روند تغییرات غلظت کلسیم در پوست میوه و تأثیر محلول‌پاشی نیترات کلسیم بر عملکرد و کیفیت پرتقال تامسون ناول

علی اسدی کنگرشاهی[1] و نگین اخلاقی امیری

استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران؛ **kangarshahi@gmail.com**

استادیار بخش تحقیقات گیاهان زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران؛ **neginakhlaghi@yahoo.com**

دریافت: **96/4/13** و پذیرش: **96/10/11**

چکیده

هدف از این پژوهش تعیین غلظت کلسیم در پوست میوه مرکبات و اندام‌های مختلف رشد، روند تغییرات کلسیم در پوست میوه در طول فصل رشد و نقش مصرف آن در مراحل کلیدی فنولوژی رشد میوه پرتقال تامسون ناول در افزایش نسبی عملکرد و کیفیت میوه بود. غلظت کلسیم در پوست میوه‌های داخل و خارج تاج، و نیز در برگ‌ها، سرشاخه‌ها و ریشه‌های درختان تعیین شد. همچنین تأثیر محلول‌پاشی نیترات کلسیم پس از تشکیل میوه، قبل از ریزش فیزیولوژیک و در اواخر فاز دوم رشد میوه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار و چهار تکرار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که میانگین قطر میوه‌های داخل تاج بیشتر از میانگین قطر میوه‌های خارج تاج است اما غلظت کلسیم در پوست میوه‌های درون تاج (با میانگین 0/43 درصد) کمتر از کلسیم پوست میوه‌های بیرون تاج (با میانگین 0/52درصد) بود. روند تغییرات غلظت کلسیم پوست میوه‌های داخل تاج در طول دوره رشد از نوسان بیشتری برخوردار بود. بیشترین عملکرد، قطر میوه، وزن میوه و غلظت کلسیم در پوست میوه از محلول‌پاشی کلسیم پس از تشکیل میوه و قبل از ریزش فیزیولوژیک میوه حاصل شد. با توجه به نتایج مزبور، مناسب‌ترین زمان محلول‌پاشی کلسیم برای افزایش غلظت کلسیم در میوه پرتقال تامسون ناول، از پس از تشکیل میوه تا شروع ریزش فیزیولوژیک (فاز اول رشد میوه) است. بنابراین محلول‌پاشی نیترات کلسیم پس از تشکیل میوه و قبل از ریزش فیزیولوژیک تابستانه قویا توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: محلول‌پاشی کلسیم، مراحل فنولوژی، مرکبات

[1] نویسنده مسئول، آدرس: بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران.

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

کلسیم، پنجمین عنصر از نظر فراوانی در پوسته زمین (متوسط غلظت 3/6 درصد) است. کلسیم به شکل کانی، تبادلی، محلول و همچنین یون کلسیم در خاک وجود دارد. شکل یونی کلسیم در سطح تبادلی ذرات خاک یا در محلول خاک وجود دارد. حدود 80 درصد از جایگاه‌های تبادلی ذرات خاک، توسط یون‌های کلسیم، اشغال شده است و این کلسیم تبادلی با سایر یون‌ها در محلول خاک در تعادل است. کلسیم در سطوح تبادلی برای حفظ و پایداری ساختمان خاک بسیار مهم است به طوری که سبب افزایش تجمع ذرات خاک به صورت خاکدانه، بهبود حرکت آب در خاک، نفوذ ریشه و همچنین افزایش پایداری ذرات خاک (خاکدانه) می‌شود. کلسیم محلول و قابل تبادل، شکل‌های اصلی کلسیم قابل جذب در خاک هستند. در خاک‌های آهکی، کربنات کلسیم کانی غالب کلسیم در خاک است (باشور و سایه، 2007؛ یانگ و همکاران، 2010).

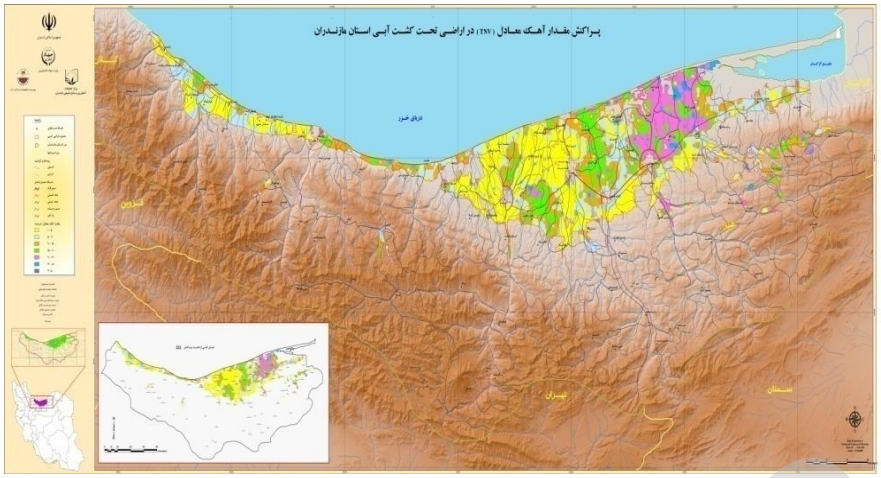
کلسیم قابل تبادل در تعادل با کلسیم محلول خاک است. قدرت نسبی اتصال کلسیم به محل‌های تبادلی، تعادل بین کلسیم تبادلی و محلول را کنترل می‌کند. قدرت نسبی اتصال، تابعی از ویژگی جایگاه‌های تبادل کاتیونی، درجه اشباع کلسیم در جایگاه‌های تبادل کاتیونی، کاتیون‌های مکمل و آنیون‌های محلول خاک می‌باشد. به طورکلی، کلسیم تبادلی محکم‌تر از پتاسیم و منیزیم در جایگاه‌های تبادلی نگهداری می‌شود. غلظت کلسیم در محلول خاک، قدرت بافری کلسیم (نسبت غلظت کلسیم تبادلی به غلظت کلسیم در محلول خاک) و ضریب انتشار مؤثر کلسیم، بیشترین نقش را در انتقال کلسیم به سطح ریشه دارند. در خاک‌های غیرآهکی معمولاً کلسیم قابل تبادل، کلسیم محلول خاک را بافر می‌کند. اما در خاک‌های آهکی، کلسیم محلول توسط کربنات کلسیم بافر خواهد شد. کلسیم یکی از عناصر ضروری در تغذیه گیاهی است و نقش مهمی در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت مرکبات دارد (شوباکی و همکاران، 2000). کلسیم در تعادل با دیگر عناصر غذایی، بیشترین تأثیر را در رشد درختان میوه دارد. کلسیم همچنین برای پایداری غشای پلاسمایی سلول ضروری است. مکانیسم اصلی انتقال کلسیم به ریشه، جریان توده‌ای است اما غلظت کلسیم در محلول خاک بر مقدار نسبی مکانیسم‌های انتقال کلسیم به سطح ریشه (توده‌ای یا انتشار) تأثیر دارد (باربر و پیترسون، 1995).

مطالعات شبکه‌ای خاک‌های استان مازندران نشان داده است که مقدار کربنات کلسیم معادل این خاک‌ها از غرب به طرف شرق، به تدریج افزایش می‌یابد به طوری که بخش عمده خاک‌های مناطق رامسر، نشتارود، سلمان‌شهر، تازه‌آباد و کلارآباد تنکابن، چالوس، محمودآباد، کلوده، مرائده، چمستان، فریدون‌کنار، کارکودمحله، کله‌بست بابل، امیرکلا، بخش‌هایی از جویبار، بخش‌های جنوبی قائم‌شهر، سنگ‌تراشان و اسلام آباد ساری کمتر از 5 درصد (0 تا 5 درصد) کربنات کلسیم معادل دارند. اما بخش عمده خاک‌های شرق کتالم، تنکابن، خرم آباد، عباس آباد، علمده، نور، ایزده، جنوب نکا، رستم‌کلا، بهشهر، علمدارمحله و گلوگاه بین 5 تا 10 درصد کربنات کلسیم معادل دارند. همچنین بخش‌هایی از نوشهر، علمده، نور و ایزده و بخش‌های محدودی از مناطق جنوب نکا، رستم‌کلا، بهشهر، علمدارمحله و گلوگاه بین 10 تا 15 درصد کربنات کلسیم معادل دارند. بیشتر بخش‌های جنوبی آمل، نجارمحله، کیاکلا، بهنمیر، کوهی‌خیل و گلیرد بین 10 تا 20 درصد کربنات کلسیم معادل دارند. اما بخش‌های عمده‌ای از ساری مانند آکند، زردگاه، تازه‌آباد ساری، طوس‌کلا و زاغمرز بین 20 تا 30 درصد کربنات کلسیم معادل دارند (شکل1).

همچنین مطالعات خاکشناسی باغ‌های مرکبات مناطق شرق مازندران نشان داده است که مقدار کربنات کلسیم خاک باغ‌های این منطقه از میانه به طرف شرق به تدریج افزایش می‌یابد به طوری که مقدار کربنات کلسیم خاک در آمل و بابل کمتر از یک درصد و در شرق ساری و نکا به بیشتر از 30 درصد می‌رسد. همچنین بررسی‌های انجام شده و گزارش‌های خاکشناسی مناطق شرق مازندران نیز فراوان بودن آهک در خاک‌های غالب منطقه شرق مازندران را تأیید می‌کند (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393؛ طهرانی و همکاران، 1390).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل 1- پراکنش کربنات کلسیم در خاک‌های استان مازندران. مناطق با رنگ زرد، 5-0 درصد؛ آبی کم‌رنگ،10-5 درصد؛ قهوه‌ای، 15-10 درصد؛ سبز، 20-15 درصد؛ صورتی، 30-20 درصد؛ آبی پررنگ، 50-30 درصد و خاکستری، بیش از 50 درصد کربنات کلسیم معادل را نشان می‌دهند (طهرانی و همکاران، 1390)

نقش کلسیم در رشد، عملکرد و کیفیت میوه مرکبات توسط بسیاری از پژوهشگران گزارش شده است. به طور کلی کمبود کلسیم موجب کاهش یا توقف رشد درختان، کاهش اندازه برگ‌ها، گرد یا قلبی شکل شدن برگ‌ها، تشدید زردی و ریزش برگ‌ها، افزایش پوسیدگی ریشه‌ها، کاهش عملکرد و کاهش نسبی اندازه میوه‌ها می‌شود. به طور معمول برگ‌های دارای کمبود کلسیم، مقدار بیشتری پتاسیم و منیزیم دارند. کمبود کلسیم در برگ پرتقال، معمولاً با توسعه کم رنگ شدن کلروفیل در حاشیه برگ‌ها و بین رگبرگ‌های اصلی و همچنین لکه‌های نکروتیک کوچک در ناحیه کم رنگ شده در سطح برگ مشخص می‌شود. اما در برگ لیمو، این کاهش کلروفیل به صورت بلوک‌های بزرگ سوخته شده ظاهر می‌شود (سریوستاوا و سینک، 2003؛ اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393). کم رنگ شدن کلروفیل در طول حاشیه برگ‌ها و بین رگبرگ‌های اصلی ناشی از کمبود کلسیم در درختان مرکبات در مناطق شمالی کشور بیشتر در زمستان رخ می‌دهد و عموماً سبب کاهش توان این درختان، کاهش تولید، تنک شدن برگ‌ها و برگ‌های کوچک ضخیم می‌شود (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393).

کلسیم اولین عنصر غذایی از نظر فراوانی در برگ و دومین عنصر از نظر فراوانی در پوست میوه مرکبات است و بخش زیادی از این کلسیم در دیواره سلولی قرار دارد (ناگ و همکاران، 1985)، در درون سلول، کلسیم بیشتر در شبکه آندوپلاسمی و کلروپلاست وجود دارد (هیرسچسی،2004). کلسیم علاوه بر نقش‌های ساختمانی مختلف در دیواره و غشاهای سلولی، به عنوان یک کاتیون همراه برای آنیون‌های آلی و غیر آلی در واکوئل و همچنین به عنوان یک پیغام‌بر در سیتوزول مورد نیاز است (وایت و برادلگ،200). بافت‌های در حال توسعه، نیاز فوری و پایدار به کلسیم دارند که توسط آوندهای چوبی تأمین می‌شود و شدیدا به تعرق وابسته است (وایت و برادلگ،200). ناهنجاری‌های کمبود کلسیم زمانی روی می‌دهد که کلسیم کافی برای توسعه بافت‌های در حال توسعه در دسترس نباشد. از این‌رو، کمبود کلسیم به طور عمده و ویژه در نواحی مریستمی ظاهر می‌شود، جایی که تقسیم سلولی در حال انجام است و سلول‌های جدید در حال تولید هستند (هیرسچی، 2004؛ هوپکین؛ هوپکین و هانر، 2004).

تحت شرایط مدیریت تغذیه مناسب شامل فراهمی بهینه کلسیم، تحمل درختان مرکبات به تنش محیطی مانند تنش گرما، تنش سرما و یخبندان، تنش مانداب، کاهش تهویه و پوسیدگی ریشه بیشتر از درختان دارای کمبود کلسیم یا درختان با کلسیم کم است. یکی از ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی ناشی از کمبود کلسیم و منیزیم همراه با فسفر و پتاسیم بالا، لکه‌های کوچک زرد روی پوست نزدیک انتهای خامه (stylar end) میوه است که گاهی اوقات این لکه‌ها به صورت قهوه‌ای ظاهر می‌شوند و یا اینکه پوسیده می‌شوند. میوه‌های رنگی حاشیه خارجی درختان، حساس‌تر از میوه‌های با رنگ‌پذیری ضعیف‌تر درون تاج درخت می‌باشند (سریوستاوا و سینک، 2003؛ اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393). به طور طبیعی کمبود کلسیم در درختان مرکبات بیشتر در خاک‌های با pH اسیدی، خاک‌های با مانداب سطحی، خاک‌های با مصرف زیاد برخی کودهای

Archive of SID

www.SID.ir

شیمیایی، خاک‌های با منیزیم و پتاسیم زیاد و همچنین در شرایط تنش گرمائی، تنش شوری و .... مشاهده می‌شود (براملگ، 1994؛ هیرسچی، 2004). در خاک‌های اسیدی، pH خاک برای درختان مرکبات باید در دامنه 6/2 تا 6/5 حفظ شود (براملگ، 1994). در خاک‌های با منیزیم و پتاسیم بالا نیز کمبود کلسیم توسعه می‌یابد (براملگ، 1994؛ هیرسچی، 2004).

سطح زیر کشت مرکبات در استان مازندران بیش از 120 هزار هکتار و تولید سالانه آن حدود سه میلیون تن است که حدود 60 تا 70 درصد آن پرتقال از جمله تامسون ناول است. بنابراین این رقم، نقش مهمی در صنعت مرکبات استان مازندران دارد. هرسال بخشی از این تولید برای تنظیم بازار مصرف، انبار و ذخیره می‌شود. نظر به این که غلظت کلسیم در پوست و میوه تأثیر زیادی در زمان انبارمانی و پایداری کیفیت آن در انبار دارد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393جلد اول) لذا راهکاری که بتواند امکان افزایش غلظت کلسیم میوه‌ها را به آسانی فراهم سازد می‌تواند در سود خالص تولیدکنندگان نیز تأثیر بسیار زیادی داشته باشد. هدف این پژوهش بررسی امکان افزایش غلظت کلسیم میوه‌ها است. به این منظور، مدیریت محلول‌پاشی کلسیم بر اساس فنولوژی رشد میوه، در اوایل مرحله اول رشد میوه (پس از تشکیل میوه)، قبل از ریزش فیزیولوژیکک میوه‌چه‌ها (قبل از شروع ریزش تابستانه میوه‌چه‌ها) و همچنین در اواخر فاز دوم رشد میوه (شروع تغییر رنگ میوه) مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور تعیین غلظت کلسیم در برخی اندام‌های رویشی و زایشی درختان تامسون ناول، تأثیر موقعیت میوه روی تاج بر غلظت کلسیم پوست میوه و همچنین تأثیر محلول‌پاشی نیترات کلسیم بر عملکرد و کیفیت میوه درختان تامسون ناول دو آزمایش مجزا انجام شد.

آزمایش اول: به منظور بررسی وضعیت کلسیم درختان پرتقال تامسون ناول در شرق مازندران، هشت باغ کاملاً بارده پرتقال تامسون ناول با پایه نارنج (با سن بیش از 15 سال) انتخاب شد. غلظت کلسیم در میوه‌های داخل و بیرون تاج در زمان برداشت میوه (اواخر آبان ماه)، برگ‌های جوان (با سن حدود 2 تا 3 ماهه)، برگ‌های مسن (با سن حدود 6 تا 7 ماهه)، سرشاخه‌های با قطر کمتر از یک و بیشتر از یک سانتی‌متر (قطر بالای گره‌ای که رشد سال جاری را از رشد سال قبل متمایز می‌کند)، ریشه‌های فیبری با قطر نیم تا یک سانتی‌متر و با قطر یک تا دو سانتی‌متر (قطر بلافاصله پس از انشعاب ریشه فیبری از ریشه اصلی) اندازه‌گیری شد (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1392). همچنین با اندازه‌گیری غلظت کلسیم در میوه‌چه‌ها و میوه‌ها، به طور میانگین هر 30 روز در میان (از اواخر اردیبهشت تا اواخر آبان ماه)، روند تغییرات غلظت کلسیم در پوست میوه این درختان از تشکیل میوه تا زمان برداشت پایش شد. به طور کلی غلظت کلسیم در برگ‌ها، سرشاخه‌ها، ریشه‌های فیبری، پوست میوه‌های درون و بیرون تاج؛ قطر میوه‌های بیرون و درون تاج و همچنین روند تغییرات غلظت کلسیم در پوست میوه‌های درون و بیرون تاج به عنوان مهمترین پاسخ‌های گیاهی در نظر گرفته شد.

آزمایش دوم: به منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی نیترات کلسیم در مراحل فنولوژی رشد میوه بر غلظت کلسیم، عملکرد و کیفیت میوه مرکبات، آزمایشی در یک باغ بارده پرتقال تامسون ناول 15 ساله با پایه نارنج در شرق مازندران انجام شد. ابتدا مراحل فنولوژی رشد درختان پرتقال تامسون ناول با پایه نارنج، با پایش مراحل رشد تعیین شد (مهدوی و همکاران، 1392؛ اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393 جلد دوم). قبل از انجام آزمایش، نمونه‌های خاک و برگ از درختان مطابق روش‌های استاندارد تهیه شد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393 جلد اول) و سپس برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک مانند شوری، کربنات کلسیم معادل، pH، ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی و غلظت عناصر غذایی فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز و مس اندازه‌گیری شد (باشور و سایه، 2007).

نمونه‌های برگ در اواخر مردادماه از برگ‌های میانی سرشاخه‌های فصل جاری در پیرامون هر درخت تهیه شد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393، جلد اول) و غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز و مس در آن‌ها اندازه‌گیری شد (امامی، 1375). نتایج تجزیه خاک و برگ درختان قبل از انجام آزمایش، به ترتیب در جدول‌های 1و 2 نشان داده شده است. آزمایش در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار و چهار تکرار به مدت دو سال انجام گرفت. هر واحد آزمایشی شامل دو درخت بود. تیمارها شامل: 1- شاهد؛ 2- محلول‌پاشی نیترات کلسیم پس از تشکیل میوه، زمانی که قطر میوه‌چه‌ها حدود 10 تا 20 میلی‌متر بود (اوایل خرداد ماه)؛ 3- محلول‌پاشی نیترات کلسیم قبل از ریزش فیزیولوژیک میوه (اواخرخرداد ماه)؛ 4- محلول‌پاشی نیترات کلسیم دراواخر فاز دوم رشد میوه (اوایل مهر ماه) بودند. مقدار مصرف کودهای شیمیایی برای همه تیمارهای آزمایشی یکسان بود و با توجه به نتایج تجزیه خاک، برگ و همچنین

Archive of SID

www.SID.ir

پیش‌بینی عملکرد متوسط درختان تعیین شد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393، جلد اول و دوم). تعداد درختان در هکتار 455 اصله بود. نیتروژن به شکل سولفات آمونیم (100 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار)، فسفر به شکل اسید فسفریک (25 کیلوگرم فسفر (P_2O_5) در هکتار)، پتاسیم به شکل سولفات پتاسیم (90 کیلوگرم پتاس (K_2O) در هکتار)، منیزیم به شکل سولفات منیزیم (30 کیلوگرم در هکتار) مصرف شد. زمان مصرف کودهای شیمیایی متناسب با فنولوژی رشد بود، به طوری که در مورد زمان مصرف نیتروژن، 15 درصد قبل از گلدهی، 30 درصد پس از تشکیل میوه، 20 درصد از شروع تا پایان ریزش فیزیولوژیک میوه، 20 درصد در زمان توسعه میوه و 15 درصد پس از برداشت مصرف شد. کود فسفر، 15 درصد در گلدهی، 30 درصد پس از تشکیل میوه، 20 درصد از شروع تا پایان ریزش فیزیولوژیک میوه، 30 درصد در زمان توسعه میوه و 5 درصد پس از برداشت مصرف شد.

کود پتاسیم، 20 درصد پس از تشکیل میوه، 20 درصد از شروع تا پایان ریزش فیزیولوژیک میوه، 45 درصد در توسعه میوه و 15 درصد پس از برداشت میوه مصرف شد. زمان مصرف منیزیم نیز مشابه زمان مصرف پتاسیم بود (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393، جلد دوم). در طول فصل رشد عملیات زراعی مانند سمپاشی، آبیاری، دفع علف‌های هرز و غیره به‌طور یکسان اعمال گردید. محلول‌پاشی نیترات کلسیم در مرحله اول رشد میوه (پس از تشکیل میوه و قبل از ریزش فیزیولوژیک میوه‌چه‌ها) با غلظت سه در هزار (به علت جوان بودن و تحمل کمتر برگ‌ها و سرشاخه‌های سال جاری در این مرحله از رشد و احتمال خسارت و ایجاد لکه در سطح برگ‌ها و میوه‌چه‌ها از غلظت کمتر نیترات کلسیم استفاده شد) و در اواخر مرحله دوم رشد میوه با غلظت پنج در هزار (با افزایش سن و کامل شدن رشد برگ‌ها و سرشاخه‌های سال جاری و همچنین افزایش تحمل آن‌ها در این مرحله از رشد و کاهش احتمال خسارت و ایجاد لکه در سطح برگ‌ها و میوه‌چه‌ها از غلظت بالاتر نیترات کلسیم استفاده شد) انجام شد. نمونه‌های برگ در همه تیمارها ازاواخر مرداد ماه از برگ‌های میانی سرشاخه‌های فصل جاری در پیرامون هر درخت تهیه شد (چپمن، 1968؛ اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393، جلد اول). برای اندازه‌گیری کلسیم، ابتدا نمونه‌های برگ خشک شده را در 450 درجه سانتی‌گراد درکوره الکتریکی سوزانده (روش خشک سوزانی) و سپس غلظت آن مطابق روش‌های معمول در موسسه تحقیقات خاک و آب اندازه‌گیری شد (امامی، 1375).

همچنین برخی ویژگی‌های کیفی میوه مانند مواد جامد محلول با رفرکتومتر دستی (کیمبال، 1991)، ویتامین ث به روش تیتراسیون با 2 و 6- دی کلروفنول اندوفنول (لادانیا، 2008)، اسیدیته کل به روش تیتراسیون با سود یکدهم نرمال (کیمبال، 1991) و چگالی میوه (لادانیا، 2008) در تیمارهای آزمایشی اندازه‌گیری شد. به طور کلی عملکرد متوسط، اندازه میوه، وزن میوه، غلظت کلسیم در برگ و میوه، مواد جامد محلول، اسیدیته کل، ویتامین ث و چگالی میوه به عنوان پاسخ‌های گیاهی در نظر گرفته شد. کلیه داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SPSS و همچنین آزمون F مورد تجزیه واریانس قرار گرفت و مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه با استفاده از آزمون دانکن در سطح 5 درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه خاک و برگ درختان قبل از اجرای آزمایش به ترتیب در جدول‌های یک و دو آورده شده است. همچنین تقویم زمانی برخی از مراحل کلیدی فنولوژی درختان پرتقال تامسون ناول در منطقه آزمایشی (مهدشت ساری) در جدول سه نشان داده شده است

جدول 1- نتایج تجزیه خاک باغ مهدشت ساری (قبل ازآزمایش)*

عمق (سانتی‌متر)	EC (dSm^{-1})	PH	CEC ($cmolkg^{-1}$)	CCE (درصد)	O.C. (درصد)	P	K	Mg	Fe	Zn	Mn	Cu
						میلی گرم در کیلوگرم در خاک						
0-30	1/12	7/70	18/40	31	0/94	12	294	425	12	1/9	4/5	5/3
31-60	1/33	7/76	17/30	28	0/54	5/2	159	380	10	1/2	3/8	1/6

* - بافت خاک لوم

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 2- نتایج تجزیه برگ‌های با سن حدود 5 تا 7 ماهه باغ مهدشت ساری(قبل ازآزمایش)

غلظت در برگ	N	P	K	Mg	Ca	Fe	Zn	Mn	Cu
	درصد بر اساس وزن خشک برگ					میکرو گرم در گرم وزن خشک برگ			
نمونه	2/69	0/14	1/13	0/24	4/45	200	34	18	15

جدول 3- مراحل فنولوژی رشد پرتقال تامسون ناول در شرق مازندران (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393 جلد دوم)

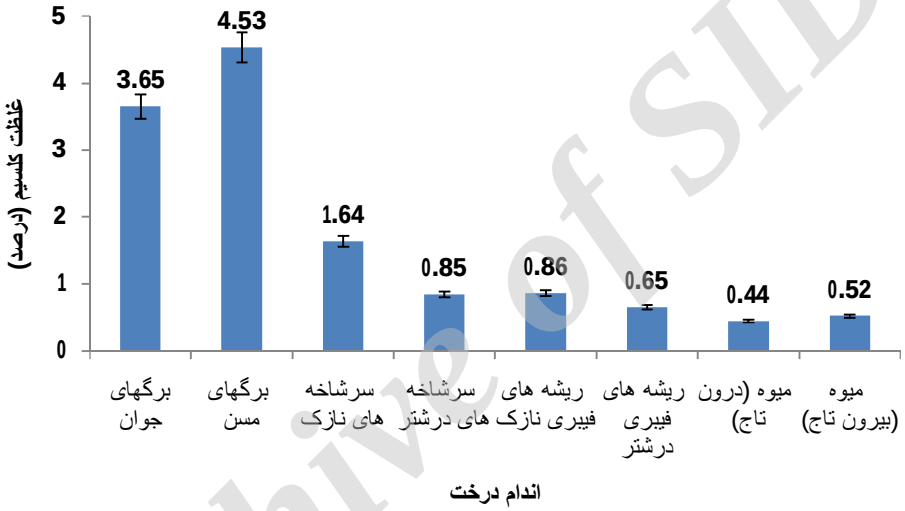
توسعه میوه	فنولوژی رشد	پرتقال تامسون ناول
	شروع فلش بهاره	25 اسفند تا15 فروردین ماه
فاز اول	شروع گلدهی	30- 20فروردین ماه
	تمام گل	15- 10 اردیبهشت ماه
	ریزش گلبرگ‌ها	25-15 اردیبهشت ماه
	پایان فلش بهاره	30-15 اردیبهشت ماه
	شروع ریزش تابستانه	15- 5 خرداد ماه
	پایان ریزش تابستانه	25 خرداد تا 10 تیرماه
	شروع انبساط سلولی	15- 5 تیرماه
فاز دوم	شروع فلش پاییزه	20- 10 شهریور
	شروع تغییر رنگ میوه	30- 20شهریور ماه
	بلوغ فیزیولوژیک میوه	20- 5 آبان ماه
	پایان فلش پاییزه	30 - 25آبان ماه
فاز سوم	رسیدن میوه	20- 10آذرماه

نتایج نمونه‌برداری از برگ‌های جوان و مسن نشان داد که غلظت کلسیم در برگ‌ها، با افزایش سن برگ درختان افزایش یافت. به‌طوری‌که غلظت کلسیم در برگ‌ها در اواسط خرداد ماه، حدود 0/88 درصد کمتر از برگ‌ها در مرداد ماه بود. همچنین با افزایش سن و قطر سرشاخه‌ها و خشبی شدن آن‌ها، غلظت کلسیم در آن کاهش یافت به‌طوری‌که غلظت کلسیم در سرشاخه‌های کمتر از یک سانتی‌متر حدود 1/64 درصد بر اساس وزن خشک بود و در سرشاخه‌های بزرگ‌تر به حدود 0/85 درصد رسید. درمقابل، نتایج غلظت کلسیم در ریشه‌ها نشان داد که غلظت کلسیم در ریشه‌های فیبری کمتر از غلظت کلسیم در سرشاخه‌ها بود به‌طوری‌که غلظت کلسیم در ریشه‌های فیبری کمتر از یک سانتی‌متر حدود 0/86 درصد و در ریشه‌های فیبری بزرگ‌تر حدود 0/65 درصد بود (شکل 1). این نتایج با یافته‌های جکسون و همکاران (1995) و اسدی و همکاران (1392) که کلسیم را یکی از عناصر اصلی بیوماس درختان مرکبات گزارش کردند، مطابقت دارد. نتایج اندازه‌گیری غلظت کلسیم میوه‌ها در اواخر اردیبهشت ماه نشان داد که غلظت کلسیم در میوه‌های بیرون تاج بیشتر از میوه‌های درون تاج بود. نتایج بررسی روند تغییرات کلسیم در پوست میوه در طی فصل رشد نشان داد که غلظت کلسیم در میوه‌های بخش بیرونی تاج درختان با گذشت زمان به تدریج افزایش یافت و در تیر ماه به حداکثر رسید و از تیر تا شهریور ماه از نوسان کمتری برخوردار بود سپس غلظت کلسیم شروع به کاهش کرد و در زمان برداشت به حداقل مقدار کاهش یافت (شکل 2). در میوه‌های درون تاج نیز غلظت کلسیم پوست میوه پس از تشکیل میوه به تدریج افزایش یافت در تیر ماه به حداکثر رسید سپس از تیر تا مرداد ماه از نوسان کمتری برخوردار بود و از شهریور ماه مجدداً

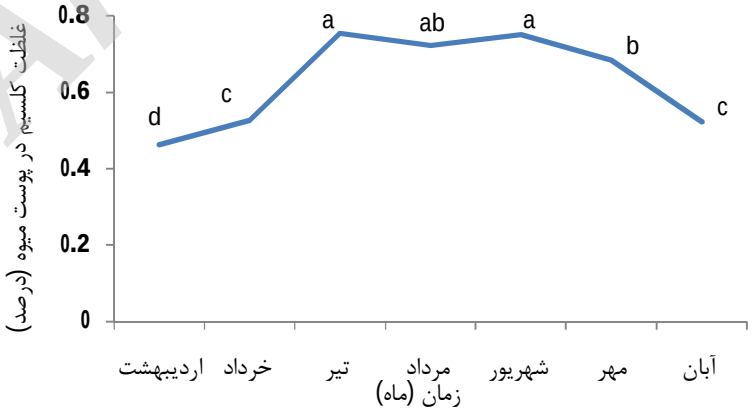
Archive of SID

www.SID.ir

شروع به کاهش کرد و در آبان ماه به حداقل رسید (شکل 3). نتایج پژوهش‌های متعدد نشان داده است که جذب و انتقال کلسیم در آوندهای چوبی و انتقال آن به میوه مرکبات با شدت تعرق اندام هوایی ارتباط دارد و با افزایش میزان تعرق که موجب افزایش جریان و حرکت شیره خام در آوند چوبی می‌شود، انتقال کلسیم به اندام هوایی نیز افزایش می‌یابد. اما شدت ورود کلسیم به میوه به مرحله رشدی میوه بستگی دارد در مراحل اولیه رشد میوه (تشکیل میوه تا ریزش فیزیولوژیک) به علت وجود تعاد زیاد روزنه‌ها و همچنین عدم وجود یا عدم تشکیل کامل لایه روغنی در سطح میوه، شدت جریان تعرق از میوه نسبتاً زیاد است که انتقال و ورود کلسیم به میوه را افزایش می‌دهد اما به طور کلی انتقال کلسیم به میوه ممکن است تحت تأثیر پایه، میوه یا میکروکلیمای درخت و همچنین درجه حرارت، رطوبت نسبی و بارندگی منطقه نیز باشد (پریا، 1994؛ استوری و همکاران، 2002). نتایج میانگین غلظت کلسیم پوست و قطر میوه‌های درون و بیرون تاج درختان در پایان فصل رشد نشان داد که غلظت کلسیم پوست در میوه‌های بخش بیرونی تاج درختان بیشتر از غلظت کلسیم میوه‌های درون تاج بود (شکل 4) و نیز میانگین قطر میوه‌های درون تاج حدود 1/27 میلی‌متر بیشتر از میوه‌های بخش‌های بیرونی تاج درختان بود (شکل 5).



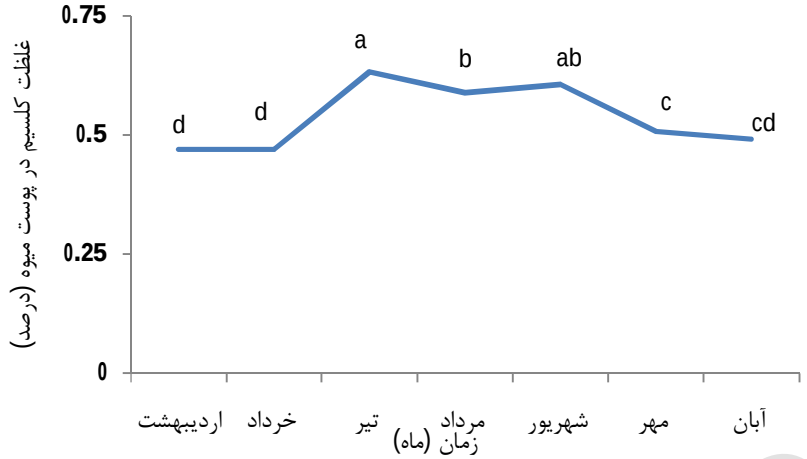
شکل 1- غلظت کلسیم در اندام‌های مختلف درختان پرتقال تامسون ناول



شکل 2- روند تغییرات غلظت کلسیم در پوست میوه پرتقال تامسون ناول (بیرون تاج) در طول فصل رشد

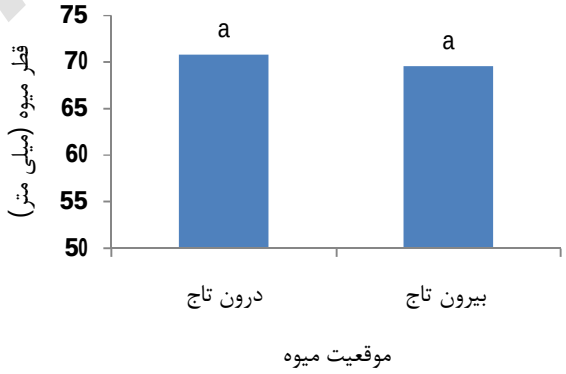
Archive of SID

www.SID.ir



شکل 3- روند تغییرات غلظت کلسیم در پوست میوه پرتقال تامسون ناول (درون تاج) در طول فصل رشد

شکل 4- میانگین غلظت کلسیم در پوست میوه پرتقال تامسون ناول (درون و بیرون تاج)



شکل 5 - میانگین قطر میوه‌های پرتقال تامسون ناول (درون و بیرون تاج)

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج محلول‌پاشی نیترات کلسیم در مراحل کلیدی فنولوژی نشان داد که بیشترین عملکرد، قطر و وزن میوه از تیمارهای محلول‌پاشی پس از تشکیل میوه و قبل از ریزش فیزیولوژیک (ریزش تابستانه) حاصل شد و محلول‌پاشی در اواخر فاز دوم رشد میوه تأثیر معنی‌داری در عملکرد، قطر و وزن میوه نداشت اما بیشترین قطر پوست میوه و ویتامین ث به ترتیب از تیمارهای محلول‌پاشی نیترات کلسیم پس از تشکیل میوه و قبل از ریزش فیزیولوژیک میوه به‌دست آمد و کمترین قطر پوست و ویتامین ث از تیمار محلول‌پاشی نیترات کلسیم در اواخر فاز دوم رشد میوه حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت. همچنین نتایج نشان داد که محلول‌پاشی نیترات کلسیم تأثیری در چگالی میوه، چگالی عصاره، اسیدیته کل و مواد جامد محلول نداشت. بیشترین pH عصاره میوه از تیمار محلول‌پاشی قبل از ریزش فیزیولوژیک (ریزش تابستانه) حاصل شد و بین بقیه تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول‌های 4 و 5). نتایج این پژوهش با نتایج دیگر پژوهشگران مطابقت دارد (پریا، 1994؛ شور، 2004؛ چلگال و چونر، 2002). محلول‌پاشی نیترات کلسیم قبل از برداشت در نارنگی تانجلو موجب افزایش اسیدیته و بهبود کیفیت میوه شد (سینگ و شارما، 2011). محلول‌پاشی نیترات کلسیم با غلظت 2/5 و 5 در هزار، قطر، استحکام پوست و زمان انبارمانی پرتقال سانگین را افزایش داد (گلباباپور و جعفرپور، 2014).

جدول 4- تأثیر محلول‌پاشی نیترات کلسیم بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی میوه

تیمار	عملکرد (تن در هکتار)	قطر میوه (میلی‌متر)	ضخامت پوست (میلی‌متر)	وزن میوه (گرم)	چگالی میوه (گرم بر سانتی‌متر مکعب)
شاهد (بدون محلول‌پاشی)	24/12 b	73/94 b	2/80 c	290/13 b	1/012 a
محلول‌پاشی پس از تشکیل میوه	25/68 a	78/61 a	3/89 a	308/36 a	1/014 a
محلول‌پاشی قبل از ریزش فیزیولوژیک میوه	25/23 a	78/53 a	3/41 b	308/04 a	1/012 a
محلول‌پاشی در اواخر فاز دوم رشد میوه	24/32 b	74/44 b	2/82 c	291/93 b	1/013 a

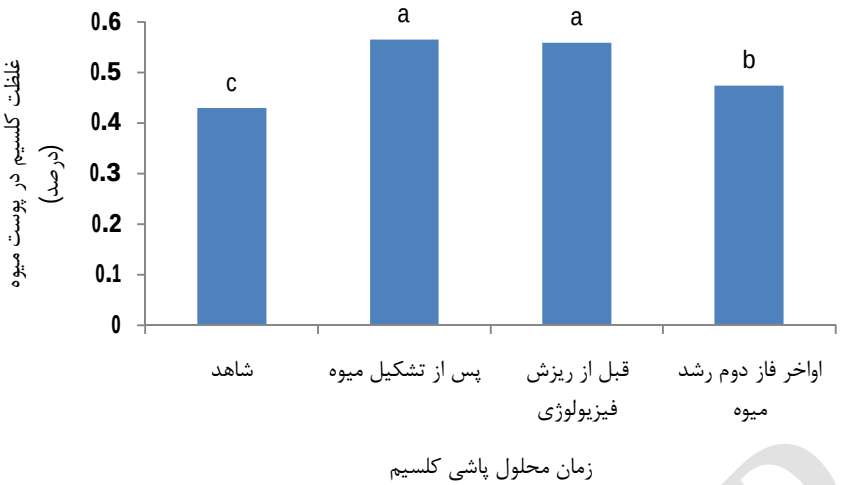
جدول 5- تأثیر محلول‌پاشی نیترات کلسیم بر برخی ویژگی‌های کیفی عصاره میوه

تیمار	pH	مواد جامد محلول (درصد)	ویتامین ث (mg/100ml)	اسیدیته کل (mg/100ml)	چگالی میوه (گرم بر سانتی‌متر مکعب)
شاهد (بدون محلول‌پاشی)	3/08 b	9/77 a	67/45 c	1/35 a	0/914 b
محلول‌پاشی پس از تشکیل میوه	3/08 b	9/34 a	83/92 a	1/34 a	0/915 b
محلول‌پاشی قبل از ریزش فیزیولوژیک میوه	3/25 a	9/33 a	78/89 b	1/33 a	0/921 a
محلول‌پاشی در اواخر فاز دوم رشد میوه	3/09 b	9/67 a	69/75 c	1/35 a	0/915 b

نتایج تیمارهای مختلف محلول‌پاشی نیترات کلسیم در مراحل کلیدی فنولوژی رشد میوه نشان داد که محلول‌پاشی پس از تشکیل میوه و محلول‌پاشی قبل از ریزش فیزیولوژیک (ریزش تابستانه) بیشترین تأثیر را در افزایش کلسیم پوست میوه پرتقال تامسون ناول داشتند. به‌طورکلی، بیشترین غلظت کلسیم پوست میوه از این تیمار حاصل شد. اما تأثیر محلول‌پاشی نیترات کلسیم در اواخر فاز دوم رشد میوه بر افزایش غلظت کلسیم پوست میوه کمتر از محلول‌پاشی پس از تشکیل میوه و قبل از ریزش فیزیولوژیک (ریزش تابستانه) بود (شکل 6).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل 6- تأثیر محلول‌پاشی نیترات کلسیم در مراحل کلیدی فنولوژی بر غلظت کلسیم پوست میوه

نتایج پژوهشی نشان داده است که بافت‌های در حال توسعه، نیاز فوری و پایدار به کلسیم دارند که توسط آوندهای چوبی تأمین می‌شود و مقدار جذب کلسیم شدیداً به تعرق از سطح برگ در اندام هوایی وابسته است (وایت و برادلگ، 2003). کمبود کلسیم و ناهنجاری‌های ناشی از آن، زمانی ایجاد می‌شود که تعرق پایین و جریان شیره خام نتواند کلسیم کافی برای توسعه بافت‌های در حال توسعه را فراهم نماید. از این‌رو، کمبود کلسیم به طور عمده در بافت‌های در حال توسعه و به ویژه در نواحی مریستمی ظاهر می‌شود جایی که تقسیم سلولی در حال انجام است و سلول‌های جدید در حال تولید هستند (هیرسچی، 2004؛ هوپکین و هانر، 2004).

در مناطق مختلف استان مازندران به علت کمبود ساعات آفتابی به ویژه در اوایل فصل رشد و همچنین رطوبت نسبی زیاد در زمان توسعه سرشاخه‌ها، گل‌ها و میوچه‌ها، احتمال کمبود کلسیم در بافت‌های در حال توسعه در بیشتر سال‌ها وجود دارد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393) از طرفی کلسیم فراوان‌ترین عنصر در بیشتر خاک‌ها است و به ندرت کمبود آن در شرایط طبیعی وجود دارد (هوپکین و هانر، 2004). کلسیم به شکل کاتیون دو ظرفیتی (Ca^{2+}) جذب می‌شود و توسط آوند چوبی به اندام هوایی منتقل می‌شود و در آوندهای آبکش غیر متحرک است (وایت و برادلگ، 2003). کلسیم در شیره آوند چوبی توسط جریان تعرق به سمت اندام هوایی و برگ‌ها منتقل می‌شود (هیرسچی، 2004). جذب کلسیم در ریشه درختان مرکبات به مناطقی از ریشه محدود می‌شود که حلقه کاسپارین بین سلول‌های آندودرمی وجود ندارد، یا تخریب شده یا سلول‌های آندودرمی احاطه کننده استوانه مرکزی (استیل) چوب بنه‌ای نشده‌اند این نواحی عمدتا شامل نوک ریشه‌ها و نواحی است که در آن جوانه‌های جانبی شروع به تشکیل می‌کنند (وایت و برادلگ، 2003). در مناطق شمال کشور به علت کمی ساعت‌های آفتابی، بالا بودن رطوبت نسبی و بارندگی زیاد در شروع فصل رشد، تعرق از سطح برگ در اندام هوایی در زمان گلدهی و تشکیل میوه کم بوده و احتمال کمبود کلسیم و کاهش کیفیت میوه وجود دارد لذا محلوپاشی کلسیم پس از تشکیل میوه می‌تواند در بهبود کیفیت میوه بسیار مؤثر باشد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393). کلسیم متصل به پکتات در لایه میانی برای استحکام و سفتی دیواره سلولی توسط پیوند متقابل زنجیره‌های پکتیک لاملای میانی، ویژگی‌های ژلاتینی پکتیک ضروری است. همچنین کلسیم به عنوان کوفاکتور در تغییر و تبدیل‌های آنزیمی، تنظیم کننده اسمزی و پیغام‌بر ثانویه در واکنش‌های آنزیمی عمل می‌کند (تایز و زیگار، 2002؛ اپستین و بلوم، 2005؛ مارشنر، 1995). در بافت‌های با کمبود کلسیم، فعالیت پلی‌گالاکتوروناز افزایش می‌یابد و افزایش پلی‌گالاکتوروناز موجب تجزیه دیواره‌های سلولی و تخریب بافت‌های تحت تأثیر می‌شود (مارشنر، 1995).

نتایج این پژوهش همچنین با نتایج الای و همکاران (2015) مطابقت دارد که گزارش کردند محلول‌پاشی کلسیم موجب افزایش عملکرد و بهبود کیفیت میوه واشنگتون ناول شد. از طرف دیگر کلسیم نمی‌تواند مجدداً از بافت‌های مسن جابجا و توسط آوند آبکشی توزیع شود بنابراین فراهمی کلسیم در بافت‌های در حال رشد توسط آوند چوبی انجام می‌شود (وایت و برادلگ، 2003).

Archive of SID

www.SID.ir

محلول‌پاشی کلسیم (نیترات کلسیم) عمدتاً برای اجتناب از کمبود کلسیم در میوه‌ها استفاده می‌شود و افزایش کلسیم تأثیر زیادی در بهبود کیفیت میوه مرکبات دارد (شور، 2004). کلسیم در میوه‌های تازه اهمیت زیادی دارد و مقدار آن در میوه بسیار کمتر از برگ‌ها می‌باشد حداکثر جذب کلسیم در میوه مرکبات حدودا از پس از تشکیل میوه تا 45 الی 50 روز پس از گلدهی می‌باشد و پس از ریزش فیزیولوژیک تابستانه (June drop) جذب به سرعت کاهش می‌یابد (استوری و تریبای، 2002). در میوه مرکبات، بیشتر کلسیم در فاز اول رشد میوه تا حدود 100 روز پس از گلدهی به بافت آلبدو وارد می‌شود و سپس کلسیم به طور مساوی بین آلبدو و گوشت میوه (pulp) توزیع می‌شود (استوری و تریبای، 2002). در درختان سیب نیز بیشترین جذب کلسیم توسط میوه قبل از ریزش فیزیولوژیکک تابستانه است (چلگال و چونر، 2002). در مورد میوه مرکبات، پس از ریزش فیزیولوژیک واکس سطح پوست میوه به سرعت توسعه می‌یابد و افزایش واکس موجب کاهش کارایی جذب کلسیم خواهد شد (پریا، 1994؛ شور، 2004). بنابراین نتایج این تحقیق که محلول‌پاشی نیترات کلسیم پس از تشکیل میوه و قبل از ریزش فیزیولوژیک (ریزش تابستانه) در افزایش کلسیم پوست میوه بسیار مؤثرتر از محلول در انتهای فاز دوم رشد میوه بود با نتایج دیگر پژوهشگران (پریا، 1994؛ شور، 2004؛ چلگال و چونر، 2002) مطابقت دارد.

نتایج پژوهش‌های متعدد نشان می‌دهد که جذب عناصر غذایی از سطح برگ توسط منافذ اکتودسماتا انجام می‌شود که قطری کمتر از یک نانومتر دارند (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393؛ اسچونر، 1976 و 2001). این منافذ توسط بارهای منفی (عمدتاً ناشی اسیدهای پلی گالاکتورنیک) پوشیده شده‌اند و تراکم آن‌ها از سطح خارجی به داخل برگ افزایش می‌یابد. بنابراین نفوذ کاتیون‌ها در طول این مسیر تشدید شده و در مقابل نفوذ آنیون‌ها به شدت کاهش می‌یابد (تایری و همکاران، 1990؛ میشالوجیک و زویزاک، 2003). بنابراین راندمان جذب آنیون‌ها از برگ‌ها بسیار پایین است (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393، جلد اول فصل دهم). همچنین نتایج آزمون برگ قبل از شروع آزمایش (جدول 2) نشان می‌دهد که غلظت نیتروژن در برگ درختان در شروع آزمایش در دامنه بهینه (2/7 – 2/5 درصد جلد اول تغذیه و پیشرفته کاربردی مرکبات) بود و در طول فصل رشد نیز 100 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به صورت کودآبیاری مصرف شد بنابراین با توجه به غلظت نیترات کلسیم مصرفی (3 تا 5 در هزار)، مقدار نیتروژن خالص در کود نیترات کلسیم (حدود 15 درصد نیتروژن دارد) و مقدار محلول مصرفی در هکتار (2000 لیتر در هکتار)، با محلول‌پاشی سه در هزار و پنج در هزار نیترات کلسیم به ترتیب حدود 0/9 تا 1/5 کیلوگرم نیتروژن در هکتار مصرف شده است که در مقابل نیتروژن کل مصرفی بسیار ناچیز است. نتایج این پژوهش با نتایج تحقیقات دومنگلا و بلاسزیاک (2007) نیز مطابقت دارد که گزارش کردند محلول‌پاشی نیترات کلسیم با غلظت 2/5 و 5 در هزار در درختان سیب موجب افزایش غظت کلسیم و کاهش نسبت نیتروژن به کلسیم در میوه شد اما تأثیر معنی‌داری در غلظت نیتروژن میوه نداشت. همچنین نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش‌های کومار و همکاران (2017) و گل‌باباپور و جعفرپور (2014) مطابقت دارد که گزارش کردند محلول‌پاشی نیترات کلسیم در درختان نارنگی و پرتقال سانگین موجب افزایش عملکرد، وزن، قطر و زمان انبارمانی میوه‌ها نسبت به شاهد شد.

کلسیم دومین عنصر از نظر فراوانی در پوست میوه مرکبات است بخش زیادی از این کلسیم در دیواره سلولی قرار دارد (ناگ و همکاران، 1985). کلسیم علاوه بر نقش‌های ساختمانی مختلف در دیواره و غشاهای سلولی، همچنین به عنوان یک کاتیون همراه برای آنیون‌های آلی و غیر آلی در واکوئل و به عنوان یک پیغام‌بر در سیتوزول مورد نیاز است (وایت و برادلگ، 2003). تحت شرایط مدیریت تغذیه مناسب یا فراهمی بهینه کلسیم، تحمل درختان مرکبات به تنش محیطی مانند تنش گرما، تنش سرما و یخبندان، تنش ماناب، کاهش تهویه و پوسیدگی ریشه بیشتر از درختان دارای کمبود کلسیم یا درختان با کلسیم کم است. بنابراین درختان با کمبود کلسیم نسبت به کمبود اکسیژن خاک، حساس هستند و پوسیدگی ریشه و رشد ضعیف درختان از علائم و نشانه‌های اصلی کمبود کلسیم به شمار می‌رود (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری،1393 جلد اول). کلسیم موجب افزایش پایداری دیواره سلولی و استحکام غشای سلول می‌شود و مقاومت به نفوذ میکروارگانیسم‌های پاتوژنیک و تحمل به تنش‌های زنده را افزایش می‌دهد (یوان، 1993؛ کمپانلا و همکاران، 2002).

نتیجه‌گیری و توصیه ترویجی

با توجه به این که غلظت کلسیم در برگ‌های جوان، سرشاخه‌های جوان و ریشه‌های فیبری پایین است و جذب کلسیم در ریشه درختان مرکبات به مناطقی از ریشه محدود می‌شود که حلقه کاسپارین بین سلول‌های آندودرمی وجود ندارد، یا تخریب شده یا سلول‌های آندودرمی احاطه کننده استوانه مرکزی (استیل) چوب

Archive of SID

www.SID.ir

بنبه‌ای نشده‌اند این نواحی عمدتا شامل نوک ریشه‌ها و نواحی است که در آن جوانه‌های جانبی شروع به تشکیل می‌کنند (وایت و برادلگ، 2003). از طرف دیگر بین شروع رشد ریشه و رشد اندام هوایی اختلاف فازی وجود دارد و رشد فلش‌های رشدی ریشه حدود 15 تا 20 روز پس از فلش‌های اندام هوایی شروع می‌شود بنابراین در مناطق با رطوبت نسبی و بارندگی زیاد در اوایل فصل رشد احتمال ناهنجاری و کمبود کلسیم در بافت‌های در حال توسعه به ویژه در زمان گلدهی و تشکیل میوه وجود دارد (پریا، 1994؛ اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری،1393 جلد اول).

همچنین با توجه به این که نتایج این تحقیق نشان داد که غلظت کلسیم در میوه‌چه‌های بیرون تاج بیشتر از میوه‌جه‌های درون تاج است. بنابراین در درختان مرکبات هرس مناسب برای کاهش تراکم تاج جهت افزایش تعرق و انتقال کلسیم به اندام هوایی و میوه‌چه‌ها و همچنین بهبود انتقال کلسیم محلول‌پاشی به درون تاج توصیه میشود زیرا ورود و انتقال کلسیم به میوه مرکبات با افزایش تعرق، که جریان و حرکت شیره خام را در آوند چوبی ایجاد می‌کند، ارتباط دارد (استوری و همکاران، 2002؛ پریا، 1994).نتایج محلول‌پاشی نیترات کلسیم در مراحل کلیدی فنولوژی نشان داد که بیشترین عملکرد، قطر و وزن میوه از تیمارهای محلول‌پاشی پس از تشکیل میوه و قبل از ریزش فیزیولوژیک (ریزش تابستانه) حاصل شد. بنابراین براساس نتایج این تحقیق محلول‌پاشی کلسیم پس از تشکیل میوه تا زمان ریزش فیزیولوژیک توصیه می‌شود و بس از آن به علت تشکیل لایه روغنی سطح میوه و افزایش تدریجی آن راندمان جذب محلوپاشی کاهش می‌یابد. بنابراین به طور کلی محلول‌پاشی نیترات کلسیم در مراحل کلیدی فنولوژی رشد میوه (محلول‌پاشی پس از تشکیل میوه و محلول‌پاشی قبل از ریزش فیزیولوژیک را جهت افزایش کلسیم پوست میوه و بهبود کیفیت میوه پرتقال تامسون ناول به باغداران مرکبات توصیه می‌شود

فهرست منابع:

1. اسدی کنگرشاهی، علی. و نگین. اخلاقی امیری. 1393. تغذیه پیشرفته و کاربردی مرکبات، جلد اول. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
2. اسدی کنگرشاهی، علی. و نگین. اخلاقی امیری. 1393. تغذیه پیشرفته و کاربردی مرکبات، جلد دوم. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
3. اسدی کنگرشاهی، علی، غلامرضا ثواقبی، محمود سمر، محسن فرحبخش. 1392. بررسی واکنش تغذیه‌ای، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ژنوتیپ‌های مختلف مرکبات به خاک‌های آهکی و ماندابی. رساله دکتری گروه علوم خاک، دانشکده مهندس و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
4. اسدی کنگرشاهی، علی و نگین اخلاقی امیری. 1392. خشکیدگی سرشاخه‌ها، زوال مرکبات و برخی آسیب‌های محیطی مرکبات شرق مازندران. نشریه فنی ترویجی، سازمان جهاد کشاورزی مازندران. شماره 92/217/01.
5. اسدی کنگرشاهی، علی و نگین اخلاقی امیری. 1390. شناخت برخی آسیب‌های محیطی و ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی مرکبات. نشریه فنی شماره 501، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
6. اسدی کنگرشاهی، علی و نگین اخلاقی امیری. 1382. اثر پتاسیم، منیزیم و برهمکنش آنها بر عملکرد و کیفیت مرکبات. سومین کنگره علوم باغبانی ایران، کرج، ایران.
7. اسدی کنگرشاهی، علی، نگین اخلاقی امیری، مجتبی محمودی و محمد جعفر ملکوتی. 1380. شناخت ناهنجاری‌های تغذیه‌ای در مرکبات مازندران (محدودیت‌ها و توصیه‌ها) قسمت اول ـ عناصر پر مصرف و میان مصرف. نشریه فنی شماره 268. نشرآموزش کشاورزی. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، وزارت کشاورزی، کرج، ایران.

Archive of SID

www.SID.ir

8. اسدی کنگرشاهی، علی و مجتبی محمودی. 1379. بررسی روند مصرف کودهای شیمیایی و پیامدهای ناشی از آن در استان مازندران. هفتمین کنگره علوم خاک ایران، شهرکرد، ایران.
9. امامی، عاکفه. 1375. روش‌های تجزیه گیاه. نشریه شماره 982 موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران..
10. طهرانی، محمد مهدی، محمد پسندیده و محمد حسین داودی. 1390. تعیین پراکنش و توصیه عناصر کم مصرف در اراضی تحت کشت آبی استان های گیلان، مازندران، همدان، کرمانشاه، آذربایجان غربی و اصفهان. وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات خاک و آب. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. نشریه شماره 1618. 30 صفحه. ایران.
11. مهدوی ریکنده، جلال، نگین اخلاقی امیری، علی اسدی کنگرشاهی و مهرداد شهابیان. 1392. بررسی مراحل فنولوژیکی پرتقال تامسون ناول و نارنگی‌های انشوی میاگاوا و سوجی‌یاما درمناطق کوهپایه، دشت و نوار ساحلی شهرستان ساری. هشتمین کنگره علوم باغبانی ایران، دانشگاه بوعلی همدان، همدان، ایران.
12. Aly, M.A., M.M., Harhash, R.M. Awad and H.R. El-Kelaway. 2015. Effect of foliar application with calcium, potassium and zinc treatments on yield and fruit quality of Washington navel orange trees. Middle East Journal of Agricalture Research. 4: 564-568.
13. Barber, S.A. & J.B. Peterson. 1995. Soil nutrient bioavailabilty, a mechanistic approach. John Wiley and Sons, INC. United States of America.
14. Bashour, I. and A.A. Sayegh. 2007. Methods of Analysis for Soils of Arid and Semi-Arid Regions. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. P. 49-53.
15. Bramlage, W.J. 1994. Physiological role of calcium in fruit. P. 101-107. In: A.B. Petersen, R.G. Stevens (eds) Tree fruit nutrition, Good fruit grower, Yakima, WA.
16. Boman, B.J., T.A. Obreza and K.T. Morgan. 2008. Citrus best management practices: fertilizer rate recommendation and precision application in Florida. Proc. Inter. Soc. Citriculture. 1: 573 – 578.
17. Campanella, V., A. Ippolito & F. Nigro. 2002. Activity of calcium salts in controlling phytophthora root rot of citrus. Crop Protection. 21: 751-756.
18. Chapman, H.D. 1968. The mineral nutrition of citrus. P. 127-233. In: W. Reuther, L.D. Batchelor and H.J. Webber (eds.), The citrus industry. Vol. II. Univ. California, Berkeley.
19. Citrus Research Intl. Production Guidelines. 2007. Integrated Citrus Production: Vol. II. Physiological disorders: Section VI. Citrus Res. Intl., Nelspuit, South Africa.
20. Domagala, I.& J. Blaszcyk. 2007. The effect of late spraying with calcium nitrate on mineral contents in “Elise” apples. Folia Horticulture. 19: 47-56.
21. El-Darier, S.M. 1991. Mineral composition in the eco-systems of fruit trees in Egypt,Citrus reticulate, Blanco and Citrus aurantium L. J. Islamic Academy of Sci. 4: 211-220.
22. Epstein E. & A. Bloom. 2005. Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives. 2nd ed. Sinauer associates Inc, Plumtree Road, Sunderland.
23. Golbabapour, M.M. & M. Jafarpour. 2014. Effect of foliar application with calcium nitrate on quality of Sanguine orange. Adv. Evir. Biol. 8: 162–166.
24. Grierson, W. 1981. Physiological disorders of citrus fruits. Proc. Int. Soc. Citriculture. 3: 764-767.
25. Hirschi, K.D. 2004. The calcium conundrum. Both versatile nutrient and specific signal. Plant Physiol. 136: 2438-2442.
26. Hopkins, W.G. & N.P.A. Huner. 2004. Plant and Inorganic Nutrient. P. 241-257. Introduction to plant physiology. 3nd ed. John Wiley and Sons. Inc. Publishers.
27. Jackson, L.K, A.K. Alva, D.P.H. Tucker & D.V. Calvert. 1995. Factors to consider in developing a nutrition program. In: Tucker, D.P.H., Alva, A.K., Jackson, L.K., Wheaton, T.A. (Ed.) Nutrition of Florida citrus trees. Gainesville: University of Florida. p. 3-11.

Archive of SID

www.SID.ir

28. Kimball, D.A. 1991. Citrus Processing: quality control and technology. Springer Science, New York.
29. Kumar. M., M. Jain, J. Singh & M. Sharma. 2017. Effect and economic feasibility of preharvest spray of calcium nitrate, boric acid and zinc sulphate on yield attributing characters of Nagpur mandarin (*Citrus retiulata Blance*). Horti. Inter. J. 1: 2-9.
30. Ladaniya, M. 2008. Citrus fruit: biology, technology and evaluation. Academic Press, Elsevier INC, USA.
31. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd Edition Academic Press, San Diego. 889pp.
32. Mengel, K. and E. A. Kirkby. 2001. Principles of plant nutrition. 5th edition. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 848pp.
33. Michalojc, Z. & C. Szewezuk. 2003. Theoretical aspects of foliar nutrition. Acta Agrophysiol. 85: 9-17.
34. Monselise, S.P. 1997. Citrus fruit development: Endogenous systems and external regulation. Proc. Int. Soc. Citricult. 2: 664-668.
35. Nagy, S., M. Marshall, W.F. Wardowski, & R.L. Rouseff. 1985. Post harvest creasing of Robinson tangerines as affected by harvest date and pectin esterase activity and calcium content. J. Hort. Sci. 60: 137-140.
36. Obreza, T.A. & K.T. Morgan. 2011. Nutrition of Florida Citrus Trees. UF, University of Florida, IFAS Extension.
37. Peryea, F.J. 1991. Preharvest calcium spray evaluation. P. 123-124. In: A.B. Petersen, R.G. Stevens (eds) Tree fruit nutrition. Good fruit grower, Yakima, WA.
38. Roberts, T.L. 2008. Improving nutrient use efficiency. IFA Agriculture Conference, 27Feb. Kunming China.
39. Saure, C.M. 2004. Calcium translocation to fleshy fruit: its mechanism and endogenous control. Scientia Hort. 105: 65-89.
40. Schlegel, T.K. & j. Schonherr. 2002. Penetration of calcium chloride into apple fruits as affected by stage of fruit development. Acta Hort. 594: 527-533.
41. Shobaky, M.A. & M.R. Mohamad. 2000. Effects of calcium and potassium foliar application on leaves nutrients content, quality and storage life of citrus under drip irrigation in clay soil. J. Agric. Sci. Mansoura Univ. 25: 8027-8037.
42. Schonherr, J. 1976. Water permeability of isolated cuticle membranes: The effect of pH and cations on diffusion, hydrodynamic permeability and size of polar pores in the cutin matrix. Planta. 128: 113-126.
43. Schonherr, J. 2001. Cuticular penetration of calcium saltes: effect of humidity, anions and adjuvants. J. Plant Nutri. Soil Sci. 164: 225-231.
44. Singh, D. and R.R. Sharma. 2011. Beneficial effects of pre-harvest carbendazim and calcium nitrate sprays in Kinnow (*citrus nobilis* × *C. deliciosa*) storage. Indian J. Agri. Sci. 81: 470-472.
45. Srivastava, A.K. & Singh, S. 2000. Citrus Nutrition. International Book Distributing Co. INDA.
46. Storey, R. & M.T. Treeby. 2002. Nutrient uptake into navel oranges during fruit development. J. Hort. Sci. Biotech. 77: 91-99.
47. Storey, R., M.T. Treeby, & D.J. Milne. 2002. Crease: another Ca deficiency-related fruit disorder . J. Hort. Sci. Biotech. 77: 565-571.
48. Taiz, L. & E. Zeiger. 2002. Mineral nutrition, P. 67-86. Plant Physiology. 3rd ed. Sinauer Associates Inc. Publishers.
49. Tyree, M.T., T.D. Scherbatskoy, C.A. Tabor. 1990. Leaf cuticles behave as asymmetric membranes. Evidence from the measurement of diffusion potentials. Plant Physiol. 92: 103-109.

Archive of SID

www.SID.ir

50. White, P.J. & M.R. Broadley. 2003. Calcium in plants. Annal. Bot. 92: 487-511.
51. Yang, L., G. Li, Q. Lin & X. Zhao. 2010. Active carbonate of chestnut soils in different lands. Ecol. Environ. Sci. 19: 428 – 432.
52. Yuen, M.C. 1993. Postharvest handling of tropical fruits. Proceedings of the International Conference on Postharvest Handling of Tropical Fruit, July 19–21, Chaing Mai, Thailand.

Archive of SID

www.SID.ir

Trend of Calcium Concentration Changes in Fruit Peel and Effect of Calcium Nitrate Spray on Yield and Quality of Thomson Navel Orange

A. Asadi Kangarshahi[1] and N. Akhlaghi Amiri

Assistant Professor of Soil and Water Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran; E-mail: kangarshahi@gmail.com

Assistant Professor of Horticulture Crops Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran;

E-mail: neginakhlaghi@yahoo.com

Received: July, 2017 and Accepted: January, 2018

Abstract

The aim of this research was to determine the Ca concentration in citrus fruit peel and different vegetative organs, trend of Ca changes in fruit peel during growing season and the effect of its application in phonological key stages of Thomson Navel orange in increasing relative yield and fruit quality. Ca concentration was determined in leaves, shoots, roots and the fruits of internal and external parts of canopy. Furthermore, the effects of $Ca(NO_3)_2$ foliar application after fruit set, before physiological drop and at the end of the second phase of fruit growth was evaluated using a RCBD with 4 treatments replicated four times. The results showed that fruit diameter in internal canopy was more than that in external canopy, whereas the Ca concentration in fruit peel of internal canopy (about 0.43%) was lower than that in external canopy (about 0.52%). The trend of Ca concentration changes in fruit peel of internal canopy showed more fluctuation during the growth period. The highest yield, fruit diameter, fruit weight and Ca concentration in fruit peel was obtained with Ca foliar application after fruit set and before the fruit physiological drop. According to these results, the most suitable time for Ca foliar application to enhance Ca content of citrus fruits is the first stages of fruit growth. Therefore, $Ca(NO_3)_2$ foliar application after fruit set and before the summer physiological drop is highly recommended.

Keywords: Ca foliar application, Citrus, Phonological stages.

[1] Corresponding author: Soil and Water Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran.

Archive of SID

www.SID.ir