اثر محلول‌پاشی برگی کلرید کلسیم و نانوکلات کلسیم بر ویژگی‌های رویشی، زایشی و عمر پس از برداشت گل مریم (*Polianthes tuberosa* L.)

فرزاد نظری

سنندج، دانشگاه کردستان، دانشکده کشاورزی، گروه علوم باغبانی

تاریخ دریافت: ۹۷/۶/۳ تاریخ پذیرش: ۹۷/۹/۱۰

چکیده

کلسیم از مهمترین عناصر موجود در دیواره یاخته‌ای گیاهان می‌باشد که به خاطر کارکردهای مختلف آن در متابولیسم گیاهی، نقش مهمی در کیفیت گیاهان باغبانی و به ویژه گیاهان زینتی را ایفا می‌کند. تغذیه انواع گل‌های شاخه بریده دارای اندام زیر زمینی سوخ (پیاز) مانند گل مریم (*Polianthes tuberosa* L.) با کودهای کلسیمی جهت بهبود رشد رویشی، زایشی و عمر پس از برداشت گل یک نیاز ضروری است. به همین دلیل در این پژوهش اثر تغذیه کلسیم با دو منبع کلرید کلسیم و نانوکلات کلسیم بر ویژگی‌های رویشی، زایشی و عمر پس از برداشت گل مریم بررسی شد. آزمایش به صورت طرح کاملا تصادفی با ۵ تیمار و ۴ تکرار انجام شد که در آن تیمارها شامل کلرید کلسیم با دو غلظت ۱/۵ و ۳ درصد و نانوکلات کلسیم ۲ و ۴ میلی‌لیتر در لیتر همراه با شاهد (آب مقطر) بودند. با کشت سوخ‌ها و رسیدن بوته‌ها به ۱۰ تا ۱۲ برگی، محلول‌پاشی هر دو منبع کلسیم شروع و با فاصله هر ۴ روز یکبار تا ۵ مرتبه تکرار شد. نتایج نشان داد که هر دو منبع کلسیم اثرهای مثبتی بر برخی ویژگی‌های ذکر شده در گل مریم دارند و اثر نانوکلات کلسیم در مقایسه با کلرید کلسیم در بیشتر صفات بهتر بود. بیشترین وزن تر و خشک و سطح برگ‌ها، وزن تر و خشک سوخک‌ها (پیازچه‌ها) و ریشه و نیز تعداد برگ، طول، قطر، تعداد گلچه و عمر پس از برداشت ساقه گل با محلول‌پاشی نانوکلات کلسیم ۴ میلی‌لیتر در لیتر به‌دست آمد. وزن تر و خشک سوخ مادری به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر تغذیه هر دو نوع منبع کلسیم قرار نگرفت و نیز بیشترین تعداد سوخک در تیمار شاهد (بدون محلول‌پاشی کلسیم) مشاهده شد. به‌طور کلی کاربرد کلسیم به ویژه در نوع نانوکلات کلسیم با غلظت ۴ میلی‌لیتر در لیتر با افزایش تعداد، سطح و وزن تر و خشک برگ و نیز وزن تر و خشک ریشه سبب بهبود ویژگی‌های زایشی و عمر پس از برداشت گل مریم شد.

واژه های کلیدی: تغذیه، عمر پس از برداشت، کلسیم، گل مریم، گیاهان سوخوار.

نویسنده مسئول، تلفن: ۰۸۷۳۳۶۲۰۵۵۳، پست الکترونیکی: f.nazari@uok.ac.ir

مقدمه

گل مریم با نام علمی *Polianthes tuberosa* L. یکی از گیاهان سوخوار (Bulbous plants) زینتی محبوب از تیره آگاوسانان (Agavaceae) و بومی مکزیک می‌باشد و نیز از مهمترین گل‌ها در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری است که به صورت بریدنی، باغچه‌ای و نیز در صنعت عطرسازی از آن استفاده می‌شود (۲۴). در کشاورزی و به ویژه باغبانی، استفاده مناسب از کودها برای رشد و نمو گیاهان خیلی اهمیت دارد و بیشتر کودهای مورد استفاده به دلیل عوامل مختلفی برای گیاهان غیر قابل دسترس هستند. بنابراین به منظور کاهش هدر رفت کودها، افزایش عملکرد و نیز بهبود کیفیت گیاهان، استفاده از روش‌های جدید جهت تهیه کودها با کمک نانوتکنولوژی ضروری به نظر می‌آید (۱۰). ترکیبات در مقیاس نانو در نتیجه افزایش نسبت سطح به حجم که به طور معمول با کاهش اندازه ذرات رخ می‌دهد، منجر به افزایش فعالیت ذرات و اثر بخشی آن‌ها در مقایسه با دیگر ترکیبات شده (۶) و به‌طور

معمول مقدار کمتری از آن‌ها در مقایسه با کودهای معمولی استفاده می‌شود (۲۸). بنابراین نانوکودها به دلیل توانایی آن‌ها برای جذب بیشتر، نفوذ بیشتر در گیاه و انتقال سریعتر آن‌ها در یاخته‌های گیاهی، می‌توانند اثرات بهتری در مقایسه با کودهای معمولی بر محصولات داشته باشند (۳). تغذیه با کودهای دارای کلسیم در گیاهان زینتی و به ویژه در انواعی که سوخوار هستند و به صورت بریدنی مورد استفاده قرار می‌گیرند، جهت بهبود رشد و عمر پس از برداشت (Postharvest life) آن‌ها، یک نیاز ضروری است. کلسیم یکی از عناصر پرمصرف است که حرکت آن در درون گیاه برخلاف دیگر درشت عناصر (Macronutrient) بسیار کند است و از مهمترین عناصر موجود در دیواره یاخته‌ای گیاهان می‌باشد که به خاطر کارکردهای مختلف آن در متابولیسم گیاهی، نقش مهمی در کیفیت گیاهان باغبانی و به ویژه گیاهان زینتی را ایفا می‌کند (۲۵). همچنین یون کلسیم در تقسیم یاخته‌ای و تنظیم بسیاری از فرآیندهای رشد و نموی گیاه **مانند** پیری (Senescence) دخالت دارد و کلسیم سیتوپلاسمی به عنوان یک پیام دهنده ثانویه (Secondary messenger) مرتبط با هورمون‌های گیاهی در تنظیم رخدادهای مهم یاخته‌ای شناخته شده است (۱۱). کلسیم عنصری غیر متحرک است که به‌طور معمول در بافت‌های گیاهی با حرکت آب در آوندهای چوبی در فرآیند تعرق، جابجا می‌شود (۹). به همین دلیل غلظت کلسیم در اندام‌هایی مانند گل و میوه که از انواع سینک‌های (Sinks) آسیمیلات‌ها می‌باشند و مقدار تعرق در آن‌ها به نسبت کم بوده و اغلب از طریق آوندهای آبکش تغذیه می‌شوند، به نسبت پایین است. همچنین در این اندام‌ها به دلیل سرعت رشد بالا، تعداد روزنه و نیز تعرق کم، ممکن است مقدار کلسیم جذب شده برای استحکام دیواره یاخته‌ای و یکپارچگی غشا (Membrane integrity) پایین تر از سطح بحرانی آن باشد (۳۳) به همین دلایل توصیه شده است که محلول‌پاشی کلسیم حداقل سه مرتبه در دستور کار پرورش دهندگان گیاهان زینتی به ویژه در انواع بریدنی قرار داده شود زیرا تغذیه کلسیم سبب بهبود عملکرد و کیفیت پس از برداشت آن‌ها می‌شود. Picchioni و همکاران (۲۶) نشان دادند که ۵ میلی مولار کلرید کلسیم سبب افزایش تجمع ماده خشک ریشه و نسبت ریشه به شاخساره در یک گونه زینتی لوپن (*Lupinus havardii*) می‌شود و نیز در پاسخ به افزایش مقدار کلسیم در این گونه، تخصیص (Allocation) کربن و مواد مغذی به سمت ریشه تغییر جهت پیدا کرده است (۲۶). همچنین در پژوهشی دیگر نانو کلسیم به غلظت ۰/۵ گرم در لیتر در مقایسه با ۲ یا ۳ گرم در لیتر کلسیم کلاته شده (Chelated calcium) به‌طور معنی‌داری سبب افزایش ارتفاع گیاه، تعداد شاخه به ازای هر گیاه، مقدار کلروفیل کل، عملکرد کل، وزن تر و خشک گیاه و نیز تعداد میوه به ازای هر گیاه در گوجه فرنگی تحت تنش شوری شده است (۳۶).

کلسیم یکی از عناصری است که با به تاخیر انداختن پیری و بهبود کیفیت نگهداری گل‌های بریدنی، نقش مهمی در عمر پس از برداشت آن‌ها دارد و این عمل را با تأثیر در مسیر تولید اتیلن انجام می دهد. به علت نقش کلسیم در ثبات غشای یاخته‌ای اثر آن در سنتز اتیلن در گیاهان حالت باز دارنده می‌باشد، در واقع کلسیم تبدیل پیش ماده ا–آمینو سیکلوپروپن – ۱ – کربوکسیلیک اسید (1-Aminocyclopropane-1-carboxylic acid=ACC) به اتیلن را به وسیله آنزیم‌های غیر اختصاصی باند شده به غشای یاخته‌ای میانجیگری می‌کند. همچنین این عنصر با جلوگیری از فعالیت آنزیم‌های تخریب کنندهٔ یاخته، مانند پلی گالاکتروناز (Polygalacturonase) سبب افزایش عمر پس از برداشت گل‌های بریدنی می‌شود (۱۱). محلول‌پاشی کلرید کلسیم سبب افزایش معنی‌دار عمر پس از برداشت گل رز بریدنی شده است (۱). سوری و مهدوی (۳۲) گزارش کردند که افزایش غلظت کلسیم محلول غذایی در رزهای بریدنی تا ۴۰۰ میلی گرم در لیتر سبب بهبود ویژگی‌های کیفی گل مانند طول و قطر ساقه گل و نیز عمر

پس از برداشت می‌شود. افزون بر این گزارش شده که افزایش غلظت کلسیم در محلول غذایی سبب افزایش مقدار کلسیم در بوته رزهای مینیاتوری شده و این سبب بهبود عمر پس از برداشت آن‌ها شده است (۳۳). همچنین گزارش شده که کلسیم باز شدن غنچه‌های گل رز را بهبود بخشیده و از این طریق سبب افزایش قطر گل و در نهایت عمر پس از برداشت شده است. همچنین این پژوهشگران دریافتند که کلسیم سبب افزایش وزن تر اولیه ساقه گل شده و نیز کاهش وزن در مراحل بعدی را به تاخیر انداخته و گل‌های تیمار شده شاداب باقی مانده و ویژگی‌های اولیه خود را برای مدت طولانی تری حفظ کردند. گزارش شده که تاخیر در پیری گلبرگ‌های گل رز در اثر تیمار با کلسیم به دلیل محافظت پروتئین‌ها و فسفولیپیدهای غشایی از تجزیه شدن می‌باشد (۳۳). در پژوهشی رنجبر و همکاران (۲۸) نشان دادند که اثر نانوکلات کلسیم بر کیفیت پس از برداشت میوه سیب (*Malus domestica* L. cv. Red Delicious) و فعالیت آنزیم‌های دیواره یاخته‌ای آن، موثر تر از کلرید کلسیم می باشد.

بنابراین با توجه به اینکه تا کنون هیچگونه پژوهشی در مورد اثر نانو کودهای کلسیم بر رشد و نمو گل مریم وجود ندارد و نیز با توجه به اینکه باز نشدن گلچه‌های بالایی، ریزش گلچه‌ها و نیز عمر کم پس از برداشت گل مریم از مشکلات آن در تولید و بازاریابی آن می‌باشد، بنابراین در این پژوهش اثر دو نوع منبع کلسیم (کلرید کلسیم و نانوکلات کلسیم) بر ویژگی‌های رویشی، زایشی و عمر پس از برداشت آن بررسی شد.

مواد و روشها

این پژوهش از اردیبهشت تا مهرماه سال ۱۳۹۶ به صورت گلدانی در گلخانه شیشه‌ای بخش علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان با میانگین دمای روزانه ۲۵ تا ۳۰ درجه سلسیوس و دمای شبانه ۱۶ تا ۱۸ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵۰ تا ۵۵ درصد با سیستم خنک کننده پوشال و پنکه انجام شد. در اواسط اردیبهشت ماه سوخ‌های (Bulbs) گل مریم از شهرستان دزفول که یکی از مراکز تولید زمستانه گل مریم در ایران می‌باشد، خریداری و به‌مدت ۳ هفته در دمای اتاق داخل جعبه‌های پلاستیکی بدون پوشش قرار داده شدند. سپس در پنجم خرداد ماه، سوخ‌هایی که به نسبت از لحاظ ظاهری و قطر (میانگین قطر ۲/۵ تا ۳ سانتی‌متر) یکسان بودند در گلدان‌های پلاستیکی ۴/۵ کیلوگرمی دارای آمیخته خاکی (خاک، خاکبرگ و ماسه به نسبت مساوی) کشت شدند. در اواسط تیر که بوته‌ها دارای ۱۰ تا ۱۲ برگ بودند محلول‌پاشی با کودهای دارای کلسیم شروع شد و با فاصله هر ۴ روز یکبار تا ۵ مرتبه انجام شد. محلول‌پاشی روی بر برگ‌ها به گونه‌ای انجام شد که حالت چکه کردن (Runoff) محلول از نوک آن‌ها رخ داد. طرح مورد استفاده در این پژوهش از نوع کاملا تصادفی با ۵ تیمار و ۴ تکرار بود که در آن تیمارها ۱- شاهد (آب مقطر)، ۲- کلرید کلسیم ۱/۵ درصد، ۳- کلرید کلسیم ۳ درصد، ۴- نانوکلات کلسیم ۲ میلی‌لیتر در لیتر و ۵- نانوکلات کلسیم ۴ میلی‌لیتر در لیتر را بودند و نیز هر تکرار یک گلدان با دو سوخ کشت شده در آن را شامل شد. کلرید کلسیم از شرکت مرک (Merck) در آلمان تهیه شد که دارای ۳۵/۴۵ درصد کلسیم و به صورت گرانوله‌های با قطر ۱ تا ۲ میلی‌متر بود. نانوکلات کلسیم که دارای ۷ درصد کلسیم و ۵ درصد نیتروژن با قطر ذرات حدوداً ۲۰ نانومتر از شرکت فن آور سپهر پارمیس در ایران تهیه گردید. عامل کلات کننده در نانوکلات کلسیم اتیلن دی آمین هیدروکسی فنیل استیک اسید (EDDHA) Ethylenediamine-N,N'-bis(2-hydroxyphenylacetic acid] بود.

گلدهی گیاهان از اواسط مرداد ماه شروع شد و تا اواسط مهرماه شاخه‌های گل برداشت شدند و داده برداری‌های مربوط به آن‌ها انجام شد. با گلدهی هر بوته و باز شدن ۲ تا ۳ گلچه پایینی خوشه گل، ابتدا ساقه گل را به گونه ای از بوته جدا کرده که ۳ برگ پایین آن روی بوته باقی بماند

سپس با شمارش تعداد برگ‌ها و تعداد گلچه‌های روی آن، طول و قطر آن با کولیس دیجیتالی گانگلو (Guanglu) و نیز وزن تر آن با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. به منظور اندازه گیری عمر پس از برداشت، پس از برداشت شاخه‌های گل بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و از ارتفاع ۴۵ سانتی‌متری با استفاده از چاقوی تیز و در زیر آب مقطر به صورت مورب قطع شدند سپس هر کدام از شاخه‌ها در ۲۰۰ میلی‌لیتر محلول گلجایی (آب مقطر دارای ساکارز ۴ درصد)، قرار گرفتند. مکان بررسی عمر پس از برداشت در شرایط کنترل شده با دمای ۲±۲۳ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۱۰±۶۰ درصد در شرایط نور ۱۷ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه با طول دوره نوری ۱۲ ساعت بود. همچنین جهت جلوگیری از تبخیر و آلودگی محلول گلجای، دهانه ظرف‌ها با پارافیلم و نیز به منظور کاهش اثر نور بر محلول گلجای، ظرف‌ها با آلومینیوم فویل پوشانده شدند. در طول آزمایش فقط یک بار و آن هم در روز پنجم از انجام آزمایش عمل بازبرش (Recutting) انتهای ساقه‌ها جهت جذب بهتر محلول گلجای (Vase solution) انجام شد. عمر پس از برداشت از روز اول قرار گیری شاخه‌های گل در گلجا (Vase) تا زمانی که ساقه گل علایم گردن خمیدگی و گلبرگ‌ها حالت رنگ پریدگی را نشان دادند، در نظر گرفته شد (۲). در اواخر مهر ماه سطح برگ‌ها و نیز وزن تر و خشک برگ‌های باقی مانده روی بوته‌ها اندازه‌گیری شد. سپس با خارج کردن سوخ‌های مادری از گلدان، تعداد سوخک‌های (Bulblets) هر کدام از آن‌ها شمارش و نیز وزن تر و خشک سوخ مادری و نیز سوخک‌ها اندازه‌گیری شد. سپس با شستشوی کامل خاک اطراف آن‌ها، بی‌درنگ ریشه‌ها را جدا کرده سپس وزن تر و خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری وزن خشک نمونه‌های برگ، ساقه گل و نیز سوخک، از آون الکتریکی Heraeus ساخت آلمان به مدت ۴۸ ساعت با دمای ۷۲ درجه سلسیوس استفاده شد (۲۳). سطح برگ‌ها با دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ مدل Delta-T Devices LTD ساخت انگلستان اندازه‌گیری شد. تغذیه گیاهان هر ماه یک بار با محلول ۲ در هزار کود کامل کریستالون (Kristalon) که دارای ۳۸ درصد پتاسیم، ۱۲درصد نیتروژن، ۱۲ درصد فسفر، ۰/۰۷ درصد آهن، ۰/۰۴ درصد منگنز، ۰/۰۲۸ درصد بور، ۰/۰۲۵ درصد روی، ۰/۰۱ درصد مس و ۰/۰۰۴ درصد مولیبدن بود، انجام شد و آبیاری آن‌ها هر ۷ روز یک بار صورت گرفت. برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم افزار آماری SAS استفاده شد و میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) مقایسه شدند.

نتایج

صفات رویشی: همچنان که در جدول‌های ۱ و ۲ تجزیه واریانس مشاهده می‌شود استفاده از کودهای کلسیمی اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر برخی ویژگی‌های رویشی مانند وزن خشک و سطح برگ‌ها، وزن خشک سوخک‌ها و نیز وزن تر و خشک ریشه دارند. صفاتی مانند وزن تر برگ‌ها، تعداد و وزن تر سوخک‌ها در سطح احتمال ۵ درصد تحت تاثیر تغذیه کلسیم قرار گرفتند. اثر تغذیه هر دو نوع منبع کلسیم بر دو ویژگی وزن تر و خشک سوخ مادری معنی‌دار نبود (جدول‌های ۱ و ۲).

وزن تر و خشک برگ‌ها: بیشترین وزن تر (۴۸/۱۸ گرم) و خشک (۳/۲۷ گرم) برگ‌ها در بوته‌هایی به‌دست آمد که با نانوکلات کلسیم ۴ میلی‌لیتر در لیتر تغذیه شده بودند، هر چند که با غلظت ۲ میلی‌لیتر در لیتر آن تفاوت معنی‌داری نداشت. استفاده از کلرید کلسیم بر وزن تر و خشک برگ به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار بود و در هر دو صفت ذکر شده مقدار آن‌ها در غلظت ۱/۵ درصد کلرید کلسیم بیشتر بود. کمترین مقدار وزن تر و خشک برگ‌ها در تیمار شاهد (بدون تغذیه کلسیم) به‌دست آمد (شکل ۱).

جدول ۱- خلاصه تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کلرید کلسیم و نانوکلات کلسیم بر برخی صفات رویشی گل مریم رقم 'دزفول'.

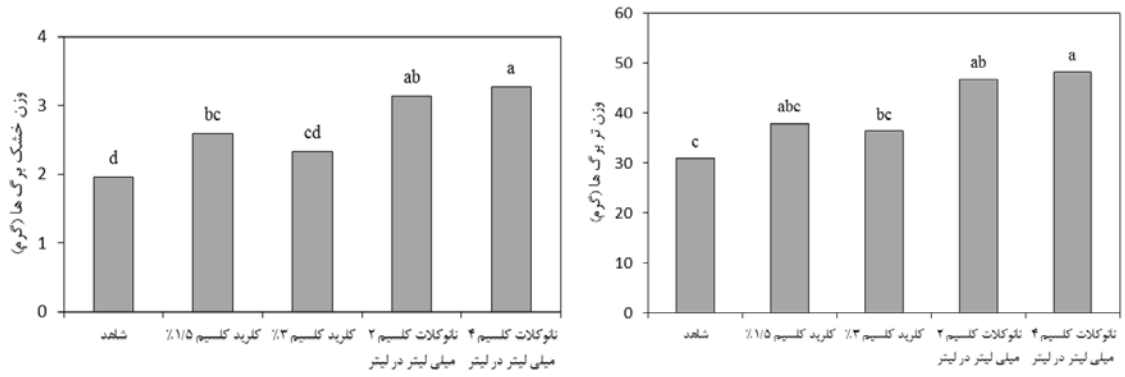
منابع تغییر	درجه آزادی	وزن تر برگ‌های روی بوته (گرم)	وزن خشک برگ‌های روی بوته (گرم)	سطح برگ‌ها (سانتی‌متر مربع)	وزن تر سوخ مادری (گرم)	وزن خشک سوخ مادری (گرم)
تیمار	۴	۲۱۲/۱۲*	۱/۲۱**	۳۵۰۹۸/۱۳**	۳/۷۵^{ns}	۰/۳۷^{ns}
خطا	۱۵	۵۳/۳۳	۰/۱۳	۶۸۷۰/۵۳	۵/۶۵	۰/۱۳
ضریب تغییرات	---	۱۸/۲۵	۱۳/۷۴	۱۷/۰۰	۱۴/۴۱	۱۶/۰۱

**، *و^{ns}: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیر معنی‌دار.

جدول ۲- خلاصه تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کلرید کلسیم و نانوکلات کلسیم بر برخی صفات رویشی گل مریم رقم 'دزفول'.

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد سوخک‌ها	وزن تر سوخک‌ها (گرم)	وزن خشک سوخک‌ها (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)
تیمار	۴	۳/۰۷*	۰/۶۰*	۰/۰۵۴**	۳/۲۶**	۰/۰۰۸**
خطا	۱۵	۰/۹۳	۰/۱۳	۰/۰۰۴	۰/۴۰	۰/۰۰۶
ضریب تغییرات	---	۱۷/۲۵	۱۳/۷۲	۱۹/۹۳	۱۸/۱۸	۸/۸۴

**و*: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪.

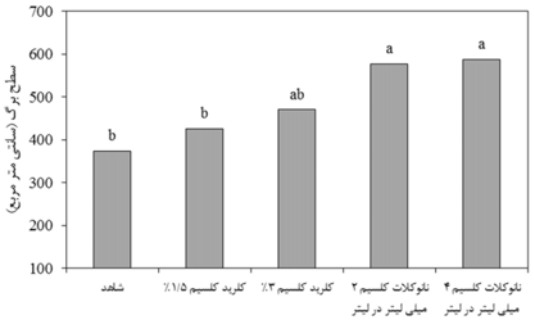


شکل ۱- اثر کلرید کلسیم ۱/۵ و ۳ درصد و نیز نانوکلات کلسیم ۲ و ۴ میلی‌لیتر در لیتر همراه با تیمار شاهد (آب مقطر) بر وزن تر برگ‌ها (بالا) و وزن خشک برگ‌ها (پایین) در گل مریم رقم 'دزفول' (حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان دهنده اختلاف معنی‌دار تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD است).

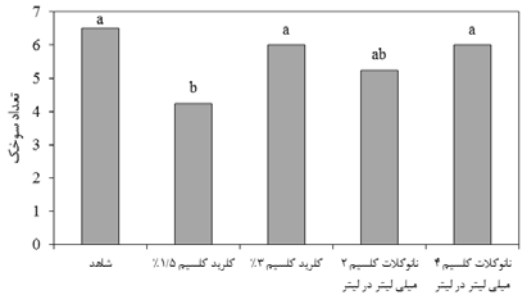
سطح برگ: برخلاف کلرید کلسیم، تغذیه با نانوکلات کلسیم تفاوت معنی‌داری در سطح برگ ایجاد کرد. بیشترین (۵۸۸/۴۰ سانتی‌متر مربع) و کمترین (۳۷۳/۹۰ سانتی‌متر مربع) سطح کل برگ‌ها به ترتیب مربوط به تیمارهای نانوکلات کلسیم ۴ میلی‌لیتر در لیتر و شاهد بود. در بوته‌های محلول پاشی شده با هر دو غلظت کلرید کلسیم، تفاوت معنی‌داری از نظر سطح برگ با شاهد نداشتند. همچنین با اینکه هر دو غلظت نانوکلات کلسیم دارای سطح برگ بالایی بودند، اما تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند (شکل ۲).

تعداد سوخک: تغذیه کلسیم در بوته‌های گل مریم به نسبت سبب کاهش تعداد سوخک به ازای هر سوخ در مقایسه با شاهد (عدم تغذیه کلسیم) شد و در هر دو منبع کلسیم غلظت‌های بالاتر، اثر بهتری بر تولید سوخک در مقایسه با غلظت‌های پایین تر داشتند. بیشترین (۶/۵ عدد) و کمترین (۴/۲۵ عدد) تعداد سوخک به ازای هر سوخ

مادری به ترتیب در تیمارهای شاهد و کلرید کلسیم ۱/۵ درصد مشاهده شد (شکل ۳).



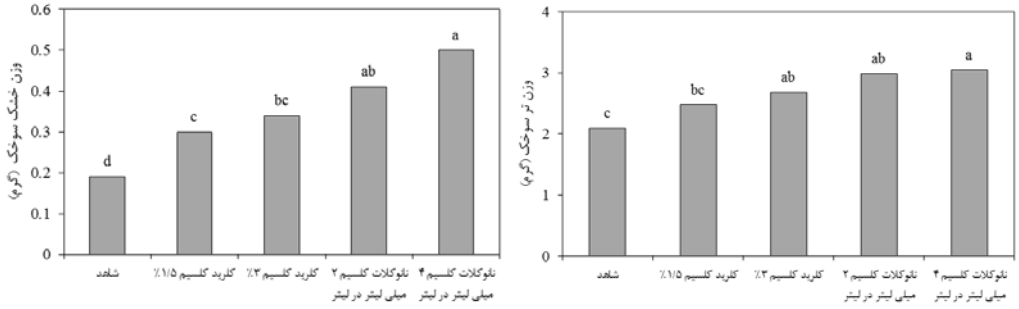
شکل ۲- اثر کلرید کلسیم ۱/۵ و ۳ درصد و نیز نانوکلات کلسیم ۲ و ۴ میلی‌لیتر در لیتر همراه با تیمار شاهد (آب مقطر) بر سطح برگ در گل مریم رقم 'دزفول' (حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان دهنده اختلاف معنی‌دار تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD است).



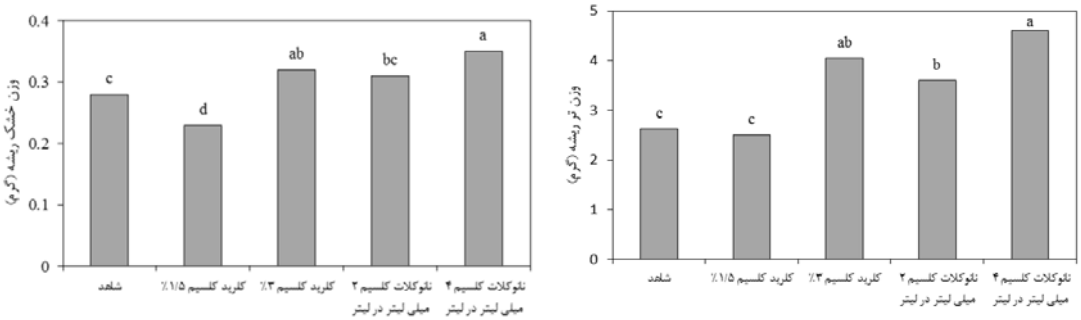
شکل ۳- اثر کلرید کلسیم ۱/۵ و ۳ درصد و نیز نانوکلات کلسیم ۲ و ۴ میلی‌لیتر در لیتر همراه با تیمار شاهد (آب مقطر) بر تعداد سوخک در گل مریم رقم 'دزفول' (حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان دهنده اختلاف معنی‌دار تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD است).

وزن تر و خشک سوخک: برخلاف تعداد سوخک، تغذیه کلسیم اثر مثبتی بر وزن تر و خشک سوخک داشت و در هر دو صفت ذکر شده بیشترین مقدار آن‌ها در تیمار نانوکلات کلسیم ۴ میلی‌لیتر در لیتر و کمترین مقدار در تیمار شاهد مشاهده شد. در هر دو نوع منبع کلسیم، بوته‌های محلول‌پاشی شده با غلظت‌های بالاتر آن‌ها مقدار وزن تر و خشک سوخک بیشتری به‌دست آمد و با وجود اینکه که این دو غلظت تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند، اما تفاوت آن‌ها با تیمار شاهد معنی‌دار بود (شکل ۴).

وزن تر و خشک ریشه: وزن تر و خشک ریشه از صفات رویشی بودند که به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر تغذیه کلسیم قرار گرفتند. در هر دو منبع کلسیم غلظت‌های بالاتر آن‌ها، دارای وزن تر و خشک ریشه بیشتر بودند و کاملا تفاوت آن‌ها با هم معنی‌دار بود. جالب تر اینکه در کلرید کلسیم ۱/۵ درصد، وزن تر و خشک ریشه نسبت به شاهد کمتر بود و با اینکه در وزن تر ریشه تفاوت معنی‌داری نداشتند اما در وزن خشک تفاوت آن‌ها معنی‌دار بود. به‌طور کلی بیشترین وزن تر (۴/۶۰ گرم) و خشک (۰/۵۳ گرم) ریشه در تیمار نانوکلات کلسیم ۴ میلی‌لیتر در لیتر به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمار کلرید کلسیم ۳ درصد نداشت و کمترین مقدار آن‌ها در تیمار کلرید کلسیم ۱/۵ درصد مشاهده شد (شکل ۵).



شکل ۴- اثر کلرید کلسیم ۱/۵ و ۳ درصد و نیز نانوکلات کلسیم ۲ و ۴ میلی‌لیتر در لیتر همراه با تیمار شاهد (آب مقطر) بر وزن تر سوخک (بالا) و وزن خشک سوخک (پایین) در گل مریم رقم 'دزفول' (حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان دهنده اختلاف معنی‌دار تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD است).



شکل ۵- اثر کلرید کلسیم ۱/۵ و ۳ درصد و نیز نانوکلات کلسیم ۲ و ۴ میلی‌لیتر در لیتر همراه با تیمار شاهد (آب مقطر) بر وزن تر ریشه (بالا) و وزن خشک ریشه (پایین) در گل مریم رقم 'دزفول' (حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان دهنده اختلاف معنی‌دار تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD است).

صفات زایشی: نتایج آنالیز واریانس صفات زایشی مورد بررسی در این پژوهش (جدول ۳) نشان داد که اثر تغذیه کلسیم برهمه این ویژگی‌ها معنی‌داری بود. صفاتی مانند قطر ساقه گل، تعداد گلچه و عمر پس از برداشت در سطح احتمال ۱ درصد و نیز صفاتی مانند تعداد برگ روی ساقه گل و نیز وزن تر و طول ساقه گل در سطح احتمال ۵ درصد به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر محلول‌پاشی کودهای کلسیمی قرار گرفتند (جدول ۳).

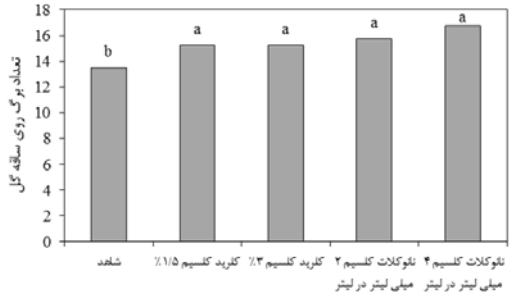
جدول ۳- خلاصه تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کلرید کلسیم و نانوکلات کلسیم بر صفات زایشی گل مریم رقم 'دزفول'.

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد برگ ساقه گل	وزن تر ساقه گل (گرم)	طول ساقه گل (سانتی‌متر)	قطر ساقه گل (میلی‌متر)	تعداد گلچه	عمر پس از برداشت (روز)
تیمار	۴	۵/۵۵*	۳۵/۸۸*	۳۹/۷۱*	۰/۰۰۵**	۱۴/۸۲**	۳/۱۰**
خطا	۱۵	۱/۲۰	۱۳/۳۳	۱۳/۵۱	۰/۰۰۰۷	۰/۹۳	۰/۲۲
ضریب تغییرات	---	۷/۱۶	۸/۱۸	۵/۳۱	۸/۵۶	۹/۱۱	۵/۷۸

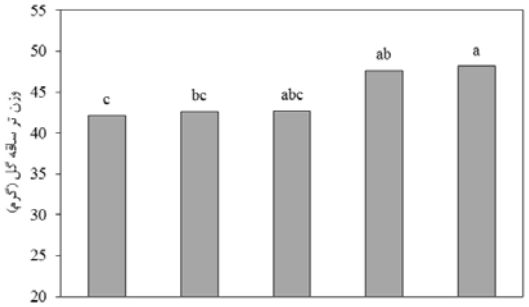
**و *: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪.

تعداد برگ روی ساقه گل: تغذیه کودهای کلسیمی اثر معنی‌داری بر تعداد برگ روی ساقه گل در مقایسه با شاهد ایجاد کردند، هر چند که بین دو نوع منبع کلسیم و نیز غلظت‌های آن‌ها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. بیشترین (۱۶/۷۵ عدد) و کمترین (۱۳/۵۰ عدد) تعداد برگ روی ساقه به ترتیب مربوط به تیمارهای نانوکلات کلسیم ۴ میلی‌لیتر در لیتر و شاهد بود (شکل ۶).

وزن تر ساقه گل: برخلاف کلرید کلسیم، محلول‌پاشی نانوکلات کلسیم توانست تفاوت معنی‌داری را در وزن تر ساقه‌های گل در مقایسه با شاهد ایجاد کند و در غلظت ۴ میلی‌لیتر در لیتر بالاترین وزن تر ساقه گل (۴۸/۱۵ گرم) به‌دست آمد هر چند که تفاوت معنی‌داری با غلظت دیگر آن نداشت. کمترین وزن تر ساقه گل (۴۲/۱۱ گرم) در تیمار شاهد مشاهده که تفاوت معنی‌داری با هر دو غلظت کلرید کلسیم نداشت (شکل ۷).

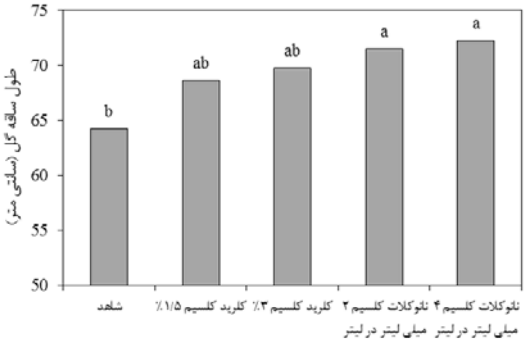


شکل ۶- اثر کلرید کلسیم ۱/۵ و ۳ درصد و نیز نانوکلات کلسیم ۲ و ۴ میلی‌لیتر در لیتر همراه با تیمار شاهد (آب مقطر) بر تعداد برگ روی ساقه گل در گل مریم رقم 'دزفول' (حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان دهنده اختلاف معنی‌دار تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD است).



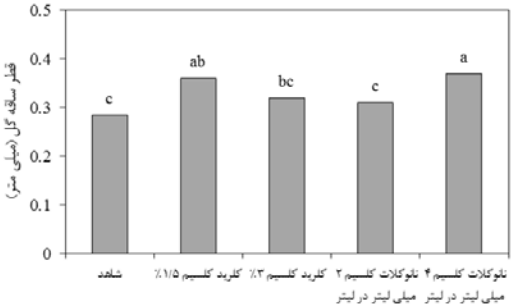
شکل ۷- اثر کلرید کلسیم ۱/۵ و ۳ درصد و نیز نانوکلات کلسیم ۲ و ۴ میلی‌لیتر در لیتر همراه با تیمار شاهد (آب مقطر) بر وزن تر ساقه گل در گل مریم رقم 'دزفول' (حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان دهنده اختلاف معنی‌دار تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD است).

طول و قطر ساقه گل: طول و قطر ساقه گل به عنوان دو ویژگی مهم برای ارزیابی کیفیت شاخه گل مریم به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر کاربرد کودهای کلسیمی قرار گرفتند. بیشترین طول ساقه (۷۱/۵۰ سانتی‌متر) در تیمار نانوکلات کلسیم ۴ میلی‌لیتر در لیتر به‌دست آمد که تنها با شاهد تفاوت معنی‌داری داشت و کمترین مقدار آن (۶۴/۲۵ سانتی‌متر) در تیمار شاهد مشاهده شد که تفاوت آن با هر دو غلظت کلرید کلسیم معنی‌دار نبود (شکل ۸).



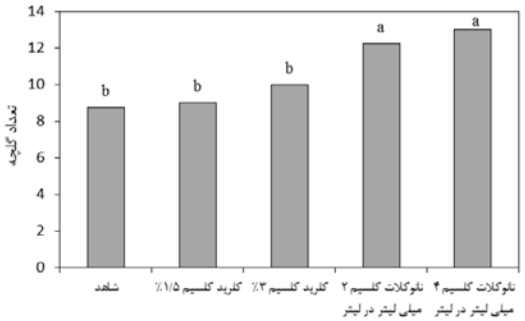
شکل ۸- اثر کلرید کلسیم ۱/۵ و ۳ درصد و نیز نانوکلات کلسیم ۲ و ۴ میلی‌لیتر در لیتر همراه با تیمار شاهد (آب مقطر) بر طول ساقه گل در گل مریم رقم 'دزفول' (حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان دهنده اختلاف معنی‌دار تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD است).

مشابه طول ساقه، بیشترین قطر ساقه در تیمار نانوکلات کلسیم ۴ میلی‌لیتر در لیتر به‌دست آمد و تفاوت آن با سایر تیمارها بجز تیمار ۱/۵ درصد کلرید کلسیم معنی‌دار بود. از نتایج جالب توجه این پژوهش در مورد قطر ساقه بود که در کلرید کلسیم غلظت پایین تر آن و در نانوکلات کلسیم غلظت بالاتر آن قطر ساقه بیشتر بود (شکل ۹).



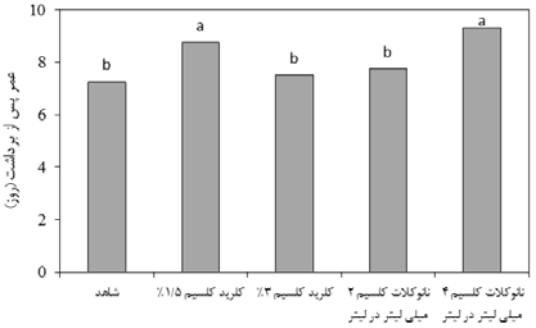
شکل ۹- اثر کلرید کلسیم ۱/۵ و ۳ درصد و نیز نانوکلات کلسیم ۲و۴ میلی‌لیتر در لیتر همراه با تیمار شاهد(آب مقطر)بر قطر ساقه گل در گل مریم رقم 'دزفول' (حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان دهنده اختلاف معنی‌دار تیمارها در سطح احتمال ۵درصد آزمون LSDاست).

تعداد گلچه: تعداد گلچه روی خوشه گل در این پژوهش به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر محلول‌پاشی نانوکلات کلسیم قرار گرفت و در غلظت ۴ میلی‌لیتر در لیتر آن بیشترین تعداد گلچه (۱۳ عدد) به‌دست آمد هر چند که با دیگر غلظت آن تفاوت معنی‌داری نداشت. تغذیه کلرید کلسیم نتوانست اثر معنی‌داری بر تعداد گلچه داشته باشد هر چند تعداد گلچه‌ها در هر دو غلظت بیشتر از شاهد بود (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- اثر کلرید کلسیم ۱/۵ و ۳ درصد و نیز نانوکلات کلسیم ۲ و ۴ میلی‌لیتر در لیتر همراه با تیمار شاهد (آب مقطر) بر تعداد گلچه در خوشه گل مریم رقم 'دزفول' (حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان دهنده اختلاف معنی‌دار تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD است).

عمر پس از برداشت: عمر پس از برداشت به عنوان یکی از مهمترین صفات در ارزیابی کیفیت پس از برداشت گل‌های بریدنی در این پژوهش به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر محلول‌پاشی کلسیم قرا گرفت. غلظت پایین کلرید کلسیم و غلظت بالای نانوکلات کلسیم توانستند تفاوت معنی‌داری را در عمر پس از برداشت شاخه‌های گل مریم ایجاد کنند. به‌طور کلی بیشترین (۹/۳۱ روز) و کمترین (۷/۲۵ روز) عمر پس از برداشت به ترتیب در تیمار های نانوکلات کلسیم ۴ میلی‌لیتر در لیتر و شاهد مشاهده شد (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- اثر کلرید کلسیم ۱/۵ و ۳ درصد و نیز نانوکلات کلسیم ۲ و ۴ میلی‌لیتر در لیتر همراه با تیمار شاهد (آب مقطر) بر عمر پس از برداشت گل مریم رقم 'دزفول' (حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان دهنده اختلاف معنی‌دار تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD است).

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه گیاهان سوخوار دارای اندام زیر زمینی می‌باشند بنابراین در مورد ایجاد علایم کمبود کلسیم در برگ‌ها، با گیاهان دیگر تفاوت دارند. گزارش شده که در این گیاهان به‌طور معمول مقدار کلسیم در اندام های ذخیره ای آن‌ها پایین است (۵)، بنابراین محلول‌پاشی کلسیم و یا استفاده از کودهای کلسیمی در بستر کشت آن‌ها توصیه شده است. حتی در رویکردهای کشاورزی ارگانیک، استفاده از پودر استخوان و پوسته آهکی تخم مرغ به خاطر داشتن فسفر و کلسیم در محیط کشت این گیاهان استفاده شده است. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از کلسیم به صورت محلول‌پاشی اثرات بارزی بر ویژگی‌های رویشی، زایشی و عمر پس از برداشت گل مریم دارد و در مقایسه دو نوع منبع کلسیم اثرات نانوکلات کلسیم مناسب تر از کلرید کلسیم بود. در صفات رویشی بررسی شده بیشترین وزن تر، خشک و سطح برگ‌ها، وزن تر و خشک سوخک‌ها و ریشه و نیز تعداد برگ در محلول‌پاشی نانوکلات کلسیم ۴ میلی‌لیتر در لیتر به‌دست آمد. با توجه به نقش مستقیم کلسیم در فرآیندهای فتوسنتز و اینکه کمبود آن از طریق کاهش کارایی کربوکسیلاسیون و فتوسنتز، سبب کاهش قابل توجه زیست توده (بیوماس) گیاهان شده است (۱۸)، بنابراین می‌توان بهبود رشد رویشی توسط محلول‌پاشی آن را توجیه کرد. در همین راستا گزارش شده که کلسیم می‌تواند با افزایش هدایت روزنه‌ای و افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو، میزان فتوسنتز را در گیاهان تیمار شده افزایش دهد (۳۴). همچنین Palta و همکاران (۲۵) نشان دادند که کلسیم ممکن است با اثر بر فعالیت H^+-ATPase در یاخته‌های محافظ، کارکرد (Function) روزنه ها را بهبود دهد.. همسو با نتایج ما در مورد افزایش وزن تر و خشک برگ‌ها و ریشه با محلول‌پاشی کلسیم، استفاده از کلرید کلسیم با غلظت ۳۵ میلی مول در محلول غذایی در توت فرنگی سبب افزایش وزن خشک شاخساره و ریشه شده است (۱۴). همچنین خسروی مشیزی و سرچشمه پور (۱۶) گزارش کردند که کاربرد کلسیم به غلظت ۳ در هزار در دو رقم طالبی (*Cucumis melo* L.) سبب افزایش وزن تر و خشک بوته و نیز تعداد برگ شده است. افزون بر این گزارش شده که کلسیم می‌تواند با اثر بر تقسیم میتوز در نقاط مریستمی بر نمو شاخه‌های جانبی اثر گذار باشد (۳۷) و تیمارهای کلسیم سبب افزایش رشد ساقه را در درخت های سیب و گلابی شده است (۲۷). در مورد اثر کلسیم بر رشد ریشه گزارش شده که کلسیم به‌طور مستقیم برای رشد ریشه در گیاهان ضروری است و نقش آن در نمو مریستم های اولیه و جانبی ریشه می‌باشد و تعداد مریستم های در حال رشد

و در نهایت شدت نسبی محل سینک سیستم ریشه را تعیین می‌کنند (۱۷). گزارش شده در دو گونه زینتی کلسیم دوست (Calcicole) لوپن مانند *Lupinus atlanticus* و *Lupinus pilosus* در مقایسه با گونه های کلسیم گریز (Calcifuge) آن مانند *Lupinus angustifolius* و *Lupinus albus* سیستم ریشه ثانویه و ثالثه (Secondary and tertiary) بیشتری را در شرایط گلخانه‌ای توسعه داده‌اند (۷، ۱۵، ۳۵). بنابراین افزایش در شدت سینک ریشه در پاسخ به کاربرد کلسیم، ممکن است یک استراتژی تخصیص منابع مهم (Important resource allocation strategy) مانند کربن و مواد مغذی به سمت ریشه در گونه‌های کلسیم دوست باشد (۲۶).

همسو با نتایج پژوهش حاضر در مورد اثرات بهتر نانوکلات کلسیم در مقایسه با کلرید کلسیم، Tantawy و همکاران (۳۶) گزارش کردند که بهبود وزن تر و خشک شاخه و نیز تعداد شاخه در گوجه فرنگی‌های محلول‌پاشی شده با نانو کربنات کلسیم در مقایسه با کلسیم کلاته شده به دلیل اثر بهتر آن بر فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز و محتوی کلروفیل برگ‌ها می‌باشد (۳۶). همچنین گزارش شده که گیاهان بادام زمینی (Peanut) تیمار شده با نانو کربنات کلسیم تعداد شاخه و نیز وزن تر و خشک گیاه افزایش پیدا کرده است (۱۹). در پژوهش حاضر وزن تر و خشک سوخ مادری به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر تغذیه هر دو نوع منبع کلسیم قرار نگرفت. با توجه به نقش کلسیم در فتوسنتز و تولید آسیمیلات‌های بیشتر انتظار می‌رود که رشد سوخ مادری گل مریم که متاثر از میزان فتوسنتز برگ‌ها می‌باشد، تحت تاثیر قرار گیرد. در گیاهان سوخوار بیشترین رشد سوخ مادری، پس از گلدهی بوته‌ها و تغییر جریان آسیمیلات‌ها از برگ‌ها به سمت آن می‌باشد تا زمانی که برگ‌ها کاملا زرد شوند و سوخ وارد یک دوره خواب (Dormancy) شود (۲۳). اما در این پژوهش چون برداشت برگ‌ها در فاصله کمی پس از گلدهی و زمانی انجام شد که هنوز کاملا سبز بودند و بنابراین کاملا قابل توجیه است که سوخ‌های مادری بهره‌ای از اثرات مثبت کلسیم بر فتوسنتز را نبرده‌اند. در پژوهش حاضر برخلاف دیگر صفات ارزیابی شده، بیشترین تعداد سوخک در تیمار شاهد (بدون محلول‌پاشی کلسیم) مشاهده شد. سوخک‌دهی در گیاهان سوخوار تحت تاثیر عوامل مختلف رویشی، فیزیولوژیکی و نیز محیط کشت می‌باشد (۲۳، ۲۴). همچنین در گیاهان سوخوار میزان سوخک‌دهی می‌تواند تحت تاثیر میزان رشد زایشی باشد یعنی رشد بیشتر ساقه گل‌دهنده میزان سوخک‌دهی را کمتر می‌کند و برعکس (۲۴). حتی در کشور هلند در سوخوارهایی مانند گل لاله و سوسن (لیلیوم) جهت سوخک‌دهی بیشتر از گل‌دهی بوته‌های آن‌ها جلوگیری می‌کنند. بنابراین با توجه به اینکه در این پژوهش و در تیمار شاهد میزان ویژگی‌های زایشی به نسبت تیمارهای دیگر رشد کمتری داشتند می‌توان ادعا کرد که جریان مواد فتوسنتزی به سمت سوخک دهی به نسبت بیشتر بوده است.

مقدار صفات زایشی بررسی شده در پژوهش حاضر مانند طول، قطر، تعداد گلچه و عمرگلجایی ساقه گل با محلول‌پاشی کلسیم به ویژه نانوکلات کلسیم ۴ میلی‌لیتر در لیتر بیشتر بود. در پژوهش های زیادی اثرات مثبت کلسیم به صورت محلول‌پاشی بوته و پیش از برداشت شاخه گل در بهبود ویژگی‌های زایشی به ویژه عمر پس از برداشت گل‌های بریدنی مانند رز (۱)، گلایول (۲۹)، گل سوسن (۳۱)، گل مریم (۲۲) گزارش شده است. در مورد افزایش طول و قطر ساقه گل با کاربرد کلسیم در این پژوهش، می‌توان ادعا کرد با نقشی که کلسیم در افزایش کارایی فتوسنتز و تولید فرآورده‌های فتوسنتزی در برگ‌ها دارد (۳۴) سبب بهبود این صفت‌ها شده است. همچنین گزارش شده که کلسیم یک عنصر ضروری است که نقش کلیدی در تقسیم سلولی، طویل شدن و رشد را دارد (۴). همسو با نتایج ما در مورد افزایش عمرگلجایی با کاربرد کلسیم، مرتضوی و همکاران (۲۲) گزارش کردند که محلول‌پاشی کلسیم در گل رز بریدنی (*Rosa hybrida* cv. Iliona)

می‌تواند با افزایش مقدار آب نسبی (Relative water content) و حفظ تورژسانس یاخته‌ای برگ‌ها و نیز جلوگیری از تخریب دیواره یاخته‌ای و کاهش نشت الکترونی، عمر گلبرگ‌ها را افزایش دهد. همچنین کاربرد سولفات کلسیم پیش از برداشت در رز، سبب افزایش عمر پس از برداشت آن شده است (۲۰). به احتمال فراوان محلول‌پاشی کلسیم به سه دلیل در این پژوهش سبب بهبود ویژگی‌های زایشی و نیز افزایش عمر پس از برداشت گل مریم شده است: ۱- افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و مقدار فتوسنتز و در نتیجه ساخت بیشتر آسیمیلات‌ها به‌ویژه کربوهیدارات‌ها (۳۴)، ۲- اثر بازدارندگی آن بر فعالیت آنزیم ACC و کاهش تولید اتیلن و ۳- اثر آن در کاهش فعالیت آنزیم‌های تخریب کنندهٔ یاخته مانند پلی‌گالاکتروناز (۱۲). در همین راستا گزارش شده که در رزهای بریدنی تیمار شده با کلسیم میزان تولید اتیلن در برگ‌ها کاهش می‌یابد، بنابراین عمر پس از برداشت بهبود یافته است (۴۰). همچنین گزارش شده کاربرد کلرید کلسیم پیش از برداشت در گل مریم (۲۲)، ارکید دندروبیوم (۳۹) و رز (۸) سبب کاهش تولید اتیلن شده است. کلسیم فعالیت و اثر اتلین را بر دیواره یاخته‌ای کاهش داده و با جلوگیری از آسیب غشاء یاخته‌ای و نیز کاهش نشت یونی فرآیند پیری را تحت تاثیر قرا داده است (۱). حتی پژوهش‌ها در میوه های فرازگرا (Climacteric) مانند سیب نشان داده است که غلظت‌های بیشتر از ۰/۰۴ مولار کلسیم مانع سنتز اتیلن می‌شوند (۳۳) و یا اینکه افزودن کلسیم به محلول گلجایی، باز شدن جوانه‌ها و نیز عمر پس از برداشت را در رز بریدنی بهبود داده است (۲۱) و نیز پیری گلبرگ‌ها را به تاخیر انداخته است (۳۸). Torre و همکاران (۳۸) گزاش کردند که پیری پس از برداشت گل‌های رز، توسط پروتئین‌ها و فسفولیپیدهای غشا یاخته‌ای، اتیلن و فعالیت آنزیم ATPase کنترل می‌شود که همه اینها توسط کلسیم تحت تاثیر قرار می‌گیرند.

همسو با نتایج ما در مورد افزایش تعداد گلچه گل مریم با کاربرد کلسیم، ایرانشاهی (۱۳) نشان داد که کاربرد کلیسم در گلایول سبب افزایش تعداد گلچه می‌شود. همچنین گزارش شده با افزایش غلظت کلسیم در محلول تغذیه گل‌های رز، مقدار کلسیم در بافت گیاه بیشتر شده و نیز به‌طور معنی‌داری تعداد گل و غنچه تا دو برابر افزایش یافته و کیفیت گل‌های تولیدی نیز بهبود یافته است (۳۳). به عنوان یک نتیجه گیری کلی می‌توان گفت محلول پاشی کلسیم سبب بهبود ویژگی‌های رویشی، زایشی و عمرگلجایی گل مریم خواهد شد و غلظت کمتر کلرید کلسیم (۱/۵ درصد) و غلظت بیشتر نانوکلات کلسیم (۴ میلی‌لیتر در لیتر) مناسب تر بود. همچنین در مقایسه دو نوع منبع کلسیم، کاربرد نانوکلات کلسیم توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه کردستان جهت تامین هزینه‌های مالی این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1- Asfanani, M., Davarynejad, G.H. and Tehranifar, A. 2008. Effects of pre-harvest calcium fertilization on vase life of rose cut flowers cv. Alexander. Acta Horticulturae 804: 215-218.

2- Bahrehmand, S., Razmjoo, J. and Farahmand, H. 2014. Effects of nano-silver and sucrose applications on cut flower longevity and quality of tuberose (*Polianthus tuberosa*). International Journal of Horticultural Science and Technology 1: 61-77.

3- Benzon, H.R.L., Rubenecia, M.R.U., Ultra, V.U. and Lee, S.C. 2015. Nano-fertilizer affects the growth, development, and chemical properties of rice. International Journal of Agronomy and Agricultural Research 7: 105-117.

4- Bernadac, A., Jean-Baptiste, I., Bertoni, G. and Morard, P. 1996. Changes in calcium contents during melon (*Cucumis melo* L.) fruit development. Scientia Horticulturae 66: 181-189.

5- Chang, Ch., Y. and Miller, W.B. 2003. Growth and calcium partitioning in LiliumStar Gazer in relation to leaf calcium deficiency. Journal of the American Society for Horticultural Science 128: 788-796.

6- Chau, C.F., Wu, S.H. and Yen, G.C. 2007. The development of regulations for food nanotechnology. Trends in Food Science and Technology 18: 269-280.

7- Clements, J.C., White, P.F., and Buirchell, B.J. 1993. The root morphology of *Lupinus angustifolius* in relation to other *Lupinus* species. Australian Journal of Agricultural Research 44:1367–1375.

8- Cortes, M.H., Frias, A.A., Moreno, Pina, S.G., De La Cruz Guzman, M.M. and Sandoval, G.H. S.G. 2011.The effects of calcium on postharvest water status and vase life of *Rosa hybrida* cv. Grand Gala. International Journal of Agriculture and Biology 13: 233-238.

9- Elad, Y. and Volpin, H. 1993. Reduced sensitivity of grey mould (*Botrytis cinerea*) of bean and tomato plants by means of calcium nutrition. Journal of Phytopathology 139: 146–156.

10- Giraldo, J.P., Landry, M.P., Faltermeier, S.M., McNicholas, T.P., Iverson, N.M. *et al*. 2014. Plant nanobionics approach to augment photosynthesis and biochemical sensing. Nature materials 13: 400-108.

11- Halevy, A., Torre, S., Borochov, A., Porat, R., Philosoph-Hadas, S., Meir, S. and Friedman, H. 2001. Calcium in regulation of postharvest life of flowers. Acta Horticulturae 543: 345-351.

12- Helper, P.K. 2005. Calcium a central regulator of plant growth and development. The Plant Cell 17: 2142-2155.

13- Iranshahi, A. 1998. The effect of good nutrition on quality and longevity of cut flowers of *Gladiolus grandiflora* L. cv. Oscar. Tarbiat Modares Univ. Tehran, MSc. Diss. 128p.

14- Kaya, C., Kirnak, H., Higgs, D. and Saltali, K. 2002. Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivars grown at high (NaCl) salinity. Scientia Horticulturae 93:65-74.

15- Kerley, S.J., Leach, J.E., Swain, J.L. and Huyghe, C. 2000. Investigations into the exploitation of heterogeneous soils by *Lupinus albus* L. and *L. pilosus* Murr. and the effect upon plant growth. Plant and Soil 222: 241–253.

16- Khosravi Mashizi, M. and Sarcheshmehpour M. 2015. Effect of foliar application of calcium and potassium on growth, fruit yield and some properties of two muskmelon cultivars (cucumis melo l.). Journal of Crop Production and Processing Isfahan University of Technology 5: 295-310 (In Farsi).

17- Klepper, B. 1991. Root–shoot relationships, p. 265–286. In: Y. Waisel and A. Eshel (eds.). Plant roots: The hidden half. Marcel Dekker, New York.

18- Kokabi, S. and Tabatabaei, S.J. 2011. Effect of different ratios of potassium to calcium on the yield and quality of galia melons in hydroponic. Journal of Horticultural Science 25: 178-184 (In Farsi).

19- Liu, X., Zhang, F., Zhang, S., He, X., Wang, R., Feng, Z. and Wang, Y. 2005. Responses of peanut to nano calcium carbonate. Plant Nutrition and Fertilizer Science 11: 385-389.

20- Luiz, A.M., Fernando, L.F. and Ulisses, G.B. 2005. Preharvest calcium sulfate applications affect vase life and severity of gray mold in cut roses. Scientia Horticulturae 103: 329-338.

21- Michalczuk, B., Goszczynska, D.M., Rudnicki, R.M. and Halevy, A.H. 1989. Calcium promotes longevity and bud opening in cut rose flowers, Israel Journal of Botany 38: 209–215.

22- Mortazavi, S.N., Bagheri, F. and Bahadoran, M. 2016. Some characteristics of tuberose as affected by pre-harvest application of calcium chloride and gibberellic acid. Advances in Horticultural Science 30: 69-74.

23- Nazari, F., Farahmand, H. and GhasemiGhehsareh, M. 2014. The Effects of different amounts of natural zeolite on vegetative and reproductive characteristics of *Narcissus tazetta* L. cv. Shahla. Journal of Plant Production 2: 39-48.

24- Nazari, F., Farahmand, H., Khosh-Khui, M. and Salehi, H. 2007. Effects of two planting methods on vegetative and reproductive characteristics of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.). Advances in Natural and Applied Sciences 1: 26-29.

25- Palta, J.P. 1996. Role of calcium in plant responses to stresses: Linking basic research to the solution of practical problems. HortScience 31: 51-57.

26- Picchioni, G.A., Valenzuela-Vazquez, M., Armenta-Sanchez, S. 2001. Calcium-activated root growth and mineral nutrient accumulation of *Lupinus havardii*: ecophysiological and

horticultural significance. Journal of the American Society for Horticultural Science 126: 631–637.

27- Raese, J.T. and Darak, S.R. 1991. Importance of calcium in 1991 for production and fruit quality of Anjou pears after the winter freeze of December 1990. Washington State Horticultural Association 86.

28- Ranjbar, S., Rahemi, M. and Ramezanian, A. 2018. Comparison of nano-calcium and calcium chloride spray on postharvest quality and cell wall enzymes activity in apple cv. Red Delicious. Scientia Horticulturae 240: 57-64.

29- Reddy, A.R.G. and Sarkar, M.M. 2016. Studies on the effect of foliar application of calcium on post-harvest, corm and cormel production in gladiolus CV. Summer Sunshine. International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology 9: 89-94.

30- Roger, G.S. 2006. Development of a crop management program to improve the sugar-content and quality of rock melons. Horticulture Australia Project Number: Vx00019.

31- Seyedi, N.A., Torkashv, M. and Allahyari, M.S. 2013. Investigating of the effects of calcium concentration under hydroponic conditions on quantitative and qualitative growth of *Lilium* 'Tresor. Journal of Ornamental and Horticultural Plants 3: 19-24.

32- Souri, M.K. and Mahdavi, M. 2015. Effect of different calcium concentrations on quality parameters of two rose cultivars under hydroponic culture. Journal of Crop Production and Processing Isfahan University of Technology 5: 189-197 (In Farsi).

33- Starkey, R.K. and Pedersen, A.R. 1997. Increased levels of calcium in the nutrient solution improve the post-harvest life of potted roses. Journal of the American Society for Horticultural Science 122: 863–868.

34- Tan, W., Meng, Q.W., Brestic, M., Olsovska, K. and Yang, X. 2011. Photosynthesis is improved by exogenous calcium in heat-stressed tobacco plants. Journal of Plant Physiology 168: 2063-2071.

35- Tang, C., Robson, A.D., Longnecker, N.E. and Greenway, H. 1993. Physiological responses of lupin roots to high pH. Plant and Soil 153: 509–512.

36- Tantawy, A.S., Salama, Y.A.M., Abdel-Mawgoud, A.M.R., Ghoname, A.A. 2014. Comparison of chelated calcium with nano calcium on alleviation of salinity negative effects on tomato plants. Middle East Journal of Agriculture Research 3: 912-916.

37- Tobias, R.B., Conway, W.S., Sams, C.E., Gross, K.C. and Whitaker, B.D. 1993. Cell wall composition of calcium treated apples inoculated with *Botrytis cinerea*. Phytochemistry 32: 35-39.

38- Torre, S., Borochov, A. and Halevy, A.H. 1999. Calcium regulation of senescence in rose petals. Physiologia Plantarum 107: 214–219.

39- Uthairatanakij, A., Jansri, S., Jitareerat, P. and Kanlayanarat, S. 2005. Effect of preharvest calciums spraying on gamma irradiate inflorescences of 'Walter Oumae 4N' Dendrobium International Symposium "New Frontier of Irradiated food and Non-Food Products" 22-23 September, KMUTT, Bangkok, Thailand.

40- Volpin, H. and Elad, Y. 1991. Influence of Ca nutrition on susceptibility of rose flowers to *Botrytis* blight. Phytopathology 81: 1390–1394.

The effect of foliar application of calcium chloride and nano-calcium chelated on vegetative, reproductive and post-harvest life of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.)

Nazari F.

Dept. of Horticultural Science, College of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, I.R. of Iran.

Abstract

Calcium is one of the most important elements in the plant's cell walls, due to its various functions in plant metabolism, play an important role in the quality of horticultural plants, especially ornamental plants. Nutrition the different of cut flowers that have bulb storage organ such as tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) with calcium fertilizers is a necessary requirement. Therefore, in this study, the effect of calcium nutrition with two sources of calcium chloride and nano-calcium chelated on vegetative, reproductive and postharvest life of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) was investigated. The experiment was a completely randomized design with 5 treatments and 4 replications. Treatments included calcium chloride with two concentrations of 1.5 and 3%, nano-calcium chelated of 2 and 4 ml L^{-1} with control (distilled water). By planting of bulbs and reaching the plants to 10 to 12 leaves, the spray of two sources of calcium was started and repeated every 4 days to 5 times. The results showed that both calcium sources had positive effects on some of the properties mentioned in tuberose, and the effect of nano-calcium chelated was better in most traits than calcium chloride. The highest leaves fresh and dry weights, leaf area, fresh and dry weights of bulblets and root, and also leaf number, length, diameter, number of florets, fresh weight and postharvest life of flowering stem and were obtained with 4 ml L^{-1} nano-calcium chelated spraying. The fresh and dry weights of mother bulbs did not significantly affected by the nutrition of both sources of calcium and also the highest number of bulblets were observed in the control treatment (without calcium spraying). In general, the use of calcium, especially in the type of nano-calcium chelated with a concentration of 4 ml L^{-1}, by increasing of the number, area, fresh and dry weights of the leaf, as well as fresh and dry weight of the root, improved the reproductive and postharvest life of the tuberose.

Key words: Nutrition, Postharvest life, Calcium, Tuberose, Bulbous plants.