

ارتباط بین غلظت عناصر غذایی با اختلالات کلسیمی در ارقام سیب رد دلشز و گلدن دلشز

احمد حیدریان^{۱*} و محمدرضا نعمت‌اللهی^۲

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۲/۲۰)

چکیده

جهت بررسی علل بروز و توسعه لکه روی میوه، در دو منطقه سمیرم و پادنا، از درختان رد دلشز و گلدن دلشز نمونه‌برداری تصادفی انجام گرفت. سپس غلظت عناصر (کلسیم، پتاسیم، منیزیم و نیتروژن) در یک نمونه مرکب از هر باغ تعیین و در قالب طرح کاملاً تصادفی نامتعادل تجزیه و تحلیل گردید. نتایج نشان داد که در میوه‌های دارای علائم در رقم رد دلشز کمبود کلسیم و در میوه‌های رقم گلدن دلشز هر دو حالت کمبود و بیش‌بود کلسیم وجود داشت. با توجه به تغییرات نامنظم در نمونه‌برداری‌ها، سه مقایسه متعامد (شامل گروه‌های تیماری ارقام، مناطق و بروز علائم) انجام گردید. نتایج نشان داد رقم رد دلشز نسبت به رقم گلدن دلشز از حساسیت بیش‌تری برخوردار و منطقه پادنا برای بروز اختلالات کلسیمی نسبت به منطقه سمیرم مساعدتر است. همچنین تیمارهای دارای علائم در مقابل تیمارهای فاقد علائم اختلاف معنی‌دار برای نسبت‌های K^+/Ca^{2+} ، $(K^++Mg^{2+})/Ca^{2+}$ و $(N+K^++Mg^{2+})/Ca^{2+}$ را نشان داد که بیانگر رابطه منفی بین اختلالات کلسیمی با مقدار پتاسیم و نسبت K^+/Ca^{2+} و رابطه مثبت با مقدار کلسیم موجود در میوه است. این پژوهش نشان داد که در باغ‌های سیب منطقه سمیرم علائم مربوط به اختلالات ناشی از کلسیم به‌علت تغییرات آب‌وهوایی و استفاده بیش از حد بعضی عناصر معدنی رخ می‌دهد.

کلیدواژه: کمبود، لکه‌تلخ، عنصر معدنی، ناهنجاری

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

۱ و ۲. به ترتیب مربی و استادیار پژوهش مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان.

Interrelation between mineral nutrients and calcium disorders in apple Red Delicious and Golden Delicious cultivars

A. Heidarian^{1*} and M.R. Nematollahi¹

(Received: 2.1.2016; Accepted: 9.5.2016)

Abstract

To investigate the causes of the spot disorders on fruits, random sampling was performed on trees of Red Delicious and Golden Delicious in two regions of Semirom and Padena, Iran. Concentration of minerals (calcium, potassium, magnesium and nitrogen) were determined in a compound sample for each garden and analyzed in an unbalanced complete randomized design. Results showed that fruits with symptoms for Red Delicious have only calcium deficiency, while for Golden Delicious both deficiency and excess calcium had found. Regarding erratic changes in the samplings, three orthogonal contrasts (including treatment groups: cultivars, regions and symptoms presence) were evaluated. The results showed that Red Delicious cultivar is more susceptible than Golden Delicious and Padena region is more favorable for occurrence of calcium disorders than Semirom region. Orthogonal contrasts between treatments with and without symptoms, showed significant differences for ratios of K^+/Ca^{2+} , $(K^+Mg^{2+})/Ca^{2+}$ and $(N+K^+Mg^{2+})/Ca^{2+}$. Therefore, the disorder has negative relation with potassium content and K^+/Ca^{2+} ratio and positive relation with calcium content in the fruit. The research showed that occurrence of calcium disorders in apple orchards of Semirom region were related to wheather changes and overuse of some minerals.

Keywords: deficiency, bitter pit, mineral, disorder

* Corresponding author's E-mail: ahmadheidarian@yahoo.com

1. MSc., Department of Plant Protection, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Isfahan, Iran.

2. Associate Professor, Department of Plant Protection, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Isfahan, Iran.

مقدمه

به‌خاطر اثرات آنتاگونیستی‌اشان نسبت به کلسیم با بروز علائم لکه‌تلخ در ارتباط هستند (Fallahi *et al.* 1997, Amarante *et al.*, 2006). کمبود کلسیم و بیش‌بود عناصر منیزیم، پتاسیم و نیتروژن در میوه از فاکتورهای اصلی هستند که زمینه را برای وقوع اختلالات کلسیمی فراهم می‌کنند (Ferguson & Watkins 1989). وقوع عارضه لکه‌تلخ در ارتباط با کمبود کلسیم و بیش‌بود پتاسیم، منیزیم و نیتروژن در میوه تشخیص داده شده است (Ferguson & Watkins 1989, Saure 2005, Amarante *et al.* 2006). کاهش میزان کلسیم و متعاقب آن افزایش مقادیر نسبت‌های K^+/Ca^{2+} ، N/Ca^{2+} ، $(K^+ + Mg^{2+})/Ca^{2+}$ و $(N + K^+ + Mg^{2+})/Ca^{2+}$ در میوه باعث بروز لکه‌تلخ به‌خصوص در گل‌گاه می‌شود (Ferguson & Watkins 1989). کلسیم مهمترین عنصر در بهبود کیفیت و افزایش طول انبارمانی میوه سیب است، پتاسیم کمیت و کیفیت را ارتقا و رنگ‌پذیری میوه سیب را بهبود می‌بخشد و نیتروژن باعث بزرگ‌شدن سریع اندازه سلول‌ها و میوه می‌شود (Dris *et al.* 1998, Alipour *et al.* 2001, Dilmaghani-Hassanloui *et al.* 2004).

در ایران پژوهش‌های بسیاری در خصوص ضرورت محلول‌پاشی با کلرور کلسیم برای بهبود کمی و کیفی میوه‌های سیب (Malakouti & Tabatabai 2001, Shahabi & Malakouti 2000) و ناهنجاری‌ها و بیماری‌های فیزیولوژیکی زیادی مانند لکه‌تلخی، آردی‌شدن، آب‌گزیدن و غیره مرتبط با کمبود کلسیم در سیب (Fallahi *et al.* 1997, Malakouti *et al.* 1999, Alipour *et al.* 2001) و ارزیابی نسبت K^+/Ca^{2+} در میوه سیب (Manouchehri & Malakouti 2000, Shahabi & Malakouti 2000) انجام شده است.

در سال‌های اخیر بروز و توسعه اختلالات کلسیمی

همه ساله مقادیر قابل‌توجهی از تولیدات کشاورزی از جمله سیب به علت کیفیت پایین در هنگام داشت، برداشت و پس از برداشت از بین می‌رود. اختلالات فیزیولوژیکی مرتبط با عنصر کلسیم در تمام مناطق سیب‌کاری جهان مشاهده می‌شود و باعث بروز لکه روی میوه و کاهش کیفیت و بازارپسندی آن می‌شود (Ferguson & Watkins 2005, Amarante *et al.* 1989). برای اولین بار در سال ۱۹۳۶ دی لانگ (De Long 1936) لکه‌تلخ در میوه سیب را مرتبط با کمبود کلسیم تشخیص داد، بعد از آن مشخص گردید که محلول‌پاشی نمک‌های کلسیم این اختلالات را کاهش می‌دهد در صورتی‌که، محلول‌پاشی نمک‌های منیزیم همراه با یا بدون پتاسیم، لکه تلخ را افزایش می‌دهد (Garman & Mathis 1956) که این موضوع مبنای پژوهش‌های گسترده در خصوص رابطه سایر عناصر غذایی مانند نیتروژن، منیزیم و پتاسیم با عارضه لکه‌تلخ شد (Ferguson & Watkins 1989, Fallahi *et al.* 1997, Amarante *et al.* 2006, Miqueloto *et al.* 2014). لکه‌تلخ یک عارضه فیزیولوژیکی در میوه‌های سیب است که اساساً در هنگام انبارداری اتفاق می‌افتد اما در مواردی به‌صورت حاد قبل از برداشت نیز بروز می‌کند، این عارضه با فروپاشی سلول‌های گوشت زیرپوست مشخص می‌شود که باعث تورفتگی‌های کم‌عمق تیره در سطح پوست و غالباً در قسمت گل‌گاه میوه‌ها می‌شود (Ferguson & Watkins 1989, Saure 2005, Amarante *et al.* 2006).

عناصر غذایی نیتروژن، پتاسیم و کلسیم عمل‌کرد و کیفیت میوه‌های سیب را تحت تاثیر قرار می‌دهند. موقعی که مقدار نیتروژن بیش از اندازه باشد حساسیت میوه‌ها به ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی افزایش پیدا می‌کند (Marcelle 1995). علاوه بر آن، عناصر غذایی پتاسیم و منیزیم نیز

گردید. علاوه بر آن، اطلاعات هواشناسی شامل درجه حرارت و میزان بارندگی سالیانه از ایستگاه هواشناسی سمیرم دریافت گردید.

ارزیابی عناصر غذایی

ابتدا پوست میوه‌ها جدا شد و سه لایه ۵ میلی‌متری به صورت شعاعی از قسمت‌های دم‌میوه، وسط (بدون قسمت مرکزی برچه) و گل‌گاه هر میوه از نمونه مرکب برداشته شد و سپس میزان عناصر غذایی کلسیم، پتاسیم، منیزیم و نیتروژن برحسب درصد وزن خشک اندازه‌گیری شد. بررسی‌های اولیه نشان داد که این عارضه در رقم رد دلشیز بیش‌تر است، بنابراین روی درختان رد دلشیز نمونه‌برداری از برگ مطابق روش استاندارد جونز و همکاران (Jones et al. 1991) نیز انجام شد. غلظت نیتروژن (N) به روش کج‌جدال (Kjeldahl)، کلسیم (Ca^{2+}) و منیزیم (Mg^{2+}) با دو روش جذب اتمی و تیتراسیون و پتاسیم (K^+) توسط دستگاه فلیم‌فتومتر (Flamephotometer) اندازه‌گیری شد (Moor et al. 2006).

تجزیه و تحلیل‌های آماری

تجزیه عناصر و نسبت آن‌ها در میوه

با توجه به نمونه‌برداری‌های منظم از باغ‌های تجاری سیب (ارقام رد دلشیز و گلدن دلشیز) در دو منطقه سمیرم و پادنا، جهت بررسی نقش عناصر غذایی و نسبت آن‌ها چند تجزیه آماری مدنظر قرار گرفت. از آنجایی که تعداد تکرار برای همه نمونه‌ها یکسان نبود و نمونه‌های فاقد علائم یک نمونه مرکب از دو منطقه بود، از طرح کاملاً تصادفی نامتعادل جهت تجزیه آماری مقادیر عناصر مورد ارزیابی و نسبت آن‌ها استفاده شد. قبل از تجزیه‌واریناس،

روی میوه‌های ارقام رد دلشیز و گلدن دلشیز در باغ‌های تجاری سیب سمیرم مورد توجه جدی باغ‌داران و کارشناسان قرار گرفته است. تحقیق حاضر به منظور بررسی این عارضه و تشخیص دلایل بروز و توسعه آن طی سال‌های زراعی ۹۴-۱۳۹۳ انجام شد.

مواد و روش‌های بررسی

نمونه برداری

نمونه‌برداری از درختان سیب ارقام رد دلشیز و گلدن دلشیز (پایه بذری) باغ‌های تجاری در دو منطقه سمیرم و پادنا در استان اصفهان انجام شد. به این منظور، در هر منطقه بسته به گسترش بروز این عارضه از ۳ تا ۵ باغ دارای علائم (حاوی هر دو رقم) نمونه‌برداری شد. در هر باغ ۳ درخت دارای علائم به صورت تصادفی در نظر گرفته شد و از هر درخت ۱۰ میوه با علائم و ۱۰ میوه بدون علائم تقریباً هم‌اندازه و از قسمت بیرونی وسط تاج درخت به صورت تصادفی برداشته شد و یک نمونه مرکب (با تعداد لکه متفاوت) از آن‌ها با حداقل ۱۲ میوه سیب تهیه و برای آنالیز عناصر غذایی مورد نظر به آزمایشگاه ارسال گردید. در حد امکان سعی گردید میوه‌ها در اوایل صبح برداشت شوند که تعرق گیاه حداقل و پتانسیل آب گیاه شبیه به پتانسیل آب خاک است. نمونه‌برداری در فاز سوم رویشی میوه (حداقل ۷۰ روز بعد از تمام‌گل‌دهی) انجام شد که میزان مواد غذایی در میوه از ثبات برخوردار باشد.

ثبت اطلاعات مکان‌های نمونه‌برداری

بر اساس پرسش‌نامه تدوین‌شده، اطلاعات مربوط به نحوه، دور و میزان آب آبیاری، بافت خاک، جهت جغرافیایی شیب باغ و میزان سال‌آوری در هر باغ ثبت

شیب شمالی واقع شده بودند. علاوه بر آن، بررسی بافت خاک باغ‌های مورد مطالعه نشان داد که $69/57\%$ باغ‌های مورد مطالعه بافت خاک شنی یا شن‌رسی و $30/43\%$ بافت خاک رسی دارند و نحوه آبیاری در $52/17\%$ غرقابی و $47/82\%$ باغ‌ها قطره‌ای بود که در این بین، $65/22\%$ باغ‌های مورد مطالعه با توجه به حجم آب مصرفی و دور آبیاری در شرایط تنش رطوبتی قرار داشتند. متوسط دمای روزانه از سال ۱۳۸۰ تا سال ۱۳۹۳ نزدیک به ۲ درجه سانتی‌گراد گرم‌تر و میزان بارندگی سالانه تقریباً نصف گردیده است (شکل ۱).

تجزیه عناصر و نسبت آن‌ها در میوه ارقام رد دلشز و گلدن دلشیز

تجزیه واریانس غلظت عناصر و نسبت آن‌ها در میوه‌های دو رقم سیب در دو منطقه نشان داد که برای عناصر ازت، پتاسیم، کلسیم و نسبت‌های N/Ca^{2+} ، K^+/Ca^{2+} ، Mg^{2+}/Ca^{2+} ، $(K^++Mg^{2+})/Ca^{2+}$ و $(N+K^++Mg^{2+})/Ca^{2+}$ اختلاف معنی‌دار بین تیمارها وجود دارد. مقایسه میانگین‌های غلظت عناصر و نسبت آن‌ها (جدول ۱) نشان داد در رقم رد دلشز، میوه‌های دارای علائم صرفاً با کمبود کلسیم همراه بوده است اما در رقم گلدن دلشز کمبود و بیش‌بود کلسیم در میوه‌های دارای علائم دیده می‌شود.

مقایسه‌های متعامد نشان داد که برای غلظت عناصر مورد ارزیابی و نسبت آن‌ها در میوه‌های رد دلشز در مقابل گلدن دلشز اختلاف معنی‌دار وجود دارد. مقایسه میانگین گروه ارقام (رد دلشز در مقابل گلدن دلشز) نشان داد که غلظت عناصر در میوه‌های رقم رد دلشز به‌طور معنی‌داری نسبت به میوه‌های رقم گلدن دلشز کم‌تر و نسبت‌های K^+/Ca^{2+} ، N/Ca^{2+} ، $(K^++Mg^{2+})/Ca^{2+}$ و

توزیع داده‌ها با استفاده از تبدیل زاویه‌ای نرمال‌گردید. میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند. با توجه به تغییرات نامنظم بین میانگین‌ها، مقایسه متعامد برای سه گروه تیماری شامل مقایسه گروه تیماری ارقام (رد دلشز در مقابل گلدن دلشز)، مقایسه گروه تیماری مکان (سمیرم در مقابل پادنا) و مقایسه گروه تیماری علائم (دارای علائم در مقابل فاقد علائم) انجام شد.

تجزیه عناصر در برگ و میوه رقم رد دلشز

در این تجزیه غلظت عناصر و نسبت آن‌ها در برگ و میوه رقم رد دلشز در دو منطقه (سمیرم و پادنا) بررسی گردید. تیمارهای آزمایش عبارت‌بودند از: میوه- دارای علائم- سمیرم، میوه- دارای علائم- پادنا، میوه- فاقد علائم- سمیرم و پادنا، برگ- دارای علائم- سمیرم، برگ- دارای علائم- پادنا و برگ- فاقد علائم- سمیرم و پادنا.

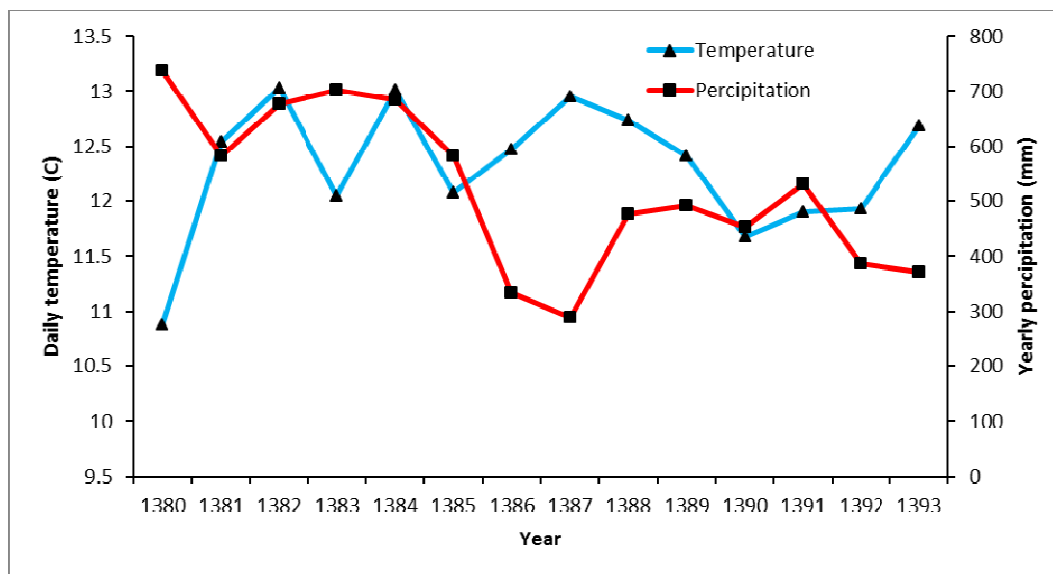
تعیین همبستگی بین غلظت و نسبت عناصر در برگ و میوه رقم رد دلشز

برای این‌که مشخص‌گردد غلظت کدام‌یک از عناصر اندازه‌گیری شده و یا نسبت آن‌ها در میوه با برگ همبسته است تجزیه فوق روی رقم رد دلشز (که بروز و توسعه اختلالات کلسیمی روی آن بیش‌تر بود) انجام شد.

نتایج

اطلاعات مکان‌های نمونه‌برداری

اطلاعات مربوط به مکان‌های نمونه‌برداری نشان داد که $60/87\%$ باغ‌ها در سال قبل محصول نداشته و $43/48\%$ عمل‌کرد در حد متوسط تا خوب داشته‌اند. بالغ‌بر $65/22\%$ باغ‌ها در دشت، $26/1\%$ در شیب جنوبی و $8/69\%$ آن‌ها در



شکل ۱. میانگین روزانه دما و بارندگی سالیانه سمیرم طی سال‌های ۹۳-۱۳۸۱

Table 2. Weather conditions in Semirum: daily average mean temperature and yearly precipitation during 2002-14

میوه‌های سیب رقم رد دلشیز در دو منطقه سمیرم و پادنا نشان داد که بین تیمارهای غلظت تمامی عناصر مورد ارزیابی و نسبت‌های آن‌ها اختلاف معنی‌دار وجود دارد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمارهای مختلف میوه برای عناصر و نسبت‌های مورد ارزیابی (غیر از نسبت Mg^{2+}/Ca^{2+} در یک گروه آماری قرار گرفته‌اند، اما بین تیمارهای مختلف برگ برای عناصر پتاسیم، کلسیم و نسبت Mg^{2+}/Ca^{2+} اختلاف معنی‌دار وجود دارد و برای سایر عناصر و نسبت‌ها اختلاف معنی‌دار دیده نشد. غلظت همه عناصر در برگ به‌طور معنی‌داری چندین برابر غلظت همان عناصر در میوه است و به‌همین ترتیب نسبت‌های عناصر در برگ چندین برابر کم‌تر از همان نسبت‌ها در میوه است (جدول ۳).

همبستگی بین برگ و میوه برای غلظت عناصر و نسبت آنها در رقم رد دلشیز

ضرایب همبستگی بین برگ و میوه برای غلظت هر عنصر و نسبت آنها در رقم رد دلشیز در دو منطقه سمیرم

$(N+K^++Mg^{2+})/Ca^{2+}$ بیش‌تر می‌باشد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های گروه مناطق نمونه‌برداری نشان داد که غلظت عناصر در میوه‌های برداشت‌شده از منطقه پادنا نسبت به منطقه سمیرم کم‌تر است و به‌همین ترتیب، نسبت‌های $(N+K^++Mg^{2+})/Ca^{2+}$ ، $(K^++Mg^{2+})/Ca^{2+}$ و K^+/Ca^{2+} در میوه‌های منطقه پادنا بیش‌تر از سمیرم است (جدول ۲). میانگین نسبت‌های $(N+K^++Mg^{2+})/Ca^{2+}$ ، K^+/Ca^{2+} و $(K^++Mg^{2+})/Ca^{2+}$ در گروه دارای علائم به‌ترتیب $10/51$ ، $11/21$ و $13/13$ و در گروه فاقد علائم به‌ترتیب با $5/11$ ، $5/79$ و $6/66$ بود (جدول ۲). این نسبت‌ها در گروه دارای علائم دو برابر گروه فاقد علائم است. این درحالی‌است که برای نسبت‌های Mg^{2+}/Ca^{2+} و N/Ca^{2+} اختلاف معنی‌دار بین دو گروه دارای علائم و فاقد علائم دیده نشد.

بررسی غلظت عناصر و نسبت آنها در برگ و میوه رقم رد دلشیز

تجزیه‌واریانس غلظت عناصر و نسبت آنها در برگ و

جدول ۱ - مقایسه میانگین‌های غلظت عناصر و نسبت آن‌ها در میوه‌های سیب (دو رقم در دو منطقه)
Table 1. Mean comparison of elements concentration and their ratios in apple fruits (two varieties in two regions)

Treatment	Mean*									
	N	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	N/Ca ²⁺	K ⁺ /Ca ²⁺	Mg ²⁺ /Ca ²⁺	(K ⁺ +Mg ²⁺)/Ca ²⁺	(N+K ⁺ +Mg ²⁺)/Ca ²⁺	
With Symptom- Red- Semirom	0.15c	0.72c	0.03c	0.07c	2.08ab	10.27a	0.46a	10.74a	12.83a	
With Symptom- Red- Padena	0.16c	0.72c	0.04c	0.05c	3.19a	14.56a	0.88a	15.44a	18.63a	
Without Symptom- Red- Semirom and Padena	0.23c	0.94c	0.04c	0.09c	2.35ab	9.81a	0.48a	10.29a	12.64a	
With Symptom- Golden- Semirom	18.96a	17.55a	0.44a	17.10a	1.41ab	0.08b	0.03b	11.32b	0.11b	
With Symptom- Golden-Padena	0.13c	0.74c	0.02c	0.06c	2.07ab	11.91a	0.47a	12.38a	14.46a	
Without- Symptom-Golden-Semirom and Padena	9.85b	9.24b	0.29b	9.15b	0.90b	0.41b	0.17b	1.29b	0.69b	

*: میانگین‌ها با حروف مشابه براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی دار ندارند.

* In each column similar letters indicate no significant differences at 5% probability level of Duncan's multiple range test.

جدول ۲ - مقایسه میانگین‌های گروه‌های تیماری برای غلظت عناصر و نسبت آن‌ها
Table 2. Means comparison of elements concentration and their ratios for treatment groups

Treatmental group	Contrast	Treatment	Mean*									
			N	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	N/Ca ²⁺	K ⁺ /Ca ²⁺	Mg ²⁺ /Ca ²⁺	(K ⁺ +Mg ²⁺)/Ca ²⁺	(N+K ⁺ +Mg ²⁺)/Ca ²⁺	
Cultivars ^a	Red versus Golden	Red delicious	0.71b	0.76b	0.04b	0.07b	2.58a	11.81a	0.63a	12.53a	15.11a	
		Golden Delicious	7.27a	7.06a	0.19a	6.59a	1.61b	6.03b	0.28b	6.84b	7.43b	
Regions ^b	Semirom versus Padena	Semirom	6.42a	6.33a	0.17a	5.75a	11.86a	6.78b	0.32b	7.60b	8.59b	
		Padena	0.14b	0.73b	0.03b	0.05b	2.63a	13.24a	0.67a	13.91a	16.54a	
Symptoms ^c	With symptoms versus without symptom	With symptom	2.58a	3.13a	0.09b	2.49a	2.30a	10.51a	0.52a	11.21a	13.13a	
		without symptom	5.04a	5.09a	0.17a	4.62a	1.62a	5.11b	0.32a	5.79b	6.66b	

*: میانگین‌ها با حروف مشابه براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی دار ندارند.

* In each column similar letters indicate no significant differences at 5% probability level of Duncan's multiple range test.

a: مقایسه تیمارهای دارای علائم - رد - سمیرم، دارای علائم - رد - پادنا، فاقد علائم - رد - سمیرم و پادنا با تیمارهای دارای علائم - گلدن - سمیرم، دارای علائم - گلدن - پادنا، فاقد علائم - گلدن - پادنا و سمیرم.

b: مقایسه تیمارهای دارای علائم - رد - سمیرم، دارای علائم - گلدن - سمیرم با تیمارهای دارای علائم - رد - پادنا، دارای علائم - گلدن - پادنا.

c: مقایسه تیمارهای دارای علائم - رد - سمیرم، دارای علائم - گلدن - سمیرم، دارای علائم - گلدن - پادنا با تیمارهای فاقد علائم - رد - سمیرم و پادنا، فاقد علائم - گلدن - سمیرم و پادنا.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های غلظت عناصر و نسبت آن‌ها در برگ و میوه‌های سیب رقم رد دلشیز
Table 3. Means comparison of elements concentration and their ratios in fruits and leaves Red delicious

Treatment	Mean*							
	N	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	N /Ca ²⁺	K ⁺ /Ca ²⁺	Mg ²⁺ /Ca ²⁺	(N+K ⁺ +Mg ²⁺) /Ca ²⁺
Fruit-with symptom-Semirom	0.152b	0.72c	0.034b	0.073c	2.085a	10.278a	0.465b	10.743a
Fruit-with symptom-Padena	0.160b	0.72c	0.044b	0.053c	3.190a	14.565a	0.880a	15.448a
Fruit-without symptom-Semirom and Padena)	0.235b	0.94bc	0.046b	0.098c	2.355a	9.810a	0.480b	10.290a
Leave-with symptom-Semirom	1.252a	1.302b	0.397a	1.512ab	0.870b	0.908b	0.272bc	1.183b
Leave-with symptom-Padena	1.072a	1.312b	0.500a	1.425b	0.80ab	0.948b	0.375bc	1.325b
Leave-without Symptom-Semirom and Padena	1.310a	1.985a	0.36a	2.075a	0.70ab	0.995b	0.195c	1.190b

*: میانگین‌ها با حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.
* In each column similar letters indicate no significant differences at 5% probability level of Duncan's multiple range test.

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین برگ و میوه برای غلظت عناصر و نسبت آنها در رقم رد دلشیز

Table 4. Correlation coefficients between fruits and leaves for elements concentration and their ratios in Red delicious

Element or ratio	r
N	0.682*
K ⁺	0.944**
Mg ²⁺	0.240 ^{ns}
Ca ²⁺	0.271 ^{ns}
N/Ca ²⁺	0.316 ^{ns}
K/Ca ²⁺	0.212 ^{ns}
Mg ²⁺ /Ca ²⁺	0.316 ^{ns}
(K ⁺ +Mg ²⁺)/Ca ²⁺	0.214 ^{ns}
(N+K ⁺ +Mg ²⁺)/Ca ²⁺	0.138 ^{ns}

ns, ** and *: Not significant, Significant at 1% and 5% probability level respectively.

در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪.

و پادنا نشان داد که برای نیتروژن و پتاسیم به ترتیب در سطح ۵٪ و ۱٪ همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود دارد (جدول ۴).

بحث

با توجه به کاهش تقریباً ۵۰ درصدی میزان بارندگی سالیانه، گرم‌تر شدن هوا حدود ۲ درجه سانتی‌گراد در طول ۱۴ سال گذشته، شنی یا شنی‌رسی بودن ۶۹/۵۷٪ بافت خاک باغ‌ها و اعمال تنش‌های رطوبتی در بیش از ۶۵/۲۲٪ باغ‌های سیب مورد مطالعه، بروز و توسعه اختلالات کلسیمی دور از انتظار نیست. خشک‌سالی و کاهش رطوبت نسبی باعث تنش آبی در گیاهان و محدود شدن حرکت کلسیم آوند چوبی به میوه می‌شود (Ho & White 2005, Freitas & Mitcham 2012). مطالعات قبلی در استونی، فنلاند و شیلی نشان داده است که دوره‌های رویشی خشک برای توسعه اختلالات فیزیولوژیکی در سیب مطلوب هستند (Dris et al. 1998, Yuri 1995).

همکاران (Casero *et al.* 2010) معتقدند شرایط رویشی یا آب‌وهوایی متفاوت در طول فصل باعث تجمع بیش‌تر سایر عناصر معدنی نسبت به کلسیم در میوه می‌شود که این تغییرات نسبت بروز و توسعه لکه‌تلخ را تحت تاثیر قرار می‌دهد. بیش‌تر بودن این عارضه در باغات منطقه پادنا با شرایط اقلیمی آن منطقه مرتبط است. پادنا از نظر تقسیم‌بندی‌های اقلیمی به روش کوپن (Koppen) دارای زمستان‌های معتدل سرد با تابستان‌های خشک است در صورتی‌که سمیرم زمستان‌های معتدل سرد اما تابستان‌های گرم و خشک دارد (Karimi 1987).

مقایسه متعامد عناصر و نسبت‌های آن‌ها بیانگر نقش اساسی پتاسیم در بروز و توسعه اختلالات کلسیمی در هر دو منطقه سمیرم و پادنا روی هر دو رقم تحت بررسی می‌باشد. بنابراین، عارضه فیزیولوژیکی مورد مطالعه رابطه منفی با مقدار پتاسیم و نسبت K^+/Ca^{2+} و رابطه مثبت با مقدار کلسیم موجود در میوه دارد. این نسبت به‌عنوان بهترین شاخص برای تعیین احتمال بروز اختلالات کلسیمی در باغ‌های تجاری سمیرم معرفی می‌گردد. تحقیق حاضر اظهار نظرهای سایر محققین (Marcelle 1995, Shahabi و Amarante 2006, Miqueloto *et al.* 2014) & Malakouti 2000, Manouchehri & Malakouti 2000, Dilmaghani-Hassanloui *et al.* 2004) را تایید و نشان می‌دهد که این ناهنجاری به‌طور مشخص علاوه بر کلسیم تحت تاثیر مواد غذایی دیگر از جمله پتاسیم و منیزیم قرار دارد. وقوع لکه‌تلخ در ارتباط با کمبود کلسیم و بیش‌بود پتاسیم، منیزیم و نیتروژن در میوه تشخیص داده شده است (Ferguson & Watkins 1989, Saure 2005, Amarante *et al.* 2006). در همین ارتباط محققین مختلف (Benavides *et al.* 2001, Amarante *et al.* 2006, Amarante *et al.* 2009, Miqueloto *et al.* 2014) معتقدند که کلسیم به تنهایی بهترین پارامتر برای تعیین

تنش‌های آبی در گیاه باعث کاهش جذب کلسیم و افزایش انواع اکسیژن واکنش‌پذیر در بافت میوه و آسیب دیدن غشای پلاسمایی می‌شود که به دنبال آن علائم کمبود کلسیم در میوه بروز و توسعه پیدا می‌کند (Davies *et al.* (2000, Ho & White 2005, Freitas & Mitcham 2012). غالب پژوهش‌ها نشان می‌دهد که لکه‌تلخ در نتیجه کمبود کلسیم است اما برخی پژوهش‌ها مشخص می‌کند که لکه‌تلخ در میوه‌های با کلسیم یکسان یا بیش‌تر نسبت به میوه‌های سالم نیز بروز می‌کند (Ferguson & Watkins 1989, Amarante *et al.* 2006, Ho & White 2005, Buti *et al.* 2015). در مطالعه حاضر نیز علائم این عارضه در رقم گلدن دلشیز در شرایط کمبود و بیش‌بود کلسیم دیده می‌شود. در باغ‌های تجاری مناطق سمیرم و پادنا نیز بروز و شدت علائم ناشی از این اختلالات روی رد دلشیز به‌مراتب بیش‌تر از گلدن دلشیز است. اختلاف بین ارقام و حساسیت بیش‌تر برخی ارقام سیب نسبت به عارضه‌های اختلالات کلسیمی قبلاً گزارش شده است. به‌عنوان نمونه، بررسی ویژگی‌های فیزیولوژیکی، فیزیوشیمیایی و مواد معدنی مرتبط با بروز لکه‌تلخ در ارقام سیب فوجی (Fuji) و کاتارینا (Catarina) نشان داده که مقدار کلسیم در رقم کاتارینا نسبت به فوجی کم‌تر بوده و نسبت‌های K^+/Ca^{2+} ، N/Ca^{2+} ، $(K^++Mg^{2+})/Ca^{2+}$ و $(N+K^++Mg^{2+})/Ca^{2+}$ در بافت قسمت گل‌گاه میوه بیش‌تر بوده است که باعث گردیده وقوع و شدت لکه‌تلخ روی این رقم بعد از انبارداری بیش‌تر باشد (Miqueloto *et al.* 2014). اختلاف معنی‌دار برای میانگین‌های عناصر و نسبت آن‌ها در میوه‌های دارای علائم بین دو محل نمونه‌برداری نشان داد که شرایط محیطی و اقلیمی در باغ‌های منطقه پادنا (برای هر دو رقم) برای بروز و توسعه اختلالات کلسیمی نسبت به سمیرم مساعدتر است. در همین ارتباط کاسرو و

اختلالات ناشی از کلسیم در سال‌های اخیر به علت تغییرات آب‌وهوایی و استفاده بیش از حد برخی عناصر معدنی به منظور درشت‌شدن و رنگ‌پذیری میوه‌ها و مقابله با خشک‌سالی در شرایط باغ اتفاق می‌افتد. میوه‌های دارای علائم غالباً تا زمان برداشت ریزش می‌کنند یا این‌که باغ‌داران نسبت به حذف آن‌ها قبل از انتقال به سردخانه اقدام می‌کنند.

غلظت همه عناصر در برگ رقم رد دلشیز به طور معنی‌داری چندین برابر غلظت همان عناصر در میوه است و به همین ترتیب، نسبت‌های عناصر در برگ چندین برابر کم‌تر از همان نسبت‌ها در میوه است. این موضوع احتمالاً به واسطه تجمع بیش‌تر عناصر در برگ نسبت به میوه در نتیجه تعرق بیش‌تر در برگ و انتقال کم‌تر کلسیم از برگ به میوه نسبت به سایر عناصر است (Ho & White 2005). با در نظر گرفتن مقایسه عناصر و نسبت آن‌ها در برگ و میوه (جدول ۳) و ضرایب همبستگی بین برگ و میوه (جدول ۴)، نتیجه گرفته می‌شود که بر مبنای غلظت عناصر و یا نسبت آن‌ها در برگ‌های درختان سیب رقم رد دلشیز نمی‌توان نسبت به احتمال بروز اختلالات کلسیمی اظهار نظر قطعی کرد.

وقوع لکه‌تلخ نیست بلکه بروز و توسعه آن با نسبت‌های Mg^{2+}/Ca^{2+} ، K^+/Ca^{2+} ، N/Ca^{2+} ، K^+/Ca^{2+} و $(K^++Mg^{2+})/Ca^{2+}$ و $(N+K^++Mg^{2+})/Ca^{2+}$ و رقم در ارتباط است. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که میوه‌های با کمبود کلسیم و سطوح بالای نسبت‌های N/Ca^{2+} ، K^+/Ca^{2+} ، $(K^++Mg^{2+})/Ca^{2+}$ و $(N+K^++Mg^{2+})/Ca^{2+}$ به لکه‌تلخ مستعدتر هستند (Ferguson & Watkins 1989, Amarante et al. 2009, Miqueloto et al. 2014) که با یافته‌های این پژوهش مطابقت می‌نماید. در ایران میزان کلسیم، منیزیم، پتاسیم و نیتروژن استاندارد (به ترتیب با $0/04-0/05$ ، $0/04-0/06$ ، $0/9-1/4$ و $0/29-0/43$ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک) در میوه ارقام رد دلشیز و گلدن دلشیز است (Malakouti 2014). در پژوهش حاضر میزان این عناصر در میوه نسبت به مقدار توصیه‌شده و شاهد منطقه دارای نوسان است (جدول ۱). غلظت بالای عناصر غذایی ازت، پتاسیم و منیزیم نسبت به کلسیم منجر به عدم تعادل غذایی و در نتیجه بیش‌تر شدن نسبت‌های N/Ca^{2+} ، K^+/Ca^{2+} و $(K^++Mg^{2+})/Ca^{2+}$ در میوه می‌شوند که به واسطه آن کاهش معنی‌داری در استحکام بافت میوه در دوران انبارداری دیده می‌شود (Casero et al, 2010). در باغ‌های سیب تجاری سمیرم و پادنا علائم مربوط به

منابع

- Alipour Z., Ebrahimi S., Shahabi A. A. and Malakouti M. J. 2001. Calcium news (Role of calcium in improving the quality of agricultural products). Technical Bulletin No. 265. Supreme Council of Bio Fertilizers and Efficient Use of Fertilizers and Pesticides in Agriculture. Karaj. Iran. (In persian).
- Amarante C. V. T., Chaves D. V. and Ernani P. R. 2006. Analise multivariada de atributos nutricionais associados ao bitter pit em mac as Gala. Pesquisa Agropecuária Brasileira 41: 841-846. (In Portuguese).
- Amarante C. V. T., Ernani P. R. and Steffens C. A. 2009. Predição de "bitter pit" em maçãs 'Gala' por meio da infiltração dos frutos com magnésio. Revista Brasileira de Fruticultura 31: 962-968. (In Portuguese).
- Amarante C. V. T., Ernani P. R. and Chaves D. V. 2005. Fruit infiltration with magnesium is a feasible way to predict bitter pit susceptibility in 'Gala' apples grown in Southern Brazil. Acta Horticulturae 682: 1271-1274.
- Benavides A., Recasens I., Casero T. and Puy J. 2001. Chemometric analyses of 'Golden Smoothee' apples treated with two pre-harvest calcium spray strategies in the growing season. Journal of the Science of Food and

- Agriculture 81: 943-952.
- Buti M., Poles L., Caset D., Magnago P., Fernandez F., Colgan R. J., Velasco R. and Sargent D. J. 2015. Identification and validation of a QTL influencing bitter pit symptoms in apple (*Malus × domestica*). *Molecular Breeding* 35: 29.
- Casero T., Benavides A. L. and Recasens I. 2010. Interrelation between fruit mineral content and pre-harvest calcium treatments on 'Golden Smoothie' apple quality. *Journal of Plant Nutrition* 33: 27-37.
- Davies W. J., Bacon M. A., Thompson D. S., Sobeih W. and Rodrigez L. G. 2000. Regulation of leaf and fruit growth in plants growing in drying soil: Exploration of the plants' chemical signaling system and hydraulic architecture to increase the efficiency of water use in agriculture. *Journal of Experimental Botany* 51:1617-1626.
- De Long W. A. 1936. Variations in the chief ash constituents of apples affected with blotchy cork. *Plum Physiology* 11: 453-456.
- Dilmaghani-Hassanloui M. R., Taheri M. and Malakouti M. J. 2004. The interactive effects of potassium and calcium on the K/Ca and quality of apple fruits (in Naghadeh). *Journal of Agricultural Engineering Research* 5: 71-84. (In persian).
- Dris R., Niskanen R. and Fallahi E. 1998. Nitrogen and calcium nutrition and fruit quality of commercial apple cultivars grown in Finland. *Journal of Plant Nutrition* 21: 2389-2402.
- Fallahi E., Conway W. S., Hickey K. D. and Carle-Sams E. 1997. The role of calcium and nitrogen in postharvest quality and disease resistance of apples. *Hort Science* 32: 831-835.
- Ferguson I. B. and Watkins C. B. 1989. Bitter pit in apple fruit. *Horticultural Reviews* 11: 289-355.
- Freitas S. T. D. and Mitcham E. 2012. Factors involved in fruit calcium deficiency Disorders. *Horticultural Reviews* 40: 107-146.
- Garman P. and Mathis W. I. 1956. Studies of mineral balance as related to occurrence of Baldwin spot in Connecticut. *Bulletin of the Connecticut Agricultural Experiment Station* 601: 1-19.
- Ho L. C. and White P. J. 2005. A cellular hypothesis for the induction of blossom-end rot in tomato fruit. *Annals of Botany* 95: 571-581.
- Jones J., Wolf B. and Mills H. A. 1991. *Plant analysis handbook: A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide*. Athens (GA): Micro-Macro Publishing. 213 p.
- Karimi M. 1987. *Climate of Central Iran*. Isfahan University of Technology. Isfahan, Islamic Republic of Iran. 165 p. (In persian).
- Malakouti M. J. 2014. *Recommendations for optimal fertilizer use in agricultural crops of Iran: Determination of amount, type and time of fertilizer application for the purpose of achieving self-sufficiency, food security, sustainable agriculture and increasing farmers' income*. Mobaleghan Press, Second Edition. 318 pp. (In persian).
- Malakouti M. J. and Tabatabai S. J. 2001. Calcium news (the role of calcium in improving in calcareous soils of Iran). *Technical Bulletin No. 148*. Ministry of Agriculture. Karaj. Iran. (In persian).
- Malakouti M. J., Tabatabai S. J., Shahabi A. and Fallahi E. 1999. Effects of calcium chloride on apple fruit quality of trees grown in calcareous soil. *Journal of Plant Nutrition* 22: 1451-1456.
- Manoucheri S. and Malakouti M. J. 2000. Assess the ratio of potassium to calcium in apples. *Supreme Council of Bio fertilizers and Efficient Use of Fertilizers and Pesticides in Agriculture*. Technical Publication No. 205. Tehran. Iran. (In persian).
- Marcelle R. D. 1995. Mineral nutrition and fruit quality. *Acta Horticulturae* 383: 219-226.
- Miqueloto A., Amarante C. V. T., Steffens C. A., Santos A. D. and Mitcham E. 2014. Relationship between xylem functionality, calcium content and the incidence of bitter pit in apple fruit. *Scientia Horticulturae*. 165: 319-323.
- Moor U., Karp K., Ldma P. P., Asafova L. and Starast M. 2006. Post-harvest disorders and mineral composition of apple fruits as affected by pre-harvest calcium treatments. *Acta Agriculturae Scandinavica* 56: 179-185.
- Saure M. C. 2005. Calcium translocation to fleshy fruit: Its mechanism and endogenous control. *Scientia Horticulture*, 105: 65-89.
- Shahabi A. and Malakouti M. J. 2000. Calcium sprays undeniable necessity to improve the qualitative properties of stored fruit in calcareous soils country. *Technical Bulletin No. 136*. Ministry of Agriculture. Karaj. Iran. (In persian).

persian).

Yuri J. A. 1995. Calcium in pome fruits: The Chilean experience. Proceedings Calcio en Fruticultura International Symposium. Talca, Chile. 17-18 October. pp. 105-128.