضی در ایران با مشکل شوری مواجه هستند (۳۰). پسته (*Pistacia vera* L.) به‌دلیل ویژگی‌های بالقوه‌ای که از نظر سازگاری با شرایط نامساعد محیطی از جمله شوری آب و خاک و مقاومت نسبی به خشکی دارد، به عنوان مناسب‌ترین محصول کشاورزی برای مناطق خشک ایران توصیه می‌شود (۴ و ۱۰). در حال حاضر، بالغ بر ۴۷۰ هزار هکتار باغ پسته بارور

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان

۲. استادیاران گروه خاک‌شناسی دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان

۳. استادیار مؤسسه تحقیقات پسته کشور

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

و غیر بارور در ایران وجود دارد که حدود ۷۰ درصد از آنها در استان کرمان واقع است (۷). در شرایط شور، غلظت سدیم (Na) و کلر (Cl) معمولاً بیش از غلظت عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف بوده و این امر موجب می‌شود که در گیاهان تحت تنش شوری، عدم تعادل تغذیه‌ای از جنبه‌های گوناگون بروز کند (۱۰). مطالعات متعدد نشان داده است که شوری در گیاهان میزان کلروفیل را کاهش می‌دهد (۱۶). یکی از دلایل کاهش کلروفیل در اثر تنش شوری، افزایش کلروفیلاز است که کلروفیل را تجزیه می‌کند (۱۸). با این حال، کاهش رشد پسته با افزایش شوری آب و خاک توسط محققین مختلف گزارش شده است (۴، ۱۰، ۲۰، ۲۴ و ۳۸).

منیزیم یکی از عناصر ضروری رشد گیاه بوده و میزان جذب آن به وسیله کاتیون‌های دیگر از جمله پتاسیم، آمونیوم و کلسیم به شدت کاهش می‌یابد (۲۹). اصلی‌ترین نقش منیزیم در گیاهان، شرکت در ساختمان کلروفیل است که حدوداً ۱۵٪ کل منیزیم را تشکیل می‌دهد و این نسبت بستگی به میزان دسترسی گیاه به منیزیم دارد. به‌طوری که در شرایط کمبود، این نسبت افزایش یافته و به حدود ۳۰٪ منیزیم کل می‌رسد (۲۹). کمبود منیزیم اکثراً در خاک‌های اسیدی و شنی دیده می‌شود (۱۵ و ۱۹) و تا کنون کمبود این عنصر در گیاه پسته گزارش نشده است (۱۳ و ۱۹). ابید و همکاران (۱۲) در آزمایشی گلخانه‌ای اثر سطوح مختلف منیزیم (صفر، ۲، ۳، ۴ و ۵ گرم در لیتر سولفات منیزیم) را بر رشد گیاه یونجه مورد بررسی قرار داده و بیان کردند که افزایش بیش از حد منیزیم (۵ گرم در لیتر)، باعث کاهش ارتفاع و وزن خشک ساقه و برگ گردید. رانی و جوز (۳۶) در پژوهشی، اثر متقابل منیزیم و پتاسیم را بر گیاه بامیه مورد بررسی و نشان دادند که کاربرد ۱۰ کیلوگرم منیزیم در هکتار سبب افزایش تولید ماده خشک گردید، اما با افزایش بیشتر منیزیم، تولید ماده خشک کاهش یافت. این محققین عنوان نمودند که افزایش تولید ماده خشک به‌وسیله منیزیم (۱۰ کیلوگرم منیزیم در هکتار) ، ممکن است به‌دلیل افزایش فعالیت فتوسنتز گیاه و یا افزایش جذب گوگرد توسط گیاه باشد.

تا کنون تحقیقات اندکی در رابطه با نقش منیزیم در گیاه و در شرایط شور صورت گرفته است (۱۱). محققین بر این باورند که بین منیزیم با کلسیم و پتاسیم برای محل‌های جذب روی غشای ریشه رقابت وجود دارد (۶). کن و همکاران (۲۵) معتقدند که غلظت بالای منیزیم در خاک ممکن است با ایجاد کمبود کلسیم در گیاه، سبب کاهش تحمل آن به شوری شود. در سال‌های اخیر، به‌دلیل استفاده بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی، سطح و کیفیت این‌گونه آب‌ها به‌شدت کاهش یافته است که می‌توان به برهم‌خوردن تعادل میان عناصر منیزیم و کلسیم به نفع منیزیم اشاره کرد (۹). نتایج حاصل از بررسی کیفیت آب ۱۲۰۰ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق در شهرستان رفسنجان نشان داد که میزان منیزیم در ۷۰٪ از این چاه‌ها به چندین برابر معمول افزایش یافته است. از آنجایی که تحقیقات بسیار اندکی در مورد عنصر منیزیم و به ویژه بیش بود این عنصر در حضور سدیم در پسته انجام شده است، هدف این پژوهش بررسی برخی ویژگی‌های رشدی و محتوی کلروفیل برگ با استفاده از محیط شن‌کشت و با ایجاد کمبود و یا بیش‌بود منیزیم در حضور غلظت‌های مختلف سدیم بوده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کامل تصادفی در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، با دو فاکتور سدیم و منیزیم در محیط شن‌کشت در چهار تکرار در سال ۱۳۸۷ اجرا شد. فاکتور اول شامل سدیم در سه سطح (صفر ، ۴۵ و ۹۰ میلی‌مولار سدیم از منبع کلرید سدیم) و فاکتور دوم شامل منیزیم در چهار سطح (صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار منیزیم از منبع سولفات منیزیم) بود. بذرهای پسته (*Pistacia vera* L. Badami Zarand) (رقم بادامی زرند) از مؤسسه تحقیقات پسته کشور تهیه و پس از جداسازی پوست سخت با سم پنتا کلرونیتروبنزن (PCNB) با غلظت ۵ گرم در

جدول ۱. غلظت محلول نهایی عناصر پرمصرف در تیمارهای مختلف منیزیم بر حسب میلی‌مولار (۱۳)

نام ترکیب	تیمارهای منیزیم (میلی‌مولار)			
	۰	۰/۵ (هوگلند کامل)	۱	۲
KNO_3	–	۱	۱	۱
$NH_4H_2PO_4$	۱	۱	۱	۱
$Ca(NO_3)_2.4H_2O$	۱	۰/۵	۰/۵	۰/۵
K_2SO_4	۰/۵	–	–	–
$MgSO_4.7H_2O$	–	۰/۵	۱	۲
NaCl	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱

لیتر بر علیه قارچ، ضدعفونی و برای جوانه‌زدن به مدت ۲ تا ۴ روز میان پارچه‌های متقال مرطوب در دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند.

مقدار یک کیلوگرم پرلیت در گلدان‌های پلاستیکی ریخته و ۴ بذر جوانه‌زده، در عمق ۲ سانتی‌متری در تاریخ ۱۳۸۷/۲/۱ کشت گردید. هنگامی‌که نهال‌های کشت شده چهار برگی شدند (هفته نهم)، تیمارهای منیزیم بر اساس محلول هوگلند تصحیح شده، برای عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و کلر بر اساس جدول ۱ 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) تهیه و اعمال گردید (۱۳). در هفته سیزدهم پس از کاشت، تیمارهای سدیم، که به‌صورت محلول تهیه شده بودند، نیز به گلدان‌ها اضافه گردید. آبیاری گلدان‌ها تا قبل از شروع تیمارها (هفته نهم) با آب مقطر و از هفته نهم به بعد (پایان آزمایش) با محلول غذایی انجام پذیرفت. از آنجا که تجمع بعضی از عناصر موجود در محلول غذایی می‌تواند برای گیاه مشکلاتی به‌وجود آورد، هر ۳ هفته یکبار تمام گلدان‌ها با آب مقطر آبشویی و مجدداً تیمارهای سدیم (به صورت یکباره) و منیزیم اعمال گردید. این عمل تا پایان هفته بیست و ششم ادامه یافت. در هفته بیست و دوم، با نمونه‌گیری از برگ‌های سوم و چهارم، میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل به روش هیل و همکاران (۲۳) با استفاده از اسپکتروفتومتر و در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. در انتهای دوره آزمایش (هفته بیست و ششم پس از کشت) ارتفاع و تعداد برگ نهال‌ها اندازه‌گیری شد. سپس سطح برگ با دستگاه Leaf Area Meter مدل CI-202 اندازه‌گیری شد. در نهایت، نهال‌ها به آرامی از گلدان‌ها خارج و پس از قطع قسمت هوایی از محل طوقه، اندام‌های گیاه (برگ، ساقه و ریشه)، ابتدا یک‌بار با آب معمولی حاوی یک در هزار مایع ظرفشویی و سپس دو بار با آب مقطر شسته و هواخشک و جهت اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها را در آون به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۶۵ درجه سلسیوس قرار داده و سپس توزین گردیدند (۱).

نتایج و بحث

الف – وزن خشک برگ، ساقه و ریشه

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر وزن خشک برگ، ساقه و ریشه در جدول ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، وزن خشک برگ تحت تأثیر معنی‌دار سدیم قرار گرفت، ولی وزن خشک ساقه و ریشه متأثر از سطوح سدیم نشد. هم‌چنین سطوح مختلف منیزیم و برهم‌کنش سدیم و منیزیم، وزن خشک برگ و ریشه را در سطح ۵٪ آزمون دانکن تحت تأثیر معنی‌دار قرار داد (جدول ۲). مقایسه وزن

جدول۲. نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های رشد تحت تأثیر تیمارهای سدیم و منیزیم

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		وزن خشک برگ (gr)	وزن خشک ساقه (gr)	وزن خشک ریشه (gr)	تعداد برگ	ارتفاع گیاه (cm)	سطح برگ (cm^2)
سدیم	۲	۰/۴۴۹ *	۰/۰۷۵ ns	۰/۲۵۱ ns	۰/۳۳۳ ns	۱۴/۶۲۶ *	۷۷۳/۲۳۴ *
منیزیم	۳	۰/۲۲۸ *	۰/۰۴۷ ns	۱/۳۳۶ *	۵۰/۱۰۲ *	۲۰/۸۲۵ *	۲۱۴/۲۷۷ *
سدیم× منیزیم	۶	۰ /۱۳۰ *	۰/۳۲۲ ns	۱/۴۸۲ *	۶۵/۹۹۳ *	۱۰/۸۶۲ *	۸۶۴/۳۳۲ *
اشتباه	۳۶	۰/۰۱۷	۰/۰۲۵	۰/۱۳۶	۳/۱۹۳	۲/۱۱۴	۴۳۴/۷۶۹
CV (٪)		۱۳ /۹۹	۱۶/۸۸	۱۸/۹۹	۱۲/۶۴	۱۰/۶۹	۲۳/۶۹

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱٪ و ۵٪ و ns غیر معنی‌دار در سطح ۵٪ آزمون دانکن

جدول ۳. مقایسه میانگین‌های تأثیر سدیم و منیزیم بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه (گرم در گلدان)

کلریدسدیم (میلی‌مولار)	سطوح منیزیم (میلی‌مولار)				میانگین
	۰	۰/۵	۱	۲	
	وزن خشک برگ				
۰	۱/۴۶ a	۱/۰۹ b	۰/۷۶ de	۰/۸۲ de	۱/۰۳ A
۴۵	۱/۱۵ b	۰/۸۸ d	۰/۹۱ cd	۱/۰۹ bc	۱/۰۱A
۹۰	۰/۷۵ de	۰/۶۸ e	۰/۷۲ de	۰/۷۵ de	۰/۷۳B
میانگین	۱/۱۲A	۰/۸۹B	۰/۷۹B	۰/۶۸B	
	وزن خشک ریشه				
۰	۲/۴۴bc	۱/۶۸def	۲/۰ bcde	۱/۱۶f	۱/۸۲ B
۴۵	۲/۰۶ bcd	۱/۵۴ def	۱/۵۳ef	۲/۵۱b	۱/۹۱ B
۹۰	۱/۹۷ cde	۱/۵۱ef	۱/۶۵def	۳/۱۶a	۲/۰۷ A
میانگین	۲/۱۵A	۱/۵۸B	۱/۵B	۲/۲۷ A	

میانگین‌هایی که در یک حرف کوچک یا بزرگ مشترکند طبق آزمون دانکن از لحاظ آماری در سطح ۵٪ معنی‌دار نیستند.

میانگین‌ها (جدول ۳) نشان داد که با افزایش میزان سدیم (کلریدسدیم) به ۹۰ میلی‌مولار، وزن خشک برگ از ۱/۰۳۶ به ۰/۷۳۴ گرم در گلدان کاهش یافت (جدول ۳). هم‌چنین تأثیر منیزیم بر خشک برگ کاهش معنی‌دار یافت. تأثیر منیزیم بر وزن خشک ریشه نیز نشان داد که با افزایش منیزیم به ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار، وزن خشک ریشه به ترتیب ۲۷ و ۲۰ درصد کاهش یافت (جدول ۳). ولی با افزایش بیشتر منیزیم (۲ میلی‌مولار) وزن خشک ریشه نسبت به سطح صفر منیزیم تغییر معنی‌داری نشان نداد. منیزیم در ساختن RNA و در نتیجه پروتئین نقش مهمی دارد و در نتیجه در کمبود این عنصر پروتئین‌سازی متوقف شده، نشاسته در برگ تجمع یافته و وزن خشک برگ افزایش می‌یابد (۲۹). در این پژوهش نیز همان‌گونه‌که مشاهده شد، احتمالاً در اثر افزایش نشاسته در نبود منیزیم، وزن خشک برگ افزایش یافته است. به طوری که انباشتگی نشاسته در

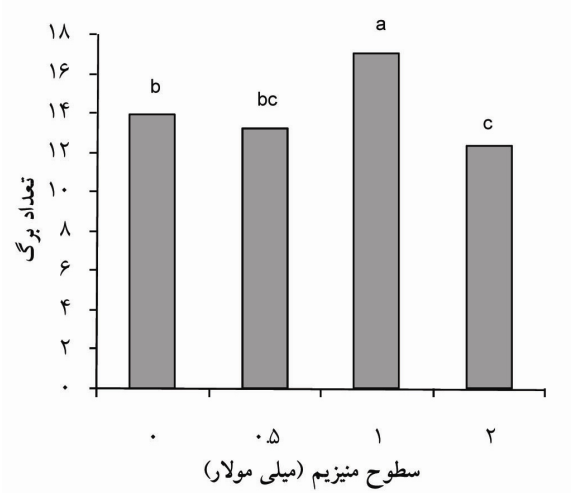
برگ‌هایی که تحت تأثیر تیمار صفر منیزیم قرار گرفته‌اند می‌تواند دلیل افزایش وزن خشک برگ باشد. آنت‌کلیف و همکاران (۱۴) مشاهده نمودند که انباشتگی نشاسته در برگ‌های درختان انگوری که تحت تأثیر تیمار صفر منیزیم قرار گرفته‌اند، می‌تواند دلیل افزایش وزن خشک برگ باشد. این محققین عنوان نمودند که میزان فتوسنتز کمتر باعث کاهش تجزیه نشاسته در کلروپلاست شده است و به‌علاوه جابجایی قند در درون سلول‌ها و ورود ساکارز به آوند آبکشی نیز در اثر کمبود منیزیم آسیب دیده است.

همان‌گونه که در جدول ۲ مشخص است، برهم‌کنش سدیم و منیزیم بر وزن خشک برگ و ریشه تأثیر معنی‌دار داشت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن نشان داد که بیشترین وزن خشک ریشه در شرایط بیشترین میزان سدیم (۹۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) و منیزیم (۲ میلی‌مولار) حاصل شده است. هم‌چنین در شرایط تیمار عدم مصرف سدیم، افزایش منیزیم به ۲ میلی‌مولار باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک ریشه گردید، در حالی که در سطوح بالای سدیم، با افزایش منیزیم به ۲ میلی‌مولار، وزن خشک ریشه افزایش معنی‌داری حاصل کرد (جدول ۳). خوشگفتارمنش و نائینی (۲۶) در محیط شن‌کشت (مخلوط ۱به ۱ شن و پرلیت) تأثیر چهار سطح شوری (صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار کلریدسدیم) را روی گیاه زیتون مورد بررسی قرار داده و مشاهده کردند که شوری، وزن خشک برگ و ریشه را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. کاهش رشد پسته در اثر شوری آب و خاک توسط محققین بسیاری گزارش شده است (۴، ۵ و ۱۰). حکم‌آبادی و همکاران (۵) نشان دادند که با افزایش غلظت کلرید سدیم به بیش از ۷۵ میلی‌مولار، کاهش شدیدی در میزان وزن کل گیاه پسته به‌وجود می‌آید.

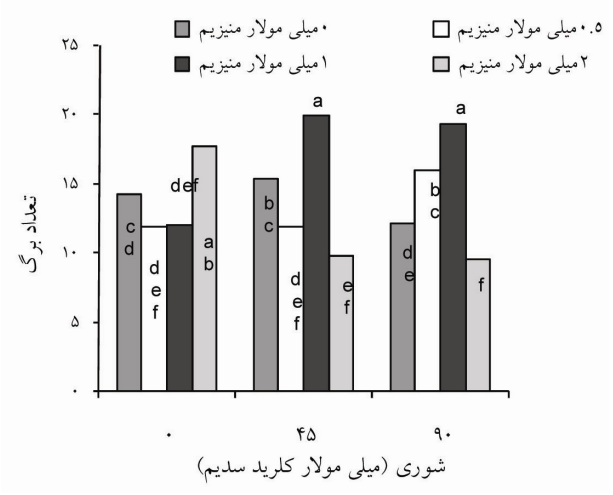
کاهش وزن تر و خشک ساقه و برگ با افزایش منیزیم توسط ابید و همکاران (۱۲) گزارش شده است. رانی و جوز (۳۶) در تحقیقی اثرات متقابل منیزیم و پتاسیم را بر گیاه بامیه مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که کاربرد ۱۰ کیلوگرم منیزیم در هکتار تولید ماده خشک (اندام هوایی+ ریشه) را افزایش معنی‌دار داد. اما با افزایش بیشتر منیزیم، تولید ماده خشک کاهش معنی‌داری یافت. افزایش تولید ماده خشک به‌وسیله منیزیم در پایین‌ترین سطح ممکن است به‌دلیل افزایش فعالیت فتوسنتزی (۴۲) و یا افزایش میزان گوگرد (آنیون همراه منیریم) باشد. در پژوهشی دیگر، کاربرد بیش از حد سولفات (۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر)، تولید ماده خشک را به‌دلیل وجود سطوح بالای گوگرد (آنیون همراه) کاهش داد. عدم وجود اثر مثبت گوگرد در این تحقیق، احتمالاً به این دلیل بوده که گوگرد اضافی در این سطح منیزیم در فرایندهای سوخت و سازی مربوط به تولید پروتئین شرکت نمی‌کند (۱۷). مدهوک و واکر (۲۷) تأثیر پنج سطح منیزیم (۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ میلی‌مولار) را بر روی دو گونه آفتابگردان مورد بررسی قرار داده و بیان نمودند که با افزایش منیزیم به بیش از ۲ میلی‌مولار، عملکرد کل به‌سرعت کاهش و برگ‌ها نشانه‌های اختلال و بی‌نظمی را نشان دادند. بهرامپور (۲) تأثیر پنج سطح منیزیم (۰/۴۰۳، ۰/۸۰۵، ۱/۶۱، ۳/۲۲ و ۶/۴۴ گرم بر لیتر) را روی پسته رقم بادامی زرند مورد مطالعه قرار داده و بیان نمود که افزایش منیزیم به ۳/۲۲ و ۶/۴۴ گرم بر لیتر، وزن خشک اندام‌هوایی و ریشه را به شدت کاهش داد. نتایج مشابهی توسط بهرامی (۳) به‌دست آمده است. این محققین بر این باورند که زیادی منیزیم در محیط کشت از جذب سایر عناصر مورد نیاز گیاه جلوگیری کرده و موجب کمبود عناصر ضروری مانند پتاسیم، کلسیم، آهن و روی در گیاه می‌شود.

ب- تعداد برگ، ارتفاع ساقه و سطح برگ

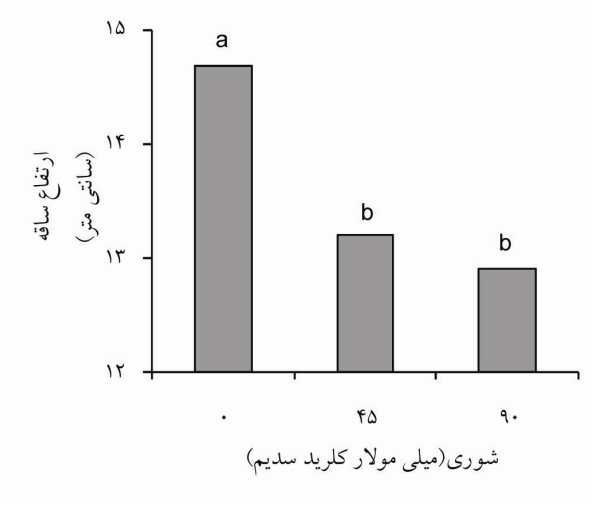
نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای سدیم و منیزیم بر تعداد برگ، ارتفاع ساقه و سطح برگ در جدول ۲ آمده است. همان‌طورکه مشاهده می‌شود، تعداد برگ تحت تأثیر سطوح مختلف سدیم قرار نگرفت، اما سطوح مختلف منیزیم و برهم‌کنش سدیم و منیزیم اثر معنی‌داری بر تعداد برگ داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین تعداد برگ به‌ترتیب در سطوح ۱ میلی‌مولار و ۲ میلی‌مولار منیزیم مشاهده شد و بین سطوح صفر و ۰/۵ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری دیده



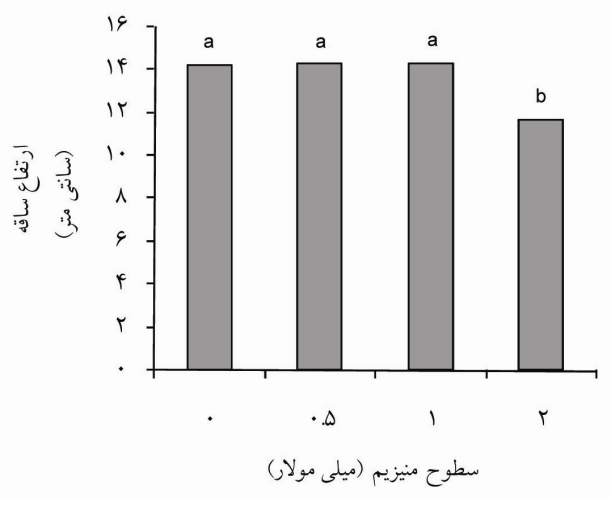
شکل ۱. تأثیر سطوح مختلف منیزیم بر تعداد برگ



شکل ۲. تأثیر سطوح مختلف شوری و منیزیم بر تعداد برگ



(الف)

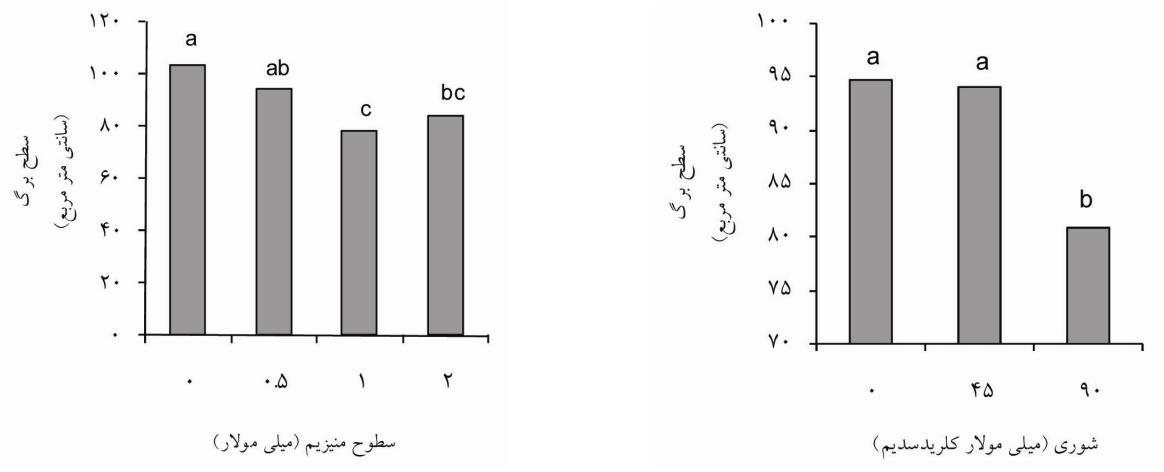


(ب)

شکل ۳. تأثیر سطوح مختلف سدیم (الف) و منیزیم (ب) بر ارتفاع ساقه

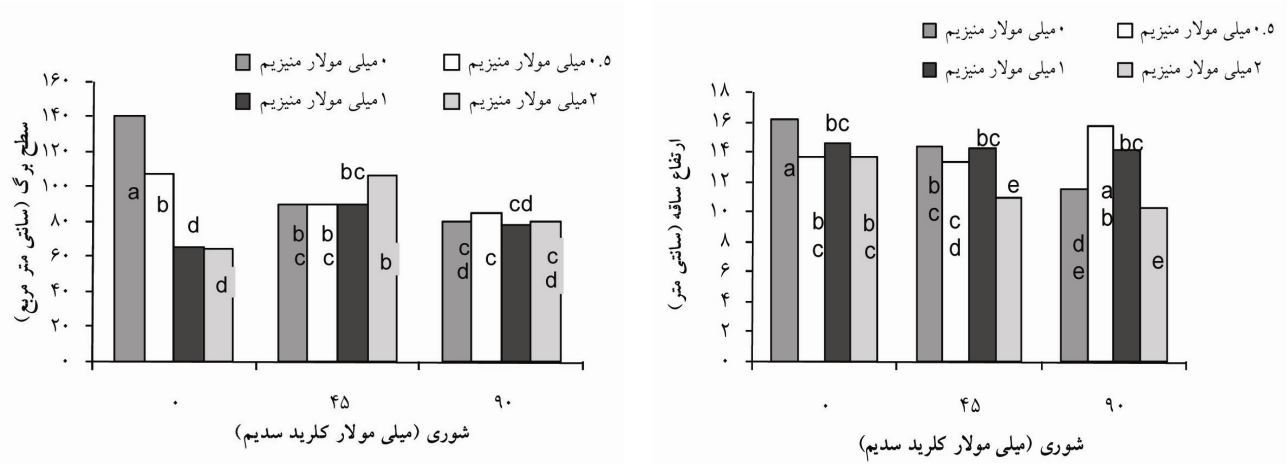
نشد (شکل ۱). برهم‌کنش بین سدیم و منیزیم نشان داد که در شرایط غیرشور، با افزایش ۲ میلی‌مولار منیزیم، تعداد برگ بیش از ۲۴٪ نسبت به سطح صفر منیزیم افزایش حاصل نمود. ولی در سطوح متوسط و زیاد سدیم، با افزایش منیزیم به ۲ میلی‌مولار، تعداد برگ به ترتیب ۳۶ و ۲۲ درصد کاهش نشان داد (شکل ۲).

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای سدیم و منیزیم اعمال شده و نیز برهم‌کنش آنها از نظر ارتفاع ساقه مشاهده گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش سدیم، ارتفاع ساقه کاهش معنی‌داری حاصل کرد و هنگامی‌که سدیم به بالاترین سطح (۹۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) رسید، ارتفاع ساقه حدود ۱۲٪ کاهش یافت شکل (۳- الف). با افزایش منیزیم به بالاترین سطح (تیمار ۲ میلی‌مولار منیزیم) نیز ارتفاع ساقه ۱۸٪ کاهش یافت شکل (۳-ب). بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای اعمال شده و نیز برهم‌کنش آنها بر شاخص سطح



(الف) (ب)

شکل ۴. تأثیر سطوح مختلف سدیم (الف) و منیزیم (ب) بر سطح برگ



(الف) (ب)

شکل ۵ . تأثیر برهم‌کنش شوری و منیزیم بر ارتفاع ساقه (الف) و سطح برگ (ب)

برگ مشاهده گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش کلرید سدیم به ۹۰ میلی‌مولار شاخص سطح برگ بیش از ۱۴٪ نسبت به شاهد کاهش یافت (شکل ۴-الف). هم‌چنین هنگامی‌که ۱ و ۲ میلی‌مولار منیزیم به‌کار برده شد، میانگین سطح برگ به‌ترتیب ۲۵ و ۱۹ درصد نسبت به سطح صفر منیزیم کاهش معنی‌دار نشان داد (شکل ۴- ب). بررسی اثر متقابل بین سدیم و منیزیم نیز نشان داد که بیشترین و کمترین ارتفاع ساقه به‌ترتیب با میانگین ۱۶/۸۱ و ۱۰/۳۱ سانتی‌متر در تیمارهای فاقد سدیم و منیزیم و حداکثر سطح سدیم و منیزیم مشاهده گردید (شکل ۵- الف). هم‌چنین برهم‌کنش سدیم و منیزیم بر سطح برگ نیز نشان داد که در تیمار صفر سدیم، با افزایش منیزیم، سطح برگ به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. به‌گونه‌ای که، در سطح ۲ میلی‌مولار منیزیم نسبت به شرایطی که هیچ منیزیمی مصرف نشد، سطح برگ بیش از ۵۰٪ کاهش یافت. اما در سطوح متوسط و زیاد سدیم، با افزایش منیزیم نسبت به سطح صفر منیزیم، هیچ کاهش معنی‌داری حاصل نشد (شکل ۵- ب).

کاهش تعداد برگ، ارتفاع ساقه و سطح برگ با افزایش شوری توسط محققین بسیاری گزارش شده است (۴، ۵ و ۱۰). کاهش رشد پسته در اثر شوری آب و خاک می‌تواند مربوط به

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اندازه‌گیری کلروفیل a، b و کلروفیل کل

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل
سدیم	۲	۰/۸**	۵/۶۳۸ns	۵/۱۷۱ ns
منیزیم	۳	۲/۰۷۲**	۳/۷۳۴ns	۴/۱۲۶**
سدیم× منیزیم	۶	۲/۶۹۹**	۴/۹۷۷**	۵/۱۹۵**
خطا	۳۶	۰/۰۷۶	۱/۷۲۴	۱/۳۵۰
CV (٪)		۱۳/۱۷	۱۸/۳۳	۱۵/۶۶

**و * به ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱٪ و ۵٪ و ns غیر معنی‌دار در سطح ۵٪ آزمون دانکن

سمیت یون‌های کلر و سدیم (۳۵)، افزایش فشار اسمزی محلول خاک (۲۸)، تأثیر سوء املاح بر فتوسنتز (۱۰)، سنتز اسید نوکلئیک و پروتئین (۳۳) و نیز فعالیت آنزیمی (۴ و۱۰) باشد. یون‌های اصلی ایجادکننده شوری می‌توانند از طریق برهم‌کنش متقابل (رقابتی) و یا تأثیر بر گزینش‌پذیری جذب عناصر توسط غشای سلولی بر جذب عناصر اثر بگذارند (۲۱). زو (۴۵) اظهار داشت که شوری به فرایندهای اساسی داخل سلول از جمله تقسیم سلولی، رشد و توسعه سلول آسیب وارد می‌کند. مانس (۳۲) بیان کرده که شوری، رشد برگ را بیشتر از ریشه تحت تأثیر قرار می‌دهد و علت این امر را بیشتر به‌دلیل تنش آبی دانسته تا اثر سمیت یون. ابید و همکاران (۱۲) بیان کردند که افزایش منیزیم به بالاترین سطح (۵ گرم در لیتر)، ارتفاع ساقه یونجه را کاهش داد. آنها بیان نمودند که منیزیم اضافی همانند سدیم سبب کاهش رشد می‌گردد. نتایج مشابهی توسط هارا و همکاران (۲۲) در مورد گیاه کلم به‌دست آمده است. بهرامپور (۲) گزارش کرده که با افزایش سطح منیزیم، طول اندام هوایی، مجموع طول ریشه و وزن خشک پسته کاهش یافت. به‌نظر می‌رسد که بیش‌بود منیزیم، در جذب عناصر ضروری گیاه اختلال ایجاد نموده و سبب ایجاد تنش در گیاه می‌شود.

ج- اثر تیمارهای مختلف بر کلروفیل

نتایج تجزیه واریانس در مورد اثر سطوح مختلف سدیم و منیزیم بر محتویات کلروفیل برگ (جدول ۴) نشان داد که سطوح مختلف سدیم، غلظت کلروفیل a را تحت تأثیر معنی‌دار قرار داد، ولی بر غلظت کلروفیل b و کلروفیل کل تأثیری نداشت. مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵) نشان داد که غلظت کلروفیل a از ۲/۳۵۶ در سطح صفر سدیم به ۱/۸۴۰ میلی‌گرم در گرم وزن تر در سدیم ۹۰ میلی‌مولار کلرید سدیم رسید. به عبارت دیگر، کاربرد۹۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، میزان کلروفیل a را ۲۲٪ کاهش داد (جدول ۵). هم‌چنین، نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سطوح مختلف منیزیم تأثیر معنی‌داری بر مقدار کلروفیل a و کلروفیل کل داشت. مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵) نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل a در سطح ۰/۵ میلی‌مولار به‌دست آمد و کاربرد ۱ و ۲ میلی‌مولار منیزیم، میزان کلروفیل a را نسبت به سطح ۰/۵ میلی‌مولار منیزیم به ترتیب ۱۳/۲ و ۴۲ درصد کاهش داد. کلروفیل کل، تحت تأثیر معنی‌دار فقدان و یا افزایش منیزیم تا سطح ۱ میلی‌مولار قرار نگرفت، ولیکن هنگامی که ۲ میلی‌مولار منیزیم مورد استفاده قرار گرفت، غلظت کلروفیل کل ۴۱٪ نسبت به سطح ۰/۵ میلی‌مولار (هوگلند کامل) کاهش یافت. برهم‌کنش بین سطوح مختلف سدیم و منیزیم، کلروفیل a، b و کل را تحت تأثیر معنی‌دار قرار داد (جدول۴). همان طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، در تیمار عدم مصرف سدیم، بیشترین غلظت کلروفیل a در تیمار ۰/۵ میلی‌مولار منیزیم مشاهده گردید. با افزایش بیشتر منیزیم (۲ میلی‌مولار)، غلظت کلروفیل a، ۲۳٪ نسبت به سطح ۰/۵

جدول ۵. تأثیر سدیم و منیزیم بر کلروفیل a، کلروفیلb و کلروفیل کل

کلریدسدیم (میلی‌مولار)	سطح منیزیم (میلی‌مولار) ۰	۰/۵	۱	۲	میانگین
	کلروفیل a (میلی‌گرم به گرم وزن تر)				
۰	۲/۳۳۸ b	۳/۲۴۲a	۱/۳۴۶cd	۲/۴۹۸b	۲/۳۵۶ A
۴۵	۳/۴۲۵ ab	۱/۵۹۴c	۲/۵۷۰b	۰/۸۲۳e	۲/۱۰۳ B
۹۰	۱/۴۸۶c	۲/۴۹۹b	۲/۴۵۳b	۰/۹۲۰de	۱/۸۴۰ C
میانگین	۲/۴۱۶A	۲/۴۴۵A	۲/۱۲۳B	۱/۴۱۴C	
	کلروفیل b (میلی‌گرم به گرم وزن تر)				
۰	۱/۸۹۹abc	۳/۹۷۰a	۳/۷۴۷ab	۳/۴۷۴ab	۳/۲۷۳ A
۴۵	۴/۱۰۷a	۱/۴۳۲bc	۲/۳۰۵abc	۰/۶۸۶c	۲/۱۳۲ A
۹۰	۱/۳۷۵bc	۲/۶۱۴abc	۳/۴۶۴ab	۰/۷۲۱c	۲/۰۴۳ A
میانگین	۲/۴۶ A	۲/۶۷۲A	۳/۱۷۲A	۱/۶۲۷ A	
	کلروفیل کل (میلی‌گرم به گرم وزن تر)				
۰	۲/۴۵۴ b-e	۴/۵۶۵a	۳/۵۹۶ abc	۳/۶۵۷abc	۳/۵۶۸ A
۴۵	۴/۳۹۱ ab	۱/۷۲ cde	۲/۷۷a-e	۰/۸۴۳e	۲/۴۳۱ B
۹۰	۱/۶۳۸ de	۳/۰a-d	۳/۷۲ab	۰/۹۰e	۲/۳۱۷ B
میانگین	۲/۸۲ AB	۳/۰۹A	۳/۳۶ A	۱/۸۰B	

میانگین‌هایی که در یک حرف کوچک یا بزرگ مشترکند طبق آزمون دانکن از لحاظ آماری در سطح ۵٪ معنی‌دار نیستند.

میلی‌مولار منیزیم کاهش یافت. در حضور سدیم، روند کاهش غلظت کلروفیل a سریعتر شد، به‌گونه‌ای‌که در سطح ۴۵ میلی‌مولار کلرید سدیم، این کاهش به ۷۵٪ رسید.

برهم‌کنش سدیم و منیزیم بر مقدار کلروفیل b در جدول ۵ نشان داده شده است. در تیمار عدم مصرف سدیم، برعکس کلروفیل a، با افزایش غلظت منیزیم به ۲ میلی‌مولار، تأثیر معنی‌داری در افزایش و یا کاهش کلروفیل b مشاهده نشد. ولیکن در ۴۵ میلی‌مولار کلرید سدیم، با افزایش ۲ میلی‌مولار منیزیم، کمترین غلظت کلروفیل b به‌دست آمد. اثر متقابل سدیم و منیزیم بر کلروفیل کل نیز نشان داد که در تیمار عدم مصرف سدیم، غلظت کلروفیل کل تا سطح ۰/۵ میلی‌مولار منیزیم افزایش یافت و با بالا رفتن سطح منیزیم به ۲ میلی‌مولار، کاهش و یا افزایش معنی‌داری نشان نداد (جدول ۵). اما در سطح ۴۵ میلی‌مولار کلرید سدیم، غلظت کلروفیل کل با افزایش منیزیم به ۲ میلی‌مولار، کاهش معنی‌داری نشان داد. همین روند در سطح ۹۰ میلی‌مولار سدیم نیز مشاهده شد (جدول ۵).

در ارتباط با تأثیر تنش شوری بر غلظت کلروفیل برگ، نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش سطح سدیم به ۹۰ میلی‌مولار، غلظت کلروفیل b و کل تحت تأثیر معنی‌دار قرار نگرفت و فقط کلروفیل a را تحت تأثیر قرار داده وغلظت آن را بیش از ۷۰٪ کاهش داد. تحقیقات نشان داده که شوری در برخی از گیاهانی که حساس به تنش شوری هستند میزان کلروفیل کل را کاهش داده است (۱۶). یکی از دلایل کاهش کلروفیل در اثر تنش شوری، افزایش کلروفیلاز می‌باشد که

کلروفیل را تجزیه می‌کند (۱۸). تحقیقات نشان داده که تنش شوری و خشکی در گیاهان باعث پیری زودرس، شکسته شدن کلروپلاست‌ها و کاهش میزان کلروفیل می‌گردد. کاهش در میزان کلروفیل برگ در اثر تنش شوری و خشکی باعث کاهش کارآیی فتوسنتز می‌گردد و گیاهانی که در شرایط تنش میزان کلروفیل خود را حفظ کنند بالطبع کارآیی فتوسنتزی بالاتری دارند (۱۸). ییلدریم و همکاران (۴۳) در پژوهشی روی گیاه خیار به این نتیجه رسیدند که تنش شوری تأثیر منفی بر میزان کلروفیل کل دارد. این نتایج با تحقیقات شیم و همکاران (۴۰) و استپان و کلوبوس (۴۱) که تأثیر تنش شوری را بر گیاهان اسفناج و خیار بررسی کردند، هماهنگی دارد. پرادا و داس (۳۴) گزارش کردند که شوری مانع تشکیل کلروفیل و کاروتنوئیدها در برگ بسیاری از گونه‌های گیاهی می‌شود.

رنجبر (۳۷) اثر چهار سطح شوری (۳، ۴، ۷ و ۱۰ دسی‌زیمنس) را بر بادام مورد بررسی قرار داد و مشاهده نمود که با افزایش شوری، غلظت کلروفیل a و b کاهش یافت. میزان کاهش در کلروفیل a بیشتر از کلروفیل b بود. سینگ و دابی (۳۹) بیان نمودند که کلروفیل a به شوری حساس‌تر است. کریمی و همکاران (۲۴) در تحقیقی در مورد گیاه پسته دریافتند که افزایش شوری سبب کاهش غلظت کلروفیل a و b و کلروفیل $a+b$ می‌شود.

با افزایش سطوح منیزیم به ۲ میلی‌مولار، میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل به‌شدت کاهش یافت. نتایج مشابهی توسط بهرامپور (۲) و بهرامی سیرمندی (۳) بیان شده است. احتمالاً با افزایش منیزیم، جذب آهن دچار اختلال می‌شود. آهن در مسیر بیوسنتز کلروفیل روی ماده دلتا آمینولوولنیک اسید که پیش ماده‌ای برای سنتز کلروفیل است تأثیر داشته و در نتیجه مقدار کلروفیل کاهش می‌یابد (۲ و ۳). هم‌چنین عنصر آهن به‌دلیل اثر رقابت آمیزی که با عناصر دیگر از جمله منیزیم دارد و یا در صورت تغییر pH در گیاه، کاهش می‌یابد (۸). ابید و همکاران (۱۲) معتقدند که سطوح بالای منیزیم مانند سدیم عمل می‌کند. بنابراین کاهش میزان کلروفیل در اثر افزایش منیزیم در این تحقیق دور از ذهن نبود، زیرا منیزیم اثر منفی همانند سدیم داشته و باعث کاهش میزان کلروفیل گردید.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج تحقیق انجام یافته، اثر سوء سدیم و سطوح بالای منیزیم بر وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع ساقه، تعداد و سطح برگ نهال‌های پسته در رقم بادامی زرند مورد تأیید قرار گرفت. هم‌چنین تأثیر منفی سطوح بالای منیزیم بر غلظت کلروفیل a و b و کل محرز گردید.

منابع مورد استفاده

۱. امامی، ع. ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه گیاه. جلد اول، نشریه فنی شماره ۹۸۲، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، ۲۴۸ صفحه.

۲. بهرامپور، م. ۱۳۸۵. اثر منیزیم و کلسیم روی نهال‌های پسته پایه رقم بادامی زرند با توجه به روابط متقابل موقعیت بین منیزیم و مایکوریزی در گیاه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. بخش زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

۳. بهرامی سیرمندی، س. ۱۳۸۸. ایجاد اکتو میکوریز بین سه رقم پسته و قارچ *Agaricus bisporus* و مطالعه تأثیر مقادیر متفاوت منیزیم بر گیاهان میکوریزی و غیرمیکوریزی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. بخش زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

۴. تاج‌آبادی‌پور، ا. ۱۳۸۳. تأثیر کاربرد خاکی پتاسیم بر مقاومت نسبی سه رقم پسته به تنش آبی و شوری. رساله دکتری، بخش خاک-شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

۵. حکم‌آبادی، ح.، ک. ارزانی، ی. دهقانی شورکی و ب. پناهی. ۱۳۸۲. پاسخ پایه‌های درختان پسته بادامی زرند، سرخس و قزوینی

به زیادی بـُر و سدیم کلراید در آب آبیاری. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۷(۴): ۱۱-۲۴.

۶. خوشگفتارمنش، ا. ح. و ح. سیادت. ۱۳۸۱. تغذیه معدنی سـبزیجات و محـصولات بـاغی در شـرایط شـور. مرکـز نـشر آمـوزش کشاورزی، معاونت امور باغبانی وزارت کشاورزی.

۷. دفتر آمار و فنآوری اطلاعات. ۱۳۸۶. معاونت برنامه ریزی و اقتصادی وزارت جهاد کشاورزی، تهران.

۸. سالاردینی، ع. ا. و م. مجتهدی. ۱۳۷۲. اصول تغذیه گیاه. جلد اول، انتشارات دانشگاه تهران، ۹۹ صفحه.

۹. صالحی، ف. ۱۳۸۴. شناخت خاک و تغذیه درختان پسته رفسنجان. مؤسسه تحقیقات پـسته ایـران، سـازمان تحقیقـات و آمـوزش کشاورزی.

۱۰. مظفری، و. ۱۳۸۴. بررسی نقش پتاسیم، کلسیم و روی در کنترل عارضه سرخشکیدگی پسته. رساله دکتری، بخـش خـاک‌شناسـی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

۱۱. میرزاپور، م. ح.، ا. ح. خوشگفتار منش، خ. میرنیا، ح. بهرامی. و م. نایینی. ۱۳۸۲. اثرهای متقابل منیزیم و پتاسیم بر رشد و عملکرد آفتابگردان در یک خاک شور. مجله علوم خاک و آب ۱۷(۲):۱۳۲-۱۳۹

12. Abid, M., M. Haddad and A. Ferchichi. 2008. Effect of magnesium sulphate on the first stage of development of Lucerne. Option Mediterraneennes, Series A, 79: 405-408.
13. Afrousheh, M ., M. Ardalan, H. Hokmabadi and S. Hatami. 2007. Visual deficiency symptoms of nitrogen, iron, magnesium, manganese and molybdenum (macro- and micronutrients) on pistachio seedling. Mid. East and Russian J. Plant Sci. Biotechnol. 1: 61-65.
14. Antcliff, A. J., H. P. Newnam and H. C. Barrett. 1983. Variation in chloride accumulation in some American species of grapevines. Vitis 22: 357-362.
15. Bolt, G. H., M. F. De Boodt, M. H. B. Hayes, M. B. McBride and E. B. A. De Strooper. 1991. Interactions at the Soil Colloid-Soil Solution Interface. NATO Science Series E, 603 p.
16. Chartzoulakis, K., A. Patakas, G. Kofidis, A. A. Bosabalidis and A. Nastou. 2002. Water stress affects leaf anatomy, gas exchange, water relations and growth of two avocado cultivars. Hort. Sci. 95: 39-50.
17. Dhillon, N. S. and G. Dev. 1980. Studies on S nutrition of soybean (*Glycine max* L.) as influenced by S fertilization. J. Indian Soc. Soil Sci. 28: 361-365.
18. Dubey, R. S. 1997. Photosynthesis in plants under stressful conditions. PP. 859-875. *In*: M. Pessarakli (Ed.), Handbook of Photosynthesis, Marcel Dekker Publ., NewYork.
19. Ferguson, L., J. A. Poss, S. R. Grattan, C. 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(2): 194-199.
20. Ferguson, L., R. H. Beede, M. K. Freeman and C. Kallsen. 2005. Pistachio Production Manual. 4th Ed., UCCE Pistachio Production Short Course.
21. Grattan, S. R. and C. M. Grieve. 1992. Mineral element acquisition and growth response of plants grown in saline environment. Agric. Ecosys. Environ. 38: 275-300.
22. Hara, T., T. Tanaka, Y. Sonoda and I. Iwai. 1977. An interaction between magnesium and calcium in cabbage nutrition. Japan. Soc. Hort. Sci. 46(2): 189-192.
23. Hill, C. M., S. A. Pearson, A. J. Smith and L. J. Rogers. 1985. Inhibition of chlorophyll synthesis in *Hordeum vulgare* by 3-amino 2, 3-dihydrobenzoic acid (gabaculin). Biosci. Report 5: 775-781.
24. 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 and Appl. Sci. 3(3): 1630-1639.
25. Kene, H. K., S. T. Wankhade and B. N. Sagare. 1990. Influence of nutrition spray on yield and oil content of sunflower. Annals Plant Physiol. 4(2): 246-248.
26. Khoshgoftarmanesh, A. H. and M. R. Naeini. 2008. Salinity effect on concentration, uptake, and relative traslocation of mineral nutrients in four olive cultivars. Plant Nutr. 31: 1243-1256.
27. Madhok, O. P. and R. B. Walker. 1969. Magnesium nutrition of two species of sunflower. Plant Physiol. 44: 1016-1022.
28. Maftoun, M. and A. R. Sepaskhah. 1989. Relative salt tolerance of eight wheat cultivars. Agrochmica 33: 1-14.
29. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Ed., Academic Press, London.
30. Moameni, A. 2001. Land, water and resources of Iran. Regional Workshop on Land Resource Information System

in Near East, Cario, Egypt.
31. Mozafar, A., J. R. Goodin and J. J. Oertli. 1970. Na and K interactions in increasing the salt tolerance of Atriplex balimus L. I. Yield characteristics and osmotic potential. Agron. J. 62: 478-481.
32. Munns, R. 2005. Genes and salt tolerance: Bringing them together. New Phytol. 167: 645-663.
33. Neiman, R. H. 1962. Some effects of sodium chloride on growth, Photosynthesis and respiration of twelve crop plants. Bot. Gaz. 123: 279-285.
34. Parida, A. K. and A. B. Das. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plant: A review. Ecotoxicol. Environ. Safety 60: 324-349.
35. Parsa, A. A. and N. Karimian. 1975. Effect of sodium chloride on seedling of two varieties of Iranian pistachio. J. Hort. Sci. 50: 41-60.
36. Rani, B. and A. I. Jose. 2009. Studies on the dynamics of potassium and magnesium in okra (*Abelmoschus esculentus* Moench.). Proc. of the International Plant Nutrition Colloquium XVI, University of California, Davis.
37. Ranjbar, A. 2006. Using chlorophyll fluorescence to study photosynthetic activity in sweet almond (*prunus dulcis* Mill.) in response to salinity stress. Acta Hort. 726: 343-349.
38. 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. Plant Nutr. 30: 2037-2050.
39. Singh, A. K. and R. S. Dubey. 1995. Changes in chlorophyll a and b contents and activities of photosystem 1 and 2 in rice seedling induced by NaCl. Photosynthetica 31: 489-499.
40. Shim, I. S., Y. Momose, A. Yamamoto, D. W. Kim and K. Usui. 2003. Inhibition of catalase activity by oxidative stress and its relationship to salicylic acid accumulation in plants. Plant Growth Reg. 39: 137-141.
41. Stepein, P. and G. Klobus. 2006. Water relations and photosynthesis in *cucumis sativus* L. leaves under salt stress. Biol. Plantarum 50: 610-616.
42. Terry, N. and E. L. Kirkby. 1974. Effect of magnesium deficiency on photosynthesis and response of leaves of sugar beet. Plant Physiol. 54: 379-381.
43. Yildirim, E., M. Turan and I. Guvenc. 2008. Effect of foliar salicylic acid application on growth, chlorophyll and mineral content of cucumber grown under salt stress. Plant Nutr. 31: 593-612.
44. Walker, R. R., E. Torokflavy, A. M. Grieve and L. D. Prior. 1983. Water relations and ion concentration of leaves on salt stressed citrus plants. Aust. J. Plant Physiol.10: 267-277.
45. Zhu, J. K. 2003. Regulation of ion homeostasis under salt stress.Curr. Opinion in Plant Biol. 6: 441-445.