

اثر پایه‌های بادمجان، گوجه‌فرنگی مزرعه‌ای، داتوره، تاجریزی قرمز و تنباکوی ایرانی بر غلظت آهن و کلروفیل در گوجه‌فرنگی پیوندی

یاسر محسنیان سی سخت^۱ و حمیدرضا روستا^{۱*}

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۴/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱/۲۵)

چکیده

در بین مهمترین پارامترهای کیفی آب مورد استفاده جهت آبیاری محصولات گلخانه‌ای، قلیائیت آب به دلیل اثر آن بر پ-هاش خاک و محلول محیط رشد، به عنوان عاملی بحرانی مطرح شده است. در این پژوهش، محتوای آهن شاخساره و ریشه و شاخص SPAD گیاهان گوجه‌فرنگی غیرپیوندی و پیوندی تیمار شده با غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم، به منظور ارزیابی امکان بهبود مقاومت به قلیائیت گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای با استفاده از پیوند مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تیمار ۱۰ میلی‌مولار بی‌کربنات سدیم باعث کاهش قابل توجه محتوای آهن ریشه و شاخساره در گیاهان پیوندی و غیرپیوندی شد. گیاهان شاهد (گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای) قرار گرفته در معرض تیمار شدید بی‌کربنات سدیم، بیشترین درصد کاهش در محتوای آهن شاخساره را نشان دادند. صرف‌نظر از نوع پایه به کار برده شده، تیمار بی‌کربنات سدیم باعث کاهش معنی‌دار در مقادیر شاخص SPAD شد. گوجه‌فرنگی پیوند شده روی پایه داتوره در مقایسه با سایر گیاهان، دارای مقادیر بیشتری از شاخص SPAD بودند. احتمالاً تعدیل پ-هاش اطراف ریشه توسط پایه داتوره، در کاهش تأثیرات سوء ناشی از بی‌کربنات سدیم بر گوجه‌فرنگی نقش داشته است. بنابراین، نتیجه‌گیری می‌شود که گوجه‌فرنگی پیوندی روی پایه داتوره دارای مقاومت به تنش قلیائیت کافی شده است.

واژه‌های کلیدی: پایه، شاخص SPAD، بی‌کربنات سدیم

مقدمه

تعیین‌کننده قابل کشت بودن محصول باشد. هم‌چنین، روش‌های آبیاری و لزوم تیمار آب نیز تحت تأثیر کیفیت آب قرار می‌گیرند. در بین عوامل اصلی تأثیرگذار بر کیفیت آب، درجه قلیائیت، به دلیل اثر شدید آن بر پ-هاش خاک یا محلول محیط رشد، از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است (۱۹). قلیائیت بالای آب آبیاری، کاشت بسیاری از گیاهان را در مناطق وسیعی از دنیا محدود کرده است. بی‌کربنات و کربنات یون‌های اصلی هستند که باعث قلیائیت و بهره‌مندی از ظرفیت بافری برای آب می‌شوند. اما در غلظت‌های بیشتر از ۲ میلی‌مولار

کمیت و کیفیت آب، فاکتورهای مهمی برای در دسترس و مناسب بودن آن برای آبیاری هستند. اما کیفیت آب اغلب مورد غفلت قرار می‌گیرد (۶). افزایش جمعیت، امکان استفاده از منابع آب با کیفیت مطلوب برای کشت گیاهان را محدود نموده است (۱۰). مسئولین بسیاری از کشورها در مناطق خشک و نیمه‌خشک قوانینی جهت کاهش استفاده از آب با کیفیت مطلوب در کشاورزی و اجبار در استفاده از آب با کیفیت نامناسب‌تر وضع کرده‌اند (۲۴). کیفیت آب می‌تواند عامل

۱. دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

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

کیفیت مناسب برای استفاده در گلخانه‌ها، این تحقیق طراحی شد و انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در گلخانه شیشه‌ای دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی اجرا گردید که دارای دو فاکتور پایه گوجه‌فرنگی در شش سطح [بادمجان (رقم لانگ پورپل)، گوجه‌فرنگی مزرعه‌ای (رقم کال. جی. ان. ۳)، گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای (رقم رد استون)، داتوره، تاجریزی قرمز و تنباکو] و بی‌کربنات سدیم در سه سطح (صفر، ۵ و ۱۰ میلی‌مولار) بود و در سه تکرار انجام شد. به منظور هم‌قطر بودن پایه و پیوندک در زمان انجام عمل پیوند، گیاهان پایه یک هفته قبل از کاشت پیوندک (گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای) در گلدان و در بستر پرلایت کشت، و در مرحله ۴ برگی با استفاده از تکنیک پیوند نیم‌انیم زبانه‌ای پیوند زده شدند. سپس نشاهای پیوندی به ظروف ۴ لیتری حاوی محلول غذایی با هوادهی دائم منتقل شدند و گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای بدون پیوند به‌عنوان گیاه شاهد مورد استفاده قرار گرفت. فرمول محلول غذایی یک چهارم هوگلند جهت ساخت محلول غذایی استفاده شد (۱۴). محلول غذایی در دو هفته اول به صورت هفته‌ای و پس از آن هر چهار روز یک‌بار به‌طور کامل تعویض می‌گردید. گیاهان به مدت ۶ هفته در معرض تیمار بی‌کربنات سدیم قرار گرفتند و در طول مدت اعمال تیمار، شرایط دمایی گلخانه 24 ± 3 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی $52/4 - 63/2$ درصد ثبت گردید. به منظور قرائت محتوای عنصر آهن در ریشه و شاخساره گیاهان، از ماده خشک عصاره تهیه شد. برای تهیه عصاره، ابتدا $5/5$ گرم از شاخساره و ریشه خشک شده و آسیاب شده را وزن کرده و سپس به مدت نیم ساعت در کوره با دمای 250 درجه سلسیوس و مدت ۳ ساعت در دمای 550 درجه سلسیوس قرار داده شد تا نمونه‌ها تبدیل به خاکستر شدند. سپس ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال به هر نمونه اضافه شد و در نهایت توسط آب مقطر به

می‌توانند باعث توقف معنی‌دار در رشد گونه‌های حساس به پ- هاش زیاد آب شوند (۲۷). نتایج تحقیقات متعدد نشان داده که بی‌کربنات باعث کاهش در جذب و انباشتگی آهن، یا افزایش در رسوب درونی آن می‌شود، و پی‌آمد این امر به صورت زردی در برگ‌های جوان نمود خواهد کرد، که ناشی از کاهش یافتن سنتز کلروفیل است (۲۲). کمبود آهن بر فیزیولوژی و زیست‌شیمی تمام گیاه اثر می‌گذارد. چون آهن یک کوفاکتور مهم در خیلی از آنزیم‌ها، از جمله آنهایی که در مسیر بیوسنتز کلروفیل‌ها نقش دارند، می‌باشد (۱۵). ارتباط مستقیمی بین شاخص سبزینگی (SPAD) و مقدار کلروفیل برگ وجود دارد و مقدار شاخص سبزینگی در ارقام مقاوم به تنش بی‌کربنات بیشتر از ارقام حساس است (۱۶).

یک راه حل برای اجتناب یا کاهش خسارات ناشی از قلیائیت در ژنوتیپ‌های با عملکرد زیاد، می‌تواند پیوند آنها روی پایه‌های مستعد برای کاهش اثرهای زیان آور پ- هاش محیط خارج روی شاخساره باشد (۱۱). هم‌چنین، این فن می‌تواند به‌نژادگران گیاهی را جهت ترکیب شاخساره‌های با ویژگی مطلوب و پایه‌های با صفات مناسب یاری دهد (۱۸). امروزه، از فن پیوند برای کاهش آلودگی‌های ناشی از بیماری‌های خاک‌زاد و افزایش مقاومت در برابر تنش‌های غیرزنده استفاده می‌شود (۲۴). در ارتباط با تنش قلیائیت، کولا و همکاران (۱۱) نشان دادند که پیوند می‌تواند به‌عنوان یک راهکار مناسب جهت افزایش مقاومت به قلیائیت هندوانه مورد استفاده قرار گیرد. با این حال، تاکنون گزارشی در مورد تأثیر قلیائیت روی پاسخ‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گوجه‌فرنگی پیوندی ارائه نشده است. بنابراین، با این فرض که تکنیک پیوند ممکن است مقاومت به قلیائیت را در گوجه‌فرنگی از طریق افزایش جذب و جابجایی عنصر کم‌مصرف آهن بالا ببرد و از طرفی با در نظر گرفتن اهمیت گوجه‌فرنگی در رژیم غذایی انسان و تأثیر این عنصر در چرخه زندگی گیاه، هزینه متعادل کردن درجه قلیائیت در آب و خاک و هم‌چنین افزایش روزافزون جمعیت شهری و کاهش دسترسی به منابع آب با

جدول ۱. برهمکنش غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم و پایه بر میزان آهن شاخساره (میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) گوجه‌فرنگی پیوندی روی پایه‌های مختلف

پایه	شاهد	بی‌کربنات سدیم (۵ میلی مولار)	بی‌کربنات سدیم (۱۰ میلی مولار)
گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای	۵۸/۸۶±۵/۸۸۹b†	۲۲/۵۳±۱/۴۱۶jk	۱۶/۸۴±۰/۶۴۸k
گوجه‌فرنگی مزرعه‌ای	۷۶/۲۳±۳/۰۵۰a	۴۵/۲۳±۰/۹۲۶ef	۳۸/۱۱±۱/۶۲۳gh
داتوره	۵۴/۶۳±۱/۵۳۸bc	۴۶/۵۸±۱/۸۸۴de	۴۲/۳۳±۱/۴۵۱efg
تاجریزی قرمز	۳۹/۷۰±۰/۰۵۷fgh	۲۶/۷۶±۱/۱۶۰j	۱۶/۹۳±۱/۴۹۴k
تنباکو	۵۱/۸۳±۲/۷۱۰cd	۳۳/۵۰±۱/۹۰۸hi	۲۵/۴۸±۳/۶۷۱j
بادمجان	۳۶/۷۶±۱/۸۹۴gh	۲۷/۶۴±۱/۲۹۵jz	۲۵/۴۰±۰/۷۳۷j
منابع تغییرات			
تجزیه واریانس	پایه	بی‌کربنات سدیم	پایه × بی‌کربنات سدیم
درجه آزادی	۵	۲	۱۰
میانگین مربعات	۹۴۵/۸۰**	۳۱۷۹/۲۵**	۱۵۴/۸۷**

†: مقادیر مثبت و منفی نشان‌دهنده خطای استاندارد (±SE) می‌باشد. حروف متفاوت در هر ستون و ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۱٪ آزمون LSD است. **: معنی‌دار در سطح ۱٪.

هم‌چنین اثر نوع پایه در سطح ۱٪ معنی‌دار بودند (جدول ۲). تحت شرایط بدون تنش، محتوای آهن شاخساره گیاهان پیوند شده روی پایه گوجه‌فرنگی مزرعه‌ای به‌طور معنی‌داری نسبت به سایر گیاهان پیوندی و غیرپیوندی بیشتر بود. افزایش غلظت بی‌کربنات سدیم باعث کاهش میزان آهن شاخساره در تمام پایه‌ها شد. بیشترین درصد کاهش در محتوای آهن شاخساره در غلظت ۱۰ میلی‌مولار مربوط به گیاهان شاهد (گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای) بود. هم‌چنین، در همین سطح از تیمار، کمترین میزان کاهش را در مقایسه با شاهد، گیاهان پیوند شده روی پایه داتوره داشتند (جدول ۱).

نتایج ارائه شده در جدول ۲ نشان می‌دهد که گیاهان پیوند شده روی پایه داتوره تحت تأثیر تیمار ۱۰ میلی‌مولار بی‌کربنات سدیم، محتوای آهن ریشه بیشتری نسبت به گیاهان شاهد داشتند و محتوای آهن ریشه گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای در همین سطح از تیمار در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. اثر پایه و بی‌کربنات سدیم بر شاخص سبزی‌نگی در سطح

حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانیده شد. این عصاره به‌طور مستقیم برای اندازه‌گیری عنصر آهن مورد استفاده قرار گرفت. محتوای عنصر آهن در ریشه و شاخساره گیاهان توسط دستگاه جذب اتمی (مدل GBC AVANTA ساخت کشور استرالیا) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری شاخص سبزی‌نگی (SPAD)، از هر گلدان تعداد ۴ برگ در گره‌های ۳ و ۶ انتخاب و میزان سبزی‌نگی با دستگاه SPAD-502 Chlorophyll Meter ساخت کشور ژاپن قرائت شد. آنالیز داده‌های آماری حاصل از این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین تیمارها در سطوح ۱ و ۵ درصد توسط آزمون LSD انجام شد.

نتایج

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که محتوای آهن شاخساره به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر پایه، بی‌کربنات سدیم و اثر متقابل آنها قرار گرفت (جدول ۱). اما در ارتباط با میزان آهن ریشه، برهمکنش بی‌کربنات سدیم و پایه در سطح ۵٪ و

جدول ۲. برهمکنش غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم و پایه بر میزان آهن ریشه (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) گوجه‌فرنگی پیوندی روی پایه‌های مختلف.

پایه	شاهد (صفر میلی‌مولار)	بی‌کربنات سدیم (۵ میلی‌مولار)	بی‌کربنات سدیم (۱۰ میلی‌مولار)
گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای	۴۸۱/۰۰±۲۸/۴۰†abc	۳۷۵/۸۰±۴۰/۲۷b-g	۳۱۷/۷۰±۶۰/۵۴efg
گوجه‌فرنگی مزرعه‌ای	۴۵۶/۲۰±۶۵/۶۴a-e	۴۹۹/۲۳±۱۰۱/۷۳ab	۴۷۲/۴۰±۴۴/۵۴a-d
داتوره	۳۲۷/۱۷±۳۱/۷۸d-g	۲۹۶/۰۷±۳۱/۶۳fg	۵۴۲/۱۳±۳۴۹/۹a
تاجریزی قرمز	۴۷۰/۶۷±۳۶/۹۵a-d	۳۹۷/۶۳±۳۱/۷۹a-f	۳۴۷/۵۷±۳۱/۸۵c-g
تنباکو	۴۱۴/۳۳±۵۶/۸۶a-f	۳۰۳/۹۷±۳۷/۸۴fg	۲۷۵/۲۳±۲۸/۲۳fg
بادمجان	۲۵۷/۹۳±۶۳/۹۱g	۳۳۳/۳۷±۲۶/۷۳c-g	۳۵۴/۰۳±۲۳/۴۸b-g
منابع تغییرات			
تجزیه واریانس	پایه	بی‌کربنات سدیم	پایه × بی‌کربنات سدیم
درجه آزادی	۵	۲	۱۰
میانگین مربعات	۲۹۷۳۰/۵۱**	۵۰۶۲/۸۰ ^{ns}	۲۱۲۲۴/۶۸۲*

†: مقادیر مثبت و منفی نشان‌دهنده خطای استاندارد (SE) می‌باشد. حروف متفاوت در هر ستون و ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD است. **، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

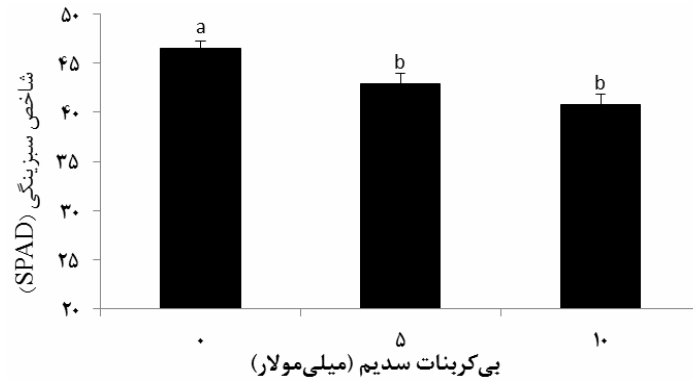
تحت تیمار ۱۰ میلی‌مولار بی‌کربنات سدیم بود. از طرف دیگر، در همین سطح از تیمار، گیاهان پیوند شده روی پایه داتوره کمترین میزان کاهش در محتوای آهن شاخساره را در مقایسه با گیاهان بدون تنش داشتند (جدول ۱). صرف‌نظر از نوع پایه به‌کار رفته، در ریشه‌های گیاهان گوجه‌فرنگی، مقادیر بیشتری از آهن در مقایسه با شاخساره تجمع یافت (جدول ۲). در تطابق با نتایج این پژوهش، غلظت آهن در شاخساره هندوانه‌های غیرپیوندی و پیوند شده روی پایه کدو با افزایش غلظت بی‌کربنات سدیم کاهش قابل توجهی داشت و این کاهش در هندوانه‌های غیرپیوندی محسوس‌تر بود. هم‌چنین، غلظت آهن در ریشه تمام پایه‌ها بیشتر از شاخساره بود (۱۱).

عنصر آهن به‌واسطه سهولت تغییر ظرفیت آن ($Fe^{3+} = Fe^{2+} - e^-$)، نقش مهمی در فرآیندهای انتقال انرژی در گیاه بازی می‌کند (۸). کمبود آهن باعث توقف سنتز کلروفیل می‌شود. این امر به نوبه خود باعث کاهش تولید فرآورده‌های فتوسنتزی شده و در نهایت رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۵). گیاهان قادر به

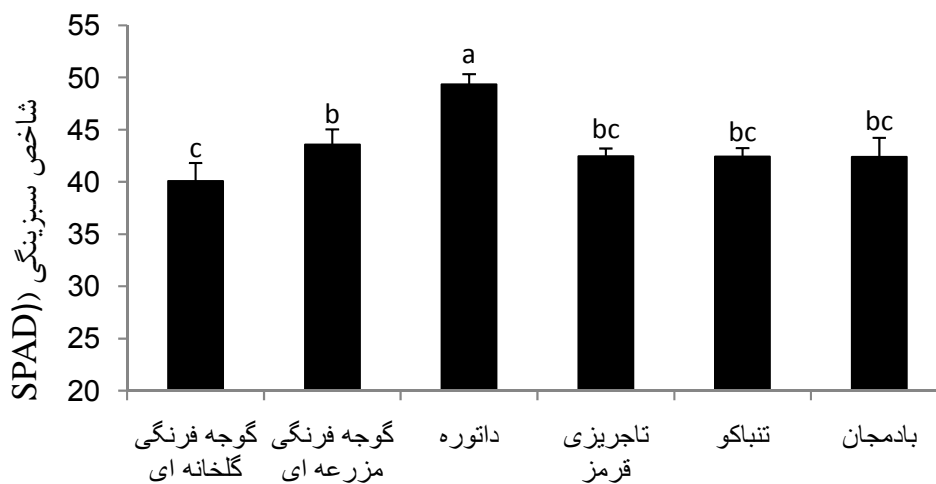
۱٪ معنی‌دار شد. اما اثرهای برهمکنش پایه و بی‌کربنات سدیم معنی‌دار نبود. صرف‌نظر از نوع پایه به‌کار رفته، بی‌کربنات سدیم در غلظت‌های ۵ و ۱۰ میلی‌مولار به‌طور معنی‌داری شاخص سبزی‌نگی را در مقایسه با شاهد کاهش داد (شکل ۱). به‌طوری‌که کمترین میزان شاخص سبزی‌نگی در تیمار ۱۰ میلی‌مولار مشاهده شد، که البته با تیمار ۵ میلی‌مولار اختلاف معنی‌داری نداشت. در بین پایه‌ها، داتوره از نظر میزان شاخص سبزی‌نگی با اختلاف معنی‌دار در بالاترین سطح قرار گرفت و کمترین مقدار مربوط به پایه گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای (شاهد) بود (شکل ۲).

بحث

در پژوهش حاضر، محتوای آهن شاخساره گیاهان گوجه‌فرنگی پیوندی و غیرپیوندی تحت تأثیر تیمار بی‌کربنات سدیم به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. بیشترین میزان کاهش در محتوای آهن شاخساره مربوط به گیاهان شاهد (گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای) و



شکل ۱. اثر غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم بر شاخص سبزینگی (SPAD) گوجه‌فرنگی پیوندی روی پایه‌های مختلف. شاخص بالای هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد ($\pm SE$) می‌باشد. وجود حداقل یک حرف مشترک در بالای ستون‌ها نشانه عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD می‌باشد.



پایه‌های مورد استفاده

شکل ۲. اثر نوع پایه بر شاخص سبزینگی (SPAD) گوجه‌فرنگی پیوندی روی پایه‌های مختلف. شاخص بالای هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد ($\pm SE$) می‌باشد. وجود حداقل یک حرف مشترک در بالای ستون‌ها نشانه عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD می‌باشد.

برای جذب و انتقال آهن به شاخساره‌ها باشد (۲۰). دو فرضیه برای توضیح کلروز آهن تحریک شده توسط بی‌کربنات وجود دارد. فرضیه اول پیشنهاد می‌کند که بی‌کربنات در ریزوسفر از جذب آهن جلوگیری می‌کند. در حالی که فرضیه دوم بیان می‌دارد که آهن جذب می‌شود، اما به دلیل قلیایی شدن بافت‌های ریشه توسط بی‌کربنات، غیرفعال می‌گردد. ایراد اصلی فرضیه دوم در برخی گیاهان که در آنها پ-هاش شیره آوند چوبی یا

استفاده از هر دو فرم یونی آهن هستند. با این وجود، برای جذب آهن Fe^{3+} باید تبدیل به فرم Fe^{2+} شود (۸). تحت شرایط قلیائیت با پ-هاش زیاد، Fe^{2+} به Fe^{3+} اکسید شده که نسبتاً برای گیاه غیرقابل دسترس است. به ازای هر واحدی که به پ-هاش افزوده می‌شود، قابل دسترس بودن Fe^{2+} و Fe^{3+} به ترتیب ۱۰۰ و ۱۰۰۰ برابر کاهش می‌یابد (۷). کاهش در قابلیت استفاده آهن می‌تواند به دلیل عدم توانایی گیاهان حساس

مایع آپوپلاستی برگ به‌طور قابل توجهی افزایش نمی‌یابد، نمایان می‌گردد (۲۱). قرار گرفتن دانه‌های سیب در محلول غذایی شامل یک میلی‌مولار بی‌کربنات سدیم، باعث کاهش غلظت آهن گیاه از ۱۳۰ به ۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم شد (۲۸). در گیاهان آفتابگردان ناکارا، در جذب آهن و هم‌چنین لوپین سفید، در اثر کاربرد بی‌کربنات سدیم، جذب آهن به‌ترتیب ۱۴ و ۳۸ درصد کاهش یافت (۲ و ۹). هم‌چنین، نتایج مشابهی برای ذرت، سورگوم و جو رشد کرده در محلول شامل ۵ تا ۲۰ میلی‌مولار بی‌کربنات گزارش شده است. حتی غلظت ۵ میلی‌مولار بی‌کربنات به‌طور معنی‌داری میزان آهن در بافت‌های شاخساره و ریشه را برحسب غلظت هر دو (میلی‌گرم آهن بر کیلوگرم وزن خشک) کاهش داد (۴). میزان آهن تجمع یافته در شاخساره درختان انگور، زمانی که ۴ هفته در محلول غذایی حاوی ۱۰ میلی‌مولار بی‌کربنات سدیم قرار گرفتند، به اندازه ۵۰٪ کاهش داشت (۲۱). برگ‌ها و ریشه‌های پایه‌های هلو، وقتی که با بی‌کربنات سدیم در غلظت‌های ۵ تا ۱۰ میلی‌مولار تیمار شدند، کاهش معنی‌داری در غلظت آهن نشان دادند (۱۳). بی‌کربنات در غلظت ۱۰ میلی‌مولار، تأثیری بر غلظت آهن در برگ و ساقه نخود فرنگی نداشت. اما محتوای آن را در شاخساره به میزان معنی‌داری در مقایسه با شاهد کاهش داد. هم‌چنین، غلظت آهن در ریشه گیاهان نخودفرنگی که تحت تیمار بی‌کربنات قرار گرفته بودند به‌میزان قابل توجهی افزایش یافت (۲۹). کاهش غلظت آهن در شاخساره، ناشی از کاهش رشد شاخساره و عدم توانایی آن در جهت انتقال آهن دانسته شد. در پژوهش‌هایی که روی سویا، ذرت و نخود فرنگی انجام گرفت میزان آهن در ریشه در مقایسه با بخش‌های هوایی به‌مراتب بیشتر بود (۲۵ و ۲۹). افزایش قابل توجه غلظت آهن در ریشه‌های گیاهان رشد کرده روی محیط بی‌کربنات می‌تواند به‌وسیله یکی از دو احتمال یا هر دو احتمال زیر شرح داده شود:

الف) آنیون بی‌کربنات، که شاید در آپوپلاست ریشه‌ها انباشته شده باشد، می‌تواند کاتیون‌های آهن (Fe^{2+} و Fe^{3+}) را به‌واسطه قدرت شیمیایی خود نگه دارد.

ب) بی‌کربنات، که پ-هاش ریزوسفر را در سطح بالا (۸-۸/۵) نگه می‌دارد، می‌تواند باعث ممانعت از فعالیت احیا شدن آهن شود (این واکنش به منظور جذب آهن به‌صورت سیم‌پلاسم در ریشه ضروری است) و در نهایت منجر به تجمع آهن در آپوپلاست ریشه‌ها می‌شود (۲۹).

شاخص SPAD بیانگر رنگ سبز برگ بوده که محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی را نشان می‌دهد و در تحقیقات مربوط به کلروز آهن به میزان وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۵). کاهش جذب و انتقال آهن تحت شرایط تنش قلیائیت به‌واسطه نقش آهن در بیوسنتز کلروفیل، منجر به کاهش میزان شاخص سبزیگی می‌شود (۱۳). کاهش در قابلیت استفاده آهن، اثر منفی بر محتوای کلروفیل و دیگر اجزای کلروپلاست‌ها داشته (۱۵) که پی‌آمد آن کاهش فتوسنتز و در نهایت محدود شدن رشد گیاه است (۱۳).

در پژوهش حاضر، صرف‌نظر از نوع پایه به‌کار رفته، بی‌کربنات سدیم در غلظت‌های ۵ و ۱۰ میلی‌مولار به میزان معنی‌داری شاخص سبزیگی را در مقایسه با شاهد کاهش داد (شکل ۱). در تطابق با نتایج این پژوهش، شاخص سبزیگی در آفتابگردان و انگور (۱۷)، پایه‌های زیتون و هلو (۱۳)، پایه هلو رقم نماگارد (۳) و گیاهان رز و ختمی (۲۶) نیز تحت تیمار بی‌کربنات سدیم کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد داشت. در بین پایه‌ها، داتوره از نظر میزان شاخص سبزیگی با اختلاف معنی‌داری در بالاترین سطح قرار گرفت و کمترین مقدار مربوط به پایه گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای بود (شکل ۲). در پژوهش‌هایی که روی گیاهان پیوندی صورت گرفته، مشخص شده که افزایش میزان مقاومت به تنش بیشتر به‌وسیله ژنوتیپ پایه تعیین می‌شود (۱). هم‌چنین، شماری از تحقیقات انجام گرفته نیز نشان داده‌اند که پیوند می‌تواند باعث بالا بردن کارایی جذب مواد غذایی (۱۲ و ۲۳) و مقاومت به قلیائیت شود (۱۱). در پژوهش حاضر نیز با توجه به نتایج موجود در جدول ۱ و با مد نظر داشتن همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r^2=0.55^{**}$) بین شاخص سبزیگی و محتوای آهن شاخساره، می‌توان بالاتر بودن میزان

بودند. از طرفی، نتایج نشان داد که مقادیر شاخص SPAD در گیاهان پیوند شده روی پایه داتوره، در مقایسه با سایر گیاهان غیرپیوندی و پیوند شده روی پایه‌های دیگر، بزرگتر بود. بنابراین، چنین نتیجه گرفته می‌شود که پیوند گوجه‌فرنگی بر روی پایه داتوره می‌تواند یک ابزار مناسب جهت بهبود مقاومت به قلیائیت گیاهان گوجه‌فرنگی تحت شرایط تنش بی‌کربنات سدیم فراهم نماید.

شاخص سبزینگی در پایه داتوره را به توانایی بهتر این پایه تحت شرایط بی‌کربنات در انتقال آهن به شاخساره نسبت داد.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، مشخص شد که گیاهان گوجه‌فرنگی پیوند شده روی پایه داتوره، در مقایسه با سایر گیاهان پیوندی و غیرپیوندی، قادر به تجمع مقادیر بیشتری از آهن در بخش‌های هوایی خود تحت تنش بی‌کربنات سدیم

منابع مورد استفاده

1. Alcántara, E., A.M. Cordeiro and D. Barranco. 2003. Selection of olive varieties for tolerance to iron chlorosis. J. Plant Physiol. 160: 1467-1472.
2. Alcántara, E., F.J. Romera and M.D. de la Guardia. 1988. Genotypic differences in bicarbonate-induced iron chlorosis in sunflower. J. Plant Nutr. 11: 65-67.
3. Alcántara, E., F.J. Romera, M. Cañete and M.D. de la Guardia. 2000. Effects of bicarbonate and iron supply on Fe(III) reducing capacity of root and leaf chlorosis of the susceptible peach rootstock 'Nemaguard'. J. Plant Nutr. 23: 1607-1617.
4. Alhendawi, R.A., V.E. Römheld, A. Kirkby and H. Marschner. 1997. Influence of increasing bicarbonate concentrations on plant growth, organic acid accumulation in roots and iron uptake by barley, sorghum and maize. J. Plant Nutr. 20: 1731-1753.
5. Álvarez-Fernández, A., S. García-Marco and J.J. Lucena. 2005. Evaluation of synthetic iron(III)-chelates (EDDHA/Fe³⁺, EDDHMA/Fe³⁺ and the novel EDDHSA/Fe³⁺) to correct iron chlorosis. Eur. J. Agron. 22: 119-130.
6. Ayers, R.S. and D.W. Westcot. 1976. Water Quality for Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, pp. 7-14.
7. Barber, S.A. 1995. Soil Nutrient Bioavailability: A Mechanistic Approach, 2nd ed., John Wiley & Sons, New York, pp. 71-76.
8. Benton Jones Jr., J. 2007. Tomato Plant Culture: In the Field, Greenhouse and Home Garden. 2nd ed., CRC Press, London, pp. 151-153.
9. Bertoni, G.M., A. Pissaloux, P. Morad and D.R. Sayag. 1992. Bicarbonate-pH relationship with iron chlorosis in white lupine. J. Plant Nutr. 15: 1509-1518.
10. Carter, C.T., C.M. Grieve and J.A. Poss. 2005. Salinity effects on emergence, survival, and ion accumulation of *Limonium perezii*. J. Plant Nutr. 28: 1243-1257.
11. Colla, G., Y. Rouphael, M. Cardarelli, A. Salerno and E. Rea. 2010a. The effectiveness of grafting to improve alkalinity tolerance in watermelon. Environ. Exp. Bot. 68: 283-291.
12. Colla, G., Y. Rouphael, C. Leonardi and Z. Bie. 2010b. Role of grafting in vegetable crops grown under saline conditions. Sci. Hort. 127: 147-155.
13. De la Guardia, M.D. and E. Alcántara. 2002. Bicarbonate and low iron level increase root to total plant weight ratio in olive and peach rootstock. J. Plant Nutr. 25: 1021-1032.
14. Hoagland, D.R. and D.I. Arnon. 1950. The water culture method for growing plants without soil. Circular 347, California Agricultural Experiment Station, University of California, Berkeley, CA.
15. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 11th ed., London, pp. 535-554.
16. Nagarathnamma, R. 2006. Evaluation of groundnut genotypes for lime induced chlorosis tolerance. Plant Soil 140: 175-190.
17. Nikolic, M. and V. Römheld. 2002. Does high bicarbonate supply to roots change availability of iron in the leaf apoplast? Plant Soil 241: 67-74.
18. Pardo, J.M., M.P. Reddy and S. Yang. 1998. Stress signaling through Ca²⁺/calmodulin dependent protein phosphatase calcineurin mediates salt adaptation in plants. Proc. Natl. Acad. Sci., U.S.A., 95: 9681-9686.

19. Petersen, F.H. 1996. Water testing and interpretation. PP. 31-49. *In*: Reed, D.W. (Ed.), Water, Media and Nutrition, Ball Publishing, Batavia, IL.
20. Reynier, A. 1997. Manuel de viticulture. Guide technique Manuel de viticulture, du viticulteur (Lavoisier). 7^{ème} éd, Baillière, Paris.
21. Römheld, V. 2000. The chlorosis paradox: Fe inactivation as a secondary event in chlorotic leaves of grapevine. *J. Plant Nutr.* 23: 1629-1643.
22. Roosta, H.R. 2011. Interaction between water alkalinity and nutrient solution pH on the vegetative growth, chlorophyll fluorescence and leaf Mg, Fe, Mn and Zn concentrations in lettuce. *J. Plant Nutr.* 34: 717-731.
23. Roupheal, Y., M. Cardarelli, G. Colla and E. Rea. 2008. Yield, mineral composition, water relations, and water use efficiency of grafted mini-watermelon plants under deficit irrigation. *Hort. Sci.* 43: 730-736.
24. Schwarz, D., Y. Roupheal, G. Colla and J.H. Venema. 2010. Grafting as a tool to improve tolerance of vegetables to abiotic stresses: Thermal stress, water stress and organic pollutants. *Sci. Hort.* 127: 162-171.
25. Strasser, O., K. Kohl and V. Romheld. 1999. Over estimation of apoplastic Fe in roots of soil grown plants. *Plant Soil* 210: 179-187.
26. Valdez-Aguilar, L.A. and D.W. Reed. 2007. Response of selected greenhouse ornamental plants to alkalinity in irrigation water. *J. Plant Nutr.* 30: 441-452.
27. Valdez-Aguilar, L.A. and D.W. Reed. 2010. Growth and nutrition of young bean plants under high alkalinity as affected by mixtures of ammonium, potassium and sodium. *J. Plant Nutr.* 33: 1472-1488.
28. Zhou, H.J., R.F. Korcak, F. Fan and M. Faust. 1984. The effect of bicarbonate induced Fe chlorosis on mineral content and Ca⁴⁵ uptake of apple seedlings. *J. Plant Nutr.* 7: 1355-1364.
29. Zribi, K. and M. Gharsalli. 2002. Effect of bicarbonate on growth and iron nutrition of pea. *J. Plant Nutr.* 25: 2143-2149.

Effect of eggplant, field tomato, datura, orange nightshade and Iranian tobacco rootstocks on iron and chlorophyll concentrations in grafted tomato

Y. Mohsenian Sisakht¹ and H. R. Roosta^{1*}

(Received: 10 Jun 2012 ; Accepted: 14 April 2013)

Abstract

Among the most important quality parameters of irrigation water used for greenhouse crops, alkalinity of water is considered critical due to its impact on pH of soil or growing medium solution. In this study, shoot and root Fe contents and SPAD index were investigated in non-grafted and grafted tomato (greenhouse tomato) plants onto five rootstocks (eggplant, datura, orange nightshade, local Iranian tobacco, and field tomato), exposed to 0, 5 and 10 mM NaHCO₃ concentration, to determine whether grafting could improve alkalinity tolerance of tomato. Results showed that significant reduction of shoot and root Fe content under high NaHCO₃ level was observed in both grafted and ungrafted plants. The highest reduction in the shoot Fe content was observed in control plants (greenhouse tomato) under 10 mM sodium bicarbonate. Values of SPAD index was decreased significantly at 5 and 10 mM NaHCO₃ irrespective of rootstock type. Adjusted pH of the solution surrounding the roots in datura rootstock may have possibly a role in the reduction of bicarbonate-induced deleterious effects. Thus, it is concluded that using datura rootstock could improve alkalinity tolerance of tomato plants under NaHCO₃ stress.

Keywords: Rootstock, SPAD index, Sodium bicarbonate.

1. College of Agric., Valie Asr Univ. of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran.

*: Corresponding Author, Email: roosta_h@yahoo.com