اثر محدودسازی کاربرد فسفر در کنترل ارتفاع و بهبود کیفیت گیاه شمعدانی معمولی (*Pelargonium hortorum* cv. Bulles Eye)

عزیزاله خندان میرکوهی[1*]، فرزانه کاظمی[1]، مصباح بابالار[1] و روح‌انگیز نادری[1]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۸/۱۰)

چکیده

به منظور تعیین اثر کاربرد محدود فسفر در کنترل ارتفاع و بهبود کیفیت گل شمعدانی (*Pelargonium hortorum* cv. Bulles Eye) آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سال ۹۱-۱۳۹۰ اجرا شد. گیاهان در بستر کشت با پایه پیت (به نسبت حجمی ۸۰٪ پیت+ ۲۰٪ خاک زراعی با بافت لوم) کشت شدند. تیمارها در قالب چهار محلول غذایی (سطوح ۰/۲، ۰/۱۵، ۰/۱ و ۰/۰۵ میلی‌مولار فسفر) اعمال گردیدند. در پایان آزمایش، صفات ارتفاع، تعداد و طول شاخه جانبی، تعداد گل‌آذین، تعداد گل در گل‌آذین، طول دمگل، وزن تر و خشک شاخه و ریشه، تعداد برگ و سطح برگ، محتوای کلروفیل و آنتوسیانین‌های برگ مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج آنالیز داده‌ها نشان داد که تیمار ۰/۰۵ میلی‌مولار فسفر اگرچه منجر به کاهش ارتفاع گیاهان و طول دمگل‌ها شد، ولی وزن تر و خشک شاخه و ریشه، محتوای کلروفیل برگ و تعداد و سطح برگ را نیز به طور منفی متأثر ساخت و نهایتاً منجر به تولید گیاهانی با کیفیت بازارپسند نشد. در حالی که کاهش میزان کاربرد فسفر تا سطح ۰/۱ میلی‌مولار، علاوه بر کاهش ارتفاع، سایر صفات کمی و کیفی مورد بررسی را تحت تأثیر منفی قرار نداد. بنابراین، محدود کردن کاربرد فسفر تا سطح ۰/۱ میلی‌مولار به‌منظور دستیابی به خصوصیات کیفی مطلوب و نیز کاهش مصرف این عنصر توسط گل شمعدانی قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: بستر کشت پیت، محلول غذایی، آنتوسیانین، کلروفیل

مقدمه

دستیابی به گیاهان گلدانی فشرده، کوتاه و پرشاخه در مرحله‌ی برداشت و گیاهان باغچه‌ای قوی و کوتاه در مرحله‌ی انتقال نشا، از جمله اهداف تولیدکنندگان این محصولات می‌باشد. گیاهان زینتی گلدانی باید دارای ارتفاع کم و تعداد شاخه کافی با ظاهری مشتری‌پسند باشند. همچنین، کنترل رشد گیاهان باغچه‌ای در مرحله‌ی انتقال نشا به پایداری و قدرت گیاه در استقرار کمک می‌نماید

شمعدانی معمولی از جمله گیاهان زینتی پرمصرف و دارای طرفدار در بازارهای جهانی است. این گیاه با توجه به تنوع کم نظیر آن و دوره‌ی گل‌دهی طولانی، مقام دوم تجارت گیاهان باغچه‌ای را به‌خود اختصاص داده است (۵).

شرایط مطلوب رشد از نظر رطوبت، دما، نور و تغذیه‌ی بهینه سبب تسریع در رشد شمعدانی شده و اغلب منجر به تولید گیاهانی با شاخه‌های طویل و آبدار، سیستم ریشه‌ای ضعیف و حساس در برابر عوامل تنش‌زا، آفات و بیماری‌ها

۱. گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: khandan.mirkohi@ut.ac.ir

می‌گردد (۳). این شرایط شاید در تولید محصولات سبزی و صیفی و دیگر محصولات باغبانی مطلوب باشد، ولی برای تولید گیاهان زینتی ایده‌آل نیست. تولیدکنندگان گیاهان زینتی گلدانی و باغچه‌ای معمولاً به دنبال روش‌هایی هستند که طی آن گیاهان را از نظر کیفی مشتری‌پسند و در برابر نوسانات و تغییر شرایط محیطی، آفات و بیماری‌ها و دوره‌ی پس از برداشت و حمل و نقل مقاوم‌تر نمایند.

کنترل رشد رویشی گیاهان زینتی به طرق مختلف، از جمله مصرف مواد شیمیایی کند کننده‌ی رشد، رایج می‌باشد. ولی اخیراً الزامات زیست‌محیطی مصرف این مواد را محدود نموده است. به همین دلیل، روش‌های غیر شیمیایی بیش از پیش مورد توجه تولیدکنندگان این محصولات قرار گرفته است. تغذیه‌ی محدود، به‌ویژه در دوره‌ی فعال رشد رویشی، می‌تواند به عنوان قابل کنترل‌ترین عامل رشد رویشی محصولات گلدانی و باغچه‌ای به کار رود (۸).

غیرقابل دسترس نمودن فسفر به روش بافرسازی یا کاربرد فسفر تثبیت شده با آلومینیوم در کنترل رشد گیاه گلدانی جعفری و حنا، تأثیر مثبت محدودسازی دسترسی عنصر فسفر را در کنترل رشد ثابت کرده است (۳). همچنین، محدودیت کاربرد فسفر در گل حنا سبب تیره‌تر شدن رنگ برگ‌ها و افزایش ارزش زینتی این گیاه شده است (۷). اثرهای کلی تغذیه با فسفر کمتر از حد مطلوب، کاهش وزن تر و ارتفاع گیاه می‌باشد. کاهش مصرف فسفر، رشد، ارتفاع، تعداد شاخه جانبی و تعداد گل‌ها را در گیاه زینتی سلوی کاهش داد. همچنین، کاهش سطح برگ اثر منفی بر ظاهر این گیاه داشت. به‌واسطه‌ی تنش کمبود فسفر در گل حنا، وزن شاخه، ارتفاع، عرض گیاه و تعداد میانگره‌ها کاهش یافت؛ در حالی که تعداد شاخه و تعداد گل‌ها متأثر نگردید ودر مقایسه با تیمار شاهد هیچ اثر منفی در ظاهر گیاه مشاهده نشد. این موضوع دلالت بر این دارد که می‌توان بدون کاربرد کندکننده‌های شیمیایی رشد، به محصولی متراکم و فشرده دست یافت (۲).

با توجه به تحقیقات انجام شده، هدف از این تحقیق بررسی اثر کاربرد محدود فسفر در تولید خصوصیات گیاه زینتی شمعدانی با کیفیت ظاهری مناسب و بازارپسند می‌باشد.

مواد وروش‌ها

بذرهای گیاه زینتی شمعدانی معمولی (*Pelargonium hortorum* cv. Bulles Eye) در سینی‌های کشت ۷۰ تایی کشت داده شدند. در ابتدای پاییز، دانهال‌های حاصل در مرحله‌ی رشد ۴-۶ برگی و ارتفاع ۶-۸ سانتی‌متر به گلدان‌های پلاستیکی به قطر ۱۲ سانتی‌متر انتقال یافتند. محیط کشت گیاهان از مخلوط کردن ۲۰٪ حجمی خاک با بافت لوم رسی و ۸۰٪ حجمی پیت سیاه (هر دو غربال شده با الک ۲ میلی‌متری)، تهیه گردید. دانهال‌های کشت شده در گلدان‌ها در گلخانه‌ای با پوشش شیشه‌ای، در شرایط نور طبیعی گلخانه و دمای روز و شب به ترتیب ۳±۲۵ و ۳±۱۸ درجه سلسیوس قرار گرفتند. مدت زمان پرورش گیاهان از آبان ماه ۱۳۹۰ تا اردیبهشت ۱۳۹۱ در نظر گرفته شد. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار و سه تکرار و سه گیاه در هر واحد آزمایش و در مجموع با ۳۶ گیاه انجام شد. چهار سطح فسفر (۰/۲، ۰/۱۵، ۰/۱ و ۰/۰۵ میلی‌مولار، به‌ترتیب تیمارهای یک تا چهار) به‌کار گرفته شد. سطح ۰/۲ میلی‌مولار فسفر به عنوان سطح کفایت این عنصر برای گیاه در نظر گرفته شد (۱۰). در تمامی تیمارها از ۸۰٪ نیتروژن نیتراتی و ۲۰٪ نیتروژن آمونیومی استفاده گردید. سایر عناصر پرمصرف و کم مصرف در تیمارها مشابه بودند (جداول ۱ و ۲).

برای تهیه محلول‌های غذایی و تأمین عناصر پرمصرف، از نمک‌های KH_2PO_4، $Ca(NO_3)_2$، $CaCl_2$، $(NH_4)_2SO_4$، $MgSO_4$، KCl و K_2SO_4 استفاده شد. جهت ساخت محلول‌های غذایی از آب گلخانه استفاده گردید. چون اسیدی شدن محیط کشت گیاه شمعدانی از مشکلات آن ذکر شده است (۱۱)، بنابراین، pH محلول‌های غذایی در ۰/۲ ± ۶/۵ تنظیم گردید.

جدول ۱. غلظت عناصر پرمصرف (میلی‌مولار) مورد استفاده در محلول‌های غذایی

تیمار	عنصر (میلی مولار)					
	نیتروژن (N)	فسفر (P)	پتاسیم (K)	کلسیم (Ca)	منیزیم (Mg)	گوگرد (S)
۱	۲/۵	۰/۲	۰/۷۵	۲	۱	۱/۲۵
۲	۲/۵	۰/۱۵	۰/۷۵	۲	۱	۱/۲۵
۳	۲/۵	۰/۱۰	۰/۷۵	۲	۱	۱/۲۵
۴	۲/۵	۰/۰۵	۰/۷۵	۲	۱	۱/۲۵

جدول ۲. غلظت و منبع عناصر کم‌مصرف مورد استفاده در تهیه محلول‌های غذایی

عنصر	مواد شیمیایی مورد استفاده	غلظت (میلی‌گرم در لیتر)
آهن (Fe)	Fe-EDDHA	۱۰
بور (B)	H_3BO_3	۱/۵
منگنز (Mn)	$MnSO_4$	۲
روی (Zn)	$ZnSO_4$	۱
مس (Cu)	$CuSO_4$	۰/۲۵
مولیبدن (Mo)	NH_4MoO_4	۰/۰۵

گیاهان براساس تخمین میزان آب از دست رفته از محیط کشت با روش اندازه‌گیری کاهش وزن گلدان‌های شاهد بدون گیاه و حاوی گیاه از هر تیمار، به صورت دستی و پای گیاه محلول‌دهی شدند. محلول‌دهی به صورت دو روز یکبار با محلول‌های غذایی انجام گرفت.

تعداد شاخه و طول آنها، تعداد گل‌آذین در هر بوته، تعداد گل در گل‌آذین و طول دمگل در طول دوره رشد، و ارتفاع گیاهان (سانتی‌متر) از سطح خاک تا بالاترین میانگره در مرحله‌ی نهایی رشد گیاه (۶ ماه پس از انتقال به گلدان) اندازه‌گیری شد. سپس، کل بخش هوایی از سطح خاک با چاقوی تیز بریده شد و بلافاصله وزن تر بدون گل‌آذین با ترازوی دقیق ثبت و سپس به خشک‌کن با دمای ۷۰ درجه سلسیوس منتقل شد. پس از خارج شدن از خشک‌کن، وزن خشک بخش هوایی اندازه‌گیری شد.

میانگین سطح سه برگ جوان و خوب گسترش یافته از هر بوته با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج (ΔT-England) اندازه‌گیری و سپس با ضرب در تعداد برگ هر بوته، سطح برگ کل بوته محاسبه شد. ریشه هر بوته زیر شیر آب و با استفاده از صافی‌های ۰/۵ میلی‌متری از خاک گلدان جدا شد. سپس آب سطحی ریشه‌ها به آرامی با استفاده از دستمال نرم گرفته و وزن تر ریشه ثبت شد. وزن خشک ریشه‌ها با قرار دادن آنها در خشک‌کن با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت یک شبانه‌روز، اندازه‌گیری شد. شاخص آنتوسیانین‌های برگ مطابق روش واگنر (۱۲) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۵۰ نانومتر و محتوای کلروفیل مطابق روش آرنون (۱) اندازه‌گیری شد. داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) و میانگین‌های به‌دست آمده با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ مقایسه شدند.

نتایج و بحث

کاهش سطح فسفر در محلول غذایی، غلظت کلروفیل را در گیاه شمعدانی در برداشت نهایی متأثر ساخت. تیمار ۰/۰۵ میلی‌مولار

فسفر موجب کاهش معنی‌داری در غلظت کلروفیل شد (شکل ۱). تحت شرایط کمبود فسفر، توسعه‌ی سلولی و برگی نسبت به تشکیل کلروفیل بیشتر محدود می‌شود. در مورد کمبود فسفر، اندازه‌ی کوچک و رنگ سبز تیره‌ی پهنک‌های برگ، نتیجه‌ی توسعه‌ی ناکافی سلولی و تعداد بیشتر سلول در هر ناحیه سطح برگ می‌باشد. بنابراین، محتوای کلروفیل به ازای واحد برگ بیشتر خواهد بود و گیاهان دچار کمبود فسفر، اغلب دارای برگ‌های با رنگ سبز تیره‌تر نسبت به گیاهان طبیعی هستند (۹). در این تحقیق، به‌نظر می‌رسد که تنش شدید کمبود فسفر (۰/۰۵ میلی‌مولار) با کاهش جذب نیتروژن توسط گیاه، منجر به کاهش محتوای کلروفیل گیاهان شده است.

کاهش فسفر از ۰/۱۵ به ۰/۰۵ میلی‌مولار موجب افزایش شاخص آنتوسیانین‌های برگ گردید (شکل ۱) و در نتیجه، این گروه از گیاهان دارای لکه‌های تیره‌تری در برگ‌ها نسبت به سایر گیاهان بودند. افزایش آنتوسیانین با کاهش کاربرد فسفر، به‌ویژه در گیاه شمعدانی، به جهت ایجاد جذابیت در رنگ برگ به‌عنوان یک صفت کیفی مطلوب تلقی می‌شود. گیاهانی که تحت تنش فسفر هستند اغلب یک رنگ‌گیری قرمز به دلیل زیاد شدن آنتوسیانین در آنها دیده می‌شود (۹). بس و همکاران (۲) اعلام کردند که تنش فسفر (۰/۰۲ میلی مولار) حلقه‌های بنفش تیره‌تری در برگ‌های شمعدانی ایجاد کرد که ارزش زینتی آنها را افزایش داد.

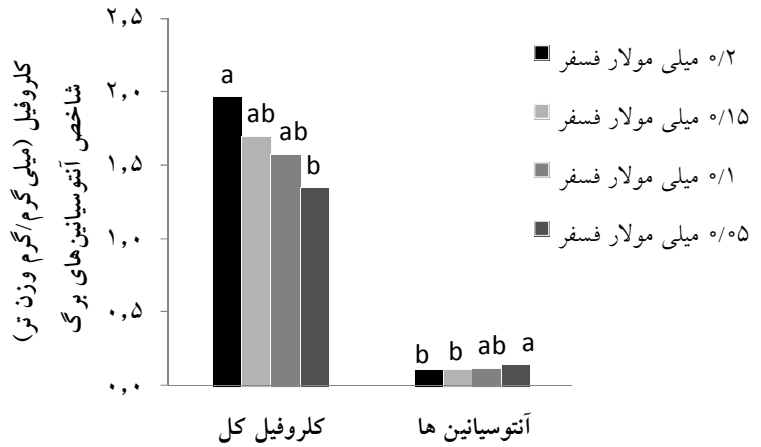
کاهش سطح فسفر در تیمارهای ۰/۱ و ۰/۰۵ میلی‌مولار فسفر به‌طور معنی‌داری ارتفاع گیاهان را کاهش داد (شکل ۲). در حالی‌که تحقیقات نشان داده که اثر کلی تغذیه با فسفر کمتر از حد مطلوب، کاهش وزن تر و ارتفاع گیاه می‌باشد و تنش فسفر ارتفاع گیاهان شمعدانی، اطلسی، سلوی، حنا و بنت قنسول را کاهش می‌دهد (۲). همچنین، گاگن (۷) با پرورش گیاهان تحت تنش فسفر نشان داد که ارتفاع گیاهان شمعدانی به طور معنی‌داری به‌وسیله‌ی سطوح فسفر متأثر نشد.

طول شاخه (شکل ۲) و تعداد شاخه‌ی جانبی (شکل ۳) در گیاهان شمعدانی در برداشت نهایی تحت تأثیر کمبود فسفر واقع نشد. کاربرد محلول‌های بافری فسفر دلالت بر این موضوع دارد که گیاهان قادرند در سطوح کم فسفر (۳ میکرومولار) به خوبی رشد کنند. همچنین، برخی شواهد مبنی بر افزایش شاخه‌زایی در غلظت کم فسفر وجود دارد که دلالت بر این موضوع می‌کند که کمبود فسفر ممکن است اثرهای مثبتی بر برخی شاخص‌های کیفی گیاهان داشته باشد. قطر گیاه حنا به‌وسیله‌ی تغذیه با غلظت کم فسفر تثبیت شده با آلومینیوم (Al-P) کاهش یافت (رشد کم شاخه جانبی)؛ ولی قطر گیاه زینتی جعفری تحت تأثیر کاهش فسفر واقع نشد (۳).

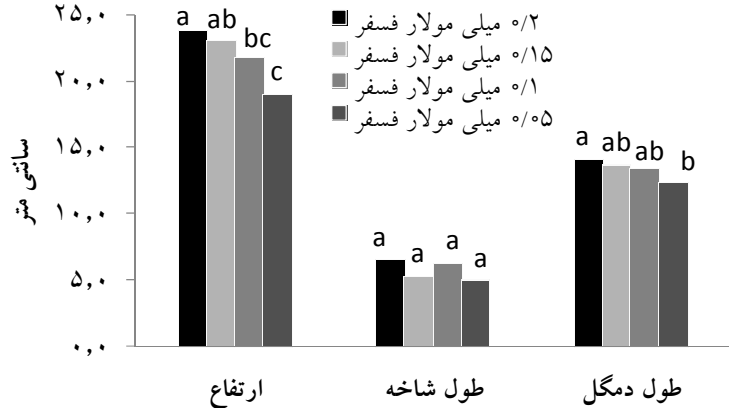
نتایج نشان داد که تیمار ۰/۰۵ میلی‌مولار فسفر موجب کاهش معنی‌داری در طول دمگل شد (شکل ۲). از آنجایی که در شمعدانی‌ها گل‌ها به صورت گل‌آذین چتری در سطح برگ‌ها قرار می‌گیرند، و بخصوص در این رقم گل‌ها به شکل توپ‌های بزرگ رنگی ظاهر می‌شوند، کاهش طول دمگل، به لحاظ جلوگیری از شکستگی دمگل و از دست رفتن گل و قرارگیری گل‌ها در فاصله‌ی نزدیک‌تری از سطح برگ‌های گیاه، از صفات کیفی مطلوب تلقی می‌شود.

تعداد گل‌آذین (شکل ۳) و تعداد گل در گل‌آذین (جدول ۳) در گیاهان شمعدانی تحت تأثیر سطوح مختلف تغذیه فسفر واقع نشد. بس و همکاران (۲) در مورد گل حنا به نتایج مشابهی دست یافتند و نشان دادند که کاهش غلظت فسفر، تعداد گل را در گیاه تحت تأثیر قرار نداد؛ ولی در گیاه سلوی موجب کاهش تعداد گل شد. در کنار این نتایج، بورک و همکاران (۴) با پرورش گیاهان زینتی جعفری تحت فسفر کم (۲۱ میکرومولار) با کود فسفری تثبیت شده با آلومینیوم (Al-P) در مقایسه با شاهد (۱ میلی‌مولار فسفر) به ۳۳٪ تعداد گل بیشتر دست یافتند و نتیجه گرفتند که ممکن است به‌واسطه‌ی سطح برگ کاهش یافته در اثر تنش فسفر و در نتیجه کاهش سایه‌اندازی داخل گیاه، کارایی فتوسنتز در واحد سطح برگ افزایش یافته و اثر منفی کاهش سطح برگ بر تعداد گل‌آذین جبران می‌گردد.

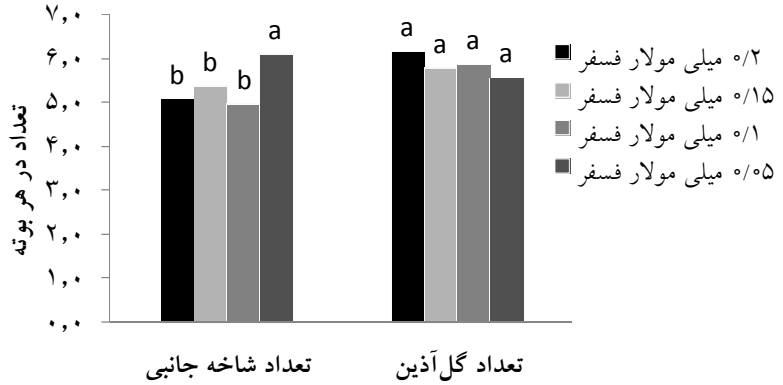
کاهش سطح فسفر محلول غذایی به ۰/۱ و ۰/۰۵ میلی‌مولار به طور معنی‌داری سطح برگ گیاهان را کاهش داد (جدول ۳).



شکل ۱. اثر تیمارهای محدودیت کاربرد فسفر بر محتوای کلروفیل کل و شاخص آنتوسیانین‌های برگ گیاه شمعدانی. حروف غیرمشابه نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ است.



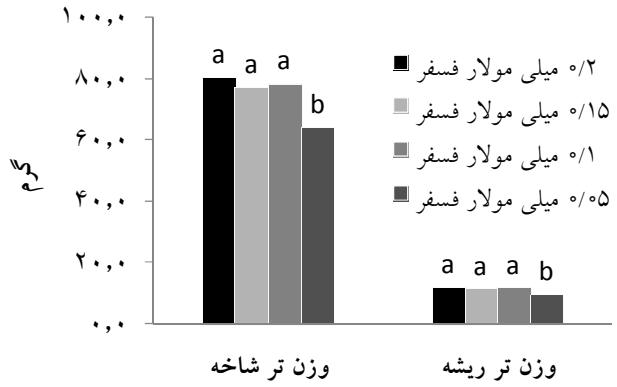
شکل ۲. اثر تیمارهای محدودیت کاربرد فسفر بر ارتفاع، طول شاخه جانبی و طول دمگل گیاه شمعدانی. حروف غیرمشابه نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ است.



شکل ۳. اثر تیمارهای محدودیت کاربرد فسفر بر تعداد شاخه جانبی و تعداد گل‌آذین در گیاه شمعدانی. حروف غیرمشابه نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ است

جدول ۳. اثر تیمارهای فسفر بر تعداد و سطح برگ و تعداد گل در گل‌آذین گیاه شمعدانی. حروف غیرمشابه نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ است.

صفت	غلظت فسفر (میلی‌مولار)			
	۰/۰۵	۰/۱	۰/۱۵	۰/۲
تعداد برگ در بوته	۵۰/۳۳a	۴۹/۳۳ab	۴۷/۶۷ab	۴۲/۶۷b
سطح برگ کل (سانتی‌متر مربع)	۱۳۹۷/۳۷a	۱۳۰۴/۹۴ab	۱۱۲۵/۱۵b	۶۷۶/۱۵c
تعداد گل در گل‌آذین	۵۰/۸۰a	۴۹/۰۳a	۴۶/۷۰a	۳۷/۳۷a



شکل ۴. اثر تیمارهای محدودیت کاربرد فسفر بر وزن تر شاخه و ریشه گیاه شمعدانی. حروف غیرمشابه نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ است.

تحت شرایط کمبود فسفر، توسعه سلولی و برگی محدود می‌شود. ممانعت از توسعه سلولی برگ، به ویژه در طی روز مطرح می‌شود، که علت آن کاهش هدایت هیدرولیکی ریشه در گیاهان دچار کمبود فسفر بیان می‌شود. چگونگی تأثیر فسفر به روشنی مشخص نیست. اما فرض بر این است که کاهش در الاستیسیته‌ی دیواره‌ی سلولی ریشه ممکن است یکی از دلایل احتمالی باشد (۹). گیاهان حنا و جعفری که با کود فسفری تثبیت شده با آلومینیوم (Al-P) پرورش یافتند، نسبت به گیاهان پرورش یافته با سطح فسفر بالا، به تنش خشکی مقاوم‌تر بودند (۳). این گیاهان سطح برگ کمتری نسبت به گیاهان شاهد داشتند که می‌تواند سبب تعرق کمتر و در نتیجه مصرف آب کمتر شود. در مطالعه حاضر، مشاهده شد که تنش فسفر (تیمار ۰/۰۵ میلی‌مولار) تعداد برگ را در گیاهان شمعدانی کاهش داد (جدول ۳). در مراحل اولیه کمبود، برگ‌ها به رنگ سبز تیره می‌باشند که در ادامه، لکه‌های صورتی تا بنفش در طول حاشیه برگ‌های قدیمی‌تر ظاهر شده و نهایتاً لکه‌های نکروزه قهوه‌ای ایجاد وگسترش یافته و باعث از بین رفتن بخش زیادی از برگ‌ها خواهد شد (۶).

در تحقیق حاضر، گیاهان تغذیه شده با کمترین غلظت فسفر، در دوره زمانی طولانی تولید، علائم کمبود نظیر قرمزشدگی حاشیه‌ی برگ‌ها و ایجاد و گسترش نکروزگی را نشان دادند و این موضوع باعث تخریب و از دست رفتن بخش زیادی از برگ‌ها شد.

تنش فسفر (تیمار ۰/۰۵ میلی‌مولار) موجب کاهش معنی‌داری در وزن تر ریشه و شاخه شد (شکل ۴). از آنجایی که فسفر معدنی یکی از عناصر غذایی مهم و ضروری در فرایندهای فتوسنتزی می باشد، کمبود آن می‌تواند روی کارایی فتوسنتز تأثیر به‌سزایی داشته باشد. فسفر در واکنش‌های

فتوسنتزی تثبیت CO_2 نیز نقش مستقیم دارد و سنتز نشاسته در کلروپلاست‌ها و انتقال قندها از کلروپلاست به سیتوپلاسم به طور مستقیم به‌وسیله‌ی غلظت فسفات معدنی کنترل می‌شود (۹). مطابق با این موضوع، اثر کلی تغذیه با فسفر کمتر از حد مطلوب، کاهش وزن و ارتفاع گیاه می‌باشد؛ چنانچه کاهش سطح فسفر، رشد گیاه زینتی سلوی را به طور منفی تحت تأثیر قرار داد (۲). کاهش ارتفاع تا زمانی که سایر ویژگی‌های کیفی و زینتی گیاه را به طور معنی‌داری متأثر نکرده است در پرورش گیاه شمعدانی مطلوب می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که کاهش فسفر تا سطح ۰/۰۵ میلی‌مولار، اگرچه در کاهش و کنترل ارتفاع شمعدانی مؤثر بود و منجر به تولید گیاهانی با تعداد گل زیاد و طول دمگل‌های کوتاه‌تر شد و برگ‌ها نیز به‌واسطه‌ی محتوای آنتوسیانین‌های زیاد دارای حلقه‌های رنگی تیره‌تری بودند، ولی تنش فسفر در این گیاهان منجر به بروز علائمی نظیر قرمزشدگی حاشیه برگ‌ها و ایجاد و گسترش لکه‌های نکروزه و کاهش تعداد برگ شد. سطح برگ کاهش یافته و اثر منفی بر وزن تر و خشک شاخه و ریشه از دیگر آثار این سطح فسفر بود. این در حالی است که کاهش سطح فسفر تا ۰/۱ میلی‌مولار نه تنها منجر به کاهش ارتفاع گیاهان گردید که از نظر کیفی مطلوب و مورد نظر می‌باشد، بلکه اثر منفی بر تعداد، طول شاخه‌ی جانبی و تعداد گل‌آذین که از مهمترین صفات تعیین کننده‌ی کیفیت بصری گیاهان گلدانی می‌باشند، نداشت و در نهایت منجر به تولید گیاهانی فشرده و متراکم گردید که فاقد علائم کمبود فسفر بودند. بنابراین، می‌توان اعلام کرد که کاربرد محدود فسفر تا سطح ۰/۱ میلی‌مولار (تیمار سه)، علاوه بر صرفه‌جویی در استفاده از کودها، با اطمینان بالا در تولید گیاهانی با کیفیت مرغوب عملی و قابل توصیه می‌باشد.

منابع مورد استفاده

1. Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts: Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiol. 24: 1-15.
2. Baas, R.M., A. Brandts and N. Straver. 1995. Growth regulation of bedding plants and poinsettia using low phosphorous fertilization and ebb-and flow irrigation. Acta Hort. 378: 129-137.
3. Borch, K., K.M. Brown and J.P. Lynch. 1998. Improving bedding plants quality and stress resistance with low phosphorus. Hort Technol. 8: 575-579.
4. Borch, K., C. Miller, K.M. Brown and J.P. Lynch. 2003. Improved drought tolerance in marigold by manipulation of root growth with buffered-phosphorus nutrition. Hort Sci. 38: 212-216.
5. FloraHolland, 2011. Facts and figures. Available online at: http://www.floraholland.com/en/. Accessed 5 Jan. 2013.
6. Frantz, J., J. Locke and D. Pitchy. 2006. Geranium nutrient deficiencies: A visual primer for grower diagnosis and correction. Available online at: http://www.fao.org. Accessed 8 Oct. 2012.
7. Gagne, R.A. 2007. Effects of reducing phosphorus nutrition on plant growth and phosphorus leaching of containerized greenhouse crops. Available online at: http://scholarworks.umass.edu/ dissertations328. Accessed 2 Aug. 2012.
8. Kang, J.G. and M.W.V. Iersel. 2004. Nutrition solution concentration affects shoot: root ratio, leaf area ratio, and growth of subirrigated salvia (*Salvia splendens*). Hort Sci. 39: 49-54.
9. Marschner, H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London.
10. Sonneveld, C. and W. Voogt. 2010. Plant Nutrition of Greenhouse Crops. Springer-Verlag, LLC, New York, pp. 313-344.
11. Taylor, M.D., P.V. Nelson, J.M. Frantz and T.W. Rufty. 2010. Phosphorus deficiency in *Pelargonium*: Effects on nitrate and ammonium uptake and acidity generation. J. Plant Nutr. 33: 701-712.
12. Wagner, G.J. 1979. Content and vacuole/extravacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanin in protoplasts. Plant Physiol. 64: 88-93.