تغییرات غلظت عناصر دو ظرفیتی در ریشه، ساقه و برگ ژربرا تحت تأثیر مقادیر مختلف کلسیم و هومیک اسید

مریم حقیقی[1] و علی نیکبخت

استادیار گروه علوم باغبانی دانشگاه صنعتی اصفهان؛ anikbakht@cc.iut.ac.ir

استادیار گروه علوم باغبانی دانشگاه صنعتی اصفهان؛ mhaghighi@cc.iut.ac.ir

دریافت: 91/11/16 و پذیرش: 92/7/22

چکیده

مشکل کاهش کیفیت گل‌های ژربرا در اثر اختلال در جذب عناصر به ویژه در فصل زمستان و در مواقعی که شرایط گلخانه کاملاً مساعد نیست، یکی از مشکلات تولید کتتدگان گل بریده ژربرا است که به صورت خمش گردن حتی یک روز پس از برداشت و کاهش عمر گلدانی، خود را نشان می‌دهد. به منظور بررسی اثر هومیک اسید در جذب کلسیم و در مقابله با سایر عناصر دو ظرفیتی شامل روی و منیزیم آزمایشی در دانشگاه جه جیانگ کشور چین انجام شد و اثر 3 غلظت هومیک اسید (۵۰۰،۱۰۰ و1000 میلی‌گرم بر لیتر) و شاهد (بدون هومیک اسید) به همراه دو سطح 3/5 و 7 میلی اکی والان بر لیتر کلسیم بر ژربرا رقم 'مالیبو'بررسی شد. نتایج این آزمایش نشان داد، افزایش کلسیم به تنهایی در محیط کشت تغییری در غلظت کلسیم برگ و ریشه نداشت در حالیکه افزودن هومیک اسید با غلظت 500 میلی‌گرم بر لیتر مقدار کلسیم را افزایش داد، همچنین هومیک اسید توانست جذب عناصر را افزایش دهد و خصوصاً در غلظت 500 میلی گرم بر لیتر باعث افزایش جذب کلسیم، روی و منیزیم شود. غلظت منیزیم در برگ در غلظت 7 میلی اکی والان کلسیم بدون کاربرد هومیک اسید به کمترین مقدار رسید و با افزودن هومیک اسید افزایش یافت. میزان منیزیم ریشه در بالاترین سطح هومیک اسید (1000 میلی‌گرم بر لیتر) و 7 میلی اکی والان کلسیم به حداکثر میزان رسید. منیزیم ساقه در 7 میلی اکی والان کلسیم و 1000 میلی‌گرم بر لیتر هومیک اسید و پس از آن در همین غلظت کلسیم و 500 میلی‌گرم بر لیتر هومیک اسید بیشترین مقدار را داشت. بیشترین میزان کلسیم برگ در تیمار 7 میلی اکی والان و 500 میلی‌گرم بر لیتر هومیک اسید مشاهده شد. کلسیم ساقه در غلظت 7 میلی اکی والان در 1000 و سپس 500 میلی‌گرم بر لیتر هومیک اسید بیشترین مقدار را داشت بیشترین غلظت روی ریشه و ساقه در تیمار 7 میلی اکی والان کلسیم و 500 میلی‌گرم بر لیتر هومیک اسید مشاهده شد. به طور کلی هومیک اسید از طریق خاصیت کلات کنندگی باعث بهبود جذب کلسیم و عناصر غذایی دو ظرفیتی روی و منیزیم که خاصیت آنتی گونیستی با کلسیم دارند شد و استفاده از آن با غلظت500 میلی‌گرم بر لیتر در گلخانه‌های پرورش ژربرا توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: منیزیم، روی، هیدروپونیک، شاخه بریده

---

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده کشاورزی، گروه علوم باغبانی

مقدمه

مقدار منیزیم در گیاهان 0/2 تا 0/5% است و در بافت برگ ژربرا 0/63-0/24% است (میلز و جونز، 1996). گاهی کمبود این عنصر به علت عدم تعادل بین کاتیون‌هایی نظیر کلسیم و پتاسیم و آمونیوم می‌تواند ایجاد شود. منیزیم نسبت به کلسیم تحرک بیشتری دارد. در فرمول‌های غذایی میزان منیزیم حدود 60-24 قسمت در میلیون (5-2 میلی اکی ولان بر لیتر) است و منبع اصلی برای آن سولفات منیزیم ($MgSO_4.7H_2O$) است. گاهی آب شهر ممکن است تا 50 قسمت در میلیون منیزیم داشته باشد که باید به آن توجه داشت (روستایی، 1381). در کمبود آن به علت اختلال در ساخت کلروفیل، رنگ برگ‌ها به زردی می‌گراید و رگبرگ‌های آن سبز باقی می‌ماند. کمبود بیشتر در برگ‌های مسن‌تر اتفاق می‌آید.

کلسیم نقش مهمی در رشد و نموگیاه و به تأخیر انداختن پیری دارد. مقدار مناسبی از کلسیم جهت افزایش عمر پس از برداشت گیاهان زینتی مورد نیاز است که عوامل مختلفی بر این میزان تأثیر گذار است. کلسیم عنصری بسیار کم تحرک است کلسیم در خاک به وسیله حرکت توده‌ای حرکت کرده و جذب آن به صورت غیر فعال است (میلز و جونز،1996). و عوامل مختلفی بر میزان جذب و انتقال آن اثر دارد افزایش میزان رطوبت نسبی، رقابت با سایر عناصر غذایی مانند پتاسیم (مارسچنر، 1995) شوری و دمای بالا (دونگ و همکاران، 2004) این اثرات بر روی بسیاری از گیاهان از جمله گل-های شاخه بریده نظیر رز(ار-طال و پرسمن، 1996، استرومتال، 1994) و ژربرا (نیکبخت و همکاران، 2008) گزارش شده است به دنبال آن بررسی‌های مختلفی جهت افزایش جذب و انتقال کلسیم بر روی گیاهان مختلف بررسی شده است. به‌عنوان مثال بهتربن نسبت سایر عناصر نسبت به کلسیم در محلول غذایی در رز و بررسی میزان رطوبت نسبی مناسب گلخانه در رز مورد بررسی قرار گرفته است (توروری و همکاران، 2001).

رطوبت بالا حرکت کلسیم به بافت‌های مریستمی (مریستم‌های نوک گیاه، برگ‌های در حال نمو و میوه‌ها و گل‌های در حال نمو) را کاهش داده و می‌تواند آن‌ها را با کمبود کلسیم مواجه سازد. نابسامانی‌های متعددی در اثر کمبود کلسیم در گیاهان باغبانی اتفاق می‌افتد. دلیل این موضوع این است که اغلب قسمت‌های گیاهی که در تولیدات باغبانی مهم هستند، دارای تعرق کمی هستند و با کمترین کمبود کلسیم و یا ایجاد شرایطی که جذب کلسیم کاهش یابد، آن‌ها نیز دچار کمبود کلسیم می‌شوند. از جمله گیاهان زینتی که در اثر کمبود کلسیم دچار کاهش کیفیت می‌شود بنت قنسول، رز و ژربرا است. مورتنسن و همکاران (2001) نشان دادند، وقتی در تولید رزهای گلدانی نسبت پتاسیم به کلسیم کاهش یابد به طور معنی‌داری تعداد روزهایی که گیاهان کیفیت خود را حفظ می‌کنند و تعداد روز تا پژمردگی گل‌ها نیز افزایش یافته و تعداد غنچه‌های آلوده به بوتری تیس کاهش پیدا می‌کند گانمونه- نویمان و داویدوف (1993) در پرورش رز پیوندی برای تولید گل بریدنی نشان دادند، چون کلسیم فقط از محل نوک ریشه‌های جوان جذب می‌شود، منشعب شدن ریشه عامل تعیین کننده است. از طرفی نه تنها غلظت خود کلسیم حایز اهمیت است، بلکه غلظت بُر نیز مهم است و باید همراه با آن افزایش یابد. در این حالت بیشترین میزان توسعه ریشه ایجاد می‌شود.

از سوی دیگر توره و همکاران (2001) متوجه شدند وقتی در محلول غذایی تولید رز بریدنی نسبت پتاسیم به کلسیم بالا باشد (12/1)، فارغ از اینکه رطوبت نسبی گلخانه 70 یا 90% باشد در مدت 5 روز پس از برداشت درصد زیادی از گل‌ها، دچار زردشدگی گلبرگ، خمش گردن و مشکلات برگی می‌شوند ولی اگر نسبت پتاسیم به کلسیم (5/1) کاهش یابد، شدت این عوارض، تنها پس از 15 روز به میزان حالت قبل بود. کاهش رطوبت گلخانه به میزان 70 % نیز می‌تواند در کنار این عامل، کیفیت گل‌ها را حفظ کند. این موضوع نشان دهنده اهمیت تناسب صحیح عناصر غذایی در محلول های غذایی برای جذب بهتر کلسیم و از طرفی فراهم آوردن شرایط محیطی مناسب برای جذب آن است.

افزایش کلسیم در گلبرگ‌های گل رز بریدنی می‌تواند میزان تولید اتیلن را کاهش داده و نفوذ پذیری غشای سلولی را حفظ کند و از نشت یون‌ها از غشای سلولی که از جمله اتفاقات فرایند پیری است جلوگیری کند (توره و همکاران، 2001). بار-تال و همکاران (2001) نیز در تحقیقات خود در مورد اثر غلظت‌های مختلف کلسیم (5-0/5 میلی مول بر لیتر) و اثر پتاسیم و منیزیم بر توسعه بوتری تیس در گل‌های رز بریدنی نیز گزارش مشابهی دارند که با افزایش غلظت کلسیم، تجمع کلسیم در برگ‌ها و گلبرگ‌ها نیز افزایش یافته و شدت آلودگی به بوتری تیس کاهش می‌یابد. آن ها نیز تأیید کردند که با افزایش غلظت پتاسیم و منیزیم، جذب کلسیم کاهش می‌یابد. زیرا این عناصر فعال تر از کلسیم بوده و می‌توانند جایگاه‌ای جذب را روی غشاء سریع تر از کلسیم اشغال نمایند (ده کاپ دویل و همکاران، 2003 و 2005).

در ژربرا خمش گردن و شکستگی ساقه مشکلی است که در مرحله نخست به کمبود کلسیم مرتبط است. گراساپولوس و چبلی (1999) در آزمایش‌های خود جهت بهبود عمر پس از برداشت ژربرا و کاهش عارضه خمش گردن روش‌های مختلفی را برای افزایش مقدار کلسیم داخل ساقه گل ژربرا به کار بستند که تزریق مستقیم محلول کلرید کلسیم به داخل ساقه گل که منجربه بیشترین افزایش مقدار کلسیم در داخل بافت ساقه شده بود، 3 تا 4 روز عمر گلدانی را افزایش داد و3 تا 5 روز تأخیر در خمش گردن ایجاد کرد.

کمبود میزان کلسیم در برگ‌ها باعث افزایش پیری و افزایش تجزیه کلروفیل و نهایتا نکروزه شدن بافت‌ها می‌شود. در صورت شدیدتر شدن کمبود کلسیم ایجاد لکه‌های نکروزه در حاشیه گلبرگ‌ها را باعث می‌شود (توری و همکاران، 2001) یکی از دلایل نکروزه شدن گلبرگ‌ها در رز جایگزین شدن پتاسیم به جای کلسیم در غشا پلاسمایی و تخریب غشا و نکروزه شدن بافت زمانیکه نسبت پتاسیم به کلسیم مناسب نباشد است (توری و همکاران، 2001).

نتایج متناقضی در تحقیقات بیان داشته است که اگر Ca به محیط ریشه اضافه شود به میزان کمتری به میوه منتقل می‌شود نسبت به زمانی که به صورت محلول برگ-ها پاشیده شود (سان و همکاران، 1999) از طرفی نتایج دونگ و همکاران (2004) نشان داد که تفاوت معنی‌داری در غلظت Ca میوه گوجه‌فرنگی زمانیکه Ca در محلول غذایی یا به صورت اسپری استفاده شود وجود ندارد.طبق تحقیقات انجام شده در بسیاری از گونه‌ها افزایش غلظت کلسیم در محلول غذایی از 10 به 1000 میکرومولار میزان کلسیم ساقه را افزایش می‌دهد اما بر میزان محصول اثری ندارد (پینترو و تیلور، 2005).

با توجه به اینکه کمبود کلسیم نه از نظر میزان آن در محلول غذایی بلکه از نظر شرایط محیطی در گلخانه‌ها بیشتر گزارش شده است (ادکاک و همکاران، 2001) آزمایشی طراحی شد که به بررسی راهکار افزایش جذب کلسیم در ژربرا به‌عنوان یکی از مهمترین گل‌های شاخه بریده تحت کشت در گلخانه با کاربرد هومیک اسید بپردازد. با توجه به حساس بودن آزمایش‌های فیزیولوژی و پیچیده بودن ساختار فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و بویژه تأثیر ظرفیت تبادل کاتیونی آن، آزمایش حاضر در محیط هیدروپونیک صورت گرفت اما بدیهی است در آینده برای قابل توصیه شدن آن برای کشاورزان، آزمایش‌های تکمیلی در محیط خاک ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

گل ژربرا رقم Malibu در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه Zhejiang (30˚ 15'N:12˚ 10' E) کشت شد. گیاهان در ظرف‌های 4 لیتری حاوی پرلیت (اندازه 5-2 میلی‌متر) و پیت‌ماس (Fafordco , Canada) به نسبت 1:1 حجمی کشت شد. آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با 3 تکرار و 10 گیاه در هر تکرار طرح‌ریزی شد فاکتورهای آزمایش شامل 4 سطح هومیک اسید (1000 و 500 و 100 و 0 میلی‌گرم بر لیتر) و کلسیم در 2 سطح (3 و 5 میلی اکی‌والان) بود. هومیک اسید با منشا لئوناردیت (شامل C=61/2%، $N = 3/13^{g}/_{kg}$ و $P = 2/89^{g}/_{kg}$گرم بر کیلوگرم وزن خشک) و کلسیم از منبع کلرید کلسیم تأمین شد. محلول غذایی تهیه شده با آب مقطر با فرمول K(5/84)، Ca(7)، Mg(2/2)، NH_4(1/1)، NO_3(11/2)، SO_4(2/54)، P =(1/2)، Fe (35)، Mn=(5) و Zn = (4)، Cu(0/75) و B=30 (غلظت عناصر ماکرو به میلی اکی-والان بر لیتر و غلظت عناصر میکرو بر حسب میکرومولار می‌باشد). هدایت الکتریکی محلول غذایی در حد 1/9-1/8 و pH در حد 5/6 تنظیم می‌شد. هر کود در تانک جداگانه‌ای تهیه می‌شد و محلول غذایی به مقدار 250 میلی‌لیتر از بهمن تا فروردین و 500 میلی‌لیتر از اردیبهشت تا مهر به هر گلدان روزانه اضافه می‌شد (ساواس و گیزاس، 2002). فاصله گیاهان در گلخانه از یکدیگر 35 سانتی‌متر بود. تیمارهای آزمایش به‌صورت محلول در محلول غذایی به گیاهان مربوطه داده می‌شد. میانگین دمای هوای گلخانه $24 \pm 3^{\circ}C$تا $29 \pm 2^{\circ}C$و رطوبت نسبی بین 8/5 ±50 تا 5/2% ±75 و شدت تابش (PAR)$140 \pm 60^{w}/_{m2}$تا 150 ± 420 بود.

گیاهان به مدت 8 ماه نگهداری شد و سپس غلظت عناصر اندازه‌گیری شد. 4 نمونه برگ از هر تیمار انتخاب شد سعی بر آن بود که برگ‌های کاملاً باز شده جوان و مشابه در تیمارهای مختلف انتخاب شود ریشه‌ها پس از خارج کردن از بستر و شستن با آب شیر توسط آب دیونیزه 2 بار شسته شد و برگ‌ها و ریشه در آون با دمای $65^{\circ}C$ خشک شد. دمگل‌ها پس از جدا کردن طبق گل و شستن در آون خشک شد. سپس در کوره با دمای $550^{\circ}C$ خاکستر هر یک تهیه شد. جهت تهیه عصاره و اندازه‌گیری کلسیم، منیزیم و روی از HCl یک نرمال استفاده شد.غلظت Ca، Mg، و Zn توسط دستگاه ICP (Shield Torch system , Agilent 7500a) استفاده شد و غلظت این عناصر به‌طور جداگانه در ریشه، برگ و ساقه اندازه‌گیری شد.

نتایج آزمایش و رگرسیون فاکتورهای اندازه گیری شده توسط نرم‌افزار Statestix 8 آنالیز شد و مقایسه میانگین داده‌ها به کمک آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد محاسبه شد.

نتایج

اثر غلظت‌های مختلف کلسیم محلول غذایی بر میزان غلظت منیزیم، کلسیم کلسیم و روی ریشه، ساقه و برگ ژربرا:

نتایج جدول نشان داد با افزایش میزان کلسیم در محلول غذایی میزان منیزیم در ریشه و ساقه افزایش یافت. اما تغییری در منیزیم برگ‌ها مشاهده نشد. میزان کلسیم در برگ و ریشه با افزایش غلظت کلسیم محلول غذایی محلول غذایی تغییر معنی‌داری نداشت اما کلسیم ساقه گل افزایش یافت. با افزودن غلظت کلسیم محلول غذایی میزان روی ریشه و ساقه افزایش یافت اما میزان روی برگ تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول1).

جدول 1- اثر سطوح مختلف کلسیم محلول غذایی بر غلظت عناصر منیزیم، کلسیم و روی در برگ، ریشه و ساقه ژربرا

(% DW)	برگ	ریشه	ساقه	برگ	ریشه	ساقه
	3.5 meq Ca			7 meq Ca		
Mg	0.45 a	0.16 b	0.10 b	0.42 a	0.22 a	0.30 a
Ca	0.83 a	0.56 a	0.14 b	0.92 a	0.64 a	0.58 a
Zn	5.75 a	9.30 b	4.03 b	6.07 a	13.30 a	5.18 a

میانگین‌هایی که در یک حرف در هر اندام در دو سطح کلسیم متفاوت هستند دارای تفاوت معنی‌دار در سطح 5 درصد می‌باشند

اثر غلظت‌های مختلف هومیک اسید بر میزان غلظت منیزیم، کلسیم و روی ریشه، ساقه و برگ ژربرا:

میزان منیزیم در برگ ژربرا با افزودن هومیک اسید در کلیه سطوح افزایش یافت و میزان منیزیم در ریشه و ساقه در غلظت 500 و 1000 میلی‌گرم بر لیتر ساقه افزایش چشمگیری یافت. این افزایش 6- 5 برابر سطوح پایین‌تر هومیک اسید بود (جدول 2).

جدول 2- اثر سطوح مختلف هومیک اسید بر غلظت عناصر منیزیم، کلسیم و روی در برگ، ریشه و ساقه ژربرا

HA(mg/l)			Mg (% DW)			Ca (%DW)		(ppm DW) Zn		
	برگ	ریشه	ساقه	برگ	ریشه	ساقه	برگ	ریشه	ساقه
0	0.33 b	0.15 b	0.09 b	0.73 a	0.55 a	0.14 b	4.77 b	6.59 c	4.04 b
100	0.46 a	0.19 ab	0.09 b	0.93 a	0.59 a	0.15 b	5.37 b	10.73 b	4.38 b
500	0.45 a	0.20 a	0.30 a	0.93 a	0.64 a	0.55 a	8.56 a	16.87 a	5.70 a
1000	0.49 a	0.22 a	0.31 a	0.90 a	0.64 a	0.60 a	4.94 b	11.01 b	4.31 b
1000	3.61 a	1.89 d	1.63 a	2.64 a	3.52 b	1.68 a	1.49 b	3.71 ab	1.87 a

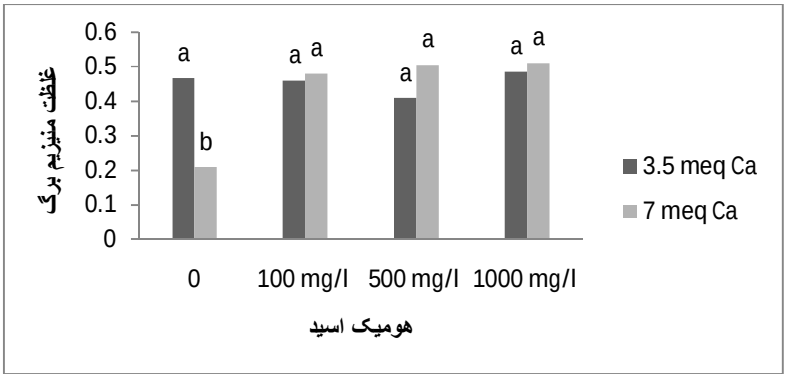
میانگین‌هایی که در یک حرف در هر ستون متفاوت هستند دارای تفاوت معنی‌دار در سطح 5 درصد می‌باشند

اثر سطوح مختلف هومیک اسید و کلسیم بر غلظت عناصر کلسیم، منیزیم و روی در اندام‌های مختلف ژربرا

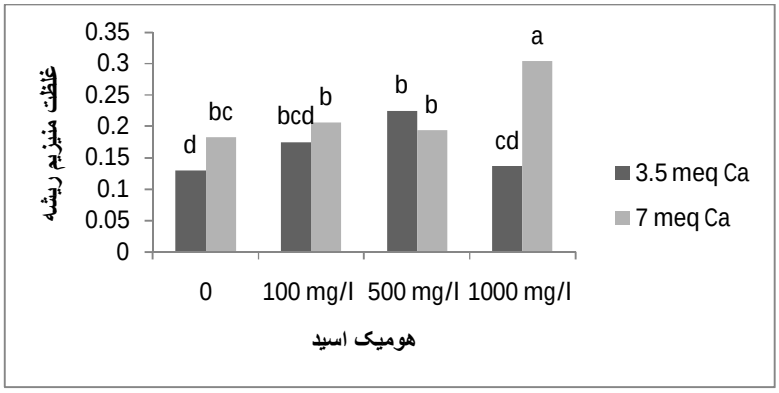
غلظت منیزیم در برگ در غلظت 7 میلی اکی والان کلسیم بدون کاربرد هومیک اسید به کمترین مقدار رسید و با افزودن هومیک اسید افزایش یافت. میزان منیزیم برگ در غلظت 3/5 میلی اکی والان کلسیم تفاوت معنی‌داری بین شاهد و افزودن هومیک اسید نداشت (شکل 1).

میزان منیزیم ریشه در بالاترین سطح هومیک اسید (1000 میلی‌گرم بر لیتر) و 7 میلی اکی والان کلسیم به حداکثر میزان رسید و کمترین آن در 3/5 میلی اکی والان کلسیم هومیک اسید بود (شکل2).

منیزیم ساقه در 7 میلی اکی والان کلسیم و 1000 میلی‌گرم بر لیتر هومیک اسید و پس از آن در همین غلظت کلسیم و 500 میلی‌گرم بر لیتر هومیک اسید بیشترین مقدار را داشت و در سایر غلظت‌ها به‌طور چشمگیری کاهش یافت (شکل3). میزان غلظت کلسیم در ریشه تحت تأثیر اثر متقابل هومیک اسید در کلسیم تفاوت معنی‌داری نداشت (داده‌ها نشان داده نشده است).

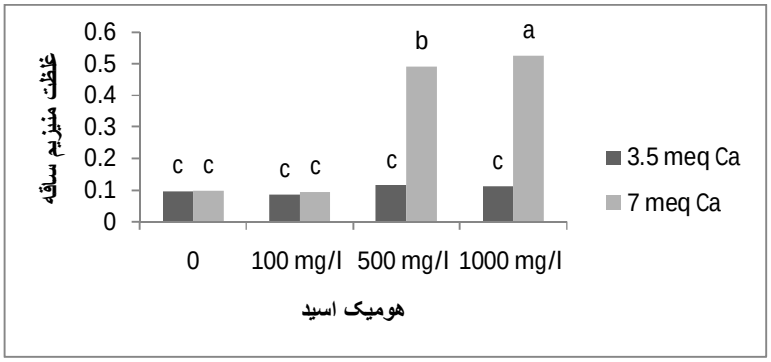


شکل 1- اثر کلسیم و هومیک اسید بر غلظت منیزیم برگ ژربرا

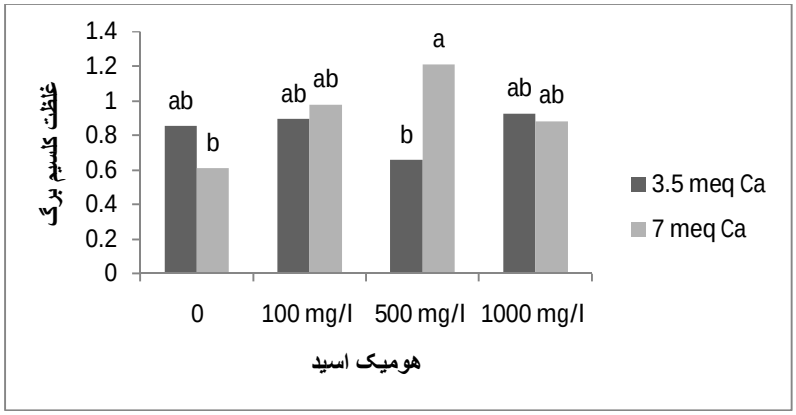


شکل 2- اثر کلسیم و هومیک اسید بر غلظت منیزیم ریشه ژربرا

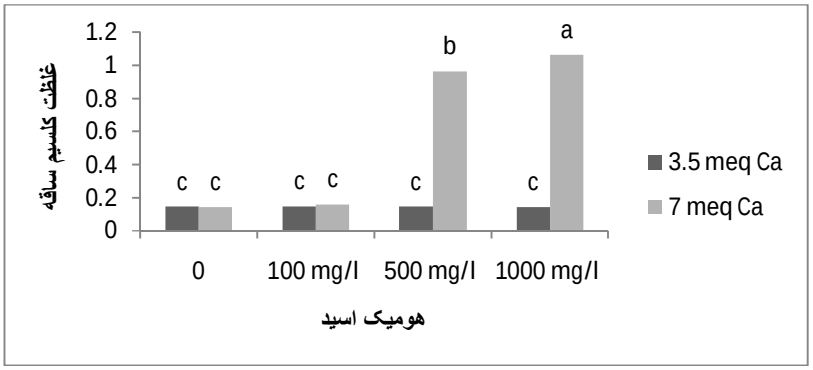
بیشترین میزان کلسیم برگ در تیمار 7 میلی اکی والان و 500 میلی‌گرم بر لیتر هومیک اسید مشاهده شد و تفاوت معنی‌داری بین سایر تیمارها مشاهده نشد (شکل4). کلسیم ساقه در غلظت 7 میلی اکی والان در 1000 و سپس 500 میلی‌گرم بر لیتر هومیک اسید بیشترین مقدار را داشت و سایر تیمارها این غلظت با تفاوت چشمگیری پایین‌تر و بدون تفاوت معنی‌داری بود (شکل5 و 6).



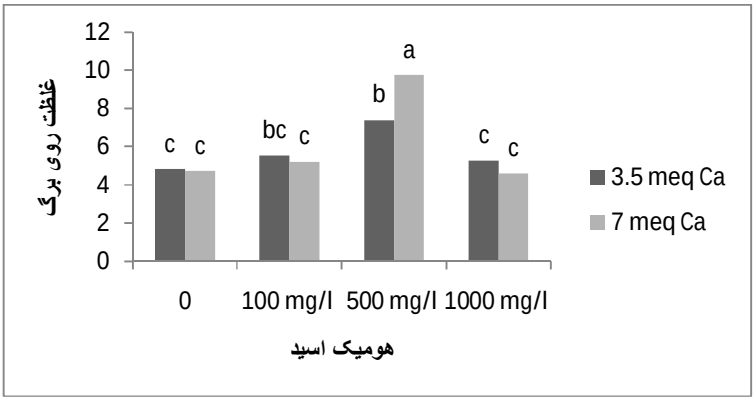
شکل 3- اثر کلسیم و هومیک اسید بر غلظت منیزیم ساقه ژربرا



شکل 4- اثر کلسیم و هومیک اسید بر غلظت کلسیم برگ ژربرا

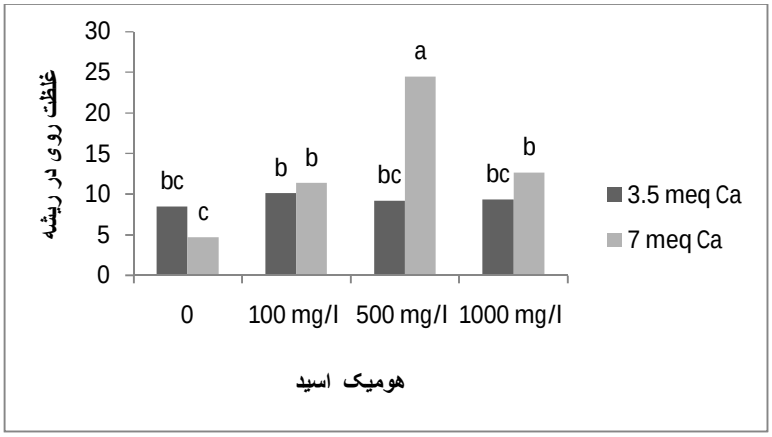


شکل 5- اثر کلسیم و هومیک اسید بر غلظت کلسیم ساقه ژربرا

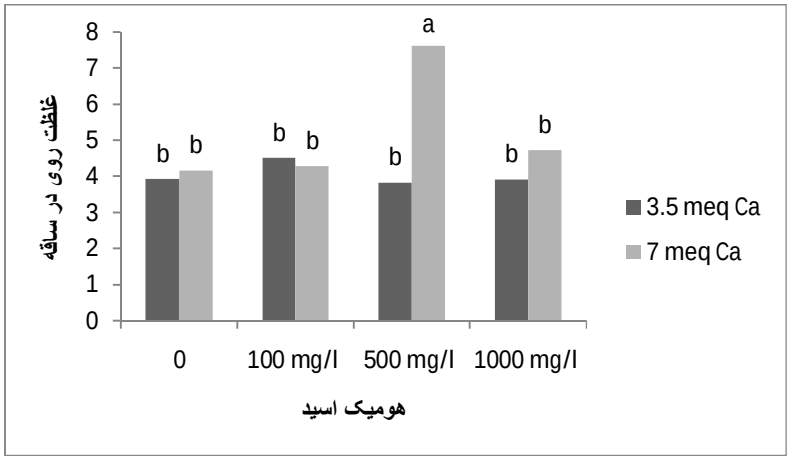


شکل 6- اثر کلسیم و هومیک اسید بر غلظت روی برگ ژربرا

بیشترین غلظت روی ریشه و ساقه در تیمار 7 میلی اکی والان کلسیم و 500 میلی‌گرم بر لیتر هومیک اسید مشاهده شد و کمترین میزان روی ریشه در تیمار 7 میلی اکی والان کلسیم بدون هومیک اسید بود و بین سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل7 و 8).



شکل 7- اثر کلسیم و هومیک اسید بر غلظت روی در ریشه ژربرا



شکل 8- اثر کلسیم و هومیک اسید بر غلظت روی در ساقه ژربرا

بحث

با افزایش غلظت کلسیم در محلول غذایی غلظت B و Mn در میوه‌های گوجه فرنگی کاهش یافت. با افزایش سطح Ca در محیط کشت جذب و انتقال Mo و Zn به میوه به میزان 80 و 75 درصد به ترتیب کاهش یافت (پینترو و تیلور، 2005). اثرات آنتی‌گونیستی Ca با K، Mg و P زمانیکه Ca در محلول غذایی گوجه‌فرنگی استفاده شود گزارش شده است (پینترو و تیلور، 2005). معمولاً مقادیر زیادی کلسیم برای از بین بردن اثرات سمی سایر کاتیون‌های فلزی دو ظرفیتی لازم است و گرنه گیاهان می‌توانند تنها در غلظت بسیار کم Ca در محیط غذایی به‌طور رضایت‌بخشی رشد کنند به شرط آنکه سایر یون‌های دو ظرفیتی نیز در غلظت کم نگه داشته باشند(سالاردینی و مجتهدی، 1367). بنابراین کلسیم در مقابله با سایر عناصر میزان جذبش کاهش می‌یابد. در این آزمایش نیز نکته حائز اهمیت این است که وقتی کلسیم به تنهایی در محلول غذایی افزایش یافت، تضمین کننده افزایش جذب آن نبود. برهمکنش غلظت کلسیم در سطوح هومیک اسید نشان می‌دهد که همراه با افزایش هومیک اسید،خصوصاً در غلظت 500 میلی‌گرم بر لیتر جذب کلسیم نیز افزایش یافت (شکل 4، 5 و 6). رابطه تجمع کلسیم در ساقه گل و غلظت هومیک اسید به صورت خطی و مستقیم است ($P<0/05$ ، $r=0/92$). در اغلب پژوهش‌ها گزارش شده است که هومیک اسید جذب عناصر را افزایش می‌دهد که با نتایج این پژوهش تطابق دارد (چن و آویاد، 1990). اما نکته دیگر، غلظت بهینه برای افزایش جذب عناصر است. باید توجه کرد که این موضوع رابطه مستقیمی با نوع محصول، بستر، نحوه مصرف و منشاء مواد هومیک مورد استفاده دارد. به طور مثال سانچز- کنده و ارتگا (1968) در پرورش گیاهان فلفل در محلول غذایی حاوی هومیک اسید دریافتند که جذب N، P و Mg افزایش و جذب K و Ca کاهش یافته است و در غلظت 100 میلی‌گرم در لیتر Mg، P و N تا حد مسمومیت جذب شده است. این موضوع نشان می‌دهد که سازوکار جذب عناصر در اثر هومیک اسید

همگی به یک صورت نیست. از طرفی به نظر می‌آید با افزایش جذب برخی عناصر اثرناهمسازی ناشی از آن باعث کاهش جذب سایر عناصر می‌شود. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد همراه با افزایش جذب عناصری مانند K، Mg، تجمع Ca در داخل برگ کاهش یافته است این موضوع در تحقیقات گاوور (1964) بر روی رای گراس نیز نشان داده شده است. ولی از سوی دیگر در پرورش گیاهان خیار در محلول هوگلند دارای فولویک اسید تا غلظت 2000 میلی‌گرم بر لیتر معلوم شد که به همراه بهبود جذب K، P و N جذب Ca و Mg نیز افزایش داده است. تورکمن (2004) نیز نشان داد کاربرد هومیک اسید در پرورش گوجه‌فرنگی توانسته است، جذب Ca را افزایش داده و عوارض ناشی از آن را کاهش دهد.

آزمایش حاضر نیز نشان می‌دهد، افایش غلظت کلسیم به تنهایی بر تجمع کلسیم در ریشه و برگ به صورت معنی‌داری اثر نداشت، اما تجمع کلسیم در برگ و حتی در عضو کم تعرق ساقه گل با کاربرد هومیک اسید افزایش یافت. ثابت شده است که اندام‌هایی که نرخ تعرق کمتری دارند میزان کلسیم کمتری نیز دارند مثلا میزان کلسیم برگ بیشتر از کلسیم گل می‌باشد (مارسچنر، 1995). مثلاً میزان کلسیم در برگ‌های رز بیشتر از گلبرگ‌ها (باس و همکاران، 1998) و در اسپات آنتوریوم بیش از برگ آن (هیگاکی و همکاران، 1980) است. دلیل فیزیولوژیکی آن حرکت بیشتر جریان مواد غذایی در آوند چوب به طرف اندامی است که تعرق بیشتر دارد (توری و همکاران، 2001). بنابراین این اثر می‌تواند به دلیل توانایی کلات کنندگی هومیک اسید در انتقال کلسیم و سایر عناصر باشد که توسط محققین متعددی گزارش شده است (سانچز-کنده و اورتگا، 2002، تورکمن و همکاران، 2004). ثابت شده که کلسیم می‌تواند هم در سطح و هم در داخل مولکول ترکیبات هوموسی جذب شود که میزان آن بستگی به نسبت فولویک اسید به هومیک اسید در ترکیب ترکیبات هوموسی دارد (اشتربرگ و دی، 1999). کمپلکس کردن عناصر فلزی و افزایش جذب آنها توسط مواد هومیک یکی از فرایندهای بسیار مهم در جذب عناصر و بهبود آن توسط ترکیبات هوموسی است. استفاده از کلات‌ها چند دهه‌ای است که برای بهبود جذب عناصری مانند آهن و روی مرسوم است. گراساپولوس و چبلی (1999) گزارش دادند که افزودن مقادیر بیشتری کلریدکلسیم به بستر کشت و محلول غذایی نیز نمی‌تواند باعث افزایش تجمع کلسیم در ساقه گل شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که امکان جذب کلسیم از این راه وجود ندارد.

از طرفی ماکوویاک و همکاران (2001) با استفاده از هومیک اسید توانستند جذب آهن و روی را در گندم افزایش دهند. نتایج پژوهش حاضر نیز نشان می‌دهد که هومیک اسید در غلظت 500 میلی گرم بر لیتر، تجمع روی در تمامی اندام‌های گیاه افزایش یافت، هر چند غلظت 1000 میلی‌گرم بر لیتر باعث کاهش جذب روی شده است. دلیل آن می‌تواند به خاطر کلات کنندگی بیش از حد روی توسط هومیک اسید و یا اثر ناهمسازی افزایش جذب P در ریشه و سایر بافت‌ها باشد (میلز و جونز، 1996). کریخ و باسر (1995) نیز تذکر می‌دهند که غلظت‌های بیش از حد بالای مواد هوموسی می‌تواند باعث کمپلکس شدن زیاد عناصر ضروری نیز شود و جذب آنها را کاهش دهد. چنانکه از این خاصیت هومیک اسید برای کاهش غلظت‌های بالای Zn و Cd که در خاک به حد سمی هستند استفاده شده است (وایت و چانسی، 1980).

نتایج کلی

به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت با توجه به اثرات مثبت هومیک اسید در افزایش جذب عناصر خصوصاً در غلظت 500 میلی‌گرم بر لیتر با استفاده از منابع ارزان قیمت مواد آلی که در کشور نیز فراوان است، می‌توان مواد هوموسی مورد نیاز را تهیه و مصرف کرد از این طریق نه تنها می‌توان کیفیت و کمیت محصول را افزایش داد، بلکه در مصرف کودهای شیمیایی نیز صرفه جویی کرد که در حفاظت از محیط‌زیست حایز اهمیت است. از طرفی در تهیه فرمول محلول‌های غذایی، باید توجه ویژه‌ای به اثرهای ناهمسازی عناصر بر یکدیگر داشت. یکی از دلایل اصلی کاهش کیفیت و کمیت تولید در گلخانه‌های گیاهان زینتی در کشور، عدم توجه به همین اصل و صرفاً استفاده از کودهای کامل برای تغذیه است.

فهرست منابع:

1. سالاردینی،ع ا و مجتهدی،م. 1367، اصول تغذیه گیاه، جلد دوم، انتشارات نشر دانشگاهی، 309 صفحه.
2. روستایی، ع. 1381. کشت گیاهان بیرون از خاک (کشت هیدروپونیک). ترجمه. نشر جهاد. تهران.
3. Adcock K, G., J. W. Gartrell., and R. F. Brennan. 2001. Calcium deficiency of wheat grown in acidic sandy soil from southwestern Australia. Journal of plant nutrition. 24(8): 1217-1227 .
4. Baas, R., N. Marissen., and A. Dik. 1998.Cut rose quality as affected by ca supplyand translocation. Acta Horticulturae. 518: 45-54.
5. Bar-Tal, A., and E. Pressman. 1996. Root restriction an potassium and Ca solution concentrations affect dry-matter production, cation uptake, and blossom-end rot in greenhouse tomato. Journal of The American Society For Horticultural Science 22: 863-868.
6. Bar-Tal, A., R. Baas., R. Ganmore-Neumann., R. Dik., and N. Marissen. 2001. Rose flower production and quality as affected by Ca concentration in the petal. Agronomie. 21: 393–402.
7. Chen, Y. and T. Aviad. 1990. Effects of humic substances on plant growth. In: Humic Substances in Soil and Crop Science: Selected readings. MacCarthy, P. et al. (ed.), 161–186. Madison, WI: SSSA and ASA.
8. de Capdeville, G., L.A. Maffia., F.L. Finger., and U.G. Batista. 2003. Gray mold severity and vase life of rose buds after pulsing with citric acid, salicylic acid, calcium sulfate, sucrose and silver thiosulfate. Fitopatologia Brasileira 28: 380- 386.
9. Dong C. X., J. M. Zhou., X. H. Fan., H. Y. Wang., Z. Q. Duan., and C. Tang. 2004. Application methods of calcium supplements affect nutrient levels and calcium forms in mature tomato fruits. Journal of plant nutrition .27 (8):1443–1455.
10. Ganmore-Neumann, R., and S. Davidov. 1993. Uptake and distribution of calcium in rose plantlets as affected by calcium and boron concentration in culture solution. Plant Soil. 155-156: 151-154.
11. Gaur, A.C. 1964. Influence of humic acid of growth and mineral nutrition in plants. Bull. Assoc. Fr. Itude Sol. 35:207-219.
12. Gerasopoulos, D., and B. Chebli. 1999. Effects of pre- and postharvest calcium applications on the vase life of cut gerberas. J. Hort. Sci. and Biotechnol. 74:78-81.
13. Higaki, T., Rasmussen, H.P., and W.J. Carpenter. 1980. Color breakdown in anthorium (*Anthorium andreanum* Lind) spathes caused by Ca deficiency. Journal of The American Society For Horticultural Science 105: 441-444.
14. Kreij, C., and H. de Basar. 1995. Effect of humic substances in nutrient film technique on nutrient uptake. Journal of plant nutrition 18: 793–802.
15. Mackowiak, C.L., P.R. Grossl., and B.G. Bugbee. 2001. Beneficial effects of humic acid on micronutrient availability to wheat. Soil Science Society of America Journal 65: 1744-1750
16. Mills, H.A., and J.B. Jones. 1996. Plant analysis handbook II. Micromacro publishing. Athens, USA.
17. Mortensen, L.M., C.O. Ottosen., and H.R. Gislerod. 2001. Effect of air humidity and K/Ca on growth, morphology, flowering and keeping quality of pot roses. Scientia Horticulturae 90: 131-141.
18. Nikbakht, A., Kafi, M., Babalar, M., Xia, Y. P., Luo, A., and N. Etemadi. 2008. Effect of humic acid on plant growth, nutrient uptake, and postharvest life of gerbera. Journal of plant nutrition 31(12): 2155-2167.
19. Osterberg, R., and S.Q. Wei. 1999. Solution interaction of humic acids with calcium ions involves a two-phase system. Acta Chemica Scandinavica 53: 974-984.

20. Pintro, J. C., and G. J. Taylor. 2005.Calcium requirement in the background nutrient solution on growth of wheat plants using the relative addition rate technique. Journal of Plant Nutrition. 28: 551–565.
21. Sanchez-conde, M.P., and C.B. Ortega. 1968. Effect of humic acid on the development and the mineral nutrition of the pepper plant. 745-755. In Control de la fertilizacion de las plantas cultivadas. 2nd Cologuio Evr. Medit. Cent. Edafol. Biol. Aplic. Cuarto, Sevilla, Spain.
22. Stromme, E., Selmer-Olsen, A.R., Gislerod, H.R., and R. Moe. 1994. Cultivar difference in nutrient absorbtion and susceptibility to bract nectosis in poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* wild. Wx Klotzscj). Gartenbauwissenschaft. 59:6-12.
23. Sun, D.L., An, Z.X., Wen, F.Y., and Lv. Y.P. 1999. Effect of NAA on absorption and transportation of 45Ca in tomato. Acta Agric.Boreali- Sinica. 14 (1): 89–92. In Chinese.
24. Torre, S., Fjeld, T., and H.R. Gislerod. 2001. Effect of air humidity and K/Ca ratio in the nutrient supply on growth and post harvest characteristics of cut roses. Scientia Horticulturae. 90:291-304.
25. Turkmen, O., A, Dursun., M, Turan., and C. Erdinc. 2004. Calcium and humic acid affect seed germination, growth, and nutrient content of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) seedlings under saline soil conditions. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science. 54: 168–174.
26. Vero´ nica Mora, EvaBacaicoa, Angel-MariaZamarren˜o, ElenaAguirre, MariaGarnica, Marta Fuentes, and Jose´-Maria Garcı´a-Mina. 2010. Action of humic acid on promotion of cucumber shoot growth involves nitrate-related changes associated with the root-to-shoot distribution of cytokinins, polyamines and mineral nutrients. Journal of plant physiology. 167:633-642.