

بررسی میزان مقاومت پایه‌های پسته به بیکربنات سدیم

محبوبه رجبی^۱ - حمیدرضا روستا^{۲*} - حمیدرضا کریمی^۳ - حسین حکم‌آبادی^۴

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۲/۲۲

تاریخ پذیرش: ۹۱/۳/۲

چکیده

با توجه به شرایط خاک مناطق پسته‌خیز ایران شناخت پایه و ارقامی که مقاومت زیادی به پهاش بالای خاک داشته باشند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به منظور بررسی اثر بی‌کربنات سدیم بر پایه‌های پسته آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور بی‌کربنات سدیم در ۳ سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار) و پایه‌های پسته در ۴ سطح (آتالانتیکا، بادامی ریز زرد، سرخس و قزوینی) در سیستم کشت هیدروپونیک صورت گرفت. بی‌کربنات باعث کاهش رشد رویشی پایه‌ها شد. بطوریکه بیشترین درصد کاهش وزن تر کل گیاه در پایه آتالانتیکا (۳۹/۷۰ درصد) و سرخس (۵۱/۹۲ درصد) و در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار مشاهده شد و کمترین درصد کاهش در پایه قزوینی (۳۱/۵۴ درصد) مشاهده شد. تیمارهای بی‌کربنات سدیم با غلظت ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار نسبت به شاهد (۰ میلی‌مولار) باعث کاهش محتوای آب نسبی برگ، افزایش پرولین و کاهش غلظت مس و منگنز در اندام هوایی و ریشه گیاه شد. همچنین بیشترین کاهش در غلظت عناصر منگنز و مس در پایه آتالانتیکا و کمترین کاهش در پایه قزوینی مشاهده شد. نتایج این پژوهش نشان داد که به ترتیب پایه‌های قزوینی پایه مقاوم، پایه سرخس و بادامی پایه‌های نسبتاً مقاوم و آتالانتیکا پایه حساس به بی‌کربنات سدیم هستند.

واژه‌های کلیدی: آبکشت، بی‌کربنات سدیم، خشکبار، عناصر غذایی

مقدمه

داده و باعث افزایش پهاش تا سطوح نامطلوب می‌شود (۱۸). با توجه به اینکه اغلب باغهای پسته در خاک‌های آهکی قرار گرفته و دارای پهاش بالایی هستند مشکل عمده و اساسی آن‌ها کاهش جذب عناصر غذایی می‌باشد و درختان گاهی علائم کمبود عناصر غذایی از جمله آهن، منگنز، مس و بر را از خود نشان می‌دهند و با اینکه در بسیاری از باغهای پسته این عناصر به اندازه کافی در خاک وجود دارند ولی عملاً پهاش بالای ۷/۵ باعث بروز کمبود این عناصر در گیاه و در نتیجه کاهش رشد می‌شود (۳). اگرچه هیچ گزارشی در مورد اثر بی‌کربنات بر پایه‌های مختلف پسته موجود نیست، ولی در پژوهشی که توسط دی‌لاگواردیا و آلکانتارا (۲۳) صورت گرفت، بی‌کربنات سبب کاهش غلظت پتاسیم، مس و منگنز در شاخه زیتون شد (۲۳). همچنین، پهاش بالا تحت افزایش غلظت یون بی‌کربنات سبب کاهش قابلیت حل عناصر روی، مس و منگنز در گیاه انگور گردید (۱۵). آلکانتارا و همکاران (۱۰) ضمن ارزیابی ۸ پایه مختلف زیتون به بی‌کربنات گزارش دادند که در بین پایه‌های مختلف تفاوت‌های آشکاری به لحاظ وزن تر و خشک اندام هوایی وجود دارد به طوری که کاهش در وزن تر و خشک در پایه‌های حساس بیشتر از پایه‌های مقاوم بود. در پژوهشی دیگر گزارش شده است که رشد ساقه پکان به طور قابل توجهی تحت تأثیر بی‌کربنات سدیم قرار می‌گیرد به طوری که غلظت بالای بی‌کربنات سدیم (۵ میلی‌مولار) باعث کاهش

پسته یکی از محصولات مهم باغبانی در ایران می‌باشد (۴). قلیائیت آب مصرفی برای آبیاری محصولات از جمله پسته یک نگرانی عمده‌ای ایجاد کرده، زیرا تأثیر زیان‌آوری بر روی تغذیه و رشد گیاهان دارد. اضافه کردن اسید به آب، مدیریت آب‌ها با تغییر میزان آبیاری و قلیائیت، استفاده از گونه‌های مقاوم یا ارقام مناسب و غیره بعضی از روشهای وابسته به باغبانی و رشد گیاه هستند که می‌توان برای کاهش قلیائیت استفاده کرد (۱۲). پهاش خاک تعیین‌کننده شکل غالب کربنات در خاک است، به گونه‌ای که چهار شکل کربنات وجود دارد: ۱- دی‌اکسید کربن (CO_2)، ۲- اسید کربنیک (H_2CO_3)، ۳- بی‌کربنات (HCO_3^-)، ۴- کربنات (CO_3^{2-}). عوامل اصلی که باعث قلیائیت می‌شوند بیشتر کربناتها (CO_3^{2-}) و بی‌کربناتها (HCO_3^-) هستند (۳۹). این دو آنیون سیستم بافری اصلی برای کنترل پهاش آب آبیاری و محلول محیط کشت هستند (۳۳). حتی در شرایط پهاش نرمال در محیط کشت، یون بی‌کربنات با پروتون (H^+) واکنش

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیاران گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولیعصر (عج) رفسنجان
* - نویسنده مسئول: (Email: roosta_h@yahoo.com)
۴- استادیار بخش باغبانی، موسسه تحقیقات پسته رفسنجان

محل اصلی می‌باشد (۲).

با توجه به پهاش بالا در بیشتر خاکهای مناطق پسته‌کاری و کاهش شدید رشد گیاه به دلیل قابل دسترس نبودن عناصر غذایی و همچنین با توجه به میزان زیاد یونهای کربنات در خاک که منجر به تشدید قلیائیت خاک می‌شود، پژوهش حاضر به منظور بررسی تأثیر بی‌کربنات سدیم بر برخی از شاخص‌های اکوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی تعدادی از پایه‌های پسته صورت پذیرفت. دلیل انتخاب عناصر منگنز و مس در این آزمایش این بود که در بین ریزمغذی‌های حساس به پهاش بالا، بررسی اثر قلیائیت بر غلظت این عناصر در بافت‌های گیاه نسبتاً کمتر از آهن و روی انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش بصورت آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور پایه پسته در چهار سطح (آتالانتیکا، بادامی ریز زرد، سرخس و قزوینی) و بی‌کربنات سدیم در سه سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰ میلی‌مولار) و در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در سال ۱۳۸۸ در گلخانه هیدروپونیک دانشکده کشاورزی دانشگاه ولیعصر رفسنجان انجام پذیرفت. گیاهان در گلخانه‌ای با ۱۳ ساعت نور طبیعی (۲۱ °C) و ۸ ساعت تاریکی (۱۸ °C) و رطوبت نسبی ۷۰ درصد رشد کردند.

بذور بعد از ضد عفونی شدن و جوانه زنی در داخل پارچه مرطوب در تاریخ ۱۸ آبان ۱۳۸۸ به گلدان‌های یونولیتی حاوی پرلایت و کوکوپیت با نسبت حجمی مساوی منتقل شدند و تا ۲۷ اسفند ۱۳۸۸ در این بستر رشد کردند. سپس محلول‌دهی توسط محلول غذایی حاوی عناصر ماکرو و میکرو شامل: فسفات پتاسیم (۰/۲ میلی‌مولار)، سولفات پتاسیم (۰/۲ میلی‌مولار)، سولفات منیزیم (۰/۱ میلی‌مولار)، کلرید سدیم (۰/۱ میلی‌مولار)، سولفات آمونیوم (۵ میلی‌مولار)، نیترات کلسیم (۵ میلی‌مولار)، کلات آهن به صورت Fe-EDDHA (۱۷/۴۳ میلی‌مولار)، سولفات منگنز (۷ میکرومولار)، کلرید روی (۰/۷ میکرومولار)، سولفات مس (۰/۸ میکرومولار)، اسید بوریک (۲ میکرومولار) و آمونیوم مولیبدات (۰/۸ میکرومولار) انجام گرفت. بعد از یک ماه رشد، غلظت عناصر ریز مغذی را ثابت نگه داشته و برای عناصر پر مصرف از محلول غذایی نصف هوگلدن استفاده شد که شامل نیتروژن (۷/۵ میلی‌مولار)، پتاسیم (۳ میلی‌مولار)، فسفر (۰/۵ میلی‌مولار)، منیزیم (۱ میلی‌مولار)، کلسیم (۲/۵ میلی‌مولار)، گوگرد (۱ میلی‌مولار) بود (۴۱). در طول رشد گیاهان، محلول‌دهی به صورت یک روز در میان و به مقدار ۲۰۰ میلی‌لیتر در هر گلدان انجام شد. دانه‌ها پس از سه ماه رشد به مدت ۴۰ روز تحت تأثیر تیمار بی‌کربنات سدیم در سه سطح صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار و به ترتیب با سه پهاش ۷/۲۸ (کنترل)، ۸/۳۵ و ۸/۸ به صورت یک روز در میان و به مقدار ۱۵۰ میلی‌لیتر در هر گلدان قرار گرفتند. سپس

ارتفاع ساقه، تعداد و سطح برگ‌ها و قطر ساقه می‌گردد (۱۲). شی و همکاران (۴۴) گزارش دادند که رشد شاخه در هلو تحت تأثیر بی‌کربنات کاهش یافت اما رشد ریشه کمتر تحت تأثیر قرار گرفت. در زیتون و هلو با افزایش غلظت بی‌کربنات و کاهش در سطوح آهن، نسبت ریشه به وزن کل گیاه افزایش یافت که با افزایش فعالیت فسفو انول پیرووات کربوکسیلاز در ریشه همراه بود.

انتخاب پایه عمده‌ترین عاملی است که قبل از احداث باغ باید مورد توجه قرار گیرد چرا که بعد از احداث باغ و کاشت نهال تغییر و جابجایی نوع پایه غیرممکن است و موفقیت کشت پسته در بسیاری از مراکز پسته کاری دنیا مربوط به انتخاب نوع پایه و فن کشت آن است که گسترش دامنه و وسعت اراضی پسته‌کاری را تضمین نموده است (۲۴). در بررسی پایه‌های پسته در دنیا، تحقیقات و مطالعات زیادی در مورد پایه‌های پسته صورت گرفته و اکنون در نواحی پسته‌کاری دنیا در حال توسعه و اجرا است. در ایران ارقام پسته روی پایه‌های بذری واریته‌های پسته اهلی شامل: قزوینی، بادامی ریز، بادامی زرد، اوحدی، سرخس و دورگ خود به خودی بین پسته اهلی و بنه به نام بنه باغی پیوند می‌شوند و در سایر کشورها از گونه‌های وحشی مثل: *P. terebintus* استفاده می‌کنند (۳۶). بررسی‌های زیادی در مورد کارایی و قابلیت واریته‌های پسته اهلی به عنوان پایه برای ارقام پسته تجاری به عمل آمده است. این پایه‌ها به ناماد مولد غده، بیماری گموز و قارچ عامل پژمردگی ورتسیلیوم حساس هستند و در صورت عدم هرس، فرم تنه نامناسب چند شاخه‌ای را ایجاد می‌کنند (۱). استفاده از پایه بادامی ریز زرد در خاکهای شور همراه با مشکل کمبود آب توصیه می‌شود. مقاومت این پایه به شوری نسبت به سرخس و بنه بیشتر است. با توجه به خصوصیات مذکور این رقم بهترین و متداولترین رقم برای تولید نهال بعنوان پایه برای ارقام تجاری پسته میباشد (۵). استفاده از پایه‌های قزوینی نیز برای مناطق با خاک‌های شور توصیه می‌شود، زیرا مقاومت آنها در این شرایط بیشتر از پایه سرخس و بنه میباشد. با توجه به خصوصیات مناسب این رقم، امروزه جهت تولید نهال بعنوان پایه ارقام تجاری از بذور این رقم استفاده می‌شود (۶). پایه سرخس در شرایط خشکی به شوری مقاوم است ولی در شرایط پرآبی از نظر حساسیت به شوری نسبت به قزوینی و بادامی ریز زرد حساس‌تر است. در پیوند ارقام پسته بهترین سازگاری، رشد و عملکرد را بعد از پایه بادامی دارد. در آزمایشی با افزایش غلظت کلرید سدیم آب آبیاری، مقدار یون‌های سدیم و کلر در بافت‌های این پایه افزایش و مقدار یون‌های پتاسیم و کلسیم کاهش یافت و در مقایسه با سایر پایه‌ها کاهش رشد بیشتری را نشان داد (۶). پایه آتالانتیکا به علت مقاومت به شوری تاکنون در بیشتر باغ‌های پسته آمریکا و استرالیا بعنوان پایه مورد استفاده قرار گرفته است. رشد اولیه آن پس از جوانه زدن کم ولی در شرایط گلخانه پس از ۶-۲ ماه آماده برای انتقال به

نتایج

شاخص‌های رویشی

اثر غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم بر شاخص‌های رویشی نشان داد که به ترتیب غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار بی‌کربنات سدیم نسبت به تیمار شاهد (صفر میلی‌مولار) باعث کاهش وزن تر کل گیاه، وزن تر برگ، ساقه و ریشه و سطح برگ شد که البته در مورد وزن تر ریشه و سطح برگ غلظت ۵۰ میلی‌مولار بی‌کربنات سدیم تفاوت معنی‌داری نسبت به غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار نداشت و در مورد قطر ساقه نیز تفاوت معنی‌داری بین غلظت ۵۰ میلی‌مولار و شاهد وجود نداشت (جدول ۱). همه شاخص‌های رویشی فوق در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار بی‌کربنات سدیم بطور معنی‌داری بیشتر از ۵۰ میلی‌مولار کاهش پیدا کردند (جدول ۱).

داده‌های حاصل از برهمکنش غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم و پایه بر وزن تر دانه‌های پسته نشان داد که بیشترین درصد کاهش وزن تر کل گیاه در پایه آتلانتیکا (۳۹/۷۰ درصد) و سرخس (۵۱/۹۲ درصد) و در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار مشاهده شد و کمترین درصد کاهش در پایه قزوینی (۳۱/۵۴ درصد) مشاهده شد، که البته در پایه آتلانتیکا و سرخس در غلظت ۵۰ میلی‌مولار نیز کاهش مشاهده شد (شکل ۱).

برهمکنش غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم و پایه بر قطر ساقه دانه‌های پسته نشان داد که غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار بی‌کربنات سدیم قطر ساقه را در همه پایه‌ها به استثناء قزوینی به طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد کاهش داد، به گونه‌ای که در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار بیشترین درصد کاهش در قطر ساقه به ترتیب در پایه آتلانتیکا (۳۸/۳۸ درصد)، بادامی (۳۰/۵۰ درصد) و سرخس (۲۵/۹۲ درصد) مشاهده شد و کمترین درصد کاهش در پایه قزوینی مشاهده شد (جدول ۲).

گیاهان به طور کامل از گلدان‌ها برداشت شده و قسمت‌های هوایی و ریشه به طور جداگانه برداشت و توزین شدند و سپس برای اندازه‌گیری صفات به آزمایشگاه منتقل شدند. صفات رویشی (قطر ساقه، سطح برگ، وزن تر کل گیاه، وزن تر برگ، ساقه و ریشه)، محتوای آب نسبی برگ، پرولین و غلظت عناصر مس و منگنز در بافت برگ، ساقه و ریشه مورد بررسی قرار گرفت. برای اندازه‌گیری سطح برگ و قطر ساقه، به ترتیب از دستگاه‌های سنجش سطح برگ مدل CI 202 و کولیس دیجیتالی استفاده شد. برای اندازه‌گیری وزن تر ابتدا گیاه از ناحیه طوقه جدا و پس از شستشو و خشک شدن، به تفکیک وزن تر برگ، ساقه و ریشه با ترازوی دیجیتالی دقیق توزین گردید. میزان نسبی آب برگ (RWC) مطابق روش یاماساخی و همکاران (۴۶) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری میزان نسبی آب در ابتدا از هر گدان چند عدد دیسک برگ تازه تهیه کرده، وزن کرده و داخل پتری‌دیش حاوی آب مقطر قرار داده شد تا سلول‌های برگ به حالت تورژسانس درآیند، پس از گذشت ۶ ساعت آنها را بر روی کاغذ صافی قرار داده تا رطوبت آنها گرفته شود، سپس آنها را وزن کرده و پس از آن نمونه‌ها را در آون با دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده تا خشک شوند و دوباره وزن آنها محاسبه و با استفاده از فرمول زیر محتوای نسبی آب برگ محاسبه شد:

$$RWC = \frac{Wf - Wd}{Wt - Wd} \times 100$$

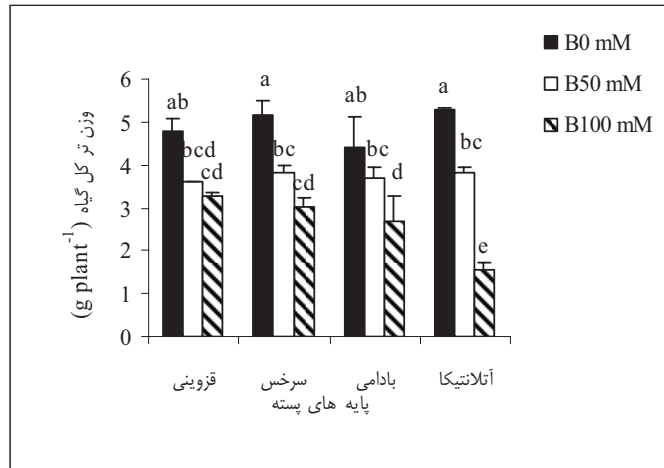
در این فرمول RWC = محتوای نسبی آب برگ بر حسب درصد، Wf = وزن تر دیسک‌ها، Wd = وزن خشک دیسک‌ها، Wt = وزن تورگر برگ‌ها می‌باشند.

برای استخراج پرولین نیز از روش پاکوئین و لچاسور (۳۷) استفاده شد. برای اندازه‌گیری دو عنصر منگنز و مس نیز از دستگاه جذب اتمی مدل GBC AVANTA ساخت کشور آلمان استفاده شد. تجزیه آماری داده‌ها بوسیله نرم افزار MSTATC انجام و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد محاسبه گردید.

جدول ۱- اثر بی‌کربنات سدیم بر شاخص‌های رویشی دانه‌های پسته

NaHCO ₃ (mM)			شاخص‌های رویشی
۱۰۰	۵۰	*	
۲/۷۱۰±۰/۲۳۸ ^c	۳/۶۶۸±۰/۰۷۰ ^b	۴/۸۸۶±۰/۲۹۰ ^{†a}	وزن تر کل گیاه (گرم)
۱/۱۰۰±۰/۰۹۴ ^c	۱/۴۳۶±۰/۰۵۰ ^b	۱/۹۱۳±۰/۰۷۳ ^a	وزن تر برگ (گرم)
۰/۸۴۵±۰/۰۸۸ ^c	۱/۲۲۶±۰/۰۶۳ ^b	۱/۵۱۳±۰/۰۶۹ ^a	وزن تر ساقه (گرم)
۰/۷۷۳±۰/۰۸۲ ^b	۱/۰۰۲±۰/۰۸۳ ^b	۱/۴۷۰±۰/۱۲۲ ^a	وزن تر ریشه (گرم)
۱/۸۲۶±۰/۰۷۳ ^b	۲/۲۹۷±۰/۰۷۳ ^a	۲/۵۲۸±۰/۰۸۶ ^a	قطر (میلی‌متر)
۷۲/۵±۹/۴۳۹ ^b	۸۲/۳±۱۰/۸۸۳ ^b	۱۰۰/۷±۱۳/۰۳ ^a	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)

† مقادیر مثبت و منفی نشان دهنده خطای استاندارد می‌باشد. در هر ردیف میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک می‌باشند، در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.



شکل ۱- برهمکنش بی کربنات سدیم و پایه بر وزن تر دانه‌های پسته. B0، B50 و B100 به ترتیب بی کربنات سدیم به کار رفته در غلظت‌های ۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی مولار می‌باشند. شاخص عمودی موجود در میانگین معرف خطای استاندارد می‌باشد. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند، در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

طوری که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند و کمترین مقدار محتوای نسبی آب در برگ پایه آتلاتتیکا مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با سه پایه دیگر داشت.

محتوی پرولین برگ

نتایج برهم‌کنش بی کربنات سدیم و پایه بر محتوای پرولین برگ در جدول ۴ ارائه شده است. بر اساس نتایج به دست آمده، غلظت ۱۰۰ میلی مولار بی کربنات سدیم به طور قابل توجهی باعث افزایش پرولین در پایه قزوینی نسبت به غلظت ۵۰ میلی مولار و شاهد (صفر میلی مولار) شد. در رقم بادامی نیز در غلظت ۱۰۰ میلی مولار نسبت به ۵۰ میلی مولار افزایش در مقدار پرولین مشاهده شد، اما در سایر پایه‌ها افزایش قابل توجهی مشاهده نشد. در بین پایه‌ها، بیشترین مقدار پرولین مربوط به قزوینی بود که تفاوت معنی‌داری با سایر پایه‌ها داشت و کمترین مقدار نیز مربوط به پایه آتلاتتیکا بود.

نتایج حاصل از برهمکنش غلظت‌های مختلف بی کربنات سدیم و پایه بر سطح برگ دانه‌های پسته نشان داد که بی کربنات سدیم به طور قابل توجهی باعث کاهش سطح برگ در پایه‌های سرخس و بادامی شد ولی کاهش در سطح برگ قزوینی و آتلاتتیکا معنی‌دار نبود. کاهش در سطح برگ دو پایه بادامی و سرخس حتی در غلظت ۵۰ میلی مولار نیز مشاهده شد (شکل ۲).

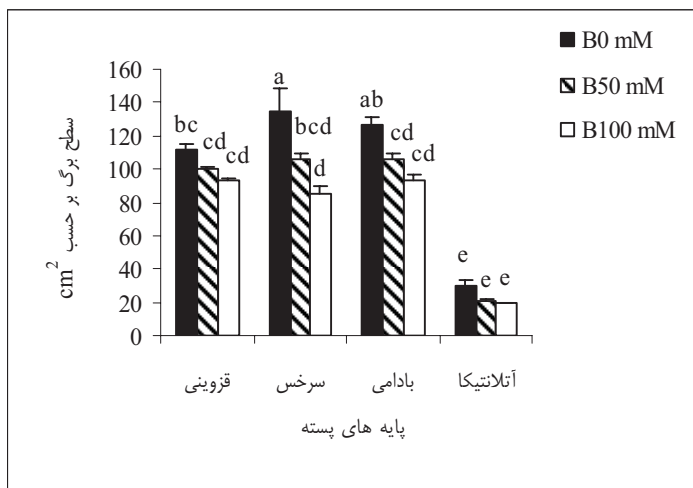
محتوای آب نسبی برگ

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمار بی کربنات سدیم در غلظت ۱۰۰ میلی مولار نسبت به ۵۰ میلی مولار و شاهد به طور معنی‌داری باعث کاهش محتوای آب نسبی برگ شد، به طوری که در غلظت ۱۰۰ میلی مولار بیشترین درصد کاهش در محتوای آب نسبی در پایه آتلاتتیکا نسبت به شاهد مشاهده شد. در این پایه حتی در غلظت ۵۰ میلی مولار نیز کاهش مشاهده شد و کمترین درصد کاهش مربوط به پایه قزوینی بود (جدول ۳). در مورد نوع پایه، بیشترین مقدار محتوای آب نسبی در پایه سرخس، قزوینی و بادامی مشاهده شد به

جدول ۲- برهمکنش بی کربنات سدیم و پایه بر قطر ساقه (میلی‌متر) در دانه‌های پسته

پایه	NaHCO ₃ (mM)		
	۱۰۰	۵۰	۰
قزوینی	۲/۱۹۳±۰/۱۰۳ ^{abc}	۲/۳۱۳±۰/۱۱۶ ^{ab}	۲/۶۳۷±۰/۱۷۸ ^{†a}
سرخس	۱/۷۸۰±۰/۱۳۸ ^{cd}	۲/۱۴۰±۰/۰۲۶ ^{abc}	۲/۴۰۳±۰/۰۱۴ ^a
بادامی	۱/۸۰۰±۰/۱۵۲ ^{bcd}	۲/۳۰۳±۰/۰۷۷ ^{ab}	۲/۵۹۰±۰/۳۳۸ ^a
آتلاتتیکا	۱/۵۳۲±۰/۰۶۶ ^{de}	۲/۴۳۳±۰/۲۷۷ ^a	۲/۴۳۸ ±۰/۰۴۱ ^a

† مقادیر مثبت و منفی نشان دهنده خطای استاندارد می‌باشد. در هر ردیف میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک می‌باشند، در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.



شکل ۲- برهمکنش بی‌کربنات سدیم و پایه بر سطح برگ دانه‌های پسته. B0، B50 و B100 به ترتیب بی‌کربنات سدیم به کار رفته در غلظت‌های ۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار می‌باشند. شاخص عمودی موجود در میانگین معرف خطای استاندارد می‌باشد. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند، در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

جدول ۳- برهمکنش بی‌کربنات سدیم و پایه بر محتوای آب نسبی برگ (درصد) در دانه‌های پسته

پایه	NaHCO ₃ (mM)		
	۱۰۰	۵۰	۰
قزوینی	۶۱/۵۰±۱/۴۱ ^{cd}	۷۴/۳۰±۵/۰۰ ^{ab}	۷۴/۲۰±۲/۴۸ ^{†ab}
سرخس	۶۲/۶۰±۱/۸۵ ^{bcd}	۶۸/۹۰±۴/۴۸ ^{abc}	۷۸/۵۰±۱/۲۱ ^a
بادامی	۵۴/۸۰±۰/۵۷ ^d	۷۴/۰۰±۵/۵۳ ^{ab}	۷۱/۰۰±۳/۲۷ ^{abc}
آتلاتیکا	۴۱/۷۰±۶/۵۳ ^e	۵۳/۵۰±۰/۹۶ ^d	۷۲/۵۰±۵/۱۶ ^{abc}

† مقادیر مثبت و منفی نشان دهنده خطای استاندارد می‌باشد. در هر ردیف میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک می‌باشند، در سطح ۵ آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

جدول ۴- برهمکنش غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم و پایه بر محتوای پرولین (میکرو گرم بر گرم وزن تازه) برگ در دانه‌های پسته

پایه	NaHCO ₃ (mM)		
	۱۰۰	۵۰	۰
قزوینی	۱۵۳/۳±۱۰/۵۲ ^a	۱۱۱/۳±۱۱/۷۱ ^b	۸۹/۵±۱۰/۵۳ ^{†bcd}
سرخس	۸۰/۷±۳/۸۲ ^{bcd}	۷۹/۰±۵/۸۷ ^{bcd}	۷۵/۵±۴/۰۶ ^{cd}
بادامی	۱۱۰/۶±۸/۹۹ ^b	۷۰/۵±۸/۰۱ ^d	۱۰۸/۴±۵/۴۳ ^{bc}
آتلاتیکا	۸۰/۷±۰/۳۸ ^{bcd}	۷۴/۱±۹/۳۷ ^d	۵۸/۳±۴/۶۹ ^d

† مقادیر مثبت و منفی نشان دهنده خطای استاندارد می‌باشد. در هر ردیف میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک می‌باشند، در سطح ۱ آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

شاهد در مورد مس یافت نشد. در مورد منگنز تفاوت معنی‌داری بین غلظت ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار یافت نشد. تیمار بی‌کربنات سدیم باعث کاهش غلظت منگنز در ساقه شد ولی تأثیری بر غلظت مس ساقه دانه‌های پسته نداشت (جدول ۵).

نتایج حاصل از برهمکنش غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم و پایه بر میزان مس ریشه نشان داد که بی‌کربنات سدیم در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار سبب کاهش غلظت مس در ریشه تمامی پایه‌های

غلظت عناصر مس و منگنز

بر اساس نتایج مربوط به مقایسه میانگین داده‌ها، غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم سبب کاهش غلظت عناصر مس و منگنز در برگ، ساقه و ریشه دانه‌های پسته گردید به گونه‌ای که غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار بی‌کربنات سدیم به طور معنی‌داری سبب کاهش غلظت مس و منگنز در برگ و ریشه نسبت به شاهد (صفر میلی‌مولار) شد ولی تفاوت معنی‌داری بین غلظت ۵۰ میلی‌مولار و

بحث

تنش شوری و قلیائیت از جمله تنش‌های محیطی هستند که بر رشد گیاه تأثیر می‌گذارند. در خاک‌های شور و سدیمی، کاتیونهای اصلی شامل Na^+ ، Ca^{2+} ، Mg^{2+} ، K^+ و آنیون‌ها شامل HCO_3^- ، Cl^- ، CO_3^{2-} و NO_3^- می‌باشند (۳۲). این یون‌ها فرم‌های نمک‌های خنثی یا قلیائی هستند به گونه‌ای که باعث تنش شوری و قلیائیت می‌شوند. به طور کلی نمک‌های قلیائی ($NaHCO_3$ و Na_2CO_3) اثرات مخرب‌تری نسبت به نمک‌های خنثی ($NaCl$ و Na_2SO_4) بر گیاه دارند (۴۴). اثرات تنش قلیائیت شبیه تنش شوری اما با اثرات اضافی پهاش بالا همراه است.

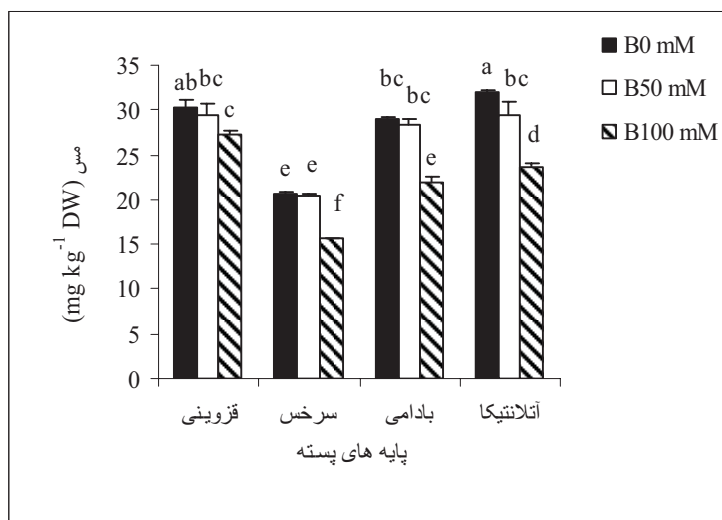
پسته گردیده، به گونه‌ای که بیشترین درصد کاهش به ترتیب در پایه آتلانتیکا، بادامی و سرخس به ترتیب با مقادیر ۲۶/۲۶، ۲۴/۴۰ و ۲۴/۰۱ درصد مشاهده شد و کمترین درصد کاهش مربوط به پایه قزوینی (۱۰/۰۸ درصد) بود. در پایه آتلانتیکا در غلظت ۵۰ میلی‌مولار نیز کاهش مشاهده شد (شکل ۶).

نتایج برهمکنش غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم و پایه بر میزان منگنز برگ دانه‌های پسته نشان داد که بیشترین درصد کاهش میزان منگنز برگ در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار بی‌کربنات سدیم در پایه آتلانتیکا و سپس بادامی به ترتیب با مقادیر ۶۰/۵۲ و ۳۹/۳۱ درصد و کمترین درصد کاهش مربوط به پایه قزوینی بود. در غلظت ۵۰ میلی‌مولار نیز کاهش در میزان منگنز در سه پایه آتلانتیکا، بادامی و سرخس مشاهده شد (شکل ۷).

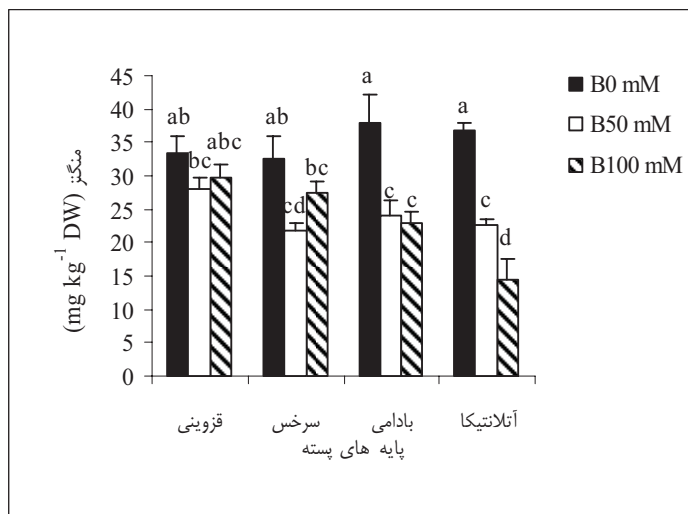
جدول ۵- اثر بی‌کربنات سدیم بر غلظت مس و منگنز (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در برگ، ساقه و ریشه دانه‌های پسته

عناصر	NaHCO ₃ (mM)		
	۱۰۰	۵۰	+
مس برگ	۱۱/۵۶±۰/۶۲ ^b	۱۲/۵۵±۰/۵۵ ^{ab}	۱۳/۰۹±۰/۶۷ ^{†a}
ساقه	۵/۶۱±۰/۲۶ ^a	۵/۸۰±۰/۲۶ ^a	۵/۷۰±۰/۲۴ ^a
ریشه	۲۲/۱۰±۱/۶۶ ^b	۲۶/۹۰±۱/۲۴ ^a	۲۷/۹۸±۱/۳۶ ^a
منگنز برگ	۲۳/۶۲±۰/۴۴ ^b	۲۴/۱۴±۱/۳۰ ^b	۳۵/۱۰±۱/۳۶ ^a
ساقه	۱۴/۵۷±۲/۱۳ ^b	۱۶/۶۵±۲/۰۲ ^b	۲۹/۵۷±۴/۳۰ ^a
ریشه	۳۶/۷۰±۲/۰۶ ^b	۳۹/۱۰±۱/۰۲ ^b	۵۹/۸۴±۱/۵۰ ^a

† مقادیر مثبت و منفی نشان دهنده خطای استاندارد می‌باشد. در هر ردیف میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک می‌باشند، در سطح ۱ آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.



شکل ۶- برهمکنش بی‌کربنات سدیم و پایه بر غلظت مس در ریشه دانه‌های پسته. B0، B50 و B100 به ترتیب بی‌کربنات سدیم به کار رفته در غلظت‌های +، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار می‌باشد. شاخص عمودی موجود در میانگین معرف خطای استاندارد می‌باشد. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند، در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.



شکل ۷- برهمکنش بی‌کربنات سدیم و پایه بر غلظت منگنز در برگ دانه‌های پسته. B0، B50 و B100 به ترتیب بی‌کربنات سدیم به کار رفته در غلظت‌های ۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار می‌باشند. شاخص عمودی موجود در میانگین معرف خطای استاندارد می‌باشد. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند، در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

داخل گیاه در حدی کمتر از خاک و حفظ تورژسانس و جذب آب جهت ادامه رشد خود می‌باشند (۸). کاهش پتانسیل اسمزی بوسیله تجمع اسمولیت‌ها در پاسخ به تنش، ظرفیت سلول را جهت حفظ فشار تورژسانس در پتانسیل آب پایین بهبود می‌بخشد، و این مورد به نظر می‌رسد که برای فرآیندهای فیزیولوژیکی مثل فتوسنتز، فعالیت آنزیمی و توسعه سلول ضروری می‌باشد (۲۱). کاهش در محتوای نسبی آب برگ نشان دهنده تورگر کمتر که نتیجه محدودیت قابل دسترس بودن آب برای فرایند توسعه سلول برگ است، می‌باشد (۲۹). غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار بی‌کربنات سدیم به ترتیب باعث کاهش ۴۲/۶۴، ۲۳/۸۸ و ۲۰/۳۸ درصدی در محتوای آب نسبی برگ پایه‌های آتلاتیکا، بادامی و سرخس شد و کمترین درصد کاهش مربوط به پایه قزوینی بود که با نتایج محمودی و همکاران (۳۵)، احمد و شارما (۷) و یانگ و همکاران (۴۷) همخوانی داشت. کاهش کمتر در میزان آب نسبی برگ در پایه مقاوم می‌تواند به علت تنظیم اسمزی کافی در گیاه باشد و هرچه گیاه بتواند در شرایط تنش در مقابل کاهش میزان آب نسبی برگ مقاومت کند یک گیاه مقاوم به تنش است (۱۴). از طرفی کاهش در محتوای آب نسبی برگ تحت تنش قلیائیت می‌تواند به طور غیر مستقیم نتیجه اثرات مخرب پ-هاش بالا بر ساختار ریشه و کاهش جذب آب توسط گیاه می‌باشد (۴۸).

گیاهان با روش‌های گوناگونی در برابر تنش‌های محیطی مقاومت می‌کنند. تحقیقات زیادی نشان می‌دهد که تجمع پرولین به عنوان یک پاسخ عمومی گیاهان تحت تنش شوری و قلیائیت است (۴۴). در طول شرایط تنش، گیاهان نیاز به حفظ پتانسیل آب درون سلول به

بنابراین توانایی گیاه برای مقابله با تنش قلیائیت نه تنها به توانایی گیاه برای غلبه به تنش کمبود آب و سمیت یون بستگی دارد، بلکه همچنین به مقاومت آن به پهاش بالا نیز بستگی دارد (۴۸). کاهش رشد تحت افزایش غلظت بی‌کربنات (تنش قلیائیت) توسط آلهنداوی و همکاران (۱۱)، کسوری و همکاران (۳۱)، محمودی و همکاران (۳۵)، روفائل و گارداری (۴۲)، احمد و شارما (۷) و کولا و همکاران (۲۲) گزارش شده است. به طور کلی اغلب اثرات قلیائیت بر رشد گیاه از طریق کاهش در قابلیت حل عناصر از جمله مس و منگنز توسط افزایش پهاش که به علت یون بی‌کربنات است ایجاد می‌شود (۳۳ و ۳۴). گاهی اوقات کاهش رشد را به سرعت پائین فتوسنتز که تحت غلظت بالای بی‌کربنات اتفاق می‌افتد نسبت می‌دهند که با انتقال کم آهن و یا با غیر قابل حل کردن آهن در محلول محیط کشت که باعث صدمه به سنتز کلروفیل می‌شود همراه است (۱۶ و ۳۵). پهاش بالا تحت غلظت بالای بی‌کربنات می‌تواند از طریق خسارت به دیواره سلولی سبب تضعیف باندهای هیدروژنی در سلولز و در نتیجه سبب عدم توسعه سلول و کاهش رشد گردد (۲۶). رایبل و کلیلاند (۴۰) گزارش دادند که پهاش بالای آپوپلاست، کاهش دهنده خاصیت ارتجاعی دیواره سلول و در نتیجه محدود کننده توسعه و رشد سلول است. در پژوهش حاضر وزن تر ریشه نسبت به اندام هوایی کمی بیشتر تحت تأثیر افزایش غلظت بی‌کربنات سدیم قرار گرفت که شاید به علت حضور دائمی بی‌کربنات در آپوپلاست ریشه و تجمع زیاد سدیم در ریشه باشد (۳۰).

روابط آبی اکثر گیاهان در هنگام مواجه شدن با تنش دچار تغییر می‌شود (۲۸). گیاهان در شرایط تنش نیاز به نگاه داشتن پتانسیل

سدیم سبب کاهش میزان منگنز در اندام هوایی و ریشه شد که با نتایج دیگر محققین مطابقت داشت (۱۹، ۲۰ و ۲۷). غلظت بالای بی‌کربنات سدیم همچنین باعث کاهش غلظت مس در اندام هوایی و ریشه شد که با نتایج سایر و همکاران (۴۳) و روفائل و گارداری (۴۲) مطابقت داشت. در این پژوهش ریشه‌ها سطوح بالایی از عناصر مس و منگنز نسبت به اندام هوایی دارا بودند که شاید به علت غیر فعال شدن و عدم انتقال این عناصر به اندام هوایی و تجمع آنها در آپوپلاست ریشه تحت افزایش پهاش باشد (۲۰ و ۲۳).

در پژوهش حاضر در پایه قزوینی اکثر شاخص‌های رشد، محتوای آب نسبی برگ و مقدار عناصر منگنز و مس نسبت به سه پایه دیگر کمتر تحت تأثیر افزایش غلظت بی‌کربنات سدیم (تنش قلیائیت) قرار گرفت که شاید به علت افزایش در ترکیبات فنولیک در ریشه گیاه و یا افزایش فعالیت (III)-Fe-ریدوکتاز و کاهش پهاش محیط کشت در نتیجه افزایش فعالیت پمپ پروتون باشد، که توسط کسوری و همکاران (۳۱) در گیاه انگور و آلونسو والدز آگویلا و همکاران (۱۲) در بامیه گزارش شده است. در این پژوهش غلظت سمی بی‌کربنات سدیم برای پایه آتلانتیکا ۵۰ میلی‌مولار و برای بادامی و سرخس ۱۰۰ میلی‌مولار برآورد شد. در پایه قزوینی در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار کاهش چشمگیری در اکثر شاخص‌ها ایجاد نشد، بنابراین پایه قزوینی به عنوان پایه مقاوم، سرخس و بادامی با مقاومت نسبی و آتلانتیکا نیز به عنوان پایه حساس شناخته شد. در پایان پیشنهاد می‌شود جهت شناسایی دلیل مقاومت بعضی پایه‌های پسته به قلیائیت با انجام آزمایش مشابه و اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌هایی مثل (III)-Fe-ریدوکتاز، فعالیت پمپ پروتون و همچنین ترشحات فنولی و اسیدهای آلی در ریشه اندازه‌گیری شود.

منظور حفظ تورگر و جذب آب برای رشد دارند که این توسط سنتز مواد اسمز نگهدار از جمله پرولین و قندهای محلول ایجاد می‌شود (۲۵ و ۳۸). نتایج این پژوهش نشان داد که غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار بی‌کربنات سدیم فقط در پایه قزوینی که پایه‌ای مقاوم به تیمار بی‌کربنات سدیم بود باعث افزایش مقدار پرولین شد و در پایه بادامی نیز در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار نسبت به ۵۰ میلی‌مولار بی‌کربنات سدیم مقدار پرولین افزایش یافت و در سایر پایه‌ها افزایش در مقدار پرولین چشمگیر نبود (جدول ۴) که با نتایج یانگ و همکاران (۴۸) و احمد و شارما (۷) مطابقت داشت. ایشان گزارش دادند که که بی‌کربنات سدیم باعث افزایش غلظت پرولین در برگ‌های ارقام توت فرنگی می‌شود و افزایش در رقم مقاوم بومی بیشتر از رقم حساس 'Sujanpuri' است. در بین پایه‌ها، قزوینی نسبت به سایر پایه‌ها بیشترین تجمع پرولین در برگ را دارا بود که نشان می‌دهد پایه قزوینی نسبت به دو پایه دیگر بیشتر و بهتر از تنظیم اسمزی استفاده می‌نماید.

پهاش بهینه برای قابلیت حل عناصر ریز مغذی بین ۳/۶-۵/۴ است (۱۳). پهاش آپوپلاست برگ یک فاکتور خیلی مهم در کنترل قابل دسترس بودن عناصری از قبیل منگنز و مس می‌باشد (۵۰). به طور کلی کاهش در غلظت عناصر غذایی تحت بی‌کربنات می‌تواند به علت: ۱- اثرات بازدارنده بی‌کربنات بر فعالیت‌های متابولیک گیاه (۱۶)، ۱۷ و ۴۵-۲ اختلال در فعالیت ریشه (۴۹) ۳- کاهش در دسترس بودن عناصر غذایی در خاکهایی با پهاش بالا (۹) و ۴- افزایش در خروج یا انتشار مواد غذایی (۱۱) باشد. افزایش پهاش تحت بی‌کربنات سدیم قابلیت در دسترس بودن منگنز را به علت رسوب یا عدم جذب آن کاهش می‌دهد (۳۷). در پژوهش حاضر افزایش غلظت بی‌کربنات

منابع

- ۱- پناهی ب، اسماعیل پور، ع، فرید ف، مؤذن پور کرمانی م. و فریور میهن ح. ۱۳۸۰. پسته. جلد اول: اصل آماده سازی زمین و کاشت. نشر آموزش کشاورزی. کرج. ۵۷ ص.
- ۲- فتاحی م. ۱۳۸۰. بررسی پراکنش گونه‌های مختلف پسته وحشی (بنه و کسور) در استان یزد. دومین همایش ملی بنه یا مروارید سبز. ۷-۹ شهر یورماه ۱۳۸۰. شیراز.
- ۳- علی پور ح. و حسینی فرد س.ج. ۱۳۸۲. تشخیص و رفع کمبود عناصر غذایی در پسته. مؤسسه تحقیقات پسته کشور، رفسنجان. ۵۳ ص.
- ۴- غیبی م.ب. و جوادی خسرقی س. ۱۳۸۴. اصول کاربردی داشت و مراقبت باغ پسته. نشر علوم کشاورزی کاربردی، ۱۰۰ صفحه.
- ۵- محمدخانی ع. ۱۳۷۶. نشریه پسته. انتشارات مرکز نشر و آموزش کشاورزی.
- ۶- محمدخانی ع. و لسانی ح. ۱۳۷۵. تعیین مقاومت نسبی پایه‌های پسته به شوری (NaCl) با توجه به جذب و انتقال عناصر. سمینار بررسی مسائل پسته، ۲۹-۳۱ مرداد.
- 7- Ahmad P., and Sharma S. 2010. Physio-biochemical attributes in two cultivars of mulberry (*Morus alba* L.) under NaHCO₃ stress. International Journal of Plant production, 4: 1735-1743.
- 8- Ahmad P., and Sharma S. 2008. Salt stress and phyto-biochemical responses of plants. Plant Soil Environment, 54: 89-99.
- 9- Alca'ntara E., Romera F.J., and De La Guardia M.D. 1988. Genotypic differences in bicarbonate-induced iron chlorosis in sunflower. Journal of Plant Nutrition, 11: 65-67.

- 10- Alcantara E., Manuel Cordeiro A., and Barranco D. 2003. Selection of olive varieties tolerance to iron chlorosis. *Plant Physiology*, 160: 1467-1477.
- 11- Alhendawi R.A., Romheld V., Kirkby E.A., and Marschner H. 1997. Influence of increasing bicarbonate concentrations on plant growth, organic acid accumulation in roots and iron uptake by barley, sorghum and maize. *Journal of Plant Nutrition*, 20: 1731-1735.
- 12- Alonso Valdez Aguilar L. 2004. Effect of alkalinity irrigation water on selected greenhouse crops. Thesis, pp 293.
- 13- Argo W., and Fisher P. 2000. Advanced pH and micronutrient management in container grown crops.
- 14- Balaguer L., Pugnaire F.I., Martinez-Ferri E., Armas C., Valladares F., and Manrique E. 2002. Ecophysiological significance of chlorophyll loss and reduced photochemical efficiency under extreme acidity in *Stipa tanacissima* L. *Plant and Soil*, 240: 343-352.
- 15- Bavaresco L., Giachino E., and Colla R. 1999. Iron chlorosis paradox in grapevine. *Journal of Plant Nutrition*, 22: 1589-1597.
- 16- Bialczyk J., and Lechowski Z. 1992. Absorption of HCO_3^- by roots and its effect on carbon metabolism of tomato. *Journal of Plant Nutrition*, 15: 293-312.
- 17- Bialczyk J., Lechowski Z., and Libik A. 1994. Growth of tomato seedlings under different HCO_3^- concentration in the medium. *Journal of Plant Nutrition*, 17: 801-816.
- 18- Bloom P.R., and Inskeep W.P. 1986. Factors affecting bicarbonate chemistry and iron chlorosis in soils. *Journal of Plant Nutrition*, 9: 215-228.
- 19- Celik H., Vahap Katkal A., and Basat H. 2006. Effect of bicarbonate induced iron chlorosis on selected nutrient contents and nutrient ratios of shoots and roots of different Maize varieties. *Journal of Agronomy*, 5: 369-374.
- 20- Cinelli F. 1995. Physiological responses of clonal quince rootstocks to iron-deficiency induced by addition of bicarbonate to nutrient solution. *Journal of Plant Nutrition*, 18: 77-89.
- 21- Claussen W. 2005. Proline as a measure of stress in tomato plants. *Plant Science*, 168: 241-248.
- 22- Colla G., Roupheal Y., Cardarelli M., Salerno A., and Rea E. 2010. The effectiveness of grafting to improve alkalinity tolerance in watermelon. *Environmental and Experimental Botany*, 68: 283-291.
- 23- De la Guardia M.D., and Alcantara E. 2002. Bicarbonate and low iron level increase root to total plant weight ratio in olive and peach rootstock. *Journal of Plant Nutrition*, 25 :1021-1032.
- 24- Ferguson L., Poss. J.A., Grratan S.R., Grieve C., Wang D., Wilson C., and Donovan T. 2002. Pistachio rootstocks influence scion growth and ion relations under salinity and boron stress. *Journal of the American Society for Horticultural Sciences*, 127: 194-199.
- 25- Gonzalez-Vallejo E., Morales F., Cistue L., Abadia A., and Abadia J. 2000. Iron deficiency decreases the Fe (III)-Chelate reducing activity of leaf protoplasts. *Plant Physiology*, 122: 337-344.
- 26- Goss J.A., and Romney E.M. 1959. Effects of bicarbonate and some other anions on the shoot content of P^{32} , Ca^{45} , Fe^{59} , Rb^{86} , Sr^{90} and Ce^{144} in bean and barley plants. *Plant and Soil*, X, No. 3.
- 27- Haynes R.S., and Swift R.S. 1985. Effects of liming on the extractability of Zn, Fe and Cu from a peat medium and growth and micronutrient uptake of high bush blueberry plants. *Plant and Soil*, 84: 213-223.
- 28- Jain D., and Chattopadhyay D. 2010. Analysis of gene expression in response to water deficit of chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties differing in drought tolerance. *BMC Plant Biology* 10: 24. doi:10.1186/1471-2229-10-24.
- 29- Katerji N., Van Hoom J.W., Hamdy A., Masrorilli M., and Mou Karzel E. 1997. Osmotic adjustment of sugar beets in response to soil salinity and its influence on stomatal conductance, growth and yield. *Agriculture Water Management*, 34: 57-69.
- 30- Kosegarten H., Hoffmann B., and Mengel K. 1999. Apoplastic pH and Fe^{3+} reduction in intact sunflower leaves. *Plant Physiology*, 121: 1069-1079.
- 31- Ksouri, R., Debez A., Mahmoudi H., Ouerghi Z., Gharsalli M., and Lachaal M. 2007. Genotypic variability within Tunisian grapevine varieties (*Vitis vinifera* L.) facing bicarbonate-induced iron deficiency. *Plant Physiology and biochemistry*, 45:315-322.
- 32- Lauchi A., and Iltge U. 2002. Salinity in the soil environment. in: Tanji, K.K. (ed.): salinity: Environment-plants-Molecules. pp. 21-23. Kluwer Academic Publ. Boston.
- 33- Lindsay W.L., and Thorpe D.W. 1954. Bicarbonate and oxygen as related to chlorosis. *Soil Sciences*, 77: 271-279.
- 34- Lunt O.R., Kohl H.C., and Kofranek A.M. 1956. The effect of bicarbonate and other constituents of irrigation water on the growth of azaleas. *Proceedings of the American Society for Horticultural Sciences*, 68: 537-544.
- 35- Mahmoudi H., Hens-Werner K., Debez A., and Chedly A. 2009. Comparison of two chickpea varieties regarding their responses to direct and induced Fe deficiency. *Environmental and Experimental Botany*, 66: 349-356.
- 36- Mirzaei S., and Bahar M. 2004. A phylogenetic study of wild pistachio species and some cultivar existing in Iran using RAPD marker. Fourth international symposium on pistachio and Almonds. Tehran, Iran.
- 37- Paquin R., and Lechasseur P. 1979. Observation sur une method dosage de la proline libre dans les extraits de plantes. *Canadian Journal of Botany*, 57: 1851-1854.
- 38- Parker M.B., and Walker M.E. 1986. Soil pH and manganese effects on manganese nutrition of peanut. *Agronomy Journal*, 78: 614-620.

- 39- Petersen F.H. 1996. Water testing and interpretation. pp: 31-49. In: Reed, D. Wm. (Editor). Water, media and nutrition, Ball Publishing, Batavia, IL.
- 40- Rayle D.L., and Cleland R.E. 1992. The acid growth theory of auxin-induced cell elongation is alive and well. *Plant Physiology*, 99: 1271-1274.
- 41- Roosta, H.R., and J.K. Schjoerring. 2007. Effects of ammonium toxicity on nitrogen metabolism and elemental profile of cucumber plants, *J. of plant nutr.* 30:1933-1951.
- 42- Roupael Y., and Cardarelli M. 2010. Enhancement of alkalinity tolerance in two cucumber genotypes inoculated with an arbuscular mycorrhizal biofertilizer containing *Glomus intraradices*. *Biol. Fertil. Soils*, 46: 499-509.
- 43- Sabir A., Bilir-Ekbiç H., Erdem H., and Tangolar S. 2010. Response of four grapevine (*Vitis* spp.) genotypes to direct or bicarbonate-induced iron deficiency. *Journal of Agricultural Researches*, 8: 823-829.
- 44- Shi D.C., and Yin L.J. 1993. Different between salt (NaCl) and alkaline (Na₂CO₃) stresses on *Puccinellia tenuiflora* (Griseb) Scribn. et. Merr. *Plants. Acta Bot. Sin.* 35: 144-149.
- 45- Vappavuori E.M., and Pelkonen P. 1985. HCO₃⁻ uptake through the roots and its effect on the productivity of willow cutting. *Plant Cell and Environment*, 8: 531-534.
- 46- Yamasaki S., and Dillenburg L.R. 1999. Measurements of leaf relative water content in *Araucaria dillenburg*. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 11(2):69-75.
- 47- Yang J.Y., Zheng W., Tian Y., Wu Y., and Zhou D.W. 2011. Effects of various mixed salt-alkaline stresses on growth, photosynthesis, and photosynthetic pigment concentrations of *Medicago ruthenica* seedlings. *Photosynthetica*, 49(2): 275-284.
- 48- Yang C.W., Wang P., Li C.Y., Shi D.C., and Wang D.L. 2008. Comparison of effects of salt and alkali stresses on the growth and photosynthesis of wheat. *Photosynthesis*, 46: 107-114.
- 49- Yang X., Romheld V., and Marschner H. 1993. Effect of bicarbonate and root zone temperature on uptake of Zn, Fe, Mn and Cu by different rice cultivars (*Oryza Sativa* L.) grown in calcareous soil. *Plant and soil*, 155/156: 441-444.
- 50- Yu Q., Tang C., and Kuo J. 2000. A critical review on methods to measure apoplastic pH in plants. *Plant and Soil*, 219: 29-40.