

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

فهیمة زادصالحی<sup>۱\*</sup>، وحید مظفری<sup>۲</sup>، احمد تاج آبادی پور<sup>۳</sup> و حسین حکم‌آبادی<sup>۳</sup>

(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- زرنند) 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 به ترتیب 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 هنگامی که 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، محیط‌شن‌کشت، مناطق خشک

### مقدمه

(*Pistacia vera* L.) به دلیل 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

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

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان

۲. استادیار گروه خاک‌شناسی دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان

۳. استادیار مؤسسه تحقیقات پسته کشور

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

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، به دلیل استفاده بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی، سطح و کیفیت این گونه آب‌ها به شدت 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. بذره‌های پسته (*Pistacia vera* L. Badami Zarand) (رقم بادامی زرنند) از مؤسسه تحقیقات پسته کشور تهیه و پس از جداسازی پوست سخت با سم پنتا کلرونیتروبنزن (PCNB) با غلظت ۵ گرم در

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. به طوری 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 به وسیله منیزیم (۱۰ کیلوگرم منیزیم در هکتار)، ممکن است به دلیل افزایش فعالیت فتوسنتز گیاه و یا افزایش جذب گوگرد

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

تیمارهای منیزیم (میلی مولار)				نام ترکیب
۰	۰/۵ (هوگلند کامل)	۱	۲	
-	۱	۱	۱	KNO <sub>3</sub>
۱	۱	۱	۱	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>
۱	۰/۵	۰/۵	۰/۵	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O
۰/۵	-	-	-	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
-	۰/۵	۱	۲	MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O
۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	NaCl

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

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. هنگامی که 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 به صورت 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 به وجود 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،

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های رشد تحت تأثیر تیمارهای سدیم و منیزیم

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

\*\* 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)

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

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

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 همان‌گونه که مشاهده شد، احتمالاً در اثر افزایش نشاسته در نبود منیزیم، وزن خشک برگ افزایش یافته است. به طوری که انباشتگی نشاسته در

میانگین‌ها (جدول ۳) نشان داد که با افزایش میزان سدیم (کلرید سدیم) 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)

معنی دار داد. اما با افزایش بیشتر منیزیم، تولید ماده خشک کاهش معنی داری یافت. افزایش تولید ماده خشک به وسیله منیزیم در پایین ترین سطح ممکن است به دلیل افزایش فعالیت فتوسنتزی (۴۲) و یا افزایش میزان گوگرد (آنیون همراه منیزیم) باشد. در پژوهشی دیگر، کاربرد بیش از حد سولفات (۱۰ و ۲۰ میلی گرم در لیتر)، تولید ماده خشک را به دلیل 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 نمی کند (۱۷). مدهوک و واکر (۲۷) تأثیر پنج سطح منیزیم (۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ میلی مولار) را بر روی دو گونه آفتابگردان مورد بررسی قرار داده و بیان نمودند که با افزایش منیزیم به بیش از ۲ میلی مولار، عملکرد کل به سرعت 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 زرنده 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) به دست 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.

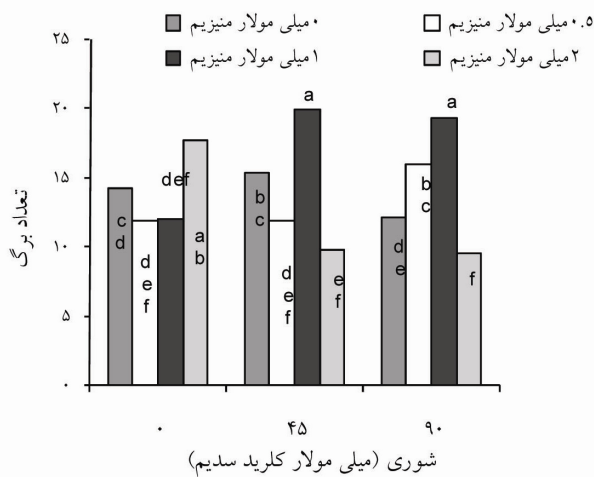
#### ب- تعداد برگ، ارتفاع ساقه و سطح برگ

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

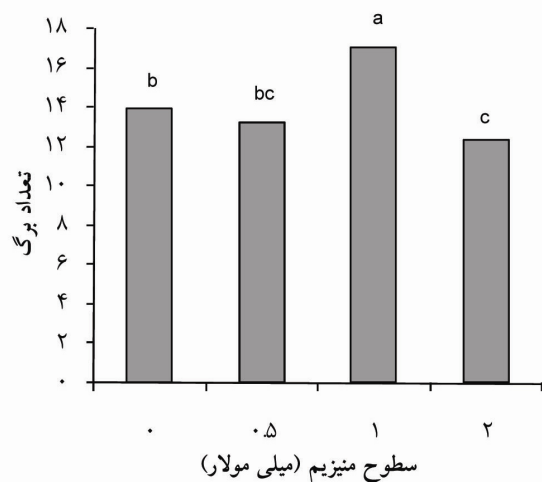
برگ‌هایی که تحت تأثیر تیمار صفر منیزیم قرار گرفته‌اند می‌تواند دلیل افزایش وزن خشک برگ باشد. آنت کلیف و همکاران (۱۴) مشاهده نمودند که انباشتگی نشاسته در برگ‌های درختان انگوری که تحت تأثیر تیمار صفر منیزیم قرار گرفته‌اند، می‌تواند دلیل افزایش وزن خشک برگ باشد. این محققین عنوان نمودند که میزان فتوسنتز کمتر باعث کاهش تجزیه نشاسته در کلروپلاست شده است و به علاوه 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 معنی دار داشت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن نشان داد که بیشترین وزن خشک ریشه در شرایط بیشترین میزان سدیم (۹۰ میلی مولار کلرید سدیم) و منیزیم (۲ میلی مولار) حاصل شده است. هم‌چنین در شرایط تیمار عدم مصرف سدیم، افزایش منیزیم به ۲ میلی مولار باعث کاهش معنی دار وزن خشک ریشه گردید، در حالی که در سطوح بالای سدیم، با افزایش منیزیم به ۲ میلی مولار، وزن خشک ریشه افزایش معنی داری حاصل کرد (جدول ۳). خوشگفتارمنش و نائینی (۲۶) در محیط شن کشت (مخلوط ۱ به ۱ شن و پرلیت) تأثیر چهار سطح شوری (صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی مولار کلرید سدیم) را روی گیاه زیتون مورد بررسی قرار داده و مشاهده کردند که شوری، وزن خشک برگ و ریشه را به‌طور معنی داری 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 میلی مولار، کاهش شدیدی در میزان وزن کل گیاه پسته به وجود می‌آید.

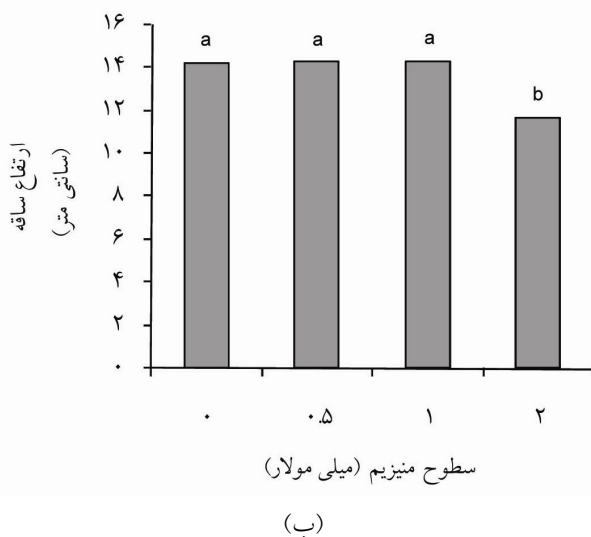
کاهش وزن تر و خشک ساقه و برگ با افزایش منیزیم توسط ابید و همکاران (۱۲) گزارش شده است. رانی و جوز (۳۶) در تحقیقی اثرات متقابل منیزیم و پتاسیم را بر گیاه بامیه مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که کاربرد ۱۰ کیلوگرم منیزیم در هکتار تولید ماده خشک (اندام هوایی + ریشه) را افزایش



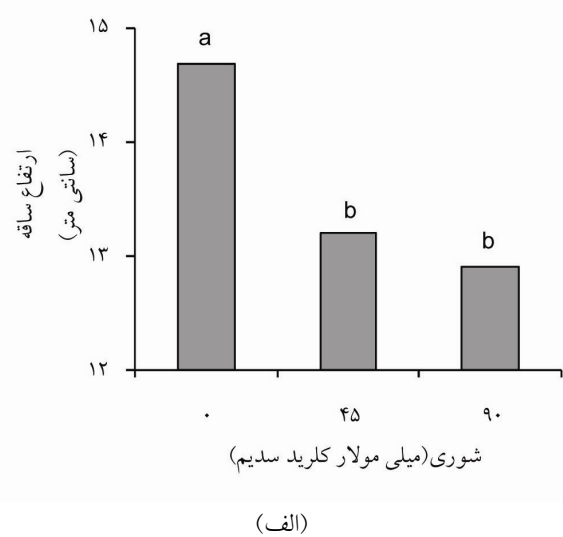
شکل ۲. تأثیر سطوح مختلف شوری و منیزیم بر تعداد برگ



شکل ۱. تأثیر سطوح مختلف منیزیم بر تعداد برگ



(ب)



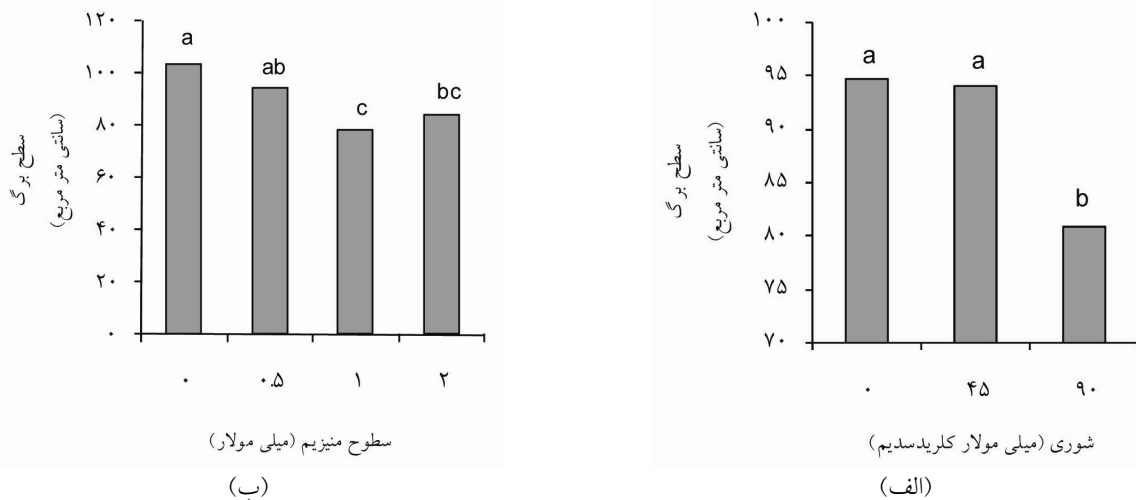
(الف)

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

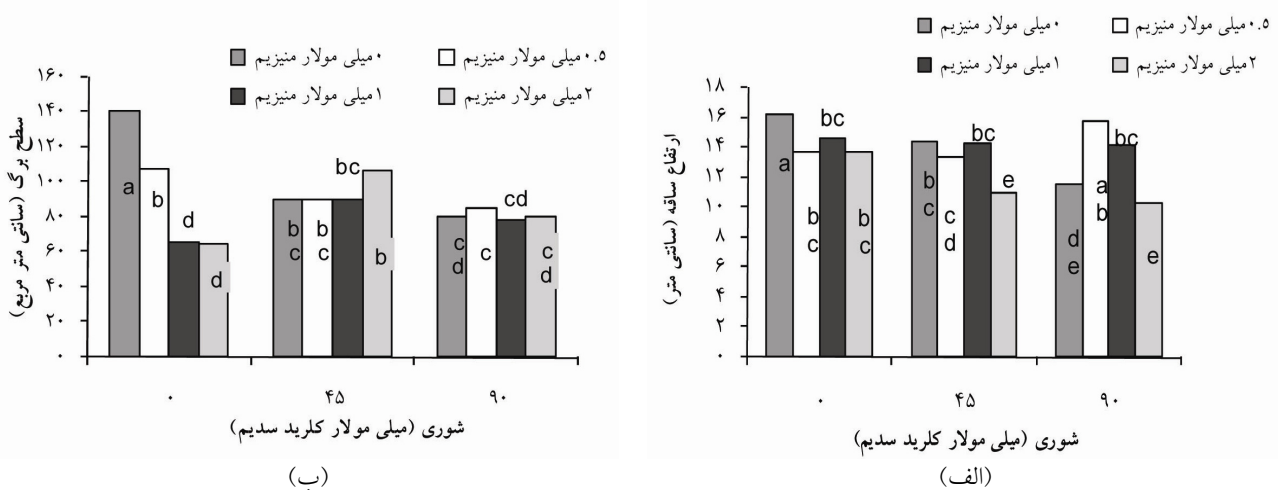
نظر ارتفاع ساقه مشاهده گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش سدیم، ارتفاع ساقه کاهش معنی‌داری حاصل کرد و هنگامی که سدیم به بالاترین سطح (۹۰ میلی مولار کلرید سدیم) رسید، ارتفاع ساقه حدود ۱۲٪ کاهش یافت شکل (۳-الف). با افزایش منیزیم به بالاترین سطح (تیمار ۲ میلی مولار منیزیم) نیز ارتفاع 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

نشد (شکل ۱). برهم‌کنش بین سدیم و منیزیم نشان داد که در شرایط غیرشور، با افزایش ۲ میلی مولار 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 میلی مولار، 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



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



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

منیزیم بر سطح برگ نیز نشان داد که در تیمار صفر سدیم، با افزایش منیزیم، سطح برگ به طور معنی داری کاهش یافت. به گونه ای که، در سطح ۲ میلی مولار منیزیم نسبت به شرایطی که هیچ منیزی می 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 معنی داری 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 می تواند مربوط به

برگ مشاهده گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین ها نشان داد که با افزایش کلرید سدیم به ۹۰ میلی مولار شاخص سطح برگ بیش از ۱۴٪ نسبت به شاهد کاهش یافت (شکل ۴-الف). هم چنین هنگامی که ۱ و ۲ میلی مولار منیزیم به کار برده شد، میانگین سطح برگ به ترتیب ۲۵ و ۱۹ درصد نسبت به سطح صفر منیزیم کاهش معنی دار نشان داد (شکل ۴-ب). بررسی اثر متقابل بین سدیم و منیزیم نیز نشان داد که بیشترین و کمترین ارتفاع ساقه به ترتیب با میانگین ۱۶/۸۱ و ۱۰/۳۱ سانتی متر در تیمارهای فاقد سدیم و منیزیم و حداکثر سطح سدیم و منیزیم مشاهده گردید (شکل ۵-الف). هم چنین برهم کنش سدیم و

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

میانگین مربعات				
منبع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل
سدیم	۲	۰/۸**	۵/۶۳۸ <sup>NS</sup>	۵/۱۷۱ <sup>NS</sup>
منیزیم	۳	۲/۰۷۲**	۳/۷۳۴ <sup>NS</sup>	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

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، کاربرد ۹۰ 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 (هولگند کامل) کاهش یافت. برهم‌کنش بین سطوح مختلف سدیم و منیزیم، کلروفیل a، b و کل را تحت تأثیر معنی‌دار قرار داد (جدول ۴). همان‌طور 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

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 و ۱۰) 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



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

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

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

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 و غلظت 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 کلروفیل‌لاز می‌باشد که

میلی‌مولار منیزیم کاهش یافت. در حضور سدیم، روند کاهش غلظت کلروفیل a سریعتر شد، به گونه‌ای که 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 به دست 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

با افزایش سطوح منیزیم به ۲ میلی‌مولار، میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل به شدت 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 بیوستتز کلروفیل روی ماده دلتا آمینولولونیک اسید که پیش ماده‌ای برای سنتز کلروفیل است تأثیر داشته و در نتیجه مقدار کلروفیل کاهش می‌یابد (۲ و ۳). هم‌چنین عنصر آهن به دلیل اثر رقابت آمیزی که با عناصر دیگر از جمله منیزیم دارد و یا در صورت تغییر pH در گیاه، کاهش می‌یابد (۸). ایسد 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 زرنند مورد تأیید قرار گرفت. هم‌چنین تأثیر منفی سطوح بالای منیزیم بر غلظت کلروفیل a و b و کل محرز گردید.

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 کارایی فتوسنتز می‌گردد و گیاهانی که در شرایط تنش میزان کلروفیل خود را حفظ کنند بالطبع کارایی فتوسنتزی بالاتری دارند (۱۸). بیلدریم 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.

### 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 زرنند با توجه به روابط متقابل موقعیت بین منیزیم و مایکوریزی در گیاه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. بخش زیست‌شناسی، 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 زیست‌شناسی، 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 خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.
۵. حکم‌آبادی، ح.، ک. ارزانی، ی. دهقانی شورکی و ب. پناهی. ۱۳۸۲. پاسخ پایه‌های درختان پسته بادامی زرنند، سرخس و قزوینی

- به زیادی بُر 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 سبزیجات و محصولات باغی در شرایط شور. مرکز نشر آموزش کشاورزی، معاونت امور باغبانی وزارت کشاورزی.
۷. دفتر آمار و فناوری 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 پسته ایران، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی.
۱۰. مظفری، و. ۱۳۸۴. بررسی نقش پتاسیم، کلسیم و روی در کنترل عارضه سرخشکیدگی پسته. رساله دکتری، بخش خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
۱۱. میرزاپور، م. ح.، ا. ح. خوشگفتارمنش، 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. Pessaraki (Ed.), Handbook of Photosynthesis, Marcel Dekker Publ., New York.
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. 4<sup>th</sup> 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. Khoshgofarmanesh, A. H. and M. R. Naeni. 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. 2<sup>nd</sup> 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.