

## بررسی تأثیر تناوب باردهی و محلول پاشی 2,4-D بر روند تغییر اندوخته نشاسته و فعالیت آنزیم‌های ریزشی در نارنگی انشو

بابک عدولی<sup>۱</sup>، ذبیح‌اله زمانی<sup>۲\*</sup>، محمدرضا فتاحی مقدم<sup>۲</sup>، بهروز گل‌عین<sup>۳</sup> و کرامت‌اله رضایی<sup>۲</sup>  
۱ و ۲. دانشجوی دکتری و استاد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج  
۳. دانشیار، پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری رامسر  
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱/۱۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۴/۸)

### چکیده

بررسی الگوی تغییر فصلی محتوای کربوهیدراتی درخت بر گل‌انگیزی و تشکیل و نمو میوه موضوعی پراهمیت در فیزیولوژی باردهی و مدیریت باغ‌های میوه است. بنابراین و به منظور کنترل تناوب باردهی، آزمایشی در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با درختان ۲۴ ساله نارنگی انشو در شرایط دیم در شهرستان رامسر انجام شد. هدف‌های عمده این پژوهش شامل بررسی جزءبندی ذخایر کربوهیدراتی درخت در سال‌های آور و نیاور، ارزیابی رابطه اندوخته‌های قندی با تولید گل و میوه، همچنین، تعیین تأثیر محلول‌پاشی 2,4-D در سال آور بر الگوی تغییر قندها، فعالیت آنزیم‌های ریزشی، تعدیل تناوب باردهی و کمیت و کیفیت محصول بوده است. نتایج به‌دست‌آمده مؤید تأثیر بارز میزان بارآوری بر جزءبندی و نوسان فصلی کربوهیدرات‌ها بود و نشان داد، فعالیت آنزیم‌های ریزشی متأثر از سطح بارآوری است. نتایج همچنین نشان داد، 2,4-D ضمن تعدیل تناوب باردهی نارنگی انشو توانست سبب بهبود وزن میوه شود. بر پایه داده‌های به‌دست‌آمده، میزان نشاسته برگ در پایان ریزش جودرو را می‌توان به‌عنوان یک سنجۀ بیوشیمیایی برای پیشگویی وزن نهایی تک میوه در همان سال و نیز تراکم گل‌ها در سال بعد استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: تشکیل میوه، ریزش میوه، کربوهیدرات، مرکبات.

## Investigation on the effect of alternate bearing and 2,4-D application on changes in reserved starch and activity of abscission enzymes in Satsuma mandarin

Babak Adouli<sup>1</sup>, Zabihollah Zamani<sup>2\*</sup>, Mohammad-Reza Fattahi Mohghadam<sup>2</sup>, Behrouz Golein<sup>3</sup> and Keramatollah Rezaei<sup>2</sup>

1, 2. Ph.D. Student and Professor, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

3. Associate Professor, Citrus and Subtropical Fruits Research Institute, Ramsar, Iran

(Received: Mar. 30, 2016 - Accepted: Jun. 28, 2016)

### ABSTRACT

The effect of seasonal changes pattern of internal carbohydrates of trees on flowering, fruit set, and fruit development is an important subject for orchard management and physiology of fruit production. With the aim of alternate bearing control, a research was performed based on RCBD design under dry farming condition at Ramsar on 24 years old of Satsuma mandarin trees. Main purposes of this research were to investigate the partitioning of soluble and insoluble carbohydrates of trees during *on* and *off* years, evaluating the relation between carbohydrate reserves, flowering and fruit set, effect of 2,4-D foliar application on carbohydrate partitioning, abscission enzymes activity, control of alternate bearing and crop quantity and fruit quality. Results showed that bearing level had a meaningful effect on carbohydrate partitioning and its seasonal fluctuations. Activity of abscission enzymes were affected by crop load as well as exogenous 2,4-D application. Results also showed that 2,4-D could regulate alternate bearing of Satsuma mandarin trees and improve fruit weight. Based on obtained information, the leaf starch content at the end of June-drop is a reliable biochemical index for predicting of final individual fruit weight at the same year as well as the flower density in the next year.

**Keywords:** Carbohydrate, citrus, fruit abscission, fruit set.

\* Corresponding author E-mail: zzamani@ut.ac.ir

### مقدمه

تناوب باردهی پدیده‌ای معمول در برخی رقم‌های مرکبات و از جمله نارنگی زودرس انشو ( *Citrus unshiu* Merck.) است که در آن، باردهی در چرخه‌ای اغلب دو ساله قرار می‌گیرد. در این چرخه، عملکرد درخت پس از یک سال پرمحصول (سال آور) و تولید شمار بسیار زیادی میوه ریز و اغلب نامرغوب، کاهش شدیدی یافته (سال نیاور) و محدود به شمار ناچیزی میوه درشت می‌شود ( *Monselise & Goldschmidt, 1982*). از آنجایی که تراکم گل مرکبات ناشی از توازن قندها با مواد هورمونی و محصولات ناشی از سازوکار مواد نیتروژنی است، می‌توان ظرفیت تولید کربوهیدرات‌ها و انتقال آن‌ها به بافت‌های غیر نورساخت (فتوسنتز)کننده را یکی از ویژگی‌های کلیدی هر رقم دانست ( *Rebolledo et al., 2015; Martinez-Alcantara et al., 2015*). از سوی دیگر، حضور میوه‌ها، که مراکز پرتوانی در مصرف قندها و تولید جیبرلین بوده و توانایی ایجاد تغییریهایی در سوخت‌وساز ترکیب‌های نیتروژنی دارند، می‌تواند در گل‌دهی نقش منفی داشته باشد، لذا جزءبندی قندها وابستگی زیادی به سطح باردهی درخت دارد ( *Chica, 2013; Nebauer, et al., 2011*). به این ترتیب، ریزش میوه‌چه‌ها وابسته به رقابت آن‌ها برای کسب مواد نورساختی بوده و یک سازوکار خودتنظیمی است که در آن میوه‌چه به‌عنوان یک حسگر بیوشیمیایی با درک کمبود مواد کربنی سبب ایجاد یک توالی هورمونی و تولید هورمون اتیلن و در نهایت ریزش می‌شود ( *Iglesias et al., 2003; Fumie et al., 2012; Martinez-Alcantara et al., 2015*). بنابراین، بررسی رابطه بین منابع تولید و مخازن مصرف قندها و بررسی جزءبندی آن‌ها می‌تواند تأثیر مهمی در مدیریت محصول، تنظیم باردهی و مهار تناوب باردهی داشته باشد. با توجه به مطالب بالا، در این تحقیق، تفاوت سال‌های آور و نیاور درختان نارنگی انشو از نظر جزءبندی نشاسته در بخش‌های رویشی و زایشی در یک دوره کامل رشدی و در شرایط دیم بررسی و ارتباط سطح بارآوری درخت با فعالیت آنزیم‌های ریزشی و تشکیل میوه بررسی شده است. همچنین

تأثیر محلول پاشی 2,4-D در زمان تمام‌گل این رقم در کاهش شدت تناوب باردهی، بهبود کمیت و کیفیت محصول و الگوی جزءبندی کربوهیدرات‌ها بررسی شده است. دستیابی به یک سنجه بیوشیمیایی برای ارزیابی صفات عملکردی نارنگی انشو از هدف‌های دیگر این تحقیق بوده است.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق به صورت دو آزمایش مستقل در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار با درختان ۲۴ ساله نارنگی انشو ( *Citrus unshiu* Marck.) رقم میاگوا ( *Miyagawa*) پیوندی روی پایه پونسیروس ( *Poncirus trifoliata*) در شرایط دیم و در محل پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری واقع در شهرستان رامسر به انجام رسیده است. جداسازی و پلاک‌گذاری درختان آور و نیاور در هر یک از بلوک‌ها پیش از شکوفایی کامل گل‌ها نخستین گام این تحقیق بوده است. در آزمایش اول دو گروه (تیمار) سه درختی از نارنگی انشو شامل آور و نیاور از حیث جزءبندی نشاسته در بخش‌های مختلف رویشی و زایشی مقایسه شده‌اند. هدف این آزمایش تعیین اثر باردهی بر توزیع نسبی این کربوهیدرات و یافتن یک سنجه بیوشیمیایی برای صفات عملکردی بوده است.

برای این منظور از زمان تشکیل میوه تا پایان اسفند، با فاصله‌های زمانی ۴۰ روز یک‌بار نمونه‌گیری تصادفی از ریشه و برگ هر یک از درختان بین ساعت‌های ۸ تا ۱۰ صبح انجام شد. هر نمونه برگ شامل ۲۰ پهنک از بخش میانی شاخه‌های رویشی حاصل از جست‌های بهاره سال پیش و هر نمونه ریشه مربوط به عمق ۳۰ سانتی‌متری بخش سایه‌انداز تاج درخت و شامل ریشه‌های تغذیه‌کننده بوده است. همه نمونه‌ها با نیتروژن مایع پودر و در فریزر منفی ۲۰ درجه سلسیوس نگهداری شدند. عصاره‌گیری از نمونه‌های فریزری برای سنجش نشاسته با اسیدپرکلریک ۳۵ درصد (روش *McCready et al., 1950*) انجام و اندازه‌گیری آن توسط دستگاه طیف‌سنج نوری (اسپکتروفوتومتر) نانودراپ مدل ND-1000 ساخت کشور آمریکا صورت

محللول پاشی 2,4-D اثر معنی داری بر تشکیل میوه، عملکرد و وزن تک میوه داشته‌اند. مقایسه میانگین‌ها گویای آن است که بیشترین و کمترین درصد تشکیل میوه به ترتیب مربوط به نیاورها و آورهای تیمار شده با 2,4-D بوده و آورهای شاهد در حد وسط قرار داشته‌اند. نتایج همچنین نشان داد، 2,4-D توانسته است ضمن کاهش عملکرد، وزن تک میوه‌ها را نسبت به شاهد افزایش و بر بازارپسندی آن‌ها بیافزاید (شکل ۱). بررسی‌ها نشان می‌دهد که تنظیم نهایی شمار میوه‌چه‌های هر درخت حاصل یک سازوکار درونی است که در میوه‌چه‌ها به‌عنوان یک حسگر فیزیولوژی، درجه کمبود مواد کربوهیدراتی را درک کرده و با صدور پیامی برای تحریک تولید اتیلن و ریزش سبب تنظیم شمار میوه‌چه‌ها با قابلیت دسترسی به کربن می‌شوند (Iglesias et al., 2006; Dosis et al., 2014). بنابراین می‌توان نتایج نمایش داده‌شده در نمودار ۱ را بر پایه همین سازوکار درونی و توجه به این واقعیت که میوه‌های مرکبات در دوره‌های اول و دوم رشد خود به ترتیب به‌عنوان مخزن (سینک)‌های مصرفی و ذخیره‌ای به‌عنوان قوی‌ترین مرکز جذب کربوهیدرات‌ها به شمار می‌آیند تفسیر کرد (Garcia-Luis et al., 1995).

#### تغییرپذیری آنزیم‌های ریزشی

داده‌های موجود نشان می‌دهد، فعالیت آنزیم‌های ریزشی پلی‌گالاکتوروناز و سلولاز ناحیه کالیکس متأثر از زمان نمونه‌برداری بوده و اگرچه تفاوت معنی داری از این نظر بین درختان نیاور، آور شاهد و آور تیمار شده با 2,4-D دیده می‌شود، اما فعالیت آن‌ها در هر یک از این سه گروه همخوانی کاملی با الگوی ریزش گل و میوه داشته است (شکل‌های ۲ و ۳). بنابر نتایج به‌دست‌آمده، از هفته آخر اردیبهشت یعنی حدود ده روز پیش از تشدید ریزش گل‌ها، افزایش معنی داری در فعالیت این دو آنزیم دیده شد و در پایان موج اول ریزش نیز کاهش ناگهانی در این فعالیت رخ داده است.

همچنین معلوم شد که در طول دوره‌ای که نشانه‌ای از ریزش شدید وجود نداشته، فعالیت این

پذیرفت (Mostofi & Najafi, 2006). در آزمایش دوم تأثیر محللول پاشی برگ درختان آور با محللول ۲۰ میلی‌گرم در لیتر 2,4-D در زمان تمام‌گل بر کنترل تناوب باردهی، وضعیت تشکیل میوه، فعالیت آنزیم‌های ریزشی (سلولاز و پلی‌گالاکتوروناز)، الگوی جزءبندی نشاسته و کیفیت محصول بررسی شد. بنابراین، در هر تکرار سه گروه تک درختی شامل نیاور، آور شاهد (بدون محللول پاشی) و آور تیمار شده با 2,4-D با یکدیگر مقایسه شدند. تعیین درصد تشکیل میوه اولیه و نهایی هر درخت با شمارش گل‌های چهار شاخه اصلی نشان‌گذاری شده در سه زمان مختلف شامل پیش از شکوفایی گل، پایان موج ریزش گل‌ها و دو هفته پس از پایان ریزش میوه‌چه انجام شد. وزن میانگین تک میوه نیز با استفاده از ثبت میزان عملکرد و شمار میوه‌های برداشت‌شده هر درخت محاسبه شد. برای پایش فعالیت آنزیم‌های سلولاز و پلی‌گالاکتوروناز کالیکس میوه‌ها با فاصله زمانی ده روز یکبار از چند روز پیش از آغاز ریزش گل‌ها تا دو هفته پس از پایان ریزش میوه‌چه‌ها به ترتیب با روش‌های (Adney & Baker, 2008) و (Faize et al., 2003) و بهره‌گیری از طیف‌سنج نوری Shimadzu مدل UV-1800 ساخت کشور ژاپن انجام گرفت. تعیین تراکم گل‌دهی نیز به‌منظور رصد وضعیت تناوب باردهی در بهار سال دوم بنابر روش (Martinez et al., 2015) انجام شد. تجزیه‌های آماری داده‌ها با نرم‌افزار SAS و پس از اطمینان از عادی بودن داده‌ها برابر با الگوی بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد و جداسازی میانگین‌ها برای هر صفت بر پایه آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. همچنین برای دستیابی به سنج بیوشیمیایی برای پیشگویی صفات عملکردی، از محاسبه ضریب همبستگی پیرسون و ترسیم خط رگرسیونی مربوطه برای مواردی با ضریب همبستگی بالاتر از ۹۰ درصد استفاده شد.

#### نتایج و بحث

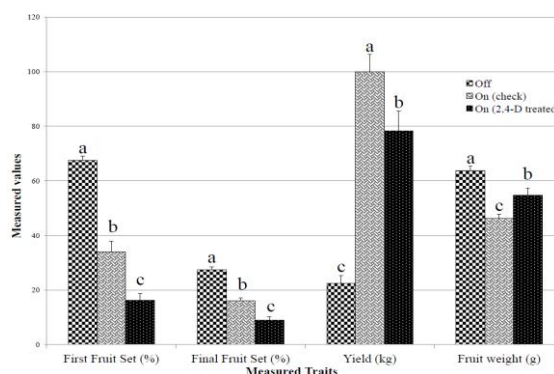
##### تشکیل میوه و باردهی

داده‌های به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، هر دو عامل مورد بررسی شامل سطح باردهی و

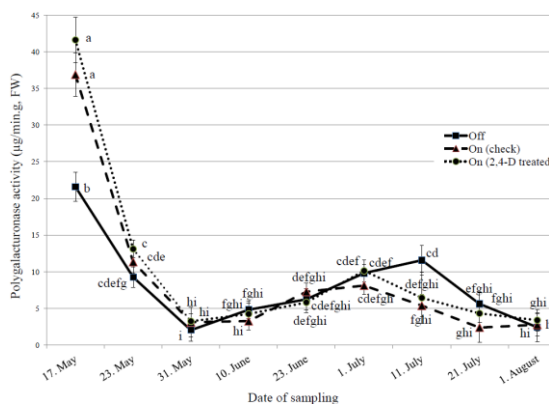
میوه‌چه‌ها نمی‌گذارد. این نتایج با یافته‌های (1975) Greenberg *et al.*، (1976) Huberman *et al.* و (1992) Bonghi *et al.* که نشان دادند، فعالیت سلولاز و پلی‌گالاکتوروناز پیش از بروز ظاهری ریزش افزایش شایان توجهی را در ناحیه ریزش نشان می‌دهند و هر دو به صورتی متمایز می‌توانند تحت تأثیر تیمار اکسین و اتیلن قرار گرفته و ریزش را تحریک کنند هماهنگی دارد.

داده‌های به‌دست‌آمده در زمینه تأثیر 2,4-D بر فعالیت آنزیم‌های ریزشی با یافته‌های (2015) Rebolledo *et al.* که نشان داده‌اند تیمار نارنگی کلمانتین در زمان گل‌دهی با اکسین پس از یک هفته سبب افزایش فعالیت سلولاز شده است همخوانی نداشته و تفاوتی را بین درختان آور شاهد با درختان تیمار شده نشان نمی‌دهد که می‌تواند ناشی از دیم بودن باغ و تأثیر تنش خشکی بر تشدید ریزش میوه‌ها باشد.

آنزیم‌ها تنها با نوسان‌های جزئی همراه بوده است. داده‌های به‌دست‌آمده همچنین نشان داد، پیش از آغاز ریزش شدید گل‌ها (اواسط اردیبهشت)، فعالیت آنزیم‌ها در درختان آور (شاهد و محلول پاشی شده) برتری معنی‌داری نسبت به درختان نیاور داشت. البته در این دوره، تنها از نظر فعالیت پلی‌گالاکتوروناز، درختان محلول پاشی شده با 2,4-D نسبت به درختان آور شاهد برتری معنی‌دار داشتند (شکل ۲)، اما این دو گروه از نظر فعالیت سلولاز (شکل ۳) همسان یکدیگر بوده‌اند. در دوره ریزش میوه‌چه‌ها (اویل تیر) برتری درختان نیاور در فعالیت این دو آنزیم نسبت به درختان آور مشاهده شد که با ریزش شدیدتر میوه‌چه درختان نیاور همخوانی خوبی دارد. سبک بودن ریزش میوه‌چه‌ها در درختان آور را می‌توان به بالا بودن شدت ریزش گل در آن‌ها به‌ویژه در درختان تیمار شده با 2,4-D نسبت داد که جای زیادی را برای ریزش



شکل ۱. تأثیر سطح باردهی و تیمار 2,4-D بر صفات عملکردی درختان نارنگی انشو  
Figure 1. Effect of crop load & 2,4-D treatment on yield related traits in Unshiu mandarin trees.

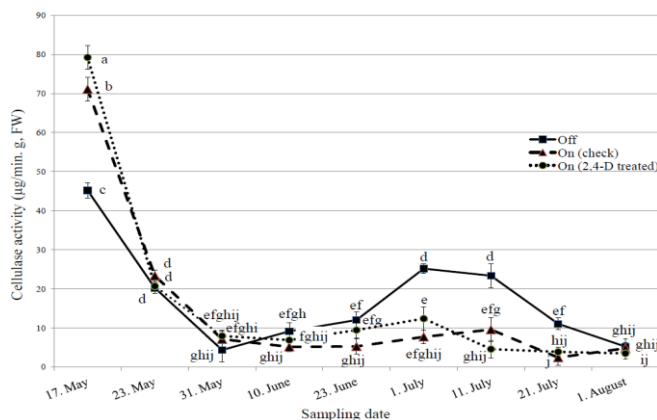


شکل ۲. مقایسه تغییرپذیری‌های نسبی فعالیت پلی‌گالاکتوروناز کالیکس نارنگی انشو در سه گروه درختان نیاور، آور شاهد و آور تیمار شده با 2,4-D  
Figure 2. Comparison of three groups of trees [Off, On (check) & On (2,4-D treated)] for relative changes of Polygalacturonase activity in calyx of Unshiu mandarin.

نیاور و همچنین این موضوع که در هر دو گروه سطح ذخایر نشاسته‌ای در پاییز به کمینه رسیده و انباشت دوباره آن از اوایل آذر با سرعتی همسان آغاز می‌شود به‌خوبی در یافته‌های *Monerri et al.* (2011) در مورد پرتقال سالوستیانا اشاره شده و می‌تواند نتایج به‌دست‌آمده را تأیید کند. موضوع یکسان شدن غلظت نشاسته برگ درختان آور و نیاور در ماه‌های پاییز نیز می‌تواند بر پایه گزارش *Martinez-Fuentes et al.* (2015) با پایین بودن توان مخزن میوه‌های زودرس انشو در طول ماه‌های پاییزی و نداشتن تأثیر آن‌ها بر الگوی ذخیره‌سازی قندها در برگ‌ها تفسیر شود.

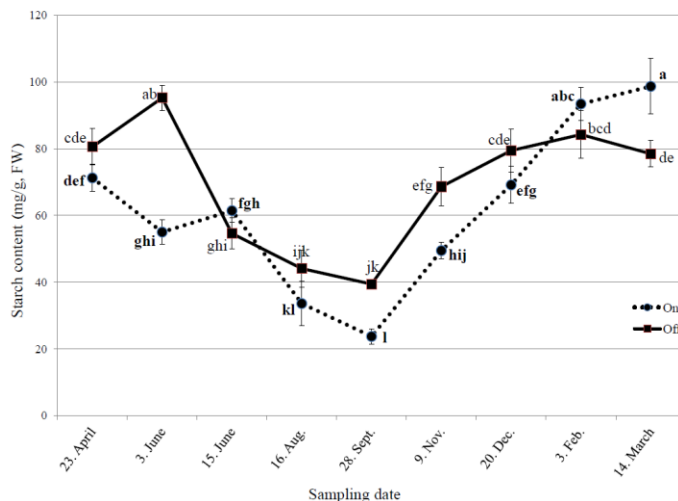
**جزءبندی کربوهیدرات‌ها**

اندازه‌گیری نشاسته ریشه و برگ با فاصله هر ۴۰ روز یک‌بار از آغاز اردیبهشت تا پایان اسفند (شکل‌های ۴ و ۵) نشان می‌دهد که هر دو عامل زمان نمونه‌برداری و وضعیت بارآوری بر محتوای نشاسته برگ و ریشه اثر معنی‌داری داشته است. نتایج به‌دست‌آمده همچنین گویای آن است که بیشترین اختلاف محتوای نشاسته درختان آور و نیاور مربوط به اواسط خرداد است که در آن برتری نیاورها از حیث محتوای نشاسته ریشه و برگ به ترتیب به حدود ۵۰ و ۱۱۳ میلی‌گرم به ازای هر گرم از بافت تازه گیاهی می‌رسد. وجود چنین اختلاف فاحشی در محتوای نشاسته درختان آور و



شکل ۳. مقایسه تغییرپذیری‌های نسبی فعالیت سلولاز کالیکس نارنگی انشو در سه گروه درختان نیاور، آور شاهد و آور تیمار شده با 2,4-D

Figure 3. Comparison of three groups of tress [*Off*, *On* (check) & *On* (2,4-D treated)] for relative changes of Cellulase activity in calyx of Unshiu mandarin.



شکل ۴. مقایسه روند تغییرپذیری سالانه نشاسته ریشه درختان آور (On) و نیاور (Off) نارنگی انشو

Figure 4. Comparison of *On* & *Off* Unshiu trees for trend of yearly changes in root starch

کربنی به سوی میوه‌ها دانست که در درختان پربار بازدارنده ذخیره‌سازی کربوهیدرات‌ها می‌شود. به همین دلیل تا پیش از برداشت میوه‌ها هیچ‌گونه انباشت کربوهیدراتی در ریشه و برگ درختان آور رخ نمی‌دهد (Monerri *et al.*, 2011). این اثر بازدارندگی میوه برای انباشت نشاسته در بخش‌های رویشی و همچنین کاهش سریع ذخایر کربوهیدراتی در دوره گل‌دهی و تشکیل میوه با یافته‌های Izak *et al.* (2011) همخوانی دارد.

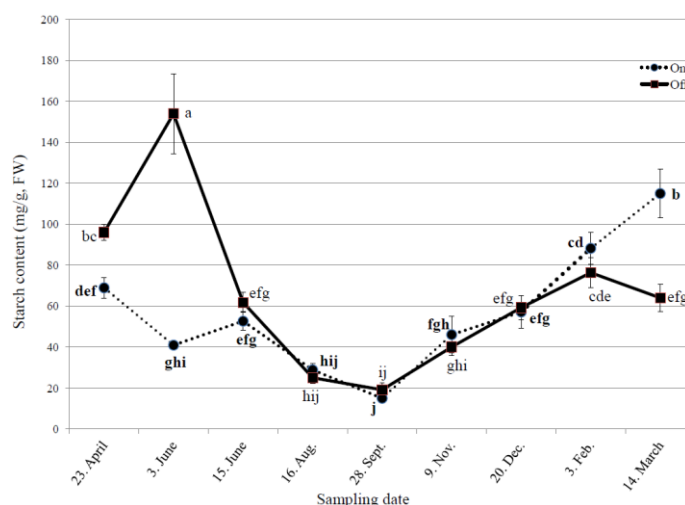
**معرفی سنجه بیوشیمیایی برای صفات عملکردی**  
نتایج به‌دست‌آمده از محاسبه ضریب همبستگی پیرسون بین میزان قندهای اندازه‌گیری‌شده در زمان‌های مختلف سال با صفات عملکردی که با استفاده از نرم‌افزار SAS و بر پایه داده‌های به‌دست‌آمده از شمار نه درخت برای هر صفت به انجام رسید نشان داد، بین نشاسته برگ در پایان ریزش جودرو با وزن تک میوه در زمان برداشت و تراکم گل در سال بعد رابطه رگرسیونی وجود دارد که ضریب همبستگی ( $R^2$ ) آن‌ها به ترتیب برابر با ۰/۹۱۳۶ و ۰/۹۵۶ است (معادلات ۱ و ۲).

(۱) مدل رگرسیون خطی رابطه نشاسته برگ در پایان ریزش جودرو با وزن میانگین تک میوه نارنگی انشو در زمان برداشت:

$$y = 0.1404x + 41.329$$

بر پایه یافته‌های این تحقیق، تقاضای بخش زایشی در اوایل فصل برای مواد کربوهیدراتی در درختان نیاور برخلاف درختان آور پایین بوده و لذا انباشت این ترکیب‌ها تا اواسط خرداد همچنان ادامه یافته و در زمان گل‌انگیزی (اواخر فصل) بخش شایان توجهی از ذخایر قندی برای انجام فرآیند گل‌انگیزی مصرف می‌شود. از این رو، با روند کاهشی این ذخایر در نیاورها روبرو هستیم. این در حالی است که بالا بودن تقاضای آغاز فصل زایشی درختان آور برای مواد کربوهیدراتی سبب کاهش سریع ذخایر کربوهیدراتی ریشه و برگ شده و در ادامه فصل نیز کاهش این ذخایر در درختان آور شدیدتر است که به‌خوبی با یافته‌های Monerri *et al.* (2011) همخوانی دارد.

تفاوت بارزی که در انتهای فصل از لحاظ سطح ذخایر کربوهیدراتی بین آورها و نیاورها دیده می‌شود را می‌توان ناشی از ادامه روند افزایشی ذخیره‌سازی آن‌ها در آورها و آغاز انتقال آن‌ها به سوی جوانه‌ها در نیاورهاست دانست که موجب گل‌دهی سنگین سال بعد می‌شود که با گزارش‌های Li *et al.* (2003) و همچنین Monerri *et al.* (2011) همخوانی دارد. از سوی دیگر برتری معنی‌دار محتوای نشاسته‌ای ریشه درختان نیاور بر درختان آور را در طی ماه‌های تابستان و اوایل پاییز می‌توان به دلیل قوی بودن توان مخزنی میوه‌ها و حرکت بخش شایان توجهی از مواد



شکل ۵. مقایسه روند تغییرپذیری سالانه نشاسته برگ درختان آور (On) و (Off) نارنگی انشو  
Figure 5. Comparison of On & Off Unshiu trees for trend of yearly changes in leaf starch.

حرکت در آمدن این ذخیره‌ها برای رفع نیازهای زایشی به ترتیب پیش از استراحت زمستانی و در آغاز تولید جست‌های رشدی بوده و در پاییز، سطح این اندوخته‌ها به کمینه خود می‌رسد. از سوی دیگر، جزءبندی نشاسته در برگ و ریشه متأثر از سطح بارآوری سال پیش و حجم تولید سال جاری بوده و تفاوت فاحشی را در اواسط بهار و همچنین اواخر زمستان می‌توان در محتوای نشاسته برگ و ریشه درختان آور و نیاور دید. زیاد بودن مخزنی میوه‌ها برای مواد کربوهیدراتی سبب شد تا پیش از برداشت محصول امکان انباشت این مواد در بخش‌های رویشی درختان آور فراهم نشود. تیمار 2,4-D در درختان آور ضمن تنک گل‌ها و کاهش عملکرد درختان آور از شدت تناوب باردهی کاسته و با افزایش وزن تک میوه سبب ارتقای ارزش اقتصادی محصول این درختان شد. فعالیت پلی‌گالاکتوروناز و سلولاز در هر سه گروه درختان ضمن همخوانی با الگوی ریزش، متأثر از تیمار 2,4-D بود. همچنین نشاسته برگ در پایان ریزش جودرو می‌تواند سنجه ارزشمندی برای پیشگویی وزن تک میوه در زمان برداشت و تراکم گل در سال بعد باشد.

(۲) مدل رگرسیون غیرخطی رابطه نشاسته برگ در پایان ریزش جودرو با تراکم گل‌دهی نارنگی انشو در سال بعد:

$$y = 0.0254x^2 + 8.0411x + 222.68$$

به این ترتیب میزان نشاسته برگ نارنگی انشو در پایان ریزش جودرو از یک‌سو سنجه بسیار ارزشمندی برای ارزیابی بازارپسندی میوه‌ها در زمان برداشت بوده و راهنمای خوبی برای مدیریت باغ در جهت اتخاذ سیاست‌های لازم در ارتقای وزن تک میوه است و از سوی دیگر می‌توان با اندازه‌گیری آن نسبت به تعیین شدت تناوب باردهی درخت اطلاع لازم را کسب کرده و در صورت لزوم به روش‌های مقتضی نسبت به تعدیل تناوب باردهی اقدام کرد.

#### نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق که با سه گروه از درختان نارنگی سال آور انشو (نیاور، آور شاهد و آور محلول‌پاشی شده با 2,4-D در زمان تمام‌گل) و در طول دوره کامل رشد و نموی درختان انجام شده است نشان می‌دهد که در هر سه گروه یادشده، آغاز ذخیره‌سازی قندها و آغاز به

#### REFERENCES

- Adney, B. & Baker, J. (2008). Measurement of cellulase activities: *Laboratory Analytical Procedure (LAP)*. From <http://www.nrel.gov/biomass/pdfs/42628.pdf>
- Agusti, J., Merelo, P., Cercos, M., Tadeo, F. R. & Talon, M. (2008). Ethylene-induced differential gene expression during abscission of citrus leaves. *Journal of Experimental Botany*, 59(10), 2717-2733.
- Brashr, E. W. (2002). *Effect of Crop Level on Yield Components, Fruit and Wine Composition, and Wood Carbohydrate Reserves of Pinot Noir Grapes*. M.Sc. Thesis. Oregon State University, USA.
- Chica, E. J. (2011). *Expression Patterns of Flowering Genes during Flower Induction and Determination in Sweet Orange (Citrus sinensis L. Osbeck)*. Ph.D. Thesis. University of Florida, USA.
- Dovis, V. L., Machadob, E. C., Ribeiroc, R. V., Magalhaes, J. R., Marchiorib, F. E. R. & Sales, C. (2014). Roots are important sources of carbohydrates during flowering and fruiting in 'Valencia' sweet orange trees with varying fruit load. *Scientia Horticulturae*, 174, 87-95
- Faize, M., Sugiyama, T. & Ishii, H. (2003). Polygalacturonase inhibiting protein from Japanese pear: Possible involvement in resistance against scab. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 63, 319-327.
- Fumie, N., Iwasaki, M., Fukamachi, H., Nonaka, K., Imai, A., Takishita, F., Yano, T. & Endo, T. (2012). Fruit bearing suppresses citrus flowering locus T expression in vegetative shoots of 'Satsuma' mandarin. *Journal of the Japan Society for Horticultural Science*, 81(1), 48-53.
- García-Luis, A., Fornes, F. & Guardiola, J. L. (1995). Leaf carbohydrates and flower formation in *Citrus*. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 120, 222-227.
- Garcia-Luis, A., Oliveira, M. E., Bordon, Y., Siqueira, D. L., Tominaga, S. & Guardiola, J. L. (2002). Dry matter accumulation in citrus fruit is not limited by transport capacity of the pedicel. *Annals of Botany*, 90(6), 755-764.
- Goldschmidt, E. E. & Koch, K. E. (1996). Citrus. In: Zamski, E. & Schaffer, A. A. (eds), *Photoassimilate distribution in plants and crops: Source-sinks relationships*. Marcel Dekker, Inc. America.
- Goren, R. & Huberman, M. (1976). Effects of ethylene and 2,4-D on the activity of cellulase isoenzymes in abscission zones of the developing orange fruit. *Physiologia Plantarum*, 37, 123-130.

12. Greenberg, J., Goren, R. & Riov, J. (1975). Role of cellulase and polygalaturonase in abscission of young and mature 'Shamouti' orange fruits. *Physiologia Plantarum*, 34, 1-7.
13. Guardiola, J. L. (1992). Regulation of flowering and fruit development: Endogenous factors and exogenous manipulation. In: *Proceedings of 7th International Society for Citriculture*, 8-13 March. Acireale, Italy, pp. 342-346.
14. Iglesias, D. J., Tadeo, F. R., Primo-Millo, E. & Talon, M. (2003). Fruit set dependence on carbohydrate availability in citrus trees. *Tree Physiology*, 23, 199-204
15. Iglesias, D. J., Tadeo, F. R., Primo-Millo, E. & Talon, M. (2006). Carbohydrate and ethylene levels related to fruitlet drop through abscission zone A in citrus. *Trees*, 20, 348-355.
16. Izak, S. (2012). *Studies on the Phenology and Carbohydrate Status of Alternate Bearing 'Nadorcott' Mandarin Trees*. M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture, Stellenbosch University, South Africa.
17. McCready, R. M., Guggolz, J., Silviera, V. & Owens, H. S. (1950). Determination of starch and amylose in vegetables. *Analytical Chemistry*, 22(9), 1156- 1158.
18. Martinez-Alcantara, B., Iglesias, D. J., Reig, C., Mesejo, C. & Primo-Millo, E. (2015). Carbon utilization by fruit limits shoot growth in alternate bearing citrus trees. *Journal of Plant Physiology*, 176, 108-117.
19. Mataa, M., Tominaga, S. & Kozaki, I. (1996). Seasonal changes of carbohydrate constituents in 'Ponkan' (*Citrus reticulata* Blanco). *Journal of Japan Society for Horticultural Sciences*, 65, 513-523.
20. Monerri, C., Fortunato-Almeida, A., Molina, R. V., Nebauer, S. G., Garcia-Luis, A. & Guardiola, J. L. (2011). Relation of carbohydrate reserves with the forthcoming crop, flower formation and photosynthetic rate, in the alternate bearing 'Salustiana' sweet orange (*Citrus sinensis* L.). *Scientia Horticulturae*, 129, 71-78.
21. Monselise, S. P. & Goldschmidt, E. E. (1982). Alternate bearing in fruit trees. *Horticultural Review*, 4, 128-173.
22. Mostofi, Y. & Najafi, F. (2006). *Laboratory Manual of Analytical Technics in Horticulture*. University of Tehran. pp.21-25. (in Farsi)
23. Nebauer, S. G., Renau-Morata, B., Lluch, Y., Baroja-Fernández, E., Pozueta-Romero, J. & Molina, R. (2014). Influence of crop load on the expression patterns of starch metabolism genes in alternate-bearing citrus trees. *Plant Physiology and Biochemistry*, 80, 105-113
24. Rebolledo, A., García-Luis, A. & Guardiola, J. L. (2012). Effect of 2,4-D exogenous application on the abscission and fruit growth in Sweet orange cv. Salustiana. *Agronomía Colombiana*, 30(1), 34-40
25. Rebolledo, A., García-Luis, A., Guardiola, J. L. & Monerri, C. (2015). Effect of 2,4-D on fruit sugar accumulation and invertase activity in sweet orange cv. Salustiana, *Australian Journal of Crop Science*, 9(2), 105-111.
26. Schaffer, A., Goldschmidt, E. & Galili, D. (1985). Fruit set and carbohydrate status in alternate and non-alternate-bearing *Citrus* cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 110, 574-578.