

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 حکم آبادی^۲

(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-زند) در محیط پرلیت به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی و با چهار تکرار انجام شد. تیمارها شامل سه سطح سدیم (صفرا، ۴۵ و ۹۰ میلی‌مولا رکلرید سدیم) و چهار سطح منیزیم (صفرا، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولا منیزیم از منع سولفات منیزیم) بودند. از محلول غذایی هوگلنند 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 میلی‌مولا (هوگلنند کامل)، وزن خشک برگ و ریشه کاهش معنی‌داری یافت. هنگامی که غلظت منیزیم به ۲ میلی‌مولا رسید کاهش وزن خشک برگ شدیدتر شد. اما وزن خشک ریشه را تحت تأثیر معنی‌داری قرار نداد. کاربرد ۲ میلی‌مولا 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 میلی‌مولا 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

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. استادیاران گروه خاک‌شناسی دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان

۳. استادیار مؤسسه تحقیقات پسته کشور

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: fahimehzalehi@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 برهمنوردن 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، ۱، ۵ و ۲ میلی‌مولار منیزیم از منبع سولفات منیزیم) بود. بدزهای پسته (*Pistacia vera* L. Badami Zarand) (رقم بادامی زرند) از مؤسسه تحقیقات پسته کشور تهیه و پس از جداسازی پوست سخت با سم پتا 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 پرصرف 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 فتوستتر 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
۲	۱	۰/۵ (هوگلند کامل)	۰
۱	۱	۱	- <chem>KNO3</chem>
۱	۱	۱	۱ <chem>NH4H2PO4</chem>
۰/۵	۰/۵	۰/۵	۱ <chem>Ca(NO3)2·4H2O</chem>
-	-	-	۰/۵ <chem>K2SO4</chem>
۲	۱	۰/۵	- <chem>MgSO4·7H2O</chem>
۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱ <chem>NaCl</chem>

کلروفیل a و کلروفیل کل به روش هیل و همکاران (۲۳) با استفاده از اسپکتروفوتومتر و در طول موج های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر اندازه گیری شد. در انتهای دوره آزمایش (هفته بیست و ششم پس از کشت) ارتفاع و تعداد برگ نهال ها اندازه گیری شد. سپس CI-202 Leaf Area Meter مدل سطح برگ با دستگاه

اندازه گیری شد. در نهایت، نهال ها به آرامی از گلدان ها خارج و پس از قطع قسمت هوایی از محل طوقه، اندام های 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 اندازه گیری وزن خشک، نمونه ها را در آون به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۶۵ درجه سلسیوس قرار داده و سپس توزین گردیدند (۱).

لیتر بر علیه قارچ، ضد عفونی و برای جوانه زدن به مدت ۲ تا ۴ روز میان پارچه های متقابلاً مرطوب در دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند.

مقدار یک کیلو گرم پرلیت در گلدان های پلاستیکی ریخته و ۴ بذر جوانه زده، در عمق ۲ سانتی متری در تاریخ ۱۳۸۷/۲/۱ کشت گردید. هنگامی که نهال های 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 کم مصرف (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 گلدان ها اضافه گردید. آبیاری گلدان ها 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 می تواند برای گیاه مشکلاتی به وجود آورد، هر ۳ هفته یکبار تمام گلدان ها 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 نمونه گیری از برگ های سوم و چهارم، میزان کلروفیل a،

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. همان طور که مشاهده می شود، وزن خشک برگ تحت تأثیر معنی دار سدیم قرار گرفت، ولی وزن خشک ساقه و ریشه متأثر از سطوح سدیم نشد. همچنین سطوح مختلف منیزیم و برهم کنش سدیم و منیزیم، وزن خشک برگ و ریشه را در سطح ۰/۵ آزمون دانکن تحت تأثیر معنی دار قرار داد (جدول ۲). مقایسه وزن

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

میانگین مریعات								منابع تغییرات
سطح برگ (cm ²)	ارتفاع گیاه (cm)	تعداد برگ	وزن خشک ریشه (gr)	وزن خشک ساقه (gr)	وزن خشک برگ (gr)	درجه آزادی		
۷۷۲/۲۲۴*	۱۴/۶۲۶*	۰/۳۳۳ ^{ns}	۰/۲۵۱ ^{ns}	۰/۰۷۵ ^{ns}	۰/۴۴۹*	۲	سدیم	
۲۱۴/۲۷۷*	۲۰/۸۲۵*	۵۰/۱۰۲*	۱/۳۳۶*	۰/۰۴۷ ^{ns}	۰/۲۲۸*	۳	منیزیم	
۸۶۴/۳۳۲*	۱۰/۸۶۲*	۶۵/۹۹۳*	۱/۴۸۲*	۰/۳۲۲ ^{ns}	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 معنی دار در سطوح ۱٪ و ۵٪ و ns غیر معنی دار 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 (میلی‌مولا)					کلرید سدیم (میلی‌مولا)
	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 bed	۴۵	
۲/۰۷ A	۳/۱۶ a	۱/۶۵ def	۱/۵۱ ef	۱/۹۷ cde	۹۰	
	۲/۲۷ A	۱/۵B	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٪ معنی دار نیستند.

وزن خشک ریشه نسبت به سطح صفر منیزیم تغییر معنی داری نشان نداد. منیزیم در ساختن RNA و در نتیجه پروتئین نقش مهمی دارد و در نتیجه در کمبود این عنصر پروتئین‌سازی متوقف شد، 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 میلی‌مولا، وزن خشک برگ از ۱/۰۳۶ به ۰/۷۳۴ گرم در گلدان کاهش یافت (جدول ۳). هم‌چنین تأثیر منیزیم بر خشک برگ کاهش معنی دار یافت. تأثیر منیزیم بر وزن خشک ریشه نیز نشان داد که با افزایش منیزیم به ۰/۵ و ۱ میلی‌مولا، وزن خشک ریشه به ترتیب ۲۷ و ۲۰ درصد کاهش یافت (جدول ۳). ولی با افزایش بیشتر منیزیم (۲ میلی‌مولا)

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 فتوسترنزی (۴۲) و یا افزایش میزان گوگرد (آئیون همراه منیریم) باشد. در پژوهشی دیگر، کاربرد بیش از حد سولفات‌ها (۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر)، تولید ماده خشک را به دلیل وجود سطوح بالای گوگرد (آئیون 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 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 زرند مورد مطالعه قرار داده و بیان نمود که افزایش منیزیم به ۳/۲۲ و ۶/۴۴ گرم بر لیتر، وزن خشک اندام‌هایی 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.

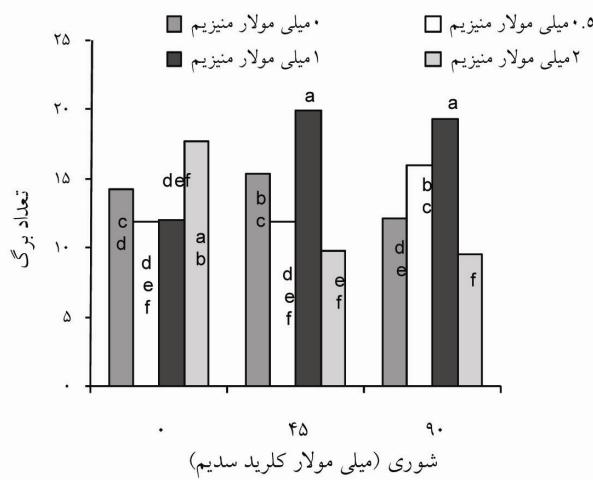
ب- تعداد برگ، ارتفاع ساقه و سطح برگ

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 میلی‌مولار و ۲ میلی‌مولار منیزیم مشاهده شد و بین سطوح صفر و ۰/۵ میلی‌مولار تفاوت معنی داری دیده شد.

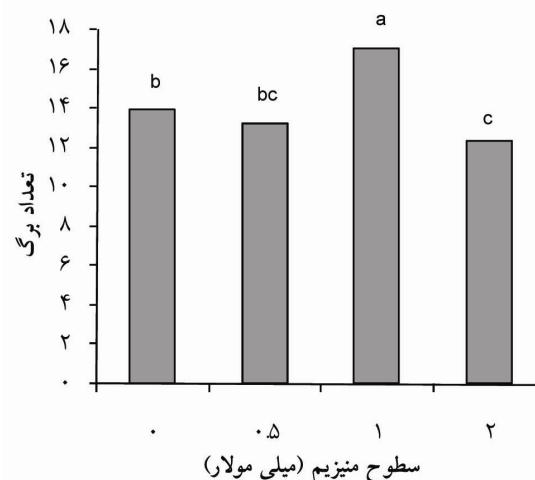
برگ‌هایی که تحت تأثیر تیمار صفر منیزیم قرار گرفته‌اند می‌تواند دلیل افزایش وزن خشک برگ باشد. آنت‌کلیف و همکاران (۱۴) مشاهده نمودند که ابانتگی نشاسته در برگ‌های درختان انگوری که تحت تأثیر تیمار صفر منیزیم قرار گرفته‌اند، می‌تواند دلیل افزایش وزن خشک برگ باشد. این محققین عنوان نمودند که میزان فتوسترنزی کمتر باعث کاهش تجزیه نشاسته در کلروپلاست شده است و به علاوه جابجایی قند در درون سلول‌ها و ورود ساکاراز 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 میلی‌مولار کلرید سدیم) و منیزیم (۲ میلی‌مولار) حاصل شده است. همچنین در شرایط تیمار عدم مصرف سدیم، افزایش منیزیم به ۲ میلی‌مولار باعث کاهش معنی دار وزن خشک ریشه گردید، در حالی که در سطوح بالای سدیم، با افزایش منیزیم به ۲ میلی‌مولار، وزن خشک ریشه افزایش معنی داری حاصل کرد (جدول ۳). خوشگفتارمنش و ناثینی (۲۶) در محیط شن کشت (مخلوط اب و شن و پرلیت) تأثیر چهار سطح شوری (صفرا، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) را روی گیاه زیتون مورد بررسی قرار داده و مشاهده کردند که شوری، وزن خشک برگ و ریشه را به طور 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 میلی‌مولار، کاهش شدیدی در میزان وزن کل گیاه پسته به وجود می‌آید.

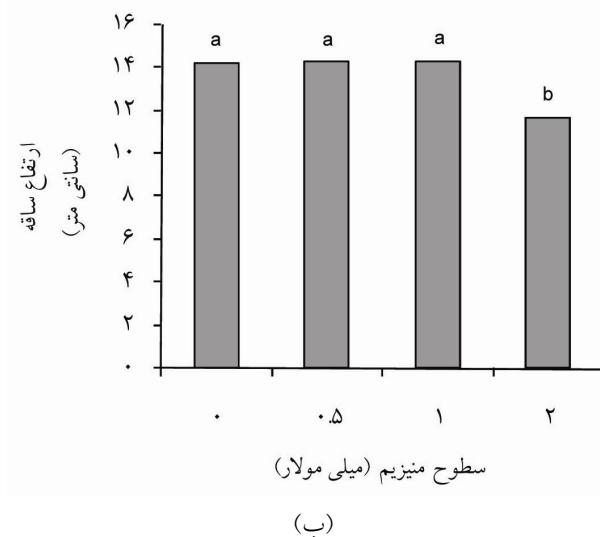
کاهش وزن تر و خشک ساقه و برگ با افزایش منیزیم توسط ایید و همکاران (۱۲) گزارش شده است. رانی و جوز (۳۶) در تحقیقی اثرات متقابل منیزیم و پتاسیم را بر گیاه بامیه مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که کاربرد ۱۰ کیلوگرم منیزیم در هکتار تولید ماده خشک (اندام هواپی + ریشه) را افزایش



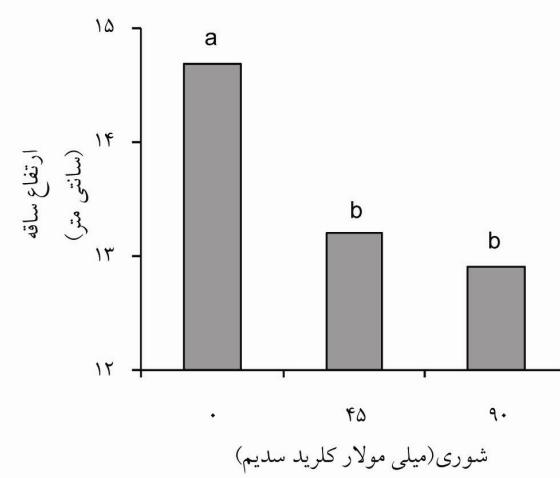
شکل ۲. تأثیر سطوح مختلف شوری و منیزیم بر تعداد برگ



شکل ۱. تأثیر سطوح مختلف منیزیم بر تعداد برگ



(ب)



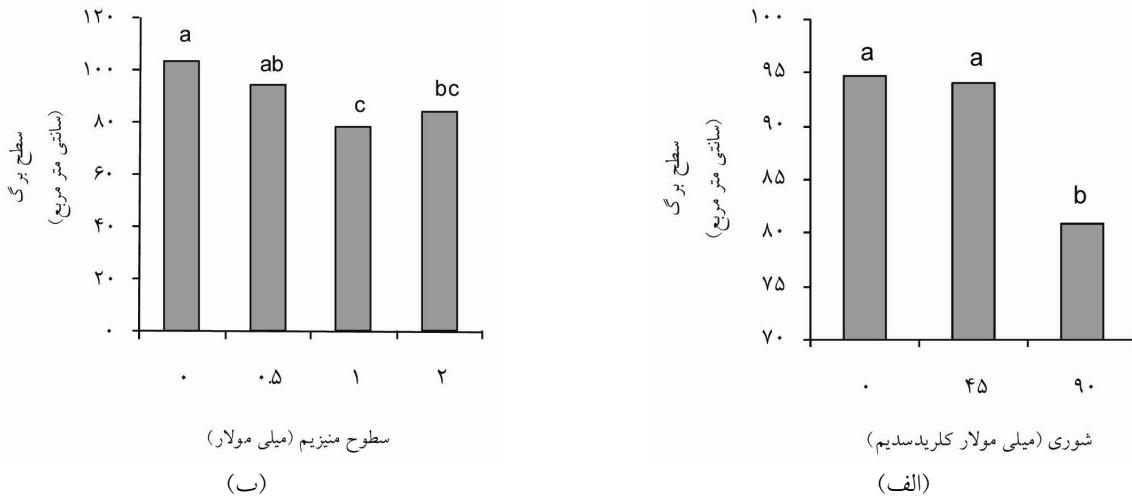
(الف)

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

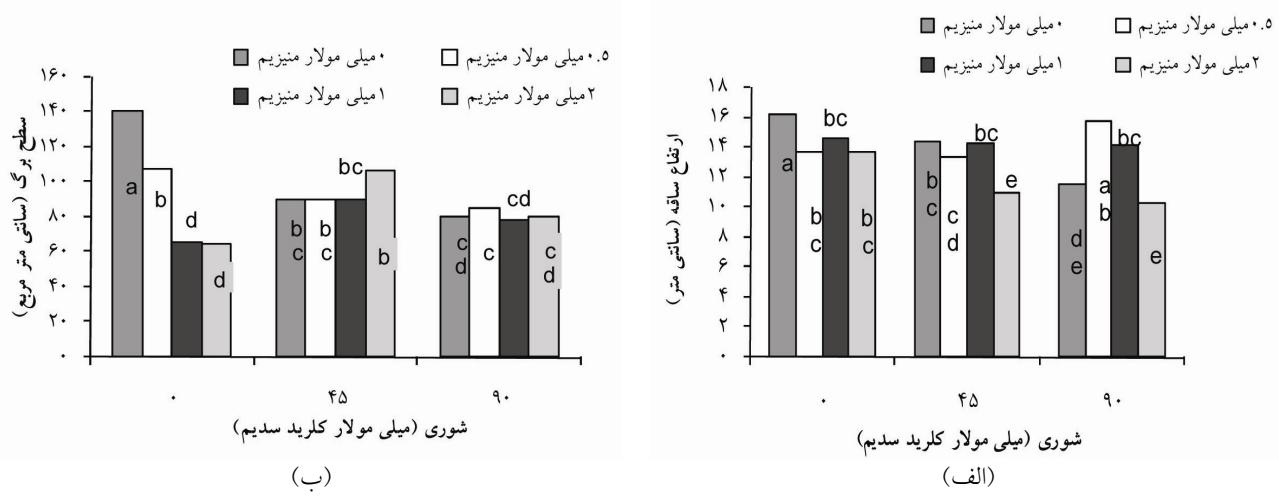
نظر ارتفاع ساقه مشاهده گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش سدیم، ارتفاع ساقه کاهش معنی‌داری حاصل کرد و هنگامی که سدیم به بالاترین سطح (۹۰ میلی مولار کلرید سدیم) رسید، ارتفاع ساقه حدود ۱۲٪ کاهش یافت شکل ۳-الف). با افزایش منیزیم به بالاترین سطح (تیمار ۲ میلی مولار منیزیم) نیز ارتفاع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

منبع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	میانگین مریعات
سدیم	۲	۰/۸**	۵/۶۳۸ ^{ns}	۵/۱۷۱ ^{ns}	
منیزیم	۳	۲/۰۷۲**	۳/۷۳۴ ^{ns}	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	

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

منیزیم بر محتویات کلروفیل برگ (جدول ۴) نشان داد که سطوح مختلف سدیم، غلظت کلروفیل a را تحت تأثیر معنی دار قرار داد، ولی بر غلظت کلروفیل b و کلروفیل کل تأثیری نداشت. مقایسه میانگین ها (جدول ۵) نشان داد که غلظت کلروفیل a از ۲/۳۵۶ در سطح صفر سدیم به ۱/۸۴۰ میلی گرم در گرم وزن تر در سدیم ۹۰ میلی مولار کلرید سدیم رسید. به عبارت دیگر، کاربرد ۹۰ میلی مولار کلرید سدیم، میزان کلروفیل a را ۲۲٪ کاهش داد (جدول ۵). همچنین، نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سطوح مختلف منیزیم تأثیر معنی داری بر مقدار کلروفیل a و کلروفیل کل داشت. مقایسه میانگین ها (جدول ۵) نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل a در سطح ۰/۵ میلی مولار به دست آمد و کاربرد ۱ و ۲ میلی مولار منیزیم، میزان کلروفیل a را نسبت به سطح ۰/۵ میلی مولار منیزیم به ترتیب ۱۳/۲ و ۴۲ درصد کاهش داد. کلروفیل کل، تحت تأثیر معنی دار فقدان و یا افزایش منیزیم تا سطح ۱ میلی مولار قرار نگرفت، ولیکن هنگامی که ۲ میلی مولار منیزیم مورد استفاده قرار گرفت، غلظت کلروفیل کل ۴۱٪ نسبت به سطح ۰/۵ میلی مولار (هو گلند کامل) کاهش یافت. برهم کنش بین سطوح مختلف سدیم و منیزیم، کلروفیل a، b و کل را تحت تأثیر معنی دار قرار داد (جدول ۴). همان طور که در جدول ۵ مشاهده می شود، در تیمار عدم مصرف سدیم، بیشترین غلظت کلروفیل a در تیمار ۰/۵ میلی مولار منیزیم مشاهده گردید. با افزایش بیشتر منیزیم (۲ میلی مولار)، 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 فتوستنت (۱۰)، سنتز اسید نوکلئیک و پروتئین (۳۳) و نیز فعالیت آنزیمی (۴ و ۱۰) باشد. یون‌های اصلی ایجادکننده شوری می توانند 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 می کند. مانس (۳۲) بیان کرده که شوری، رشد برگ را بیشتر از ریشه تحت تأثیر قرار می دهد و علت این امر را بیشتر به دلیل 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 می گردد. نتایج مشابهی توسط هارا و همکاران (۲۲) در مورد گیاه کلم به دست آمده است. بهرامپور (۲) گزارش کرده که با افزایش سطح منیزیم، طول اندام هوایی، مجموع طول ریشه و وزن خشک پسته کاهش یافت. به نظر می رسد که بیش بود منیزیم، در جذب عناصر ضروری گیاه اختلال ایجاد نموده و سبب ایجاد تنش در گیاه می شود.

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

سطح منیزیم (میلی مولار)					کلرید سدیم (میلی مولار)
	۲	۱	۰/۵	۰	میانگین
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	۳/۴۷۴ab	۳/۷۴۷ab	۳/۹۷۰a	۱/۸۹۹abc	۰
۲/۱۲۲ 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

میانگین هایی که در یک حرف کوچک یا بزرگ مشترکند طبق آزمون دانکن از لحاظ آماری در سطح ۵٪ معنی دار نیستند.

و یا افزایش معنی داری نشان داد (جدول ۵). اما در سطح ۴۵ میلی مولار کلرید سدیم، غلظت کلروفیل کل با افزایش منیزیم به ۲ میلی مولار، کاهش معنی داری نشان داد. همین روند در سطح ۹۰ میلی مولار 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 میلی مولار، غلظت کلروفیل b و کل تحت تأثیر معنی دار 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 کلروفیلаз می باشد که

میلی مولار منیزیم کاهش یافت. در حضور سدیم، روند کاهش غلظت کلروفیل a سریعتر شد، به گونه ای که در سطح ۴۵ میلی مولار کلرید سدیم، این کاهش به ۷۵٪ رسید.

برهم کش سدیم و منیزیم بر مقدار کلروفیل b در جدول ۵ نشان داده شده است. در تیمار عدم مصرف سدیم، بر عکس کلروفیل a، با افزایش غلظت منیزیم به ۲ میلی مولار، تأثیر معنی داری در افزایش و یا کاهش کلروفیل b مشاهده نشد. ولیکن در ۴۵ میلی مولار کلرید سدیم، با افزایش ۲ میلی مولار 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 میلی مولار منیزیم افزایش یافت و با بالا رفتن سطح منیزیم به ۲ میلی مولار، 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 بیوستر کلروفیل روی ماده دلتا آمینولولنیک 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 غلاظت کلروفیل a و b و کل محرز گردید.

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

رنجبر (۳۷) اثر چهار سطح شوری (۳، ۴، ۷ و ۱۰ دسی‌زیمس) را بر بادام مورد بررسی قرار داد و مشاهده نمود که با افزایش شوری، غلاظت 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 غلاظت کلروفیل a و b و کلروفیل b_a 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 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 میکوریزی 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 پتانسیم بر مقاومت نسبی سه رقم پسته به تنفس 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 زرند، سرخس و قزوینی

۶. خوشگفتارمنش، ا. ح. و ح. سیادت. ۱۳۸۱. تغذیه معدنی سبزیجات و محصولات باگی در شرایط شور. مرکز نشر آموزش کشاورزی، معاونت امور باگبانی وزارت کشاورزی.
۷. دفتر آمار و فناوری اطلاعات. ۱۳۸۶. معاونت برنامه ریزی و اقتصادی وزارت جهاد کشاورزی، تهران.
۸. سالاردینی، ع. ا. و م. مجتبهدی. ۱۳۷۲. اصول تغذیه گیاه. جلد اول، انتشارات دانشگاه تهران، ۹۹ صفحه.
۹. صالحی، ف. ۱۳۸۴. شناخت خاک و تغذیه درختان پسته رفستان. مؤسسه تحقیقات پسته ایران، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی.
۱۰. مظفری، و. ۱۳۸۴. بررسی نقش پتاسیم، کلسیم و روی در کترل عارضه سرخشکیدگی پسته. رساله دکتری، بخش خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
۱۱. میرزاپور، م. ح.، ا. ح. خوشگفتار منش، خ. میرنیا، ح. بهرامی. و م. نایینی. ۱۳۸۲. اثرهای متقابل منزیم 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. Ardalani, 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. Khoshgoftarmash, 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.