Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 53, No 2, Summer 2022 (493-507)
DOI: 10.22059/ijhs.2021.307872.1832

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۳، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۴۰۱ (ص ۵۰۷-۴۹۳)

نشریه پژوهشی:

روند تغییرات کربوهیدرات‌ها و تأثیر نفتالین استیک اسید برعملکرد و تناوب باردهی نارنگی انشوی میاگاوا (*Citrus unshiu* cv. Miyagawa)

علی اسدی کنگرشاهی[1*] و نگین اخلاقی امیری[2]
۱. دانشیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران
۲. استادیار بخش تحقیقات گیاهان زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۶/۱ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۸/۲۶)

چکیده

به منظور بررسی وضعیت کربوهیدرات‌ها و تأثیرکاربرد نفتالین استیک اسید بر عملکرد و تناوب باردهی نارنگی انشو میاگاوا، دو آزمایش مجزا در یک باغ بارده نارنگی انشو میاگاوا انجام شد. در آزمایش اول، روند تغییرات غلظت کربوهیدرات‌ها (قندهای محلول و نشاسته) در برگ و ریشه درختان مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش دوم در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار به مدت هفت سال انجام شد. تیمارها شامل شاهد؛ محلول‌پاشی نفتالین استیک اسید با غلظت‌های ۱۵۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر قبل از ریزش فیزیولوژی میوه‌چه‌ها بودند. نتایج آزمایش اول نشان داد میانگین تغییرات نشاسته و قندهای محلول در برگ‌ها و ریشه‌های فیبری در سال نیاور به ترتیب حدود ۶/۳ و ۲/۳۴ برابر سال آور افزایش یافت. نتایج آزمایش دوم نشان داد مصرف نفتالن استیک اسید در مرحله اول رشد میوه در سال‌های پرمحصول، موجب افزایش عملکرد درختان در سال‌های کم محصول شد و به تدریج اختلاف عملکرد در سال‌های آور و نیاور کاهش یافت. به طوری که تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم نفتالن استیک اسید در لیتر، بیشترین عملکرد تجمعی و کمترین شاخص تناوب باردهی را داشت. البته همه تیمارهای نفتالین استیک اسید، شاخص تناوب باردهی را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش دادند. بنابراین براساس نتایج این آزمایش، برای تعدیل تناوب باردهی مصرف نفتالین استیک‌اسید با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر در فاصله زمانی حدودا از ۲۵ روز پس از تمام گل تا حدود ۴۰ روز پس از تمام گل توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تنک‌کننده شیمیایی، شاخص سال آوری، قندهای محلول، نشاسته.

Trends of carbohydrate changes and the effect of NAA on yield and alternate bearing of Miyagawa Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* cv. Miyagawa)

Ali Asadi Kangarshahi[1*] and Negin Akhlaghi Amiri[2]
1. Associate Professor of Soil and Water Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran
2. Assistant Professor of HorticultureCrops Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran
(Received: Aug. 23, 2020 - Accepted: Nov. 17, 2021)

ABSTRACT

In order to investigate the state of carbohydrates and the effect of naphthalene acetic acid (NAA) application on yield and alternate bearing of Miyagawa Satsuma mandarin, two separate experiments were performed an Miyagawa Satsuma mandarin oechard. In the first experiment, the trend of changes in the concentration of carbohydrates (soluble sugars and starches) in the leaves and roots of trees were investigated. The second experiment were performed as randomized complete blocks design with 4 replications during 7 years. Treatments included: control; 150, 300 and 450 mg/l NAA spraying before physiological abscission of fruitlets. The results of the first experiment showed that the average changes of starch and soluble sugars in foliar leaves and roots were about 6.3 times and 2.34 times higher, respectively. The results of the second experiment showed that NAA application in the first stage of fruit growth in "on" years, increased yield in "off" years, and gradually yield variation in "on" and "off" years decreased. So that treatment 300 mg NAA l^{-1} had the highest cumulative yield and the lowest alternate bearing index. However, all NAA treatments reduced alternate bearing index compare to control, significantly. Therefore, based on the results of this project to modulate alternate bearing, spray NAA in "on" at a concentration of 300 milligrams per liter from 25 days after flowering to about 40 days after flowering is recommended.

Keywords: Alternate bearing index, chemical thinners, soluble sugars, starch.

* Corresponding author E-mail: kangarshahi@gmail.com

مقدمه

تناوب‌باردهی درختان میوه به صورت محصول سنگین در سال آور و به دنبال آن یک محصول سبک در سال نیاور تعریف می‌شود. تناوب‌باردهی در بیشتر درختان میوه خزان‌دار و همیشه سبز مانند مرکبات رخ می‌دهد (Monselise & Goldschmidt, 1982). در صنعت مرکبات یکی از معمول‌ترین مشکلات، تناوب‌باردهی است به طوری که در همه مناطق جهان، مشکل تناوب‌باردهی در بیشتر ارقام تجاری مرکبات مانند نارنگی‌ها، پرتقال‌ها، گریپ‌فروت‌ها و لیموها وجود دارد. این تناوب‌باردهی موجب نوسان زیادی در تولید مرکبات در سال‌های متوالی شده است به‌طوری‌که می‌تواند تجارت و اقتصاد کشورهای تولید کننده را تحت تأثیر قرار دهد. بنابراین درک مشکل تناوب‌باردهی، شناخت دلایل و عملیات مدیریتی مناسب می‌تواند در حل این مشکل بسیار مفید باشد (Asadi Kangarshahi, 2019; Arzani & AKhlaghi Amrii, 2000).

به‌طورکلی، برای تناوب‌باردهی درختان میوه سه دلیل عمده ذکر شده که شامل محدودیت محل‌های گل‌دهی، وضعیت تغذیه‌ای درختان و تعادل هورمون‌های داخلی است. محدودیت محل‌های گل‌دهی به احتمال زیاد ناشی از رقابت بین اندام‌های رویشی و زایشی و تاثیر آنها بر تناوب‌باردهی است. وضعیت تغذیه‌ای درختان و ذخیره عناصر غذایی در رشد زایشی، افزایش تشکیل میوه و عملکرد درختان مرکبات تاثیر دارد و تعادل هورمون‌های داخلی نیز از عوامل کلیدی در تشکیل میوه، عملکرد و تناوب‌باردهی درختان است (Asadi Kangarshahi, 2019; Turkals *et al*., 2013).کاهش تعداد میوه‌چه‌ها در مراحل اول توسعه میوه‌ها و محلول‌پاشی برخی عناصر غذایی در مراحل خاص فنولوژی درختان موجب افزایش دسترسی عناصر غذایی، تسریع بیوسنتز کربوهیدرات‌ها، تجمع کربوهیدرات‌های ذخیره و کاهش رقابت می‌شود که در کل در تعادل هورمون‌ها، تشکیل محل‌های گلدهی و کاهش تناوب باردهی موثر هستند (Turkals *et al*., 2013; Goldschmidt, 2005).

درختان دارای تناوب باردهی در سال‌های متوالی محصول منظمی تولید نمی‌کنند و معمولاً در یک سال عملکرد بالا و در سال بعد عملکرد بسیارکم دارند. درسال پرمحصول، درختان دارای تعداد زیادی میوه کوچک هستندکه به علت کیفیت نامناسب، از سود اقتصادی کافی برخوردار نیستند. ازطرف دیگر درسال کم محصول، تعداد میوه تشکیل شده بسیار اندک است بنابراین به دلیل کاهش عملکرد، درآمد خالص باغداران کاهش می‌یابد. تحقیقات متعدد نشان داده‌اند که درسال پرمحصول وجود تعداد زیادی میوه روی درخت که اعضای مصرف کننده (سینک) می‌باشند، سبب مصرف قسمت اعظم کربوهیدرات‌ها در اندام‌های هوایی شده و درنتیجه انتقال مواد غذایی و کربوهیدرات‌ها به ریشه کاهش می‌یابد. دراین حال ریشه دچار گرسنگی شدید شده و توان ریشه برای جذب عناصر غذایی کاسته می‌شود. کمبود عناصرغذایی نیز موجب اختلال در توازن هورمونی می‌شود و مجموع این عوامل سبب جلوگیری از تشکیل جوانه گل درسال کم محصول می‌گردد. در سال کم محصول درخت مجدداً توانایی خود را برای سال آینده بازیابی می‌کند (Asadi Kangarshahi, 2011; Goldschmidt & Golomb, 1982; Janick, 1982; Jones *et al*., 1974). بنابراین روش‌هایی که بتوانند رقابت را در سال پرمحصول، کاهش (Arzani Akhlaghi Amiri, 2000 &) و اندازه میوه و همچنین تشکیل جوانه گل را در سال کم محصول افزایش دهند، موجب تعدیل چرخه تناوب‌باردهی و افزایش سود اقتصادی باغدار می‌گردند (Akhlaghi Amiri & Asadi Kangarshahi, 2009b).

گزارش‌های مختلف نشان می‌دهد که سطح آستانه‌ای از کربوهیدرات‌ها برای تمایز جوانه‌های گل لازم است (Goldschmidt, 1999; Goldschmidt & Koch, 1996). درواقع، گلدهی تنها عامل محدودکننده در سال نیاور است، کاهش یا عدم گلدهی در سال نیاور به علت تخلیه شدید کربوهیدارت‌ها توسط محصول سنگین در سال‌آور قبلی است (Guardiola, 2000). تعداد زیاد میوه در سال پرمحصول، مهمترین عامل موثر بر میزان کربوهیدرات‌ها (به‌ویژه نشاسته) در درختان مرکبات است

و این میوه در سال پرمحصول به فراهمی پیوسته انرژی به شکل کربوهیدرات‌ها نیاز دارد که باید از منابع فتوسنتزی جاری تامین شود و اگر این منابع کافی نباشد از منابع ذخیره استفاده می‌شود (Monselise & Goldschmidt, 1982; Verreynne, 2005). بنابراین، تعداد میوه‌ها در طول دوره رشد و توسعه میوه، مهمترین عامل موثر در میزان نشاسته و شدت تناوب‌باردهی در مرکبات است. به‌طور کلی، در درختان مرکبات، رابطه معکوسی بین تعداد گل‌های تشکیل شده در سال جاری با تعداد میوه‌های سال قبل وجود دارد و کاهش تعداد میوه‌ها، با تنک‌کننده‌ها یا برداشت زودهنگام، گل‌دهی را در فصل بعد افزایش می‌دهد (Garcia-Luis *et al.*, 1995).

به طور کلی تنک دستی، روشی پرهزینه است و تنها در سطح محدود قابل انجام است. اما تنک شیمیایی یک روش معمول و امکان‌پذیر برای بیشتر باغداران است ولی تا کنون توجه زیادی به آن نشده است. نفتالین استیک اسید (NAA) برای استفاده به عنوان یک عامل تنک کننده برای مرکبات در فلوریدای آمریکا ثبت شده است، در این ترکیب مانند همه ترکیبات تنک کننده شیمیایی دیگر، مقدار تنک با توجه به شرایط درختان و شرایط محیطی متغیر است. به‌هر حال در آزمایش‌های متعدد، پتانسیل نفتالین استیک اسید در بهبود اندازه و کیفیت میوه گزارش شده است (Monselise & Goldschmidt, 2011; Wheaton & Stewart, 1973). به نفتالین استیک اسید به عنوان یک تنک کننده، تا کنون توجه زیادی نشده است و در مقابل هیچ عامل تنک کننده دیگری نیز برای مرکبات در فلوریدا ثبت نشده است. تنک گل‌ها و میوه‌ها در سال پرمحصول، روشی با ارزش برای غلبه بر تناوب‌باردهی در درختان سیب و مرکبات است. در درختان سیب، این روش به‌طور موفقیت آمیزی برای کنترل تناوب‌باردهی در بیشتر ارقام استفاده می‌شود. موفقیت استفاده از نفتالین استیک اسید برای تنک میوه در ارقام مختلف نارنگی گزارش شده است (Rebolledo *et al.*, 2012; Galliani *et al.*, 1975; Ouma, 2012).

پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد که تنک زود هنگام درختان مرکبات در سال آور، موجب افزایش میزان نشاسته برگ می‌شود. افزایش میزان نشاسته برگ نیز موجب افزایش درصد تشکیل میوه و در نتیجه افزایش عملکرد در فصل پس از آن می‌شود. وقتی که از نفتالین استیک اسید به‌عنوان عامل تنک کننده در طول مرحله ریزش فیزیولوژی در سال پرمحصول استفاده شود، عملکرد سال جاری، کاهش و عملکرد سال بعد (سال نیاور) افزایش خواهد یافت (Lewis *et al.*, 1964; Ouma, 2012). نتایج پژوهش‌های Galliani *et al.* (1975)، نشان داد که تنک درختان نارنگی با مصرف نفتالین استیک اسید در سال آور به‌طور موثری چرخه تناوب‌باردهی را کاهش داد. برای اطمینان از درجه تنک کنندگی عامل تنک کننده، غلظت و زمان مصرف آن برای هر رقم باید آزمایش شود.

در سال‌های اخیر، کشت نارنگی‌های انشوا در شمال ایران به سرعت در حال گسترش است. به طوری که سطح زیر کشت این نارنگی‌ها در استان مازندران بیش از ۳۰ هزار هکتار است. این نارنگی‌ها دارای ارزش اقتصادی بیشتری از پرتقال‌های ناول است (Akhlaghi Amiri & Asadi Kangarshahi, 2014). از ویژگی‌های بارز این نارنگی‌ها، قند بالا، اسید مناسب و سهولت پوست شدن آن می‌باشد. بنابراین این نارنگی‌ها بخش مهمی از صنعت مرکبات مازندران هستند. به‌هرحال، تناوب‌باردهی شدید به ویژه در باغ‌های مسن و میانگین عملکرد پایین از مشکلات آن‌ها می‌باشد. تناوب‌باردهی بر عملکرد، اندازه و کیفیت میوه و در نهایت سود خالص تولیدکنندگان تاثیر زیادی دارد. این مطالعه در مورد یکی از مهترین ارقام نارنگی انشو، به نام میاگاوا (Miyagawa) انجام شد و هدف اصلی آن تعیین وضعیت کربوهیدرات‌ها (نشاسته و قندهای محلول) در برگ و ریشه درختان در سال‌های آور و نیاور و همچنین عملیات مدیریتی است که بتواند تناوب‌باردهی را کاهش داده یا حذف کند درواقع هدف از اجرای تیمارهای این آزمایش، تنک میوه در سال پرمحصول و تعدیل تعداد میوه در این سال و کاهش تخلیه مواد ذخیره و افزایش تشکیل میوه در سال کم محصول بعد است. بنابراین امکان استفاده از نفتالین اسیدیک اسید برای تنک میوه در مرحله اول رشد میوه و کاهش تناوب باردهی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی روند تغییرات کربوهیدرات‌ها و تأثیرنفتالین استیک اسید بر عملکرد و تناوب باردهی نارنگی انشو میاگاوا (*Citrus unshiu* cv. Miyagawa) دو آزمایش مجزا انجام شد.

آزمایش اول: یک قطعه باغ نارنگی انشوی میاگاوا با پایه نارنج (با سن بیش از ۲۰سال) که مشکل تناوب باردهی داشت در شمال شهرستان ساری (واحد باغبانی مهدشت ساری) انتخاب شد. به مدت شش سال متوالی، نمونه‌های برگ از برگ‌های میانی سرشاخه‌های فصل جاری در پیرامون درختان و ریشه‌های فیبری با قطر کمتر از نیم سانتی‌متر در یک سوم حاشیه خارجی تاج درختان در عمق حدود ۵۰ تا ۸۰ سانتی‌متری خاک تهیه شد (Akhlaghi Amiri & Asadi Kangarshahi, 2014) و غلظت قندهای محلول و نشاسته در آن‌ها اندازه‌گیری شد (Dubois *et al*. 1956). سپس داده‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. برای اندازه‌گیری قندهای محلول و نشاسته، ابتدا به نمونه‌های برگ و ریشه (۰/۱ گرم) تهیه شده، محلول اتانول ۸۰ درصد افزوده و به مدت ۳۰ دقیقه در حمام ۳۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. سپس نمونه‌ها را به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ(۴۵۰۰ دور در دقیقه) نموده و عصاره را برداشته و باقیمانده نمونه‌ها را مجددا با افزودن اتانول در حمام قرارداده و عمل سانتریفیوژ تکرار شد. از محلول عصاره‌های تهیه شده نیم میلی‌لیتر برداشته، پنج میلی‌لیتر آنترون به آن افزوده شده و در طوج ۶۳۰ نانومتر خوانده شد.سپس به باقیمانده نمونه‌ها ۳۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک سه درصد و چند عدد سنگ جوش افزوده و برای هضم به مدت سه ساعت در بلوک‌های حرارتی در دمای ۱۲۵ درجه سلسیوس قرار داده شد. بعد از سرد شدن در دمای اتاق، آنها را به حجم رسانده و بعد از صاف شدن در طول موج ۶۳۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد (Dubois *et al*., 1956).

آزمایش دوم: طی مطالعات اولیه یک قطعه باغ نارنگی انشوی میاگاوا در شمال شهرستان ساری (واحد باغبانی مهدشت ساری) انتخاب شد به‌طوری‌که درختان این باغ از نظر سن، اندازه و همچنین از لحاظ مدیریتی تقریباً مشابه بودند. قبل از انجام آزمایش، نمونه‌های خاک از درختان مطابق روش‌های استاندارد تهیه شد (Akhlaghi Amiri & Asadi Kangarshahi, 2014a). سپس برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها اندازه‌گیری شد (Ahyaee, 1998). نمونه‌های برگ در اواخر مردادماه از از برگ‌های میانی سرشاخه‌های فصل جاری در پیرامون هر درخت تهیه شد (Asadi Kangarshahi & Akhlaghi Amiri, 2014a) و میزان عناصر غذایی آن‌ها از قبیل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم، آهن،منگنز، روی، مس و بر اندازه‌گیری شد (Emami, 1996). آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار و هر تکرار شامل دو درخت،به مدت هفت سال در مجموع با ۳۲ اصله درخت نارنگی انشو(با سن و اندازه تقریباً یکسان) انجام شد.تیمارها شامل T_1. شاهد؛ T_2. محلول‌پاشی نفتالین استیک اسید با غلظت ۱۵۰میلی‌گرم در لیتر؛ T_3. محلول‌پاشی نفتالین استیک اسید با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر؛ T_4. محلول‌پاشی نفتالین استیک اسید با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر بودند. تعداد درختان در هکتار حدود ۵۰۰ اصله بود و مقدار مصرف کودهای شیمیایی در کلیه تیمارها با توجه به میانگین مقدار عناصر غذایی در خاک و برگ و همچنین میانگین عملکرد درختان انجام شد به طوری که در سال اول آزمایش ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن، ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم (K_2O)، ۶۰ کیلوگرم فسفر (P_2O_5)، ۵۰ کیلوگرم سولفات منیزیم در هکتار مصرف شد. در سال دوم آزمایش (سال نیاور) حدود ۱۱۰ کیلوگرم نیتروژن، ۲۵ کیلوگرم پتاسیم (K_2O)، ۲۰ کیلوگرم فسفر (P_2O_5)، ۳۰ کیلوگرم سولفات منیزیم در هکتار مصرف شد (Asadi Kangarshahi, 2020) و سال‌های بعدی آزمایش بر اساس سال آور یا نیاور بودن و پیش بینی ۱۵ تا ۲۰ درصد افزایش عملکرد در سال نیاور انجام شد. نیتروژن به صورت سولفات آمونیم و اوره در سه مرحله، مرحله اول در زمان شروع رشد سرشاخه‌ها (اواخر اسفند تا اواسط فروردین ماه)، مرحله دوم پس از تشکیل میوه (اواخر اردیبهشت تا اواسط خردادماه) و مرحله سوم پس از ریزش فیزیولوژیک میوچه‌ها (اواخر خرداد تا اواسط تیرماه)، پتاسیم به شکل سولفات پتاسیم و منیزیم به‌شکل سولفات منیزیم (۲۰ درصد پس از تشکیل میوه،

۳۵ درصد در مرحله ریزش فیزیولوژی و ۴۵ درصد پس از شروع توسعه میوه‌ها) و کود فسفری از منبع اسید فسفریک تامین شد (Asadi Kangarshahi & Akhlaghi Amiri, 2014). مصرف نیتروژن قبل از گل‌دهی به‌صورت سرک خاکی و سایر تقسیط‌های نیتروژن و همچنین مصرف پتاسیم، منیزیم و فسفر به شکل کودآبیاری توسط سیستم آبیاری قطره‌ای انجام شد. محلول‌پاشی نفتالین استیک اسید قبل از زمان ریزش فیزیولوژیک تابستانه در سال پرمحصول (اوایل نیمه دوم خردادماه) انجام شد. در طول فصل رشد عملیات زراعی مانند سم پاشی، آبیاری(قطره‌ای به صورت دو نوار در دو طرف ردیف‌های درختان، دبی قطره‌چکان‌ها حدود چهار لیتر در ساعت؛ فاصله قطره‌چکان‌ها روی هر نوار حدود ۷۰ سانتی‌متر؛ زمان آبیاری در اردیبهشت ماه حدود سه ساعت، خرداد ماه حدود چهار ساعت و در تیر، مرداد و شهریور ماه حدود پنج ساعت؛ دور آبیاری به طور متوسط در اردیبهشت‌ماه هفت روز در میان، در خرداد ماه پنج روز در میان و در تیر، مرداد و شهریور سه روز در میان)، دفع علف‌های هرز و غیره به‌طور یکسان اعمال شد. درپایان فصل رشد میزان عملکرد تعیین و تعداد ۲۵ عدد میوه به طور تصادفی از هر تکرار نمونه‌برداری و برخی خصوصیات کیفی (وزن و قطر میوه) آنها اندازه‌گیری شد و به طور کلی عملکرد درختان، قطر میوه، وزن میوه و شاخص تناوب‌باردهی به‌عنوان پاسخ‌های گیاهی در نظر گرفته شد.

برای تعیین شاخص تناوب‌باردهی، ابتدا نسبت تفاضل عملکرد در سال‌های متوالی به مجموع عملکرد همان دو سال محاسبه گردید و سپس از مجموع آن‌ها میانگین (رابطه ۱) گرفته شد (Asadi Kangarshahi *et al*., 2011). روش محاسبه شاخص تناوب‌باردهی به بیان ریاضی به صورت زیر است:

$$I = \frac{1}{n-1} \times \left(\frac{a_2 - a_1}{a_2 + a_1} + \frac{a_3 - a_2}{a_3 + a_2} + \frac{a_4 - a_3}{a_4 + a_3} + \cdots + \frac{a_n - a_{n-1}}{a_n + a_{n-1}}\right) \quad (۱)$$

I: شاخص تناوب باردهی

a_1 ..... a_n: عملکرد در سال‌های متوالی

n: تعداد سال‌های آزمایش.

در پایان، کلیه داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS و آزمون F مورد تجزیه واریانس مرکب قرار گرفت و مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه خاک و برگ درختان قبل از اجرای آزمایش به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ آورده شده است. نتایج تجزیه خاک (جدول ۱) نشان می‌دهد که خاک دارای بافت نسبتا سنگین، آهک زیاد و ماده آلی کم است و از نظر قابلیت استفاده عناصر غذایی برای درختان مرکبات در خاک‌های آهکی، فسفر در دامنه مطلوب، پتاسیم در دامنه زیاد، منیزیم در دامنه کم، آهن، منگنز، روی و مس در دامنه مطلوب قرار داشتند (Asadi Kangarshahi, 2019). بر اساس نتایج تجزیه برگ در جدول دو، غلظت نیتروژن، پتاسیم، منیزیم، روی و منگنز در دامنه کم و غلظت فسفر، کلسیم، آهن، روی و بور در دامنه مطلوب بودند (Asadi Kangarshahi, 2019). همچنین تقویم زمانی برخی از مراحل کلیدی فنولوژی نارنگی انشوی میاگاوا در منطقه آزمایشی و نتایج تجزیه واریانس داده‌ها به ترتیب در جدول‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است. نتایج تجزیه واریانس مرکب بر شاخص تناوب باردهی و صفات مورد ارزیابی (جدول۴) نشان داد که اثر نفتالین استیک اسید بر شاخص تناوب باردهی، عملکرد و قطر میوه در سطح یک درصد و بر وزن میوه در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل نفتالین استیک اسید و سال بر شاخص تناوب باردهی، وزن و قطر میوه در سطح پنج درصد و بر عملکرد میوه در سطح یک درصد معنی‌دار بود.

جدول ۱. نتایج تجزیه خاک قبل از اجرای آزمایش.

Table 1. Soil analysis results before running the experiment.

Depth	EC	pH	CEC	T.N.V.	O.M	P	K	Mg	Fe	Zn	Mn	Cu
cm	dS/m		cmol/kg	%	%	mg/kg soil						
0-30	0.97	7.7	23.5	25	1.98	21	447	545	4.6	1.5	3.7	1.01
31-60	1.24	7.9	25	28	1.30	12	248	489	5.2	1.4	3.6	0.98

Soil texture: Clay loam

جدول ۲. نتایج تجزیه برگ قبل از اجرای آزمایش.

Table 2. Leaf analysis results before running the experiment.

Concentration in leaf	N	P	K	Mg	Ca	Fe	Zn	Mn	Cu	B
	% Based on leaf dry weight					g/g leaf dry weightμ				
Sample	2.10	0.16	0.94	0.27	4.30	195	18.20	22.12	15.30	54

جدول ۳. مراحل فنولوژی رشد نارنگی انشوی میاگاوا در شرق مازندران (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۵)

Table 3. Phenological growth stages of Miyagawa Satsuma mandarin in east of Mazandaran (Asadi Kangarshahi & AkhlaghiAmiri, 2016)

Fruit development	Phonological growth	Miyagawa Satsuma mandarin
-	Spring shoot	30 March – 9 April
Phase I	Hollow ball	25- 30 April
	Beginning of fruit set	5 – 15 May
	Beginning of physiological fruit drop	5 – 10 June
	End of physiological fruit drop	15 – 20 June
Phase II	Beginning of cell enlargement	15 – 20 June
	Beginning of autumn shoot	1 – 6 September
	Beginning of fruit colouring (colour – break)	6 – 11 September
	Fruit ripe for picking	16 – 21 September
Phase III	Fruit ripe for consumption	20 September – 20 October
-	End of autumn shoot	1 – 11 November

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس مرکب اثر نفتالین استیک اسید بر شاخص تناوب باردهی و برخی صفات میوه نارنگی انشوی میاگاوا.

Table 4. Results of combined analysis of variance of the effect of naphthalene acetic acid on alternate bearing index and some traits of Miyagawa Satsuma mandarin fruit.

Source of Variation	df	Mean of squares			
		Alternate bearing index	Fruit weight	Fruit diameter	Fruit yield
NAA	3	0.359**	1127*	712**	5411**
Year	6	0.165*	12045*	1698*	14287**
NAA × year	18	0.121*	1989*	81*	923**
CV%	-	15.98	14.25	11.98	21.81

ns، * و **: به ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, *, **: Non-significantly difference, and significantly difference at 5% and 1% of probability level, respectively.

نتایج تغییرات نشاسته و قندهای محلول در سال‌های آور و نیاور درختان نارنگی انشو در سال‌های متوالی نشان می‌دهد که میانگین تغییرات نشاسته در ریشه‌ها در سال‌های آور و نیاور بسیار زیاد بود به طوری که میانگین مقدار نشاسته در ریشه‌ها در سال نیاور حدود ۶/۳ برابر سال آور بود و این تغییرات در برگ‌ها حدود ۲/۳۴ برابر بود (جدول۵). اما میانگین تغییرات قندهای در برگ‌ها در سال‌های آور و نیاور نسبت به تغییرات نشاسته کمتر بود به طوری که میانگین مقدار قندهای محلول در ریشه‌ها و برگ‌ها به ترتیب در سال نیاور حدود ۱/۳ و ۱/۲۲ برابر سال آور بود (جدول ۵). به طور کلی نتایج پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد که نشاسته به عنوان ذخیره واقعی کربوهیدرات‌ها عمل می‌کند و ممکن است در غلظت بالا در یک اندام تجمع یابد و سپس تقریبا به طور کامل تخلیه شود و حتی گاهی موجب زوال درختان شود. بنابراین به نظر می‌رسد که کربوهیدرات‌ها در تناوب باردهی، گلدهی، تشکیل و بلوغ میوه و همچنین پایداری تولید نقش موثری داشته باشند.

مقدار کربوهیدرات‌ها به ویژه نشاسته نقش مهمی در تنظیم و شدت تناوب باردهی درختان مرکبات دارند در طول فصل بهار در زمان توسعه گل‌ها، شکوفایی، تشکیل میوه، رشد سرشاخه‌های بهاره، تقاضای زیاد برای انرژی وجود دارد و به طوری که در این دوره از فنولوژی، نیاز به انرژی بیشتر از مقداری است که توسط فرآیند فتوسنتز تولید می‌شود در نتیجه کربوهیدات‌های ذخیره متحرک و مصرف می‌شوند (Schalk, 2012; Guardiola, 2000).

جدول ۵. تغییرات قندهای محلول و نشاسته در برگ و ریشه‌های فیبری درختان نارنگی انشوی میاگاوا در سال آور (سال پربار) و نیاور (سال کم بار).

Table 5. Changes of soluble sugars and starch in leaves and fibrous roots of Miyagawa Satsuma mandarin trees inon year and off year.

Carbohydrate	Organs	Consecutive Years					
		On	Off	On	Off	On	Off
Soluble sugars (mg/g)	Leave	96c	115ab	87.5d	121a	98.4c	109.3b
	Root	27.7c	56.4ab	31c	53.8b	32.3c	60.1a
Starch (mg/g)	Leave	48.3c	117a	46.7c	112.5ab	50.2c	109.7b
	Root	21.6c	152.5a	24.4c	146b	26.2c	157.2a

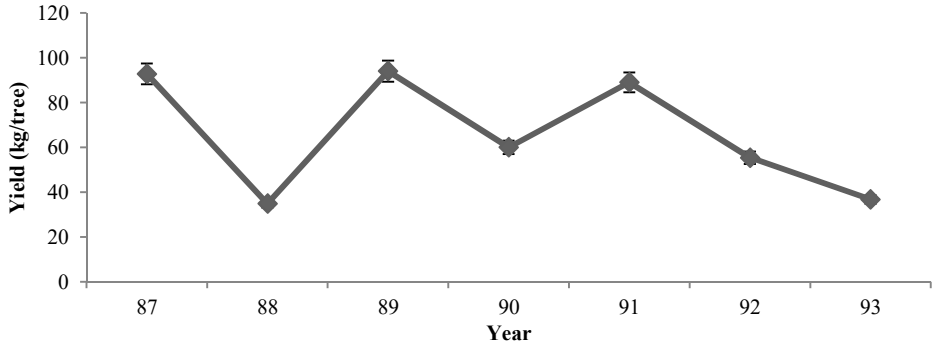
شواهد مختلف نشان می‌دهد که سطح آستانه‌ای از کربوهیدرات‌ها برای تمایز جوانه‌های گل در مرکبات ضروری است (Goldschmidt, 1999; Goldschmidt & Koch, 1996). در درختان با تناوب باردهی، در سال نیاور میزان گلدهی تنها عامل محدود کننده است که پس از یک محصول سنگین در سال آور قبلی که موجب تخلیه شدید کربوهیدرات‌ها شده است، رخ می‌دهد (Gardiola, 2000). به طور کلی نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش‌های Schalk (2012) مطابقت دارد که گزارش کرد میانگین مقدار نشاسته در ریشه‌ها درختان مرکبات در سال نیاور حدود ۱۰ برابر سال آور بود و این تغییرات در برگ‌ها حدود ۳/۶ برابر بود. نوسان عملکرد درختان در هفت سال آزمایش (شکل ۱) نشان می‌دهد که به طور کلی مصرف نفتالین استیک اسید در سال‌های پرمحصول، موجب افزایش عملکرد درختان در سال‌های کم محصول شده است و به تدریج اختلاف عملکرد در سال‌های آور و نیاور کاهش یافته است. تاثیر تیمارهای مختلف نفتالن استیک اسید (T_1. شاهد؛ T_2. محلول‌پاشی نفتالن استیک اسید با غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر؛ T_3. محلول‌پاشی نفتالن استیک اسید با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر؛ T_4. محلول‌پاشی نفتالن استیک اسید با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بر عملکرد درختان در سال‌های آزمایش(شکل۲) نشان می‌دهد که بیشترین عملکرد از تیمار محلول‌پاشی نفتالن استیک اسید با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر حاصل شد. تغییرات عملکرد در سال‌های آزمایش نشان داد به طوری که بیشترین عملکرد در سال‌های مختلف (سال اول تا سال هفتم) به ترتیب از تیمارهای T_3، T_3، T_1، T_3، T_1، T_3 و T_1 حاصل شده است و کمترین عملکرد به ترتیب از تیمارهای T_1، T_1، T_2، T_4، T_2، T_1 و T_2 حاصل شد. همچنین نتایج عملکرد تجمعی (شکل۳) نیز نشان داد که تیمار T_3 بیشترین عملکرد تجمعی را در طول سال‌های آزمایش داشت و بین سایر تیمارها (T_4, T_2, T_1) از نظر عملکرد تجمعی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. نتایج تاثیر تیمارهای مختلف نفتالن استیک اسید بر شاخص تناوب باردهی (شکل۴) نشان داد که بیشترین و کمترین شاخص تناوب باردهی در این آزمایش از تیمارهای T_1 و T_3 حاصل شد. همچنین تیمارهای T_2 و T_4 نیز شاخص تناوب باردهی را نسبت به شاهد (T_1) کاهش دادند و این اختلاف از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. شاخص تناوب باردهی در تیمارهای مختلف نفتالن استیک اسید در تیمارهای ۱ تا ۴ به ترتیب ۰/۳۷، ۰/۲۹، ۰/۲۴ و ۰/۳۳ بود.

نتایج تاثیر سال در تیمارهای مختلف نفتالن استیک اسید و برهمکنش آن‌ها بر میانگین وزن و قطر متوسط میوه در شکل های ۵ تا ۱۰ آمده است. همه تیمارهای نفتالن استیک اسید، وزن متوسط میوه را نسبت به شاهد افزایش دادند اما بین غلظت‌های مختلف نفتالن استیک اسید اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بیشترین وزن متوسط میوه از تیمار T_4 در سال پنجم آزمایش حاصل شد. نتایج بررسی قطر میوه‌ها نیز نشان داد که بیشترین قطر متوسط میوه، از تیمار T_4 حاصل شد و در مقابل، کمترین قطر متوسط میوه در تیمار شاهد مشاهده شد. برهم‌کنش بین سال و تیمار نشان داد که بیشترین قطر متوسط میوه، از تیمار T_4 در سال چهارم آزمایش حاصل شد.به طور کلی اکسین‌ها به روش‌های متفاوتی عمل می‌کنند لذا باید در زمان و غلظت مناسب متناسب با پاسخ مورد انتظار(تنک کنندگی یا افزایش اندازه میوه)

مصرف شوند. مصرف برخی اکسین‌های مصنوعی از زمان تشکیل میوه تا انتهای ریزش فیزیولوژی میوه‌چه‌ها (ریزش تابستانه) موجب افزایش سنتز اتیلن توسط میوه‌ها و ریزش میوه‌های ضعیف‌تر و کوچک‌تر می‌شود (تنک کردن). همچنین غلظت اکسین‌های مصنوعی، برای تنک میوه‌چه‌ها یا افزایش اندازه میوه با توجه به مرحله فنولوژی توسعه میوه‌چه‌ها متفاوت است. همچنانکه میوه‌چه‌ها بزرگتر می‌شوند حساسیت آن‌ها به مصرف اکسین‌های مصنوعی کمتر می‌شود به ویژه پس از ریزش فیزیولوژی تابستانه میوه در مرحله دوم توسعه میوه، به تدریج این حساسیت بسیار کم می‌شود و مصرف اکسین‌های مصنوعی با غلظت پایین با فاصله گرفتن از شروع مرحله دوم توسعه میوه(از اواسط تا اواخر مرحله دوم توسعه میوه) ممکن است تاثیر کمی در اندازه میوه داشته باشد. به هر حال غلظت بهینه به نوع اکسین و مرحله فنولوژی بستگی دارد (Greenberg *et al*., 2006).

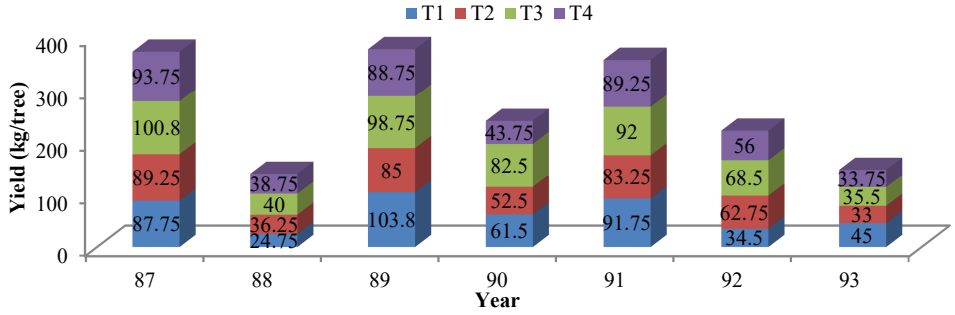
غلظت زیاد اکسین ممکن است موجب ریزش شدید میوه‌چه‌ها شود و همچنین تاثیر منفی بر رشد رویشی و کیفیت میوه‌ها مانند ایجاد غده‌های روغنی در پوست میوه، افزایش ضخامت پوست میوه و افزایش زبری پوست میوه، پیچش و پژمردگی سرشاخه‌ها و رشدهای رویشی جوان داشته باشد (Mupambi, 2010; Sleem *et al*., 2008).

همچنین نتایج نشان می‌دهد که مطابق روند تناوب باردهی (شکل ۱)، درختان در سال هفتم باید در سال آور قرار می‌گرفتند و عملکرد بیشتری از سال ششم می‌داشتند اما به علت تنش سرما و یخبندان در اواخر سال ششم (اواسط بهمن ماه سال۱۳۹۲) در استان مازندران، خسارت شدیدی به سرشاخه‌های درختان وارد شد و کاهش عملکرد درختان در سال هفتم ناشی از خسارت این تنش سرما و یخبندان بود (Akhlaghi Amiri & Asadi Kangarshahi, 2014b).



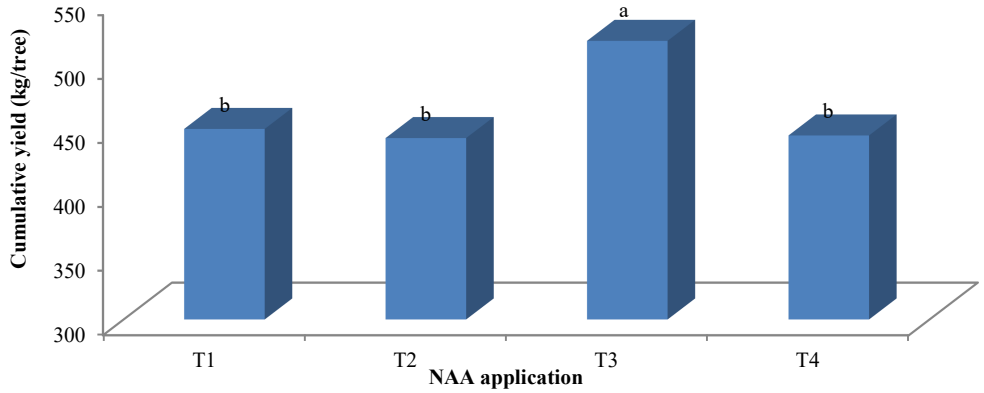
شکل ۱. تاثیر سال در عملکرد درختان نارنگی انشوی میاگاوا در آزمایش نفتالین استیک اسید (1= سال اول، 2= سال دوم، 3= سال سوم، 4= سال چهارم، 5= سال ششم و 6= سال هفتم).

Figure 1. Effect of year on yield of Miyagawa Satsuma mandarin trees in NAA foliar application experiment (1 = first year, 2 = second year, 3 = third year, 4 = fourth year, 5 = sixth year and 6 = seventh year).



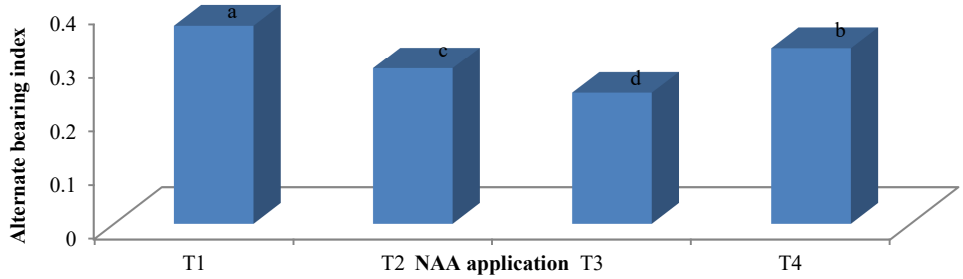
شکل ۲. مقایسه میانگین اثر نفتالین استیک اسید بر عملکرد درختان نارنگی انشوی میاگاوا در هفت سال متوالی (87= سال۱۳۸۷، 88= سال ۱۳۸۸، 89= سال ۱۳۸۹، 90= سال ۱۳۹۰، 91= سال ۱۳۹۱، 92= سال ۱۳۹۲ و 93= سال ۱۳۹۳).

Figure 2. Mean comparison effect of NAA on yield of Miyagawa Satsuma mandarin trees in seven consecutive years (87 = 2008, 88 = 2009, 89 = 2010, 90 = 2011, 91 = 2012, 92 = 2013 and 93 = 2014).



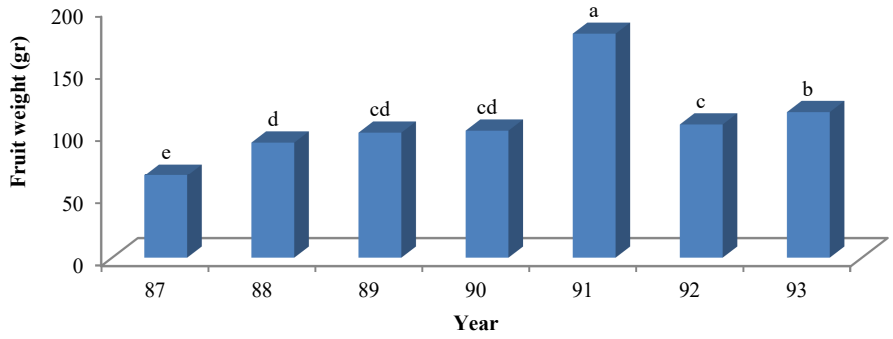
شکل ۳. مقایسه میانگین اثر نفتالین استیک اسید بر عملکرد تجمعی درختان نارنگی انشوی میاگاوا (T_1. شاهد؛ T_2. محلول‌پاشی نفتالین استیک اسید با غلظت ۱۵۰میلی‌گرم در لیتر؛ T_3. محلول‌پاشی نفتالین استیک اسید با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر؛ T_4. محلول‌پاشی نفتالین استیک اسید با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر).

Figure 3. Mean comparison effect NAA on cumulative yield of Miyagawa Satsuma mandarin trees during seven years (T_1= control, T_2= foliar application of 150 mg/l NAA, T_3= foliar application of 300 mg/l NAA, T_4= foliar application of 450 mg/l NAA).



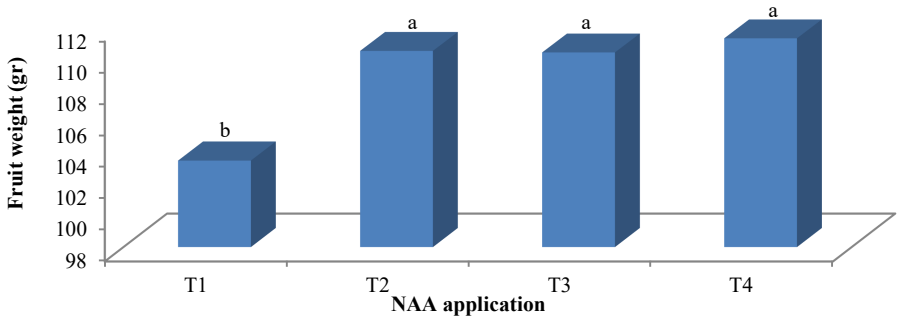
شکل ۴. مقایسه میانگین اثر نفتالین استیک اسید بر شاخص تناوب باردهی نارنگی انشوی میاگاوا (T_1. شاهد؛ T_2. محلول‌پاشی نفتالین استیک اسید با غلظت ۱۵۰میلی‌گرم در لیتر؛ T_3. محلول‌پاشی نفتالین استیک اسید با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر؛ T_4. محلول‌پاشی نفتالین استیک اسید با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر).

Figure 4. Mean comparison effect of NAA on alternate bearing index of Miyagawa Satsuma mandarin during seven years (T_1= control, T_2= foliar application of 150 mg/l NAA, T_3= foliar application of 300 mg/l NAA, T_4= foliar application of 450 mg/l NAA).



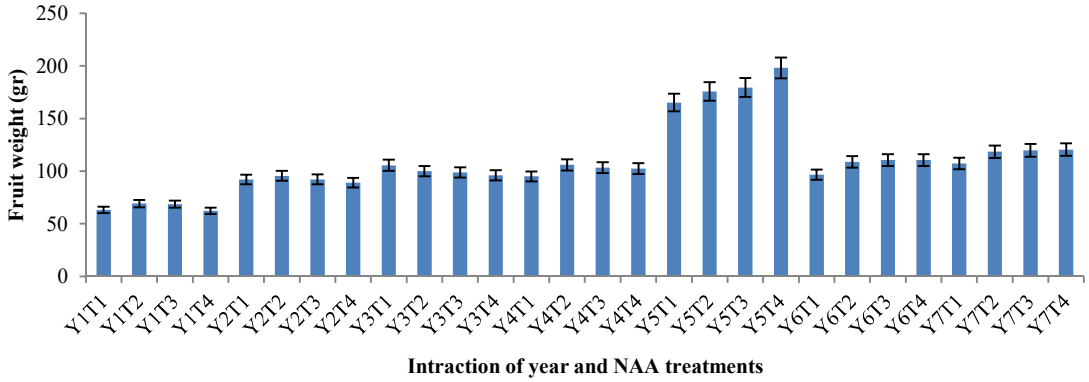
شکل ۵. مقایسه میانگین اثر نفتالین استیک اسید بر میانگین وزن میوه نارنگی انشوی میاگاوا در هفت سال متوالی در آزمایش (87= سال ۱۳۸۷، 88= سال ۱۳۸۸، 89= سال ۱۳۸۹، 90= سال ۱۳۹۰، 91= سال ۱۳۹۱، 92= سال ۱۳۹۲ و 93= سال ۱۳۹۳).

Figure 5. Mean comparison effect of NAA on average fruit weight of Miyagawa Satsuma mandarin in seven consecutive years (87 = 2008, 88 = 2009, 89 = 2010, 90 = 2011, 91 = 2012, 92 = 2013 and 93 = 2014).



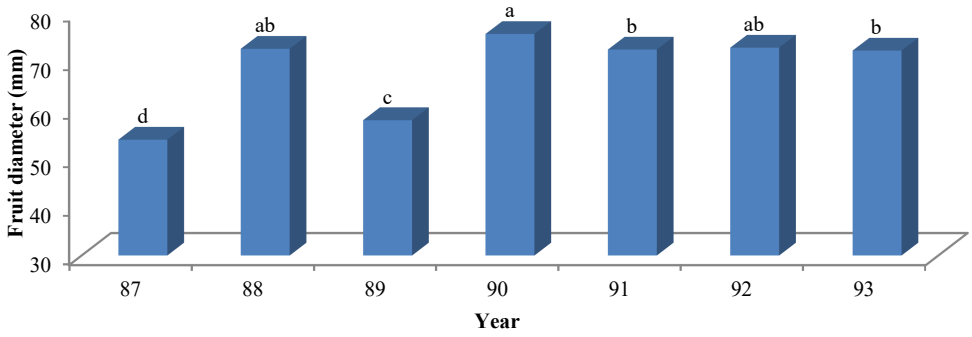
شکل ۶. مقایسه میانگین اثر نفتالین استیک اسید بر میانگین وزن میوه نارنگی انشوی میاگاوا در هفت سال متوالی (T_1. شاهد؛ T_2. محلول‌پاشی نفتالین استیک اسید با غلظت ۱۵۰میلی‌گرم در لیتر؛ T_3. محلول‌پاشی نفتالین استیک اسید با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر؛ T_4. محلول‌پاشی نفتالین استیک اسید با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر).

Figure 6. Mean comparison effect of NAA on fruit average weight of Miyagawa Satsuma mandarin during seven years (T_1= control, T_2= foliar application of 150 mg/l NAA, T_3= foliar application of 300 mg/l NAA, T_4= foliar application of 450 mg/l NAA).



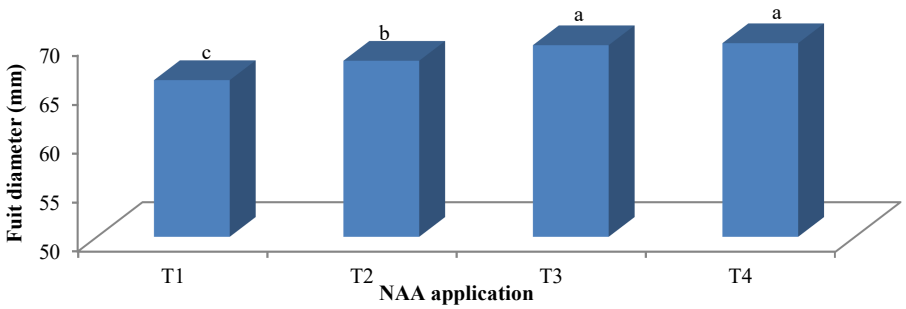
شکل ۷. مقایسه میانگین اثر متقابل سال و نفتالین استیک اسید بر وزن میوه نارنگی انشوی میاگاوا (Y_1= سال اول، Y_2= سال دوم، Y_3= سال سوم، Y_4= سال چهارم، Y_5= سال پنجم، Y_6= سال ششم و Y_7= سال هفتم و T_1 . شاهد؛ T_2. محلول‌پاشی نفتالین استیک اسید با غلظت ۱۵۰میلی‌گرم در لیتر؛ T_3. محلول‌پاشی نفتالین استیک اسید با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر؛ T_4. محلول‌پاشی نفتالین استیک اسید با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر).

Figure 7. Mean comparison interaction effect of year and NAA on fruit average weight of Miyagawa Satsuma mandarin (Y_1 = first year, Y_2 = second year, Y_3 = third year, Y_4 = fourth year, Y_5 = sixth year and Y_6 = seventh year and T_1= control, T_2= foliar application of 150 mg/l NAA, T_3= foliar application of 300 mg/l NAA, T_4= foliar application of 450 mg/l NAA).



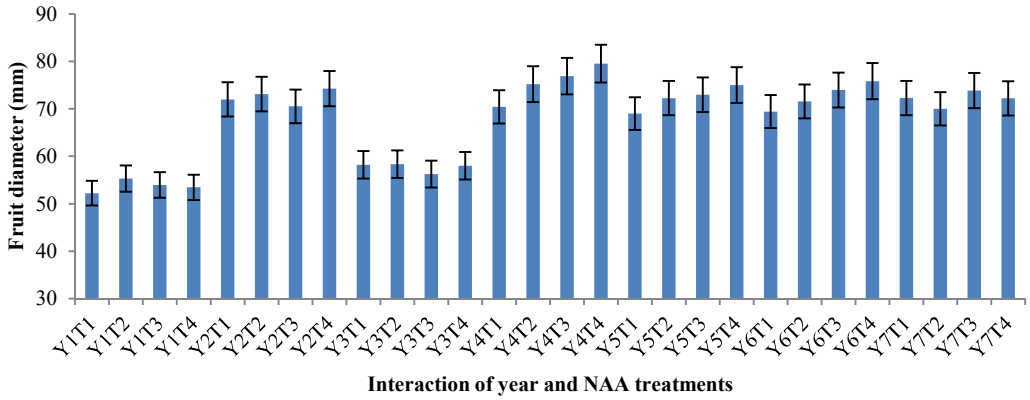
شکل ۸. مقایسه میانگین اثر نفتالین استیک اسید بر میانگین قطر میوه نارنگی انشوی میاگاوا در درهفت سال متوالی (87= سال۱۳۸۷، 88= سال ۱۳۸۸، 89= سال ۱۳۸۹، 90= سال ۱۳۹۰، 91= سال ۱۳۹۱، 92= سال ۱۳۹۲ و 93= سال ۱۳۹۳).

Figure 8. Mean comparison effect of NAA on fruit average diameter of Miyagawa Satsuma mandarin in seven consecutive years (87 = 2008, 88 = 2009, 89 = 2010, 90 = 2011, 91 = 2012, 92 = 2013 and 93 = 2014).



شکل ۹. مقایسه میانگین اثر نفتالین استیک اسید بر میانگین قطر میوه نارنگی انشوی میاگاوا در هفت سال متوالی (T_1. شاهد؛ T_2. محلول‌پاشی نفتالین استیک اسید با غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر؛ T_3. محلول‌پاشی نفتالین استیک اسید با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر؛ T_4. محلول‌پاشی نفتالین استیک اسید با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر).

Figure 9. Mean comparison effect of NAA on fruit average diameter of Miyagawa Satsuma mandarin during seven consecutive years (T_1= control, T_2= foliar application of 150 mg/l NAA, T_3= foliar application of 300 mg/l NAA, T_4= foliar application of 450 mg/l NAA).



شکل ۱۰. مقایسه میانگین اثر متقابل سال و نفتالین استیک اسید بر قطرمیوه نارنگی انشوی میاگاوا (Y_1= سال اول، Y_2= سال دوم، Y_3= سال سوم، Y_4= سال چهارم، Y_5= سال پنجم، Y_6= سال ششم و Y_7= سال هفتم و T_1 . شاهد؛ T_2. محلول‌پاشی نفتالین استیک اسید با غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر؛ T_3. محلول‌پاشی نفتالین استیک اسید با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر؛ T_4. محلول‌پاشی نفتالین استیک اسید با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر).

Figure 10. Mean comparison interaction effect of year and NAA on fruit average diameter of Miyagawa Satsuma mandarin (Y_1 = first year, Y_2 = second year, Y_3 = third year, Y_4 = fourth year, Y_5 = sixth year and Y_6 = seventh year and T_1= control, T_2= foliar application of 150 mg/l NAA, T_3= foliar application of 300 mg/l NAA, T_4= foliar application of 450 mg/l NAA).

به طور کلی مصرف اکسین‌ها در طول مرحله گلدهی، قدرت سینک تخمدان‌های جوان را به طور انتخابی افزایش می‌دهند و سرعت رشد آن‌ها را تشدید می‌کند در نتیجه می‌توانند اندازه نهایی میوه را افزایش دهند. البته این افزایش سرعت رشد ناشی از مصرف اکسین‌های مصنوعی در طول مرحله گلدهی ممکن است منجر به تنک نهایی میوه‌چه‌های کوچکتر شود که به علت سرعت رشد و رقابت بین میوه‌چه‌ها برای متابولیت‌ها است (Gardiola, 2000; Guardiola & Garcia-Luis. 1997). اما اگر اکسین‌های مصنوعی پس از ریزش گلبرگ‌ها و تشکیل میوه تا زمان ریزش فیزیولوژی (ریزش تابستانه) مصرف شوند به علت تنک میوه‌های کوچکتر و در نتیجه کاهش رقابت بین میوه-چه‌ها برای کربوهیدرات‌ها و آب، اندازه میوه افزایش می‌یابد. به طور کلی در طول این مرحله، میوه‌چه‌ها به اکسین خیلی حساس هستند و ریزش میوه‌چه‌هابیشتر به علت سنتز اتیلن ناشی از مصرف این اکسین‌ها است (Hifny *et al*., 2017; Gardiola, 2000).

به طور کلی تاثیر مدیریت تنک میوه با تنک کننده‌های شیمیایی بر تناوب باردهی ارقام مختلف

مرکبات به ویژه نارنگی‌های انشو میاگاوا در مرحله اول رشد میوه به خوبی شناخته نشده است. علاوه بر این، گلدهی و میوه‌دهی یک فرآیند خیلی پیچیده است و معمولا تحت تاثیر بسیاری از عوامل در هر زمان است. مشکل دیگر تغییرات زیاد بین گونه‌های مختلف مرکبات و حتی بین ارقام یک گونه یکسان است که موجب ایجاد نتایج ضد و نقیض در پاسخ به تیمارهای مختلف می‌شود. میزان اثر تنک‌کنندگی اکسین‌ها علاوه بر زمان، به غلظت اکسین هم بستگی دارد که آن هم در ارقام مختلف و اقلیم‌های مختلف متفاوت است. در آزمایش حاضر و با توجه به نتایج به‌دست آمده از داده‌های ۷ ساله، تیمار T_3 (۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA) علاوه بر بیشترین عملکرد تجمعی، کمترین شاخص تناوب باردهی را نیز داشت. بنابراین مناسب‌ترین غلظت مورد استفاده در این آزمایش بوده است. همه تیمارهای استفاده از NAA، شاخص تناوب باردهی را نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش دادند. اگرچه عملکرد تجمعی در تیمارهای T_2 و T_4 نسبت به شاهد (T_1) تفاوت معنی‌داری نشان نداد. همچنین همه تیمارهای NAA سبب افزایش معنی‌دار وزن متوسط میوه نسبت به شاهد شدند و قطر متوسط میوه را نیز نسبت به شاهد افزایش دادند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از نفتالن استیک اسید برای تنک میوه به دلیل تعدیل چرخه تناوب باردهی و افزایش اندازه و وزن میوه قابل توصیه است و براساس نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر، بهترین غلظت آن برای نارنگی انشو، غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر است.

اثر مستقیم بعضی از اکسین‌های مصنوعی در افزایش قدرت سینک میوه‌های جوان در تحقیقات متعددی گزارش شده است. همچنین افزایش وزن و قطر میوه ارقام مختلف مرکبات با محلول‌پاشی اکسین‌ها طی ریزش فیزیولوژیک میوه در تحقیقات گزارش شده است (Asadi Kangarshahi & Akhlaghi Amiri, 2014; Greenberg & Kaplan, 2006; Greenberg *et al*., 1992). در مورد نارنگی نوا گزارش شده است که مصرف نفتالین استیک اسید، زمانی که قطر میوه‌چه‌ها حدود ۱۳ میلی‌متر باشد موجب کاهش تعداد میوه‌چه‌ها و افزایش قطر میوه‌ها می‌شود اما زمانی که قطر میوه‌چه‌ها به حدود دو برابر(۲۶ میلی‌متر) رسید در تنک میوه‌ها تاثیری ندارد (Greenberg & Kaplan, 2006). Galliani *et al*. 1975 نشان دادند که تنک میوه درختان نارنگی با مصرف نفتالین استیک اسید در سال‌آور، به طور معنی‌داری چرخه تناوب باردهی را کاهش داد. بعد از مرحله تشکیل میوه دو مرحله ریزش وجود دارد. اولین مرحله ریزش ۴-۳ هفته پس از گل‌دهی اتفاق می‌افتد که در این مرحله گل‌های ضعیف و میوه‌های جوان حاصل از گل‌های دارای خامه یا تخمدان معیوب یا گل‌هایی که گرده کافی دریافت نکرده‌اند ریزش می‌کنند. مرحله دوم ریزش که از اواسط اردیبهشت تا اواسط تیر ماه در نیمکره شمالی اتفاق می‌افتد که بیشتر مربوط به رقابت میان میوه‌های جوان و درحال رشد برای هیدرات‌های کربن، آب و دیگر متابولیت‌ها است (Davies & Albrigo, 1994). نتایج محلول‌پاشی درختان نارنگی در اواسط خرداد با NAA، نشان داد که تیمارهای هورمونی، عملکرد درختان را در سال پرمحصول و سال کم محصول افزایش دادند (Asadi Kangarshahi, 2021; Kassas *et al*., 1994).

مصرف اکسین‌ها در این زمان سبب تنک میوه‌های ضعیف‌تر می‌گردد. نتایج پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد که مصرف نفتالین استیک اسید با القای تولید اتیلن در منطقه ریزش میوه‌چه‌ها موجب افزایش فعالیت سلولاز و پکتیناز در منطقه ریزش شده خواهد شد به طوری که نتایج اندازه‌گیری فعالیت آنزیم سلولاز در منطقه ریزش حدود پنج تا شش روز پس از مصرف مصرف نفتالین استیک اسید در نارنگی‌های انشو نشان داد که فعالیت آنزیم سلولاز در درختان تیمار شده بیست تا سی درصد بیشتر از درختان شاهد بود و براساس روابط لگاریتمی بین غلظت و فعالیت آنزیم سلولاز، این تفاوت در درصد فعالیت آنزیم معادل سه تا پنج برابر افزایش در غلظت آنزیم است (Greenberg & Kaplan, 2006; Ortola *et al*., 1991). گزارش‌های مختلف نشان داده است که زمان مصرف مواد تنک کننده نیز در کارایی این مواد بسیار موثر است به طور کلی در درختان مرکبات، سلول‌های

منطقه ریزش میوه‌جه‌ها در مرحله اول رشد و به ویژه در اواخر مرحله اول رشد میوه و در زمان ریزش فیزیولوژیک تابستانه(جون دراپ) حساسیت زیادی به تغییرات هورمونی دارند و پس از آن به تدریج حساسیت آنها به تغییر آنزیم‌های سلولاز و پکتیناز و همچنین اتیلن کم می‌شود (Ma *et al*., 2021; Greenberg & Kaplan, 2006; Ortola *et al*., 1991). نتایج در مورد نارنگی نوا در غرب مازندران نیز نشان داده است حساسیت میوه‌چه‌ها به ریزش حدود ۳۰ روز پس از تمام گل بسیار بیشتر از ۵۰ روز پس از آن است (Adoli *et al*., 2014). گزارش تنک میوه‌چه نارنگی انشو با نفتالین استیک اسید نیز نشان داد غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر حدود ۲۵ تا ۳۰ روز پس از تمام گل بیشترین تاثیر را در تشدید ریزش و تنک میوه‌چه‌ها داشت (Ortola *et al*., 1991). در این پژوهش نیز در هر هفت سال، محلول‌پاشی نفتالین استیک اسید از اواخر دهه اول خردادماه تا اواخر خرداد ماه انجام شدکه حدودا در فاصله زمانی از ۲۵ روز پس از تمام گل تا حدود ۴۰ روز پس از تمام گل می‌شود که با یافته‌های علمی فوق مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج داده‌های شش ساله آزمایش اول نشان داد که غلظت قندهای محلول در برگ در همه سال‌های آزمایش (آور و نیاور) بیشتر از غلظت آنها در ریشه بود. همچنین غلظت قندهای محلول در برگ و ریشه در سال‌های نیاور بیشتر از غلظت آنها در سال‌های آور بود که نشان می‌دهد که در سال‌های آور، وجود مقدار زیادی میوه (اندام‌های مصرفی) موجب کاهش غلظت قندهای محلول در برگ می‌شوند. در مورد نشاسته، در سال‌های آور غلظت آن در برگ‌ها بیشتر از غلظت در ریشه بود اما در سال‌های نیاور، غلظت نشاسته در ریشه بیشتر از غلظت آن در برگ بود. نتایج حاصل از داده‌های ۷ ساله آزمایش دوم نشان داد که مصرف نفتالین استیک اسید با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر، بیشترین تاثیر را در کاهش شاخص تناوب باردهی و افزایش میانگین عملکرد میوه داشت. بنابراین براساس نتایج این آزمایش جهت تعدیل تناوب باردهی درختان نارنگی انشو میگاوا، محلول‌پاشی نفتالین استیک اسید با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر در فاصله زمانی حدودا از ۲۵ روز پس از تمام گل تا حدود ۴۰ روز پس از تمام گل توصیه می‌شود. این زمان از نظر تقویمی در شمال کشور از اواخر دهه اول خردادماه تا اواخر خرداد ماه و از نظر فنولوژی رشدی از اواسط مرحله اول رشد میوه تا قبل از اتمام ریزش فیزیولوژیک تابستانه میوه‌چه‌ها می‌باشد که موجب تنک میوه‌های با سینک ضعیف، تعدیل چرخه تناوب باردهی، افزایش اندازه و وزن میوه می‌شود.

سپاسگزاری

از همکاران محترم شرکت باغداری فجر، 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.

REFERENCES

1. Adoli, B., Golain, B., Ghasami, M. & Raheb, S. (2014). The effect of foliar foliar application of naphthalene acetic acid as a fruit thinner in controlling the annual Enshu mandarin. *Journal of Crop Production and Processing*, 12, 125-133.
2. Arzani, K. & Akhlaghi Amiri, N. (2000). Size and quality of Satsuma mandarin *(Citrus unshiu)* as affected by 2, 4-D and NAA. *Journal of Seed and Plant*, 16(4), 450-459. (In Farsi).
3. Asadi Kangarshahi, A. (2021). *Calcium and Fruit Trees*. (1st ed). Agricultural Extension and Education Publications. (In Farsi).
4. Asadi Kangarshahi, A. (2019). *Nutrition management of citrus trees* (1th ed). Agricultural Extension and Education Publications. (In Farsi).
5. 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 Farsi).

6. Asadi Kangarshahi, A., Savaghebi, Gh.R. & Akhlaghi Amiri, N. (2011). Reducing of citrus alternate bearing by managing of nitrogen using and pruning in East of Mazandaran. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 42(3), 217-225. (In Farsi).
7. Asadi Kangarshahi, A. & Akhlaghi Amiri, N. (2019). *Reduction of citrus alternate bearing by using balance fertilizers, nitrogen management, pruning and fruit thinning.* Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Soil and Water Research Institute, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center. Final report of projet 34-60-1017-89078. (In Farsi).
8. Asadi Kangarshahi, A. & Akhlaghi Amiri, N. (2014a). *Advanced and applied citrus nutrition* (1st ed). Agricultural Extension and Education Publications. (In Farsi).
9. Asadi Kangarshahi, A. &Akhlaghi Amiri, N. (2014b). *Advanced and applied citrus nutrition* (1st ed). Agricultural Extension and Education Publications. (In Farsi).
10. Asadi Kangarshahi, A. & Akhlaghi Amiri, N. (2009b). Investigation on physiochemical condition and fertilization methods to citrus garden of Mazanaran, Iran. *11th International Citrus Congress*, Wuhan, China (28-30 October, 2008, p.186).
11. Bashour, I. & Sayegh, A.A. (2007). *Methods of analysis for soils of arid and semi-arid regions*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 49-53.
12. Davies, F.S. & Albrigo, G. (1994*). Citrus*. Red Wood Books, Britain.
13. Dubois, M., Giles, K.A., Mamilton, J.K., Rebers, P.A. & Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Journal of Anaytical Chemistry,* 28, 350 – 356.
14. Galliani, S., Monselise, S.P. & Goren, R. (1975). Improving fruit size and breaking alternate bearing in "Wilking" mandarin by ethephon and other agents. *HortScience,* 10, 68-69.
15. Garcia-Luis, A., Fornes, F. & Guardiola, J.L. (1995). Leaf carbohydrates and flower formation in citrus. *Journal American Society Horticultural Science,* 120, 222-227.
16. Goldschmidth, E.E. & Golomb, A. (1982). The carbohydrate balance of alternate bearing citrus trees and the significance of reserves for flowering and fruiting. *Journal American Society Horticultural Science,* 107, 206-208.
17. Goldschmidth, E.E. (1999). Carbohydrate supply as a critical factor for citrus fruit development and productivity. *HortScience,* 34, 1020-1024.
18. Goldschmidth, E.E. (2005). Regulatory aspects of alternate bearing in fruit tree. *ItalusHortus,* 12, 11-17.
19. Greenberg, J. & Kaplan, I. (2006). Effects of auxins sprays on yield, fruit size, fruit splitting and the incidence of creasing of Nova mandarin. *Acta Horticulture,* 727, 249-259.
20. Greenberg, J., Hertzano, Y. & Eshel, G. (1992). Effect of 2, 4-D, ethephon and NAA on fruit size of starruby red grapefruit. *Proceeding International Society for Citriculture*, 1, 520-523.
21. Guardiola, J.L. (2000). Regulation of flwering and fruit development: Endogenous factors and exogenous manipulation*. Proceeding of 7th International Society for Citriculture*, 8-13 March. Acireale, Italy, pp. 342-346.
22. Guardiola, J.L. & Garcia-Luis, A. (1997). Thinning effects on citrus yield and fruit size. *Acta Horticulturae*, 453, 463-473.
23. Guardiola, J.L. & Lazaro, E. (1987). The effect of synthetic auxins on fruit growth and anatomical development in Satsuma mandarin. *Scientia Horticulture,* 31, 119-130.
24. Hifny, H.A., Khalifa, S.M., Hamdy, A., & Wahed, A.N. (2017). Effect of GA3 and NAA on growth, yield and fruit quality of Washington navel orange. *Eygptian journal of Horticuture,* 44, 33-43.
25. Jones, W.W., Embleton, T.W., Barnhart, E.L. & Cree, C.B. (1974). Effect of time and amount of fruit thining on leaf carbohydrate and fruit set in Valencia orange. *Hilgardia*, 42, 441-449.
26. Kassas, S., Ahmed, M., Sese, A. & Mohammed, A. (1994). Physiological studies on some factors affecting alternate bearing in Balady mandarin. B: Effect of modified concentration of NAA, 2, 4-D, ethephone and gibberllic acid. *Assiut Journal Agricultural Science,* 25, 155-169.
27. Lewis, L.N., Coggins, C.W. & Heild, H.Z. (1964). The effect of biennial bearing and NAA on the carbohydrate and nitrogen composition of Wilking mandarin leaves. *Journal of the American Society for Horticultural Science,* 84, 147-151.
28. Ma, G., Zhang, L., Kudaka, R., Inhaba, H., Furuya, T., Kitamura, M., Kitaya, Y., Yamamoto, R., Yahata, M., Matsumoto, H. & Kato, M.(2021). Exogenous application of ABA and NAA alleviates the delayed coloring caused by puffing inhibitors in citrus fruit. *Cells,* 308, 1-13.
29. Monselise, S.P. & Goldschmidt, E.E. (1982). Alternate bearing in fruit trees. In: *Horticultural reviews,* Vol. 4, AVI Publishing Company, 128-174.
30. Mupambi, G. (2010). *Studius to reduce the size of the Navel-end opening of Navel oranges.* M.Sc. Thesis, Faculty of AgriSciences, at Stellenbosch University, Stellenbosch, South Africa.

31. Omma, G. (2012). Fruit thinning growth specific refrence to citrus species. *Agriculture Biology of North America,* 3, 175-191.
32. Ortola, A.G., Monerri, G. & Guardiola, J.L. (1991). The use of naphthalene acetic acid as a fruit growth enhancer in Satsuma mandarin, a comparison with the fruit thinning effect. *Scientia Horticulturae*, 47, 15- 25.
33. Sleem, B.A., Malik, A.V., Pervez, M.A., Khan, A.S. & Khan, M.N. (2008). Spring application of growth regulators affects fruit quality of ' Blood Red' sweet orange. *Pakistan Journal of Botany,* 40, 1013-1023.
34. Schalk, I. (2012). *Studies on the phenology and carbohydrate status of alternate bearing "Nadorcoth" mandarin trees*. M.Sc.Thesis, Faculty of AgriSciences, Stellenbosch University, Stellenbosch, South Africa.
35. Rebolledo, R., Garcia, A. & Guardiola, B. (2012). Effect of 2.4-D applicaton on the abscission and fruit growth in sweet orange. *Agronomia,* 3, 34-40.
36. Turkals, M., Inal, B., Okay, S., Eekilic, E.G., Dundar, E., Hernandez, P., Doredo, G. & Unver, T. (2013). Nutrition metabolism plays an important role in the alternate bearing of olive tree. *PLOS ONE,* 8, 1-15.
37. Verreynne, J.S. (2005). *The mechanism and underlying physiology perpetuating alternate bearing in "Pixie" mandarin*. Ph.D. Thesis. University of California. USA.
38. Wheaton, T.A. & Stewart, I. (1973). Fruit thinning of tangerines with naphthalene acetic acid. *Florida State Horticultural Society*, 86, 48-52.