University of Tehran Press

Iranian Journal of Horticultural Science

Online ISNN: 2008-482X

Homepage: http:// ijhs.ut.ac.ir/

The Effect of Calcium in the Fruit Puffiness Reduction of Satsuma Mandarin (Citrus unshiu 'Sugiyama')

Ali Asadi Kangarshahi [1]✉, Negin Akhlaghi Amiri [2]

1. Corresponding Author, Department of Soil and Water Research Department, Mazandaran Agricultuarl and Nutural Resources Research and Education, AREEO, Sari, Iran. E-mail: kangarshahi@gmail.com
2. Agronomy and Horticultural Science Department, Mazandaran Agricultuarl and Nutural Resources Research and Education, AREEO, Sari, Iran. E-mail: neginakhlaghi@yahoo.com

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 5 March 2022

Received: 21 February 2023

Accepted: 14 March 2023

Published online: 21 March 2023

Keywords:

Calcium,

Citrus,

Fruit peel,

Physiological disorders.

ABSTRACT

In order to investigate the fruit puffiness status and the effect of calcium nitrate spray on quality and puffiness of Satsuma mandarin fruit, two separate experiments were conducted. In the first experiment, the puffing rate of Satsuma mandarin (Citrus unshiu 'Sugiyama') fruit in different orchards in the eastern region of Mazandaran was compared. In the second experiment, the effect of calcium nitrate application as foliar spray on reduction of fruit puffines was examined. The experiment was performed in a commercial orchard, with sour orange rootstock, based on a randomized complete block design, with six treatments and four replications. Treatments included: T1. Control (no Calcium nitrate spray); T2. Calcium nitrate spray in late May; T3. Calcium nitrate spray in mid- June; T4. Calcium nitrate spray in early July; T5. Calcium nitrate spray in late May and mid- June; T6. Calcium nitrate spray in late May, mid- June and early July. The results of the first experiment showed that the percentage of puffed fruits in the orchards of different regions varied from 27 to 46%, and the number of puffed fruits increased significantly from the early of November. The results obtained from the second experiment indicated that calcium nitrate spray in T5 (late May and mid- June) and T6 (late May, mid- June and early July) treatments had a significant effect on puffiness, so that the number of puffy fruits reduced by about 20% compared to the control, but this anomaly did not completely prevented. Also, calcium nitrate spray had a significant effect on Ca concentration in fruits. The highest concentration of Ca in whole fruit, fruit peel and inner skin (albedo) occurred in T5 and T6 treatments. Therefore, calcium nitrate spray is recommended at least 2 times (late May and mid- June) up to a maximum of 3 times (late May, mid- June and early July) in Satsuma mandarin Orchards.

Cite this article: Asadi Kangarshahi, A., & Akhlaghi Amiri, N. (2023). The Effect of Calcium in the Fruit Puffiness Reduction of Satsuma Mandarin (Citrus unshiu 'Sugiyama'). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 54 (1), 157-173. DOI: http//doi.org/10.22059/IJHS.2023.339145.2003

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: http//doi.org/10.22059/IJHS.2023.339145.2003

Extended Abstract

Introduction

The citrus cultivation area in Mazandaran province, north of Iran, is about 120000 ha with about 3 million tons of annual production. Mandarin is one of the most important citrus varieties in this region and its cultivation area in Mazandaran province is about 25000 ha, with annual production about 500000 tons per year. One of the most important physiological abnormalities in the Satsuma mandarin cultivar is puffiness, which is a serious problem in the citrus industry, especially in the old orchards of the north region of Iran. These puffed fruits are easily damaged during the process of harvesting, sorting, packing, transportation, and storage. Therefore, the puffy fruits are not desirable in the market. Application of calcium is known to reduce peel puffiness to some extent. Calcium penetrates into the epidermis of the peel cells and is then quickly absorbed by lower epidermis. This reduces or prevents the activity of enzymes that cause peel puffiness. Therefore, the peel Ca content can have a great impact on reducing physiological disorders, especially fruit puffiness, and increasing the net profit of producers.

Materials and methods

In order to investigate the fruit puffiness status and the effect of calcium nitrate spray on quality and puffiness of Satsuma mandarin fruit, two separate experiments were conducted. In the first experiment, the rate of Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* 'Sugiyama') fruit puffiness in different orchards, in the eastern region of Mazandaran was compared. In the second experiment, the effect of calcium nitrate application as foliar spray on reduction of fruit puffines was examined. The experiment was performed in a commercial orchard, with sour orange rootstock, based on a randomized complete block design, with six treatments and four replications. Treatments included: T_1. Control (no calcium nitrate spray); T_2. Calcium nitrate spray in late May; T_3. Calcium nitrate Spray in mid- June; T_4. Calcium nitrate spray in early July; T_5. Calcium nitrate spray in late May and mid- June; T_6. Calcium nitrate spray in late May, mid- June and early July.

Results and discussion

The results of the first experiment showed that the percentage of puffed fruits in the orchards of different regions varied from 27 to 46%, and the number of puffed fruits increased significantly from the early of November. The results obtained from the second experiment indicated that calcium nitratespray in T_5 (late May and mid- June) and T_6 (late May, mid- June and early July) treatments had a significant effect on puffiness, so that the number of puffy fruits reduced by about 20% compared to the control, but this anomaly did not completely prevented . Also, calcium nitrate spray had a significant effect on fruit Ca concentration. The highest concentration of Ca in whole fruit, fruit peel and inner skin (albedo) occurred in T5 and T6 treatments. Therefore, calcium nitrate spray is recommended at least twice (late May and mid- June) up to three times (late May, mid- June and early July) in Satsuma mandarin orchards**.** The peel puffiness is not only associated with changes in albedo cells, but also by significant changes in the cells of lower epidermis. Using calcium nitrate foliar application allows calcium to penetrate directly into the fruit through the cuticle. This suggests that the mechanism that controls the calcium is more physical than physiological. In fact, it keeps the stomata open and facilitates the transpiration. Fruit puffiness is not completely controlled by calcium application, but it is significantly reduced to an economic level. Developing tissues have an urgent and continuous need for calcium. This calcium is supplied by xylem vessels and depends strongly on transpiration rate from the surface of that organ. Calcium deficiency and the resulting disorders occur when low transpiration and the flow of raw sap cannot provide enough calcium for the development of those tissues. In different regions of Mazandaran province, the number of sunny hours is low, especially in the first stage of fruit growth, and the relative humidity is high. Therefore, there is a possibility of calcium deficiency in most years, especially in tissues that have low transpiration. Calcium deficiency in the fruitlets development stage reduces the cellular communication between peel cells and increases the possibility of puffiness. The maximum absorption of calcium in citrus fruits is approximately from after fruit set to 45-50 days after flowering. After June drop, calcium absorption decreases rapidly. In citrus fruits, most of the calcium enters the albedo tissue in the first phase of fruit growth until about 100 days after flowering; then the calcium is evenly distributed between the albedo and the pulp. In the case of citrus fruits, after the physiological drop, the wax of fruit peel surface develops rapidly. The increase of wax will reduce the efficiency of calcium absorption.

Conclusion

In general, the percentage of puffed fruits in the orchards of different regions varied from 27 to 46%, and the number of puffed fruits increased significantly from early November. Also, spraying calcium nitrate in the first stage of fruit growth (after fruit set to about 20 to 30 days after the physiological drop of the fruits) caused an increase in calcium content of the fruit peel, especially in the inner skin (Albedo), and reduced the rate of puffing fruits. Therefore, based on the results of this research, it is recommended to spray calcium nitrate 2 -3 times, with intervals of approximately 15 days, from late May to early July.

نشریه علوم باغبانی ایران، دوره ۵۴، شماره ۱

انتشارات دانشگاه تهران

شاپا الکترونیکی: ۲۴۲۳-۷۹۳۰

Homepage: http://ijhs.ut.ac.ir//

تاثیر کلسیم در کاهش عارضه پفی شدن میوه نارنگی ساتسوما رقم سوجی‌یاما (Citrus unshiu 'Sugiyama')

علی اسدی کنگرشاهی[1]✉ | نگین اخلاقی امیری[2]

۱. نویسنده مسئول، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران. رایانامه: kangarshahi@gmail.com

۲. بخش علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران. رایانامه: neginakhlaghi@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۱۴
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۲/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۳
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۱/۰۱

کلیدواژه‌ها:
پوست میوه، کلسیم، مرکبات، ناهنجاری فیزیولوژیکی.

چکیده

به منظور بررسی وضعیت پفی شدن در نارنگی‌های ساتسوما در شرق مازندران و تأثیر نیترات کلسیم بر کیفیت و پفی شدن میوه درختان نارنگی ساتسوما (سوجی‌یاما) دو آزمایش مجزا انجام شد. در آزمایش اول میزان عارضه پفی شدن میوه نارنگی انشوی سوجی‌یاما در باغ‌های مختلف منطقه شرق مازندران مقایسه شد. در آزمایش دوم محلول‌پاشی نیترات کلسیم با غلظت ۵ در هزار، در یک باغ تجاری نارنگی انشوی سوجی‌یاما با پایه نارنج در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و چهار تکرار اجرا شد. تیمارها شامل: T1. شاهد (بدون مصرف کلسیم)؛ T2. محلول‌پاشی نیترات کلسیم در اواسط خردادماه؛ T3. محلول‌پاشی نیترات کلسیم در اوایل تیرماه؛ T4. محلول‌پاشی نیترات کلسیم در اواخر تیرماه؛ T5. محلول‌پاشی نیترات کلسیم در اواسط خردادماه و اوایل تیرماه؛ T6. محلول‌پاشی نیترات کلسیم در اواسط خردادماه، اوایل و اواخر تیرماه) بودند. نتایج آزمایش اول نشان داد که درصد میوه‌های پفی شده در باغ‌های مناطق مختلف از ۲۷ تا ۴۶ درصد متغیر بود و تعداد میوه های پفی شده از اواخر مهرماه به طور قابل ملاحظه‌ای شروع به افزایش نمودند. نتایج آزمایش دوم نشان داد که محلول‌پاشی کلسیم در تیمار ۵ (اواسط خرداد و اوایل تیر) و تیمار ۶ (اواسط خرداد، اوایل و اواخر تیرماه) تاثیر معنی‌داری بر کاهش تعداد میوه‌های پفی داشت، به طوری که تعداد آن‌ها حدود ۲۰ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت، اما موجب رفع کامل این ناهنجاری نشد. همچنین، محلول‌پاشی کلسیم تاثیر معنی‌داری بر غلظت کلسیم میوه داشت. بیشترین غلظت کلسیم، در کل میوه، پوست میوه، و پوست داخلی (آلبدو) در تیمارهای ۵ و ۶ مشاهده شد. بنابراین، محلول‌پاشی کلسیم حداقل دو بار (اواسط خرداد و اوایل تیر) و حداکثر سه بار (اواسط خرداد، اوایل و اواخر تیرماه) در باغ‌های دارای عارضه پفی شدن توصیه می‌شود.

استناد: اسدی کنگرشاهی، علی؛ و اخلاقی امیری، نگین (۱۴۰۲). تاثیر کلسیم در کاهش عارضه پفی شدن میوه نارنگی ساتسوما رقم سوجی‌یاما (Citrus unshiu 'Sugiyama'). *نشریه علوم باغبانی ایران*، ۵۴ (۱)، ۱۷۳-۱۵۷. DOI: http//doi.org/10.22059/IJHS.2023.339145.2003

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: http//doi.org/10.22059/IJHS.2023.339145.2003

مقدمه

مرکبات، از مهم‌ترین محصولات باغی کشور می‌باشند که سطح زیر کشت و میزان تولید سالیانه آنها در استان مازندران به ترتیب حدود ۱۲۰ هزار هکتار و سه میلیون تن (با میانگین عملکرد حدود ۲۵ تا ۳۰ تن در هکتار) است. نارنگی یکی از مهمترین ارقام مرکبات در شمال کشور است که سطح زیر کشت آن در استان مازندران حدود ۲۵ هزار هکتار و متوسط تولید سالیانه آن حدود ۵۰۰ هزار تن است (Ahmadi *et al*, 2018). میوه نارنگی انشو (*Citrus unshiu*)، از گروه آسان پوست‌ها است که در زمان بلوغ پوست آن به آسانی از گوشت جدا می‌شود (Kawase *et al*., 1981). یکی از مهمترین چالش‌های نارنگی‌های انشو ضایعات زیاد، به ویژه در زمان برداشت و پس از برداشت است (Shah Beig, 1997). بخش عمده این ضایعات ناشی از ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی است که مدیریت نامناسب کف باغ (تغذیه، آبیاری، هرس و غیره) و یا شرایط نامطلوب اقلیمی (رطوبت نسبی بالا، درجه حرارت بالای محیط در زمان برداشت و غیره) می‌تواند در ایجاد آن بسیار موثر باشد. به طور کلی، عملیات مدیریتی بهینه کف باغ مانند مدیریت تغذیه، آبیاری و هرس می‌تواند آن‌ها را کاهش داده و یا کنترل کند. یکی از مهمترین ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی در درختان نارنگی ساتسوما پفی شدن پوست در زمان برداشت، به ویژه در باغ‌های مسن است (Shi *et al*., 2010). میوه نارنگی بسیار مستعد به این ناهنجاری پوستی است (Kuraoka *et al*., 1966; Akhlaghi Amiri & Asadi kangarshahi, 2015). پفی شدن در میوه‌های نارنگی ساتسوما در برخی مناطق، به ویژه مناطقی با رطوبت نسبی بالا، افزایش می‌یابد. میوه‌های پفی شده در فرآیند برداشت، سورتینگ، بسته‌بندی، انتقال و انبارمانی به آسانی دچار خسارت می‌شوند، بنابراین قابلیت انتقال، انبارمانی و صادرات این محصول با ارزش به شدت کاهش می‌یابد (Shiraishi *et al*., 1999).

پیشینه پژوهش

کلسیم اولین عنصر غذایی از نظر فراوانی در برگ و دومین عنصر از نظر فراوانی در پوست میوه مرکبات است. بخش زیادی از این کلسیم در دیواره سلولی قرار دارد (Nagy *et al*., 1985). 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 سیتوپلاسم مورد نیاز است (White & Brodley, 2003). 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 در بافت‌هایی ایجاد می‌شود که در آنها تقسیم سلولی در حال انجام است و سلول‌های جدید در حال تولید هستند (Hopkins & Huner, 2004).

خسارات زیاد پس از برداشت در میوه‌های پفی شده موجب شده است که راه‌های کنترل و کاهش خسارت برای تولید کنندگان از اهمیت اقتصادی بسیار زیادی برخوردار باشد (Kawase & Hirai, 1983). به طور کلی، برخی پژوهشگران تجزیه سلول‌های بافت پوست داخلی (آلبدو) را عامل انبساط میوه پس از بارندگی و پفی شدن گزارش کرده‌اند، به‌طوری‌که در طی این فرآیند ساختمان آلبدو اسفنجی شده و فضای بین سلولی آن‌ها بزرگ می‌شود (Kuraoka *et al*., 1977). برخی گزارش‌های دیگر کاهش سفتی پوست میوه مرکبات و پفی شدن را به فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده دیواره سلولی نسبت داده‌اند (Williamson, 1991). به طور کلی، در میوه مرکبات فعالیت برخی آنزیم‌ها در طی رسیدن افزایش می‌یابد. این آنزیم‌ها می‌توانند تغییرات ساختاری در اپیدرم تحتانی سلولهای بافت آلبدو ایجاد کرده و انبساط و پفی شدن را موجب شوند. کمبود کلسیم در درختان مرکبات بیشتر در خاک‌های با pH اسیدی، خاک‌های با مانداب سطحی، خاک‌های با مصرف زیاد برخی کودهای شیمیایی، خاک‌های با منیزیم و پتاسیم زیاد، و همچنین در شرایط تنش گرمائی، تنش شوری و غیره مشاهده می‌شود (Bramlage, 1994; Hirischi, 2004). مصرف کلسیم می‌تواند پفی شدن پوست میوه را کاهش دهد. کلسیم پس از نفوذ به اپیدرم سلول‌های پوست به سرعت توسط اپیدرم تحتانی جذب شده و موجب کاهش یا مانع فعالیت آنزیم‌هایی می‌شود که منجر به پفی شدن میوه می‌شوند (Shiraishi *et al*., 1999).

بنابراین، با توجه به سطح زیر کشت، میزان تولید، و اهمیت میوه نارنگی ساتسوما این رقم یکی از مهمترین ارقام صنعت مرکبات استان مازندران است، اما به دلایل مختلف از جمله برخی ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی از قابلیت انتقال، انبارمانی و صادرات پایینی برخوردار است. نظر به این که غلظت کلسیم در پوست و میوه تاثیر زیادی در کاهش ناهنجاری‌های فیزیولوژی، انبارمانی و پایداری کیفیت آن در انبار دارد، لذا راهکاری که بتواند امکان افزایش غلظت کلسیم میوه‌ها را به آسانی فراهم سازد می‌تواند در کاهش ناهنجاری‌های فیزیولوژی، به ویژه پفی شدن میوه و سود خالص تولیدکنندگان تاثیر بسیار زیادی داشته باشد. هدف از این پژوهش، مقایسه میزان بروز عارضه پفی شدن در باغ‌های مختلف منطقه شرق مازندران و همچنین امکان کاهش درصد بروز این عارضه با محلول پاشی برگی کلسیم می‌باشد.

روش شناسی پژوهش

به منظور بررسی عارضه پفی شدن میوه‌های نارنگی انشوی سوجی‌یاما (*Citrus unshiu* 'Sugiyama')، دو آزمایش مجزا در باغ‌های منطقه انجام شد.

در آزمایش اول میزان عارضه پفی شدن در ۴۷ باغ مسن (۲۵ تا ۳۰سال) نارنگی انشو سوجی‌یاما با پایه نارنج از مناطق عمده کشت مرکبات در شرق مازندران (بابل، قائم‌شهر، جویبار، ساری، میاندرود، نکا و بهشهر) مورد مقایسه قرار گرفت. در زمان برداشت، چهار درخت از هر باغ به طور تصادفی انتخاب و میانگین درصد میوه‌های پفی شده در آن‌ها تعیین شد. همچنین، در محدوده شهرستان ساری یک باغ در مناطق دامنه‌ای، یک باغ در منطقه دشت و یک باغ در منطقه ساحلی انتخاب شد و در هر باغ چهار درخت به طور تصادفی انتخاب گردید. سپس، از ابتدای شهریور تا دی ماه، هر پانزده روز در میان از میوه‌ها نمونه‌گیری شد. روند تغییرات مواد جامد محلول با رفرکتومتر پرتابل (Kimball 1991)، و اسیدیته کل به روش تیتراسیون با سود یکدهم نرمال (Kimball 1991) اندازه‌گیری شد. همچنین، شاخص برداشت (نسبت قند به اسید) و درصد میوه پفی شده نیز محاسبه شد (Shi *et al*., 2010). در نهایت، داده‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

آزمایش دوم در یک باغ مسن (حدودا ۲۷ ساله) نارنگی انشوی سوجی‌یاما، با پایه نارنج، در باغ بهارستان منطقه گلمای ساری انجام شد. در ابتدا، مراحل فنولوژی رشد درختان با پایش مراحل رشد تعیین شد (Asadi kangarshahi, 2019). قبل از انجام آزمایش، نمونه‌های خاک و برگ از درختان مطابق روش‌های استاندارد تهیه شد (Asadi kangarshahi, 2014)، سپس برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مانند بافت خاک، شوری، کربنات کلسیم معادل، pH، ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی، و غلظت عناصر غذایی فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز، مس و بور اندازه‌گیری شد (Bashour & Sayegh, 2007). نمونه‌های برگ در اواخر مردادماه از برگ‌های میانی سرشاخه‌های فصل جاری در پیرامون هر درخت تهیه (Asadi kangarshahi & Akhlaghi Amiri, 2014) و غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز و مس در آن‌ها اندازه‌گیری شد (Emami, 1996). نتایج تجزیه خاک و برگ درختان قبل از انجام آزمایش، به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، با شش تیمار و چهار تکرار انجام شد. هر واحد آزمایشی شامل دو درخت بود.

تیمارها عبارت بودند از: T_1. شاهد (بدون مصرف نیترات کلسیم). T_2. محلول‌پاشی نیترات کلسیم در اواسط خردادماه (زمانی که قطر میوه‌چه‌ها حدود ۲۰ میلی‌متر بود). T_3. محلول‌پاشی نیترات کلسیم در اوایل تیرماه (زمان ریزش فیزیولوژی میوه‌چه‌ها). T_4 . محلول‌پاشی نیترات کلسیم در اواخر تیرماه (در اوایل تا اواسط مرحله دوم رشد و توسعه میوه‌ها). T_5. محلول‌پاشی نیترات کلسیم در اواسط خردادماه و اوایل تیرماه (تیمار ۲ + تیمار ۳). T_6. محلول‌پاشی نیترات کلسیم در اواسط خردادماه، اوایل و اواخر تیرماه (تیمار ۲ + تیمار ۳ + تیمار ۴).

مقدار مصرف کودهای شیمیایی برای همه تیمارهای آزمایشی یکسان بود و با توجه به نتایج تجزیه خاک، برگ و همچنین میانگین عملکرد درختان تعیین شد (Asadi kangarshahi, 2019). تعداد درختان در هکتار حدود۳۵۰ اصله بود. نیتروژن به شکل اوره (۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)، فسفر به شکل اسید فسفریک (۷۰ کیلوگرم فسفر (P_2O_5) در هکتار)، پتاسیم به شکل سولفات پتاسیم (۱۳۰ کیلوگرم پتاس (K_2O) در هکتار)، منیزیم به شکل سولفات منیزیم (۷۵ کیلوگرم منیزیم (MgO) در هکتار) مصرف شد. زمان مصرف نیتروژن، پتاسیم، فسفر، منیزیم و منگنز در همه تیمارهای آزمایشی یکسان و متناسب با فنولوژی رشد بود. نیتروژن: ۳۰ درصد در اردیبهشت ماه (مرحله گلدهی و تشکیل میوه)، ۳۰ درصد در خرداد ماه (پس از تشکیل میوه تا زمان ریزش تابستانه)،۲۰ درصد در تیر ماه (در اوایل مرحله دوم رشد و توسعه) و ۲۰ درصد در مرداد ماه (اواسط مرحله دوم رشدمیوه). پتاسیم: ۲۰ درصد در خرداد ماه (پس از تشکیل میوه تا زمان ریزش تابستانه)،۲۰ درصد در تیر ماه (در اوایل مرحله دوم رشد و توسعه)، ۳۰ درصد در مرداد ماه (اواسط مرحله دوم رشدمیوه)، ۳۰ درصد در شهریور ماه (اواخر مرحله دوم رشدمیوه). فسفر: ۳۰ درصد در اردیبهشت ماه (مرحله گلدهی و تشکیل میوه)، ۳۰ درصد در خرداد ماه (پس از تشکیل میوه تا زمان ریزش تابستانه)،۲۰ درصد در تیر ماه (در اوایل مرحله دوم رشد و توسعه) و ۲۰ درصد در مرداد ماه (اواسط مرحله دوم رشدمیوه). منیزیم نیز ۲۰ درصد در خرداد ماه (پس از تشکیل میوه تا زمان ریزش تابستانه)،۲۰ درصد در تیر ماه (در اوایل مرحله دوم رشد و توسعه)، ۳۰ درصد در مرداد ماه (اواسط مرحله دوم رشدمیوه)؛ ۳۰ درصد در شهریور ماه (اواخر مرحله دوم رشدمیوه) مصرف شد (Asadi kangarshahi, 2019). مصرف سولفات منگنز به مقدار ۱۵۰ گرم به ازای هر درخت در مرحله اول و دوم رشد میوه (۵۰ گرم پس از تشکیل میوه، ۵۰ گرم پس از شروع ریزش تابستانه و ۵۰ گرم پس از شروع مرحله توسعه میوه‌ها) انجام شد. محلول‌پاشی نیترات کلسیم متناسب با تیمارهای آزمایشی با غلظت ۵ در هزار به علاوه مویان با غلظت نیم در هزار انجام شد. در طول فصل رشد، عملیات زراعی مانند سمپاشی، آبیاری، دفع علف‌های هرز و غیره به طور یکسان اعمال گردید. نمونه‌های برگ در همه تیمارها از اواخر مرداد ماه از برگ‌های میانی سرشاخه‌های فصل جاری در پیرامون هر درخت تهیه شد (Asadi kangarshahi & Akhlaghi Amiri, 2014). برای اندازه‌گیری کلسیم، ابتدا نمونه‌های برگ و میوه خشک شده را در ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد درکوره الکتریکی سوزانده (روش خشک سوزانی) و سپس غلظت آن مطابق روش‌های معمول اندازه‌گیری شد (Emami, 1996). همچنین، برخی ویژگی‌های کیفی میوه مانند مواد جامد محلول با رفرکتومتر دستی (Kimball, 1991) و اسیدیته کل به روش تیتراسیون با سود یکدهم نرمال (Kimball, 1991) اندازه‌گیری شد. علاوه بر این، در زمان برداشت، ۱۰۰ میوه به طور تصادفی از هر درخت برداشت و درصد پفی شدن آن‌ها تعیین گردید (Shi *et al*., 2010).

به طور کلی، درصد میوه‌های پفی شده، وزن میوه، غلظت کلسیم در برگ، غلظت کلسیم در میوه، غلظت کلسیم در پوست میوه، غلظت کلسیم در پوست داخلی میوه (آلبدو)، مواد جامد محلول، اسیدیته کل و شاخص برداشت به عنوان مهمترین پاسخ‌های گیاهی در نظر گرفته شد. کلیه داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SPSS و همچنین آزمون F مورد تجزیه واریانس قرار گرفت. مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد. همچنین، تقویم زمانی برخی از مراحل کلیدی فنولوژی درختان نارنگی انشوی سوجی یاما در منطقه آزمایشی (بهارستان ساری) در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۱. نتایج تجزیه خاک قبل از اجرای آزمایش

عمق (سانتی‌متر)	شوری (دسی-زیمنس بر متر)	**pH**	ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی‌مول بر کیلوگرم)	آهک (درصد)	ماده آلی (درصد)	فسفر	پتاسیم	منیزیم	آهن	روی	منگنز	مس
						میلی گرم در کیلوگرم در خاک						
۰-۳۰	۰/۷۱	۷/۶۹	۱۸/۴۰	۲۵	۰/۹۹	۱۹/۳	۲۲۳	۴۶۵	۱۳	۱/۹	۳/۷	۳/۳
۳۱-۶۰	۰/۴۵	۷/۷۱	۱۷/۳۰	۲۷	۰/۶۳	۶/۶	۱۷۱	۴۶۰	۱۰	۱/۲	۲/۸	۱/۴

بافت خاک: لوم رسی شنی

جدول ۲. نتایج تجزیه برگ نارنگی انشوی سوجی‌یاما قبل از اجرای آزمایش

	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	منیزیم	کلسیم	آهن	روی	منگنز	مس	بور
غلظت در برگ	درصد بر اساس وزن خشک برگ					*میکرو گرم در گرم وزن خشک برگ*				
	۲/۳۹	۰/۱۳	۰/۸۵	۰/۱۶	۴/۷۰	۱۶۰	۴۳	۱۶	۱۷	۵۲

جدول ۳. مراحل فنولوژی رشد نارنگی ساتسوما (انشوی سوجی‌یاما) در شرق مازندران (Asadi kangarshahi, 2019)

توسعه میوه	مرحله رشد	بازه زمانی
–	شروع رشد سرشاخه‌های بهاره	اوایل فروردین ماه تا۲۰ فروردین ماه
فاز اول	شروع گلدهی	۵ اردیبهشت تا ۱۵ اردیبهشت
	تمام گل	۲۰– ۱۵ اردیبهشت ماه
	ریزش گلبرگ‌ها	۱۵–۲۵ اردیبهشت ماه
	پایان رشد سرشاخه‌های بهاره	۲۰ اردیبهشت تا ۱۰ خرداد ماه
	شروع ریزش تابستانه	۳۰– ۲۰ خرداد ماه
	پایان ریزش تابستانه	۱۵– ۱۰ تیرماه
فاز دوم	شروع انبساط سلولی	۲۰– ۱۵ تیرماه
	شروع رشد سرشاخه‌های پاییزه	۲۰– ۱۰ شهریور
	شروع تغییر رنگ میوه	۲۵شهریور تا ۲۰ مهر ماه
	بلوغ فیزیولوژی میوه	۲۰– ۵ آبان ماه
	پایان رشد سرشاخه‌های پاییزه	۳۰ مهر تا ۱۵ آبان ماه
فاز سوم	رسیدن میوه	۲۰ آبان تا ۱۰ آذرماه

یافته های پژوهش

مناطق عمده کشت مرکبات در شرق مازندران، سطح زیر کشت و درصد میوه‌های پفی شده آنها در جدول ۴ آورده شده است. نتایج نمونه‌برداری میوه از مناطق مختلف استان (بابل، قائم‌شهر و جویبار، ساری، میاندرود، نکا، بهشهر و گلوگاه) نشان داد که حدود ۴۰ درصد میوه‌های باغ‌های منطقه بابل، حدود ۳۷ درصد میوه‌های منطقه قائم شهر و جویبار، ۴۶ درصد میوه‌های منطقه ساری، میاندرود و نکا و حدود ۲۷ درصد میوه‌های منطقه بهشهر و گلوگاه دارای عارضه پفی بودند (جدول ۴ و شکل۱). روند تغییرات اسیدیته، مواد جامد محلول، شاخص برداشت در مناطق مختلف در شکل‌های ۲، ۳ و ۴ نشان داده شده است. اسیدیته عصاره در مناطق دامنه‌ای، دشت و ساحلی در شروع نمونه‌برداری (اوایل شهریورماه) به ترتیب حدود ۳/۳ ، ۴/۵ و ۴/۱ درصد بود که نشان می‌دهد کاهش اسیدیته میوه در مناطق دامنه‌ای زودتر از مناطق دشت و ساحلی رخ می‌دهد. با توجه به روند کاهش اسیدیته نسبت به زمان در مناطق مختلف، این تفاوت بین مناطق تنها تا اواخر مهرماه وجود داشت و پس از آن این اختلاف به تدریج کاهش یافت، به‌طوری‌که در دی ماه به حداقل رسید. روند تغییرات مواد جامد محلول در طول دوره نمونه‌برداری در مناطق دشت کمتر از مناطق دامنه‌ای و ساحلی بود و از اواسط آبان ماه روند افزایش مواد جامد محلول در مناطق دامنه‌ای بیشتر از مناطق ساحلی و در مناطق ساحلی بیشتر از مناطق دشت بود (شکل ۳). در مورد شاخص برداشت، در شروع نمونه‌برداری اختلاف چندانی بین مناطق ساحلی و دشت وجود نداشت، اما بتدریج این اختلاف بیشتر شد، به‌طوری‌که روند افزایش شاخص برداشت در مناطق دامنه‌ای بسیار بیشتر از مناطق دشت و ساحلی بود که بیانگر بلوغ فیزیولوژیکی و تجاری زودتر میوه‌ها در مناطق دامنه‌ای است (شکل ۴). نتایج تجزیه واریانس تاثیر کلسیم بر برخی خصوصیات کیفی میوه

نشان می‌دهد که محلول‌پاشی کلسیم موجب افزایش معنی‌دار غلظت کلسیم در برگ، میوه و پوست میوه می‌شود (جدول ۵). روند تغییرات تعداد میوه‌های پفی شده نیز نشان داد که از اواسط آبان ماه تعداد میوه‌های پفی شده به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت. به‌طورکلی، تعداد میوه‌های پفی در طول دوره نمونه‌برداری از شهریور تا اواخر آذر ماه در مناطق دامنه‌ای بیشتر از مناطق ساحلی و دشت بود (شکل ۵).

جدول۴. توزیع فراوانی میوه‌های دارای عارضه پفی در باغ‌های نارنگی ساتسوما (انشوی سوجی‌یاما) در مناطق مختلف شرق استان مازندران

منطقه	سطح زیر کشت مرکبات (هکتار)	تعداد باغ‌های نمونه‌برداری شده	میوه‌های دارای عارضه پفی
			درصد
بابل	۱۹۹۳۴	۱۳۷	۴۰
قائم‌شهر و جویبار	۱۵۸۱۱	۱۳۴	۳۷
ساری و نکا	۳۱۵۶۴	۱۴۹	۴۶
بهشهر و گلوگاه	۵۲۰۴	۹۸	۲۷

منبع: (یافته‌های تحقیق)

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس تاثیر کلسیم بر برخی صفات میوه نارنگی ساتسوما (انشوی سوجی‌یاما)

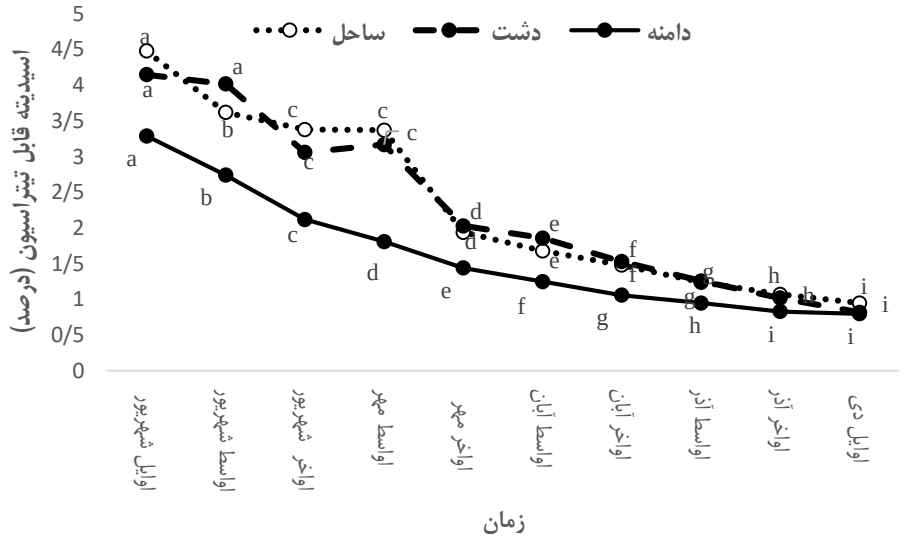
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		وزن میوه	اسیدیته کل	وزن پوست	کلسیم برگ	کلسیم میوه	کلسیم پوست	میوه‌های پفی شده
شاهد	۳	۵۱۸/۳۲*	۰/۰۳۲ns	۵۹/۹۸*	۰/۳۴۹*	۰/۰۲۳*	۰/۰۳۴ns	۶۷/۳۴ns
تیمارها	۵	۳۵۲/۱۱*	۰/۱۲۳ns	۳۹/۷۳*	۰/۴۳**	۰/۰۱۴**	۰/۰۱۶**	۳۹/۱۲**
خطا	۱۵	۱۴۳/۷۶	۰/۰۹۸	۱۸/۴۲	۰/۲۱۲	۰/۰۰۹	۰/۰۱۱	۱۹/۱۴

ns ، * و **: به ترتیب نبود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

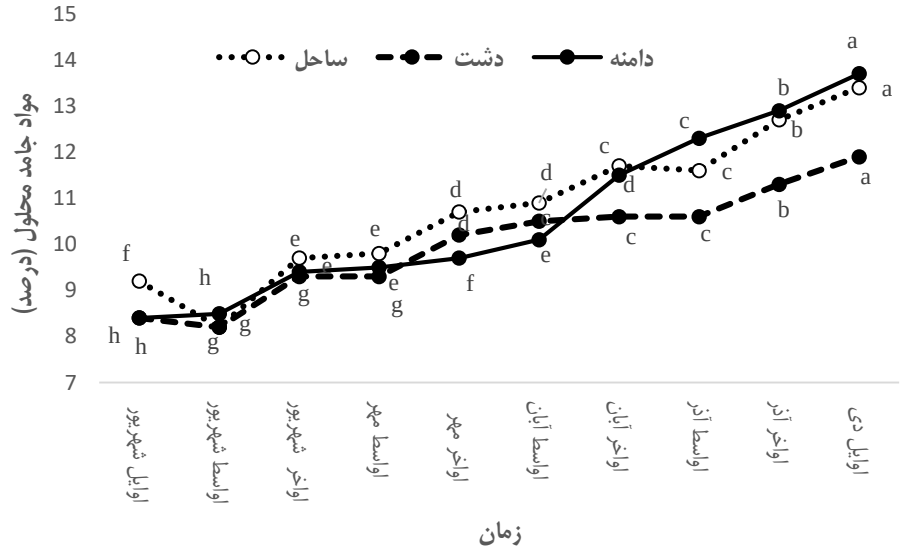
منبع: (یافته‌های تحقیق)

شکل ۱. میوه پفی شده نارنگی ساتسوما (انشوی سوجی‌یاما)

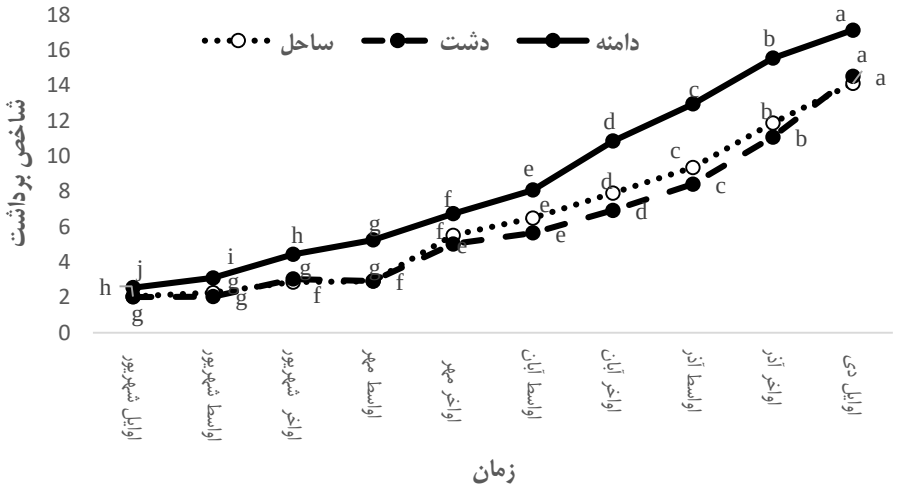
منبع: (یافته‌های تحقیق)



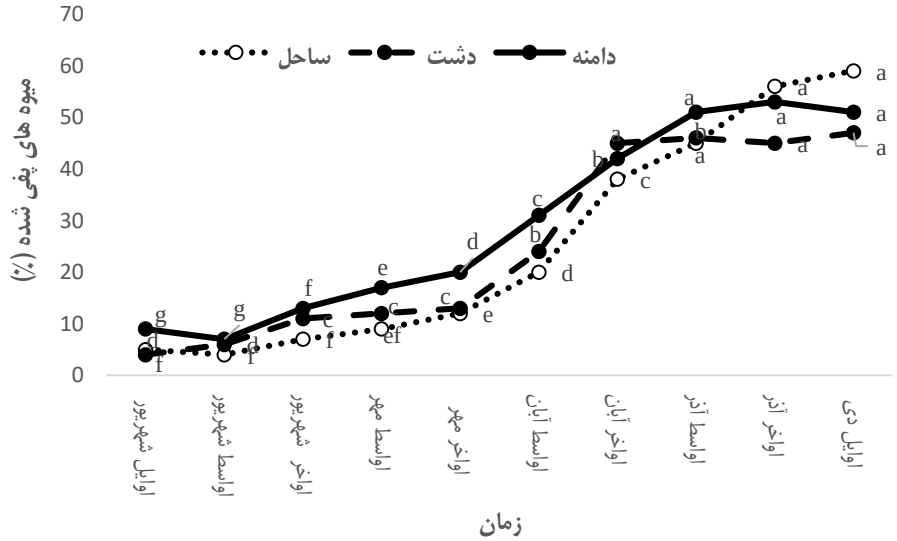
شکل۲. مقایسه میانگین روند تغییرات اسیدیته قابل تیتراسیون نارنگی ساتسوما (انشوی سوجی‌یاما) در مناطق مختلف
منبع: (یافته‌های تحقیق)



شکل۳. مقایسه میانگین روند تغییرات مواد جامد محلول(قند) نارنگی ساتسوما (انشوی سوجی‌یاما) در مناطق مختلف
منبع: (یافته‌های تحقیق)



شکل۴. مقایسه میانگین روند تغییرات شاخص برداشت (نسبت قند به اسید) نارنگی ساتسوما (انشوی سوجی‌یاما) در مناطق مختلف
منبع: (یافته‌های تحقیق)



شکل۵. مقایسه میانگین روند تغییرات تعداد میوه‌های پفی شده نارنگی ساتسوما (انشوی سوجی‌یاما) در مناطق مختلف
منبع: (یافته‌های تحقیق)

نتایج این پژوهش نشان داد که یک بار محلول‌پاشی کلسیم در اواسط خرداد، اوایل تیر و اواخر تیرماه تاثیر معنی‌داری بر پفی شدن میوه نداشت، درحالی‌که، دو بار محلول‌پاشی (اواسط خرداد و اوایل تیر) و همچنین سه بار محلول‌پاشی (اواسط خرداد، اوایل و اواخر تیرماه) تاثیر معنی‌داری بر کاهش تعداد میوه‌های پفی داشت، به‌طوری‌که حدود ۲۰ درصد میوه‌های پفی شده را نسبت به شاهد کاهش داد اما موجب رفع کامل این ناهنجاری نشد. ویژگی‌های کیفی میوه مانند مواد جامد محلول، اسیدیته

قابل تیتراسیون، و شاخص برداشت نیز تحت تاثیر محلول‌پاشی کلسیم قرار نگرفت، اما تاثیر محلول‌پاشی کلسیم بر وزن میوه، وزن پوست میوه معنی‌دار بود (جدول ۶). نتایج این پژوهش با گزارشی دیگر که نشان داد محلول‌پاشی نیترات کلسیم پس از تشکیل میوه و قبل از ریزش فیزیولوژی (ریزش تابستانه) موجب افزایش عملکرد و وزن متوسط میوه‌ها شده، اما تاثیر معنی‌داری بر اسیدیته کل و مواد جامد محلول ندارد مطابقت دارد (Asadi Kangarshahi, 2019).

همچنین بر اساس نتایج این پژوهش، محلول‌پاشی کلسیم تاثیر معنی‌داری بر غلظت کلسیم برگ و میوه داشت. بیشترین غلظت کلسیم از تیمار سه بار محلول‌پاشی کلسیم (اواسط خرداد، اوایل و اواخر تیرماه) حاصل شد و بیشترین غلظت کلسیم در کل میوه، پوست میوه و پوست داخلی (آلبدو) از تیمارهای دو بار (اواسط خرداد و اوایل تیر) و سه بار محلول‌پاشی (اواسط خرداد، اوایل و اواخر تیرماه) حاصل شد. در تیمار شاهد (بدون محلول‌پاشی کلسیم) کمترین مقدار کلسیم در میوه و پوست آن وجود داشت (جدول ۷).

جدول ۶. مقایسه میانگین تاثیر محلول‌پاشی نیترات کلسیم بر برخی ویژگی‌های میوه

تیمار	میوه‌های پفی (درصد)	وزن میوه (میلی‌متر)	اسیدیته قابل تیتراسیون (درصد)	وزن پوست میوه (گرم)	شاخص برداشت
شاهد (بدون محلول‌پاشی)	b۴۶	b۱۲۰	a۱/۲۴	b۳۳/۶۵	a۹/۳۵
محلول‌پاشی در اواسط خردادماه	b۴۵	b۱۱۹	a۱/۱۹	a۳۷/۳۸	a۹/۴۷
محلول‌پاشی در اوایل تیرماه	b۴۳	b۱۲۱	a۱/۲۲	a ۳۶/۹۸	a۹/۳۳
محلول‌پاشی در اواخر تیرماه	b۴۹	b۱۱۹	a۱/۱۷	ab۳۵/۳۸	a۹/۵۲
محلول‌پاشی در اواسط خردادماه و اوایل تیرماه	۲۷a	a۱۲۷	۱/۲۵a	۳۷/۲۶ a	a ۹/۳۳
محلول‌پاشی در اواسط خردادماه، اوایل و اواخر تیرماه	۲۵ a	۱۳۱a	۱/۲۳a	۳۷/۹۴ a	a ۹/۳۲

در هر ستون حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد.
منبع: (یافته‌های تحقیق)

جدول ۷. مقایسه میانگین تاثیر محلول‌پاشی نیترات کلسیم بر غلظت کلسیم برگ و میوه

تیمار	غلظت کلسیم (درصد)			
	برگ	کل میوه	پوست میوه	پوست داخلی (آلبدو)
شاهد (بدون محلول‌پاشی)	d۳/۵۴	b۰/۳۱	c۰/۴۴	c۰/۳۵
محلول‌پاشی در اواسط خردادماه	c۳/۷۳	b۰/۳۳	b۰/۴۹	b۰/۴۰
محلول‌پاشی در اوایل تیرماه	c۳/۶۹	b۰/۳۵	b۰/۴۹	b۰/۳۹
محلول‌پاشی در اواخر تیرماه	c۳/۷۸	b۰/۳۳	b۰/۴۸	bc۰/۳۷
محلول‌پاشی در اواسط خردادماه و اوایل تیرماه	b۳/۹۸	a۰/۳۸	a۰/۵۳	a۰/۴۵
محلول‌پاشی در اواسط خردادماه، اوایل و اواخر تیرماه	a۴/۳۴	a۰/۳۹	a۰/۵۲	a۰/۴۶

در هر ستون حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد.
منبع: (یافته‌های تحقیق)

بحث

به طور کلی حدود ۸۰ تا ۹۰ درصد از بخش خوراکی میوه مرکبات را آب تشکیل می‌دهد. بقیه را موادی مانند کربوهیدرات‌ها، اسیدهای‌آلی، اسیدهای‌آمینه، ویتامین‌ث، مواد معدنی و همچنین مقادیر کمی از چربی‌ها، پروتئین‌ها و متابولیت‌های ثانویه از

جمله کارتنوئیدها، فلاونوئیدها و مواد معطر تشکیل می‌دهند. در طول دوره‌ی رسیدن میوه‌ها، مقدار اسیدهای قابل تیتراسیون عصاره‌ی میوه به تدریج کاهش می‌یابد که بیشتر ناشی از تجزیه اسید سیتریک است، اما در مقابل، مقدار قندها (کل مواد جامد محلول) افزایش می‌یابد. یکی از مهمترین عوامل در کاهش شدت اسیدیته دمای محیط است (Iglesias *et al*., 2010) و به نظر می‌رسد که فرآیندی پیچیده و تحت کنترل آنزیم‌های زیادی باشد که فعالیت آن‌ها در هماهنگی با یکدیگر است. مناطق دامنه‌ای به دلیل میانگین درجه حرارت پایین‌تر در زمان بلوغ میوه اسیدیته کمتری دارند. اغلب مطالعات انجام شده شرایط آب و هوایی را عامل اصلی اختلاف در زمان بلوغ و مقدار قند میوه‌ها دانسته و نیز نشان داده اند که نسبت قند به اسید در مناطق دارای آب و هوای گرمتر پایین‌تر از مناطق خنک‌تر است (Hardy & Sanderson, 2010). علاوه‌براین، نتایج به‌دست‌آمده با گزارش‌های دیگری که شرایط و تنش‌های محیطی، از قبیل بارندگی شدید، افزایش و کاهش ناگهانی درجه حرارت را در روند تغییرات اسید و قند میوه مرکبات موثر دانسته و نیز میزان درجه حرارت و تبخیر را در کاهش و بارندگی‌های طولانی مدت، و آبیاری زیاد را در افزایش اسید در میوه موثر دانستند مطابقت دارد (Davies & Alberigo,1994). همچنین، نتایج این پژوهش با مطالعات دیگری که در منطقه انجام شده و نتیجه نشان داد که نسبت قند به اسید، بلوغ فیزیولوژیکی، و بلوغ تجاری میوه‌ها در مناطق کوهپایه نسبت به مناطق دشت و ساحلی زودتر رخ می‌دهد مطابقت دارد (Mahadavi *et al*., 2012). به طور کلی، بسیاری از عوامل محیطی، مانند درجه حرارت و رطوبت نسبی بالا در مرحله رسیدن میوه موجب افزایش پفی شدن آن می‌شوند (Kawase & Hirai, 1983). با توجه به این که عوامل محیطی در شدت و مقدار پفی شدن میوه موثر بوده، و این که این عوامل در مناطق مختلف متفاوت هستند می‌توان نتیجه گرفت که شدت و مقدار پفی شدن هم در مناطق مختلف متفاوت است. نتایج برخی گزارش ها نشان داده است که تقسیم سلولی در بافت پوست خارجی (فلاودو) در مرحله دوم رشد میوه (مرحله رشد و توسعه میوه) نیز ادامه دارد، در حالی که تقسیم سلولی در سلول‌های پوست داخلی (آلبدو) زودتر متوقف می‌شود. این اختلاف در تقسیم سلولی در فلاودو و آلبدو موجب گسست اتصال بین دو بافت می‌شود. به‌علاوه، فعالیت‌های آنزیمی در پوست، مانند فعالیت سلولاز و پکتیناز، در مرحله توسعه میوه نسبتا بالا بوده و با شروع رسیدن میوه این فعالیت‌های آنزیمی کاهش می‌یابد، اما روند کاهش آن در دو بافت بسیار متفاوت است. این ناهمگونی سرعت توسعه بین آلبدو و فلاودو موجب پفی شدن پوست می‌شود، بنابراین مکانیسم پفی شدن پوست ممکن است پیامد کاهش در فعالیت آنزیمی و شیب فشار اسمزی ایجاد شده توسط توسعه و بزرگ شدن سلول‌ها باشد (Kuraoka *et al*., 1975; Burdon *et al*., 2007). برخی گزارش‌ها نیز نشان داده است که تغییر تدریجی دیواره سلولی به علت فعالیت‌های آنزیمی و تنش‌های محیطی است که در طول فصل رشد ایجاد می‌شود. علاوه بر این، دلیل اصلی انفصال و از هم گسیختگی سلول‌ها حل شدن تیغه میانی است که خود عامل به وجود آوردن تغییرات ساختاری و پفی شدن میوه است (Shi *et al*., 2010). نتایج برخی پژوهش‌ها نیز نشان داده است که حداکثر پکتینی شدن دیواره سلولی در مراحل اولیه توسعه میوه رخ می‌دهد، اما پس از آن و به‌ویژه با نزدیک شدن به زمان برداشت به‌تدریج کاهش می‌یابد. این مواد پکتینی، ترکیب اصلی تیغه میانی را تشکیل می دهند. تغییر در ساختار دیواره سلولی همزمان با فرآیند رسیدن میوه شروع شده و موجب ناهنجاری‌های فیزیکی می شود که به پفی شدن پوست معروف است (Zhang *et al*., 2001). از عوامل دیگری که بر پفی شدن میوه‌ها تاثیر دارند می‌توان به تعداد میوه کم در درختان قوی و پررشد، جوان بودن درختان، میوه‌های روی اندام‌های جوان‌تر درختان، میوه‌های بخش‌های بالایی تاج درختان، میوه‌های رو به بالا، میوه‌های با ساقه ضخیم، و غیره اشاره نمود. به طور کلی، هر چه میوه‌ها بزرگتر باشند شدت پفی‌شدن آنها نیز بیشتر می‌شود (Shi *et al*., 2008; Yan, 2013). یکی از مهمترین ویژگی‌های بارز پوست میوه‌های پفی شده مرکبات فاصله بیشتر بین بافت‌های آن، پوست ضخیم‌تر، ناصاف و ناهموار بودن سطح بیرونی پوست، و نرم و شل بودن سطح داخلی پوست است. با ضعیف شدن ساختار دیواره سلولی لایه اسفنجی پوست و نرم شدن بافت آن فضای بین سلولی در سلول‌های پوست در لایه اسفنجی افزایش می‌یابد (Scott & Baker 1947 ,). این تغییرات در بافت پوست و کاهش فشردگی آن موجب افزایش تبادل هوا بین فضای داخلی میوه و محیط پیرامون خارج می‌شود (Chen & Zhang , 1988) همچنین، تجزیه پکتین دیواره سلولی در سلول‌های پوست می‌تواند موجب سست

شدن پیوند بین سلول‌ها و تورم دیواره سلولی و در نتیجه افزایش فضای بین سلولی شود (Masaya *et al*., 1999). در طی فرآیند پفی شدن، رشد ناهماهنگ بخش‌های مختلف پوست و توسعه غیر همزمان نیز وجود دارد، به‌طوری‌که توسعه سلول‌های لایه داخلی بخش سفید رنگ پوست زودتر و توسعه سلول‌های لایه خارجی پوست داخلی (آلبدو)، و به ویژه سلول‌های روغنی دیرتر متوقف می‌شود. بنابراین، افزایش تعداد و حجم سلول‌های تولید شده موجب می‌شود تا بافت پوست داخلی (لایه سفید رنگ) منبسط، شل و شکسته شود (Jiang, *et al*., 1991; Burdon *et al*., 2007).

گزارش‌های مختلف نشان داده است که پفی شدن پوست نه فقط با تغییر در سلول های آلبدو، بلکه با تغییرات قابل ملاحظه‌ای در سلول‌های اپیدرم تحتانی نیز همراه است. شل شدن و انبساط دیواره سلولی، انفصال مواد فیبری، و حل شدن تیغه میانی در سلول‌های اپیدرم تحتانی با مصرف ترکیبات کلسیمی کاهش می‌یابد (Zaragoza *et al*., 1996 a & b). محلول پاشی کلسیم باعث می شود تا کلسیم از طریق کوتیکول به طور مستقیم به درون میوه نفوذ نموده و بدین وسیله موجب باز نگه داشتن روزنه‌ها و تسهیل تعرق می‌شودکه نشان می‌دهد مکانیسم کنترل کننده کلسیم بیشتر فیزیکی است تا فیزیولوژیکی. به هرحال پفی شدن میوه به طور کامل با محلول‌پاشی کلسیم کنترل نمی‌شود، اما به طور معنی‌داری تا یک سطح اقتصادی کاهش می‌یابد (Shiraishi *et al*., 1999; Sun *et al*., 2011). نتایج گزارش‌های دیگر نیز نشان داده است که محلول‌پاشی نیترات کلسیم پس از تشکیل میوه، و محلول‌پاشی قبل از ریزش فیزیولوژی (ریزش تابستانه) در درختان پرتقال تامسون ناول، بیشترین تاثیر را در افزایش کلسیم پوست میوه پرتقال تامسون ناول داشتند، اما تاثیر محلول‌پاشی در اواخر فاز دوم رشد میوه بر افزایش غلظت کلسیم پوست میوه کمتر از محلول‌پاشی پس از تشکیل میوه و قبل از ریزش فیزیولوژی (ریزش تابستانه) بود (Asadi kangarshahi, 2019).

به طور کلی، بافت‌های در حال توسعه نیاز فوری و پایدار به کلسیم دارند و این کلسیم توسط آوندهای چوبی تامین می‌شود که کاملا به تعرق از سطح آن اندام وابسته است (White & Broadley, 2003). کمبود کلسیم و ناهنجاری‌های ناشی از آن زمانی ایجاد می‌شود که تعرق پایین و جریان شیره خام نتواند کلسیم کافی برای توسعه آن بافت‌ها را فراهم نماید (Hirschi, 2004; Hopkins & Huner. 2004). در مناطق مختلف استان مازندران به علت کمبود ساعات آفتابی، به‌ویژه در مرحله اول رشد میوه، و همچنین رطوبت نسبی زیاد احتمال کمبود کلسیم، به‌خصوص در بافت‌های با تعرق کم در بیشتر سال‌ها وجود دارد (Asadi kangarshahi & Akhlaghi Amiri, 2014). ازطرف‌دیگر، می بایستی توجه داشت که کلسیم فراوان‌ترین عنصر در اغلب خاک‌ها بوده و به ندرت کمبود آن در شرایط طبیعی وجود دارد (Hopkins and Huner, 2004). کلسیم به شکل کاتیون دو ظرفیتی (Ca^{2+}) جذب شده و توسط آوندهای چوبی به اندام‌های هوایی منتقل می‌شود و در آوندهای آبکش غیر متحرک است (White & Broadley, 2003). کلسیم در شیره آوند چوبی توسط جریان تعرق به سمت اندام‌های هوایی و برگ‌ها منتقل می‌شود (Hirschi, 2004). جذب کلسیم در ریشه درختان مرکبات به مناطقی از ریشه محدود می‌شود که حلقه کاسپارین بین سلول‌های آندودرمی وجود نداشته، تخریب شده، و یا سلول‌های آندودرمی احاطه کننده استوانه مرکزی (استیل) چوب بنبه‌ای نشده‌اند. این نواحی عمدتا شامل نوک ریشه‌ها و نواحی است که در آن جوانه‌های جانبی شروع به تشکیل می‌کنند (White & Broadley, 2003). کلسیم به علت نقشی که در اتصال زنجیره‌های پکتیکی لاملای میانی دارد برای ژلاتینی بودن این لایه و همچنین استحکام و سفتی دیواره سلولی ضروری است. همچنین، کلسیم به عنوان یک کوفاکتور در تغییر و تبدیل‌های آنزیمی، تنظیم کننده اسمزی، و پیغام‌بر ثانویه در واکنش‌های آنزیمی عمل می‌کند (Marschner, 1995; Taiz & Zeiger, 2002; Epstein & Bloom, 2005). در بافت‌های با کمبود کلسیم، فعالیت پلی‌گالاکتوروناز افزایش یافته که این موجب تجزیه دیواره‌های سلولی و تخریب بافت‌های تحت تاثیر می‌شود (Marschner, 1995).

نتایج این پژوهش با گزارش‌های دیگر مطابقت دارد که نشان دادند نیترات کلسیم در کاهش ناهنجاری های فیزیولوژی پوست میوه مرکبات موثر است و نیز مصرف کلسیم پفی شدن میوه را به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد، اما تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر ویژگی‌های کیفی میوه ندارد. پفی شدن پوست معمولا وزن مخصوص میوه را در اوایل بلوغ میوه و در زمان

برداشت کاهش می‌دهد و به‌طورکلی، با افزایش شدت پفی شدن وزن مخصوص میوه کاهش می‌یابد. وزن مخصوص میوه های نارنگی انشو نه تنها به پفی شدن پوست بستگی دارد، بلکه عوامل دیگری مانند ضخامت و سفتی پوست نیز در آن موثر هستند (Zaragoza *et al*., 1996a, 1996b; Agusti *et al*., 1997). کمبود کلسیم در مرحله توسعه میوه موجب کاهش ارتباط سلولی بین سلول‌های پوست شده و احتمال پفی شدن را افزایش می‌دهد (Shi & Shen, 2003; Yan, 2010). مصرف خاکی یا محلول‌پاشی کلسیم موجب افزایش جذب کلسیم، تاخیر در پیری و کاهش پفی شدن میوه‌ها می‌شود (Shi & Shen, 2003; Sun *et al*., 2011). بیشتر گزارش‌ها نشان داده‌اند که شدت تنفس میوه‌های پف کرده بیشتر از میوه‌های معمولی است و همچنین شدت تنفس پوست آن بیشتر از گوشت است. ماده خشک، اسیدهای آلی ، قندها و ویتامین ها در میوه‌های پفی به مقدار قابل توجهی کاهش می‌یابد. این فرایند، به خصوص در مورد قندهای محلول و اسیدهای آلی مشخص‌تر است (Zong *et al*., 1979; Burdon *et al*., 2007). همچنین در میوه‌های پفی، رشد ثانویه پوست نیز می‌تواند موجب انتقال مواد مغذی از گوشت به پوست شود که در کاهش مواد مغذی بخش خوراکی میوه موثر بوده و ممکن است یکی از دلایل پفی شدن میوه‌ها باشد. علاوه بر این، برخی از مطالعات نشان داده‌اند که کاهش میزان قند محلول در میوه‌های پفی ممکن است به دلیل کاهش تبدیل پلی‌ساکاریدها به کربوهیدرات‌های محلول باشد (Awasthi & Nauriyal, 1972). برخی مطالعات نشان داده است که در پوست میوه‌های پفی فعالیت آنزیم‌های پلی گالاکتوروناز، پکتین متیل استراز و برخی دیگر از آنزیم های هیدرولاز افزایش می‌یابد که تخریب پکتین را تسریع می‌کنند (Chen & Zhang, 1988). همچنین، اکسیداسیون لیپید غشایی باعث پیری زودرس پوست می‌شود (Zhang *et al*., 2001).

ازطرف‌دیگر، کلسیم نمی‌تواند مجددا از بافت‌های مسن جابجا شده و توسط آوند آبکش توزیع شود، بنابراین فراهمی کلسیم برای میوه‌ها عمدتا توسط آوند چوبی انجام می‌شود (White & Brodley, 2003). افزایش کلسیم تاثیر زیادی در بهبود کیفیت میوه مرکبات دارد، لذا محلول‌پاشی کلسیم (نیترات کلسیم) عمدتا برای اجتناب از کمبود کلسیم در میوه‌ها استفاده می‌شود (Saure, 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 پس از تشکیل میوه، تا ۴۵ الی ۵۰ روز پس از گلدهی، می‌باشد و پس از ریزش فیزیولوژی تابستانه (June drop) جذب به سرعت کاهش می‌یابد (Storey *et al*.,2002). در میوه مرکبات، بیشتر کلسیم در فاز اول رشد میوه تا حدود ۱۰۰ روز پس از گلدهی به بافت آلبدو وارد شده، و پس از آن کلسیم به طور مساوی بین آلبدو و گوشت میوه (pulp) توزیع می‌شود (Storey *et al*., 2002). در مورد میوه مرکبات، پس از ریزش فیزیولوژی واکس سطح پوست میوه به سرعت توسعه یافته، و افزایش واکس موجب کاهش کارایی جذب کلسیم خواهد شد (Peryea, 1991; Saure, 2004). بنابراین، نتایج حاصل از این تحقیق که نشان داد محلول‌پاشی نیترات کلسیم پس از تشکیل میوه و قبل از ریزش فیزیولوژی (ریزش تابستانه) در افزایش کلسیم پوست میوه بسیار موثرتر از محلول‌پاشی در انتهای فاز دوم رشد میوه است با نتایج دیگر پژوهشگران مطابقت دارد (Peryea, 1991; Saure, 2004; Asadi Kangarshai, 2019).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که کاهش اسیدیته عصاره میوه نارنگی انشوی سوجی‌یاما در مناطق دامنه‌ای زودتر از مناطق دشت و ساحلی رخ می‌دهد، اما تغییرات مواد جامد محلول در این مناطق به شدت تغییرات اسیدیته نمی‌باشد. به طور کلی، شاخص برداشت میوه‌ها در طول دوره نمونه‌برداری در مناطق دامنه‌ای بیشتر از مناطق دشت و ساحلی بود که موجب می‌شود تا بلوغ فیزیولوژیک و تجاری میوه‌ها در مناطق دامنه‌ای حدود ۱۵ تا ۲۰ روز زودتر از مناطق دشت و ساحلی رخ دهد. بنابراین بر اساس نتایج این پژوهش، برداشت میوه‌های نارنگی انشوی سوجی‌یاما در مناطق دامنه‌ای از اواخر مهرماه و در مناطق ساحلی و دشت از اواسط آبان ماه توصیه می‌شود. همچنین، نتایج این پژوهش نشان داد که محلول‌پاشی نیترات کلسیم در مرحله اول رشد میوه (پس از تشکیل میوه تا حدود ۲۰ تا ۳۰ روز پس از ریزش فیزیولوژیک میوه‌چه‌ها) موجب افزایش کلسیم در پوست

میوه، به‌ویژه در پوست داخلی (آلبدو) و کاهش تعداد میوه‌های دارای عارضه پفی شد. بنابراین بر اساس نتایج این پژوهش، محلول‌پاشی دو تا سه مرحله نیترات کلسیم با غلظت ۵ در هزار از اواسط خرداد ماه به فاصله زمانی حدود ۱۵ روز در میان تا اواخر تیرماه توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

از همکاران محترم سازمان جهاد کشاورزی مازندران، باغداران منطقه، کارشناسان شرکت دشت ناز ساری و همچنین کارشناسان آزمایشگاه و بخش تحقیقات خاک و آب مازندران که نهایت همکاری را در اجرای میدانی این پروژه تحقیقاتی داشتند تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

احمدی، کریم؛ عبادزاده حمیدرضا؛ حاتمی فرشاد؛ حسین‌پور ربابه و عبدشاه هلدا (۱۳۹۷). *آمارنامه کشاورزی (محصولات باغبانی)*. مرکز فناوری و اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران.

اخلاقی امیری، نگین و اسدی کنگرشاهی، علی (۱۳۹۶). بررسی امکان کاهش پفی شدن میوه نارنگی انشو در شرق مازندران. *مجله علوم باغبانی ایران*، ۳۶ (۴)، ۵۹۱- ۶۰۰.

اسدی کنگرشاهی، علی (۱۳۹۸) . *مدیریت کوددهی درختان بارده مرکبات*. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی. تهران، ایران.

اسدی کنگرشاهی، علی و اخلاقی امیری، نگین (۱۴۰۰). تاثیر محلول‌پاشی اوره متناسب با فنولوژی رشد بر عملکرد و تناوب باردهی نارنگی انشو. *مجله علوم باغبانی ایران*، ۵۲ (۱)، ۹۹-۱۱۱.

اسدی کنگرشاهی، علی و اخلاقی امیری، نگین (۱۳۹۳). *تغذیه پیشرفته و کاربردی مرکبات*، جلد اول. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

اسدی کنگرشاهی، علی و اخلاقی امیری، نگین (۱۳۹۳). *تغذیه پیشرفته و کاربردی مرکبات*، جلد دوم. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

امامی، عاکفه (۱۳۷۵). روش‌های تجزیه گیاه. نشریه *موسسه تحقیقات خاک و آب*، ۲ (۹۸۲) ۱۲۸-۱۲۸

شاه‌بیگ، محمدعلی (۱۳۷۶). *کاهش ضایعات پس از برداشت در میوه‌های مرکبات با استفاده از برودت، گرمادرمانی، پوشش پلی‌اتیلنی و اتمسفر تغییر داده شده*. مجموعه مقاله‌های روز جهانی غذا، معاونت برنامه‌ریزی و پشتیبانی، مرکز فناوری و اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران.

مهدوی ریکنده، جلال؛ اخلاقی امیری، نگین؛ اسدی کنگرشاهی، علی و شهابیان، مهرداد (۱۳۹۲). *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.

REFERENCES

Agusti, M., Almela, V., Zaragoza, S., Gazzola, R. & Primo-Millo, E. (1997). Alleviation of peel-pitting of fortune mandarin by the polyterpene pinolene. *Journal of Horticultural Science*, 72, 653-658.

Ahmadi, K., Ebadzadeh, H., Hatami, F., Hosseinpour, R., & Abdshah, H. (2018). *Agricultural statistics (horticultural products)*. Information and Communication Technology Center, Ministry of Agricultural Jihad, Tehran, Iran. (In Persian)

Akhlaghi Amiri, N & Asadi Kangarshahi, A. (2015). Possibility of reducing Satsuma mandarin (*Citrus unshiu*) fruit puffing in East of Mazandaran, *Iranian Journal of Horticultural Science*, 46(4), 590-600. (In Persian)

Asadi Kangarshahi, A. & Akhlaghi Amiri, N. (2014 a). *Advanced and Applied Citrus Nutrition* (1st. ed.). Agricultural Extension and Education Publications. (In Persian)

Asadi Kangarshahi, A. & Akhlaghi Amiri, N. (2014 b). *Advanced and Applied Citrus Nutrition* (2nd. ed.). Agricultural Extension and Education Publications. (In Persian)
Asadi Kangarshahi, A. & Akhlaghi Amiri, N. (2021). Effect of urea spray accordance with growth phenology on yield and alternate bearing of Satsuma mandarin (*Citrus unshiu*). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 52(1), 99-111. (In Persian)
Asadi Kangarshahi, A. (2019). *Nutition Management of Citrus Trees* (1st. ed). Agricultural Extension and Education Publications. (In Persian)
Awasthi, R.P., & Nauriyal, J.P. (1972). Studies on granulation in sweet orange. VI. Differences in moisture, total soluble solids and ascorbic acid of juice vesicles in different stages of granulation. *Punjab Horticultural Journal*, 12, 203– 211.
Bashour, I. & Sayegh, A.A. (2007). *Methods of Analysis for Soils of Arid and Semi-Arid Regions*. 49-53. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
Bramlage, W.J. (1994). Physiological Role of Calcium in Fruit. In *Tree Fruit Nutrition*. Petersen, A.B. & Stevens, R.G. (eds), Good Fruit Grower, Yakima, WA. 101-107.
Burdon, J., Lallu, N., & Yearsley, C. (2007). Postharvest conditioning of satsuma mandarins for reduction of acidity and skin puffiness. *Postharvest Biology and Technology*, 43, 102–114.
Chen, X. & Zhang, B. (1988). Studies on the'Hong-Ju' puffing fruits. *Acta Horticulturae Sinica*, 15 (1), 13-17.
Davies, F.S., & Alberigo, L.G. (1994). *Citrus*. CAB International, Wallingford UK.
Emami, A. (1996). Methods of plant analysis. Journal of Soil and Water Research Institute, 2 (982) 128-128.. (In Persian)
Epstein, E. & Bloom, A. (2005). *Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives*. 2nd ed. Sinauer associates Inc, Plumtree Road, Sunderland.
Grierson, W. (1981). Physiological disorders of citrus fruits. Proc. Int. Soc. Citriculture. 3, 764-767.
Hardy, S. & Sanderson, G. (2010). *Citrus Maturity Testing*. Department of Industry and Investment, State of New South Wales, Australia: 1-6. http://www.dpi.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0020/3 20294/Citrus
Hirschi, K.D. (2004). The calcium conundrum. Both versatile nutrient and specific signal. *Plant Physiology*. 136, 2438-2442.
Hopkins, W.G. & Huner, N.P.A. (2004). Plant and Inorganic Nutrient. In *Introduction to Plant Physiology*. 3nd ed. John Wiley and Sons. Inc. Publishers. 241-257.
Iglesias, D.J., Cercos, M., Colmenero-Flores, J.M., Naranjo, M.A., Rios, G., Carrera, E., Ruiz-River, O., Liso, I., Morillon, R., Tadeo F.R., & Talon, M. (2007). Physiology of citrus fruiting. *Brazilian Journal Plant Physiol*ogy, 9, 333-362.
Jiang, Y., Liu, S., & Chen, F. (1991). Low water and control of postharvest fruit. *Bulletin of Botany*, 8 (2): 9-12.
Kawase, K. & Hirai, M. (1983). Growth, sugar accumulation and puffiness of the mandarin peel during coloring. *Journal of Japanese Society of Horticultural Science*, 52, 231-237.
Kawase, K., Suzuki, K. & Hirose, K. (1981). Use of growth regulators to control rind puffing of Satsuma mandarin fruit. *Proceeding of the International Society of Citriculture*: 237-239.
Kimball, D.A. (1991). *Citrus Processing: quality control and technology*. Springer Science, New York.
Kuraoka, T., Iwasaki, K. & Kadoya, K. (1966). Studies on peel puffing and levels of GA like substances and ABA in the peel of Satsuma mandarin *(Citrus unshiu).* In: *Proceeding of Japanese Society of Horticultural Science*, 43-44.
Kuraoka, T., Iwasaki, K., Hino, A. & Tsugi, H. (1975a). Studies on the peel puffing of the Satsuma mandarin III. The conversion of pectic substances and calcium distribution within the peel. *Journal of Japanese Society of Horticultural Science*, 44, 15-21. (In Japanese)
Kuraoka, T., Iwasaki, K., Hino, A. & Tsugi, H. (1975b). Studies on the peel puffing of the Satsuma mandarin II. Change of cell morphology and cellulose activity during the development of the fruit rind. *Journal of Japanese Society of Horticultural Science*, 44, 7-14. .(In Japanese)
Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants*. 2nd Edition Academic Press, San Diego.
Masaya, S., Pear, M., Yoshitaka, M., Masakazu, F. & Touru, M. (1999). Effects of calcium compounds on fruit puffing and the ultrastructural characteristics of the subepidermal cell walls of puffy and calcium-induced non-puffy satsuma mandarin fruits. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 68 (5), 919–926. .(In Japanese)
Mhadhvi, J. (2012). Investigation of phenological stages of Thomson navel orange and miagava and sugiyama Satsuma mandarin in foothills, plain and shoreline area in Sari city. Master degree thesis, Department of Horticultural Sciences, Islamic Azad University – Karaj, Iran. (In Persian)

Nagy, S., Marshall, M., Wardowski, W.F. & Rouseff, R.L. (1985). Postharvest creasing of Robinson tangerines as affected by harvest date and pectin esterase activity and calcium content. *Journal of Horticultural Science*, 60, 137-140.

Peryea, F.J. (1991). *Preharvest calcium spray evaluation*. In: A.B. Petersen, R.G. Stevens (eds) *Tree fruit nutrition*. Good fruit grower, Yakima, WA. 123-124

Roberts, T.L. (2008, Feb.) *Improving nutrient use efficiency*. IFA Agriculture Conference. Kunming China.

Saure, C.M. (2004). Calcium translocation to fleshy fruit: its mechanism and endogenous control. *Scientia Horticulture*, 105, 65-89.

Shah Beig, M.A. (1997). Reducing postharvest losses in citrus fruits by cooling, heat therapy, PE coating and modified atmosphere. Articles for Word Food Day, Information and Communication Technology Center, Ministry of Agricultural Jihad, Tehran, Iran. (In Persian)

Shi, X., & Shen, G. (2003). Occurrence and prevention of pumice peel of Wenzhou mandarin orange fruit. *Zhejiang Citrus*, 20 (2), 17-18.

Shi, X., Xu, J., Zhang, L., Fan, G., & Lin, M. (2008). The relationship between the puffiness of Wenzhou mandarin orange fruit and its storage. *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, 20 (4), 304–307.

Shi, X., Xu, J., Zhang, L., Fan, G. & Lin, M. (2010). Studies on the peel puffiness and storage of mature fruit in Satsuma mandarin. In: Proceedings of *11th International Citrus Congress*, Wuhan, China, 912-914.

Shiraishi, M., Mohammad, P., Makita, Y., Fujibuchi, M. & Manabe, T. (1999). Effects of calcium compounds on fruit puffing and the ultrastructural characteristics of the sub epidermal cell walls of puffy and calcium-induced non-puffy Satsuma mandarin fruits. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 68, 919-926.

Storey, R. & Treeby, M.T. (2002). Nutrient uptake into navel oranges during fruit development. *Journal of Horticultural Science Biotechnology*, 77, 91-99.

Sun, J., Chen, J., Shi, X., Xu, H., Pang, Q., Zhang, L., & Xie, M. (2011). The effect of compound nutrient solution treatment on the fruit quality and floating skin of the fully harvested 'Gongchuan' Wenzhou mandarin orange. *Zhejiang Journal of Agriculture*, 23 (2), 283 – 287.

Taiz, L. & Zeiger, E. (2002). *Mineral nutrition*, P. 67-86. *Plant Physiology*. 3rd ed. Sinauer Associates Inc. Publishers.

White, P.J. & Broadley, M.R. (2003). Calcium in plants. Annals of Botany. 92, 487-511.

Williamson, G. (1991). Purification and characterization of pectin acetylesterase from orange peel. *Phytochemistry*, 30, 445-449.

Yan S. (2013). Puffiness prevention-control of citrus fruits. *Hunan Agriculture*, (3), 16-25.

Zaragoza, S., Almela, V., Tadeo, F.R. Primo-Millo, E. & Agusti, M. (1996a). Effectiveness of calcium nitrate and GA_3 on the control of peel-pitting of fortune mandarin. *Journal of Horticultural Science*, 71, 321-326.

Zaragoza, S., Gazzola, R., Trenor, I., Alonso, E., Primo-Millo, E., Almela, V. Juan, M. & Agusti, M. (1996b). Control of peel-pitting of fortune mandarin. *Proceedings of Internatoinal Society Citriculture*, 2, 1105-1109.

Zhang, Q., Wei, Y., Zheng, Y. (2001). Mechanism of puffiness and the methods of control in citrus fruit. II : relation between puffiness and senescence of the early-maturing satsuma mandarin. *Journal of Hunan Agricultural University, Natural Sciences*, 27 (1), 32–34.

Zong R., Shao, P., & Hu, X. (1979). The preliminary discussion of juice sacs granulation and citrus peel growth and decline of citrus fruit. *Scientia Agricultura Sinica*, 3, 60– 64.