

Yield and Quality of 'Navelina' Sweet Orange (*Citrus sinensis* cv. Navelina) on Different Citrus Rootstocks in the North of Iran

N. Akhlaghi Amiri^{1*}, A. Asadi Kangarshahi²

1- Horticulture Crops Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran

2- Soil and Water Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran

(*- Corresponding author's Email: n.akhlaghi@areeo.ac.ir)

Received: 02 December 2024

Revised: 27 August 2025

Accepted: 14 September 2025

Available Online: 14 September 2025

How to cite this article:

Akhlaghi Amiri, N., & Asadi Kangarshahi, A. (2026). Yield and quality of Navelina sweet orange (*Citrus sinensis* cv. Navelina) on different citrus rootstocks in the north of Iran. *Journal of Horticultural Science*, 40(1), 1-18. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jhs.2025.90972.1396>

Introduction

Citrus industry in Iran with 288 thousand hectares cultivated area, 5.5 million tons annual production and 20 tons per hectare Iran ranks sixth, seventh and fifth in the world, respectively. About 70% of orange production in Mazandaran province, the most important region for citrus production in Iran, is dedicated to the 'Thomson navel' variety and sour orange rootstock. So, it is very important to evaluate new varieties and suitable rootstocks to replace them, if necessary. In the present study, the effects of three trifoliate citrus rootstocks on vegetative growth, quantitative and qualitative yield of early maturing 'Navelina' orange was studied over a seven-year period in Mazandaran province in the North of Iran.

Materials and Methods

Research was performed in a complete randomized block design with 'Navelina' orange and three rootstocks ('Carrizo citrange'; 'Swingle citrumelo' and 'C-35 citrange') with six replications and with 5 × 3 m planting distances during 2011 -2020. After planting in the main land, the young trees were trained for four years and then pruned annually in winter. Plant responses was included tree canopy volume, rootstock and scion morphological compatibility (affinity), fruit yield, yield efficiency, fruit characteristics in different time and on different rootstocks, appropriate time to start harvesting, and the theoretical space requirements of the trees for better land utilization.

Results and Discussion

Three trees on 'C-35 citrange' rootstock showed severe leaf chlorosis and leaf abscission in 2018 and 2019, but with nutrition and irrigation management, two of them returned to normal condition and one of them was completely declined. In the final year (2020), 'Carrizo citrange' rootstock showed the highest (0.765) and 'Swingle citrumelo' the lowest (0.655) morphological compatibility with 'Navelina' orange. The average tree canopy volume in 2020 ranged from a minimum of 4.48 m³ on 'Swingle citrumelo' to a maximum of 5.24 m³ on 'C-35 citrange' rootstock. So, the volume of Navelina orange trees on all three rootstocks were small. In early November of 2017-2020 some characteristics of fruits were evaluated. Results showed that 'Navelina' orange had elongated fruits (the ratio of fruit length to fruit width was higher than one), with a large size and weight (more than 280 grams), thick peel (about 4.4 mm), peel weight to the fruit weight was more than 46%, the juice



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

<https://doi.org/10.22067/jhs.2025.90972.1396>

content to fruit weight was more than 41%, and fruits in this time had a pale orange peel color. Average of harvest index in early November ranged from a minimum of 8.84 in 'Swingle citrumelo' to a maximum of 10.74 in 'Carrizo citrange' rootstock. 'Carrizo citrange' rootstock had the highest average four-year yield (16.61 ton.ha⁻¹) and the highest average and final-year yield efficiency (6.07 and 7.77 kg.m⁻³, respectively). In the present study, of the seven-year field trials after planting on the main land, based on tree height and crown diameter and considering 2.5 m of space between rows of trees, the theoretical space required for each tree was about 7.5 m². Therefore, the number of trees can be increased to 1000 trees per hectare to make better use of the land in this region

Conclusion

Harvest time of 'Navelina' orange on 'Carrizo' and 'C-35 citrange' rootstocks begin in the third decade of October and on 'Swingle citrumelo' rootstock, starts at the first decade of November, at the same time as harvesting 'Thomson navel' orange (the common variety in the region). Due to the early discoloration of the fruit peel and the contamination of the region with the Mediterranean citrus fly, delay in harvesting causes high crop losses and pre-harvest fruit drop due to the bites of this insect pest. As well as, delay in harvest reasons the fruit to become larger and heavier, which reduces fruits marketability. Of the three rootstocks studied in this research, 'Carrizo citrange' was the best rootstock for 'Navelina' orange variety. In addition to showing no signs of decline, it had the highest average yield of four years and the highest average yield efficiency and final year. Also, the fruit harvest index reached the standard harvest level in late October, which is two weeks earlier than the common variety in the region.

Acknowledgement

We would like to express our sincere gratitude to the experts and colleagues of the Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center who sincerely cooperated in the field and laboratory work of this research.

Keywords: Graft compatibility, Decline, Harvest time, Intensive planting, Trifoliate rootstocks

مقاله پژوهشی

جلد ۴۰، شماره ۱، بهار ۱۴۰۵، ص. ۱۸-۱

عملکرد و کیفیت پرتقال 'ناولینا' (*Citrus sinensis* cv. Navelina) روی پایه‌های مختلف

مرکبات در شمال ایران

نگین اخلاقی امیری^{۱*} - علی اسدی کنگرشاهی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۲۳

چکیده

استان مازندران، ۷۰ درصد کل پرتقال کشور را تولید می‌کند. برای تداوم تولید پایدار، استفاده از ارقام و پایه‌های متنوع و بررسی آن‌ها در شرایط منطقه ضروری است. از این رو، تأثیر سه پایه سه‌برگه‌ای مرکبات بر رشد رویشی و عملکرد کمی و کیفی پرتقال رقم 'ناولینا' (*Citrus sinensis* cv. 'Navelina') طی هفت سال از زمان کاشت (۱۳۹۲) بررسی شد. در سال هفتم، پایه 'کاریزو سیترنج' ('Carrizo citrange')، بیشترین (۰/۷۶۵) و پایه 'سوینگل سیتروملو' ('Swingle citrumelo') کمترین (۰/۶۵۵) سازگاری ریخت‌شناختی را با رقم 'ناولینا' نشان دادند. حجم متوسط درختان در سال هفتم از حداقل ۴/۴۸ مترمکعب روی پایه 'سوینگل سیتروملو' تا حداکثر ۵/۲۴ مترمکعب روی پایه 'سیترنج C-35' ('C-35 citrange') متغیر بود. سه اصله از درختان روی پایه 'سیترنج C-35' در سال‌های پنجم و ششم، علائم کلروز شدید و ریزش برگ نشان دادند که دو اصله با مدیریت تغذیه و آبیاری دوباره به حالت طبیعی برگشتند، ولی یک اصله به‌طور کامل زوال یافت. با اندازه‌گیری برخی از ویژگی‌های میوه در نیمه آبان سال‌های چهارم تا هفتم، متوسط اندازه میوه ۲۸۲ گرم، متوسط ضخامت پوست ۴/۴ میلی‌متر، نسبت طول به عرض میوه ۱/۰۱۱، مقدار پوست به وزن میوه ۴۶/۴ درصد، مقدار آب میوه به وزن میوه ۴۱/۲ درصد و شاخص برداشت از حداقل ۸/۸۴ روی پایه 'سوینگل سیتروملو' تا حداکثر ۱۰/۷۴ روی پایه 'کاریزو سیترنج' متغیر بود. بالاترین متوسط عملکرد چهار سال (۱۶/۶۱ تن در هکتار) و بالاترین کارایی عملکرد متوسط و سال پایانی (به ترتیب ۶/۰۷ و ۷/۷۷ کیلوگرم بر مترمکعب) روی پایه 'کاریزو سیترنج' ثبت شد. با توجه به نتایج، شروع برداشت پرتقال 'ناولینا' روی پایه‌های 'کاریزو سیترنج' و 'سیترنج C-35' از ابتدای آبان ماه (دو هفته زودتر از پرتقال 'تامسون ناول'، رقم غالب منطقه) و روی پایه 'سوینگل سیتروملو'، ۲۰-۱۵ آبان (هم‌زمان با پرتقال 'تامسون ناول') می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پایه‌های سه‌برگه‌ای، سازگاری پیوند، زمان برداشت، زوال، کاشت متراکم

مقدمه

بالاترین محصول مرکبات کشور را به خود اختصاص داده‌اند (Agricultural Statistics, 2022).

تحقیقات انجام‌شده در دنیا نشان داده است که پایه‌های مرکبات در شرایط مختلف فیزیکی و شیمیایی خاک، پاسخ‌های متفاوتی نشان می‌دهند. همچنین پایه‌های مرکبات بر جنبه‌های مختلف رشد و نمو مرکبات از جمله ویژگی‌های رشدی درخت و نیز تحمل به تنش‌های زنده و غیرزنده تأثیر می‌گذارند. بنابراین برای داشتن یک سیستم تولید ایده‌آل، لازم است در انتخاب پایه و رقم مناسب با شرایط اکولوژیک هر منطقه، دقت کافی به خرج داد (Morales et al., 2021).

کشور ایران با سطح زیرکشت ۲۸۸ هزار هکتار، تولید ۵/۵ میلیون تن و متوسط عملکرد ۲۰ تن در هکتار به‌ترتیب مقام‌های ششم، هفتم و پنجم جهان را دارا می‌باشد. ارقام پرتقال با حدود ۳/۳ میلیون تن،

۱- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

۲- بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

(*) نویسنده مسئول: (Email: n.akhlaghi@areeo.ac.ir)<https://doi.org/10.22067/jhs.2025.90972.1396>

پایه 'سیترنج C-35'، دورگ پرتقال خونی^۵ و 'پونسیروس' است که در سال ۱۹۸۶ توسط دانشگاه کالیفرنیا معرفی شد (Caruso et al., 2024). این پایه در دو دهه اخیر به دلیل توانایی آن در کاهش اندازه گیاه در ترکیب با بسیاری از پیوندک‌ها و عملکرد بالا و کیفیت خوب میوه روی آن مورد توجه قرار گرفته است (Morales et al., 2021; Gullo et al., 2021). درختان نارنگی 'آنشو' میاگوا روی پایه 'سیترنج C-35' در دشت قائم‌شهر و کوهپایه ساری در شرق مازندران طی ۱۰ سال پژوهش، تاج کم‌رشد و عملکرد متوسطی داشتند. با وجود چندین تنش سرما، بقای درختان در هر دو منطقه ۱۰۰ درصد بود، اگرچه درختان کوهپایه در اثر تنش وارد چرخه تناوب باردهی شدند (Akhlaghi Amiri & Asadi Kangarshahi, 2022a).

پژوهش‌ها نشان داده است که پایه‌های 'سیترنج C-35' در خاک‌های آهکی، کلروز آهن نشان داد و شدت کلروز به تدریج با افزایش سن درختان تشدید و موجب زوال درختان گردید (Louzada et al., 2008). بررسی مقدار رشد و ویژگی‌های رویشی و فیزیولوژیکی نارنگی 'آنشو' روی پایه 'سیترنج C-35' در چند خاک آهکی در میانه و شرق مازندران نشان داد که بافت خاک در تحمل پایه 'سیترنج C-35' به خاک‌های آهکی تأثیر دارد و در خاک‌های با بافت نسبتاً سنگین و آهک کل بیش از ۹ تا ۱۴ درصد، این پایه علائم شدید زرد برگی و کاهش رشد نشان دادند (Asadi Kangarshahi & Akhlaghi Amiri, 2020).

حدود ۷۰ درصد از محصول پرتقال مازندران به رقم 'تامسون ناول' اختصاص دارد که در بیشتر موارد پایه مورد استفاده، نارنج می‌باشد. یکی از موارد مهم برای تولید پایدار، تنوع رقم و پایه در هر منطقه است. در پژوهش حاضر، تأثیر سه پایه دورگ مهم و در حال توسعه مرکبات بر رشد رویشی، عملکرد کمی و کیفی و زمان برداشت رقم پرتقال ناول 'ناولینا' (*Citrus sinensis* cv. Navelina) که به تازگی وارد ایران شده است طی هفت سال (۱۳۹۲-۱۳۹۹) در منطقه شرق مازندران بررسی شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر طی هفت سال در ایستگاه تحقیقات باغبانی قائم‌شهر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مازندران انجام شد. این ایستگاه با بافت خاک لومی، آهک کل ۱۱ درصد و pH حدود ۷/۸ در منطقه دشت قرار گرفته است و دارای عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۷ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۵۳ دقیقه شرقی و

پایه 'کاریزو سیترنج'^۱، دورگ پرتقال 'واشنگتن ناول' (*Citrus sinensis* 'Washington navel') و 'پونسیروس' (*Poncirus trifoliata*) است که در کشورهای مهم تولیدکننده مرکبات از جمله اسپانیا، آفریقای جنوبی، استرالیا، کالیفرنیا و ایتالیا بسیار استفاده می‌شود (Morales et al., 2021). این پایه متحمل به ویروس تریتزای مرکبات است و عملکرد و کیفیت میوه روی آن بسیار خوب گزارش شده است (Singh et al., 2002). بررسی مقدار رشد و ویژگی‌های رویشی و فیزیولوژیکی نارنگی 'آنشو' (*Citrus unshiu*) روی پایه 'کاریزو سیترنج' در خاک‌های آهکی میانه و شرق مازندران نشان داد که بافت خاک و مقدار آهک خاک در تحمل این پایه به خاک‌های آهکی بیشترین تأثیر را داشت، به طوری که در خاک‌های با بافت سنگین و متوسط و آهک کل بیشتر از ۱۴ درصد، علائم شدید زرد برگی و کاهش رشد نشان داد، اما در خاک‌های با بافت سبک و آهک کل ۴۰ درصد، علائم کلروز ظاهر نشد یا بسیار خفیف بود (Asadi Kangarshahi & Akhlaghi Amiri, 2022).

پایه 'سوینگل سیتروملو'^۲، دورگ گریپ فروت 'دانکن' (*Citrus paradisi* 'Duncan') و 'پونسیروس' است که در سال ۱۹۷۴ توسط وزارت کشاورزی ایالات متحده آمریکا معرفی شد و به دلیل عملکرد بالا، تغییر رنگ و زمان برداشت دیرتر میوه مورد توجه قرار گرفت. این پایه با برخی دورگ‌های نارنگی از جمله مورکات و پیچ و برخی کلون‌های پرتقال، ناسازگاری نشان داده است (Caruso et al., 2024). یکی از ویژگی‌های 'سوینگل سیتروملو'، رشد بیش از حد در واحد پیوند در ترکیب با اکثر پیوندک‌ها است. این مشکل می‌تواند منجر به فشردگی شدن آوندها و عدم تولید و توسعه گیاه شود و در برخی موارد موجب زوال درختان شود (Lee et al., 2009). 'سوینگل سیتروملو' به‌ویژه در برخی از مناطق مدیترانه، در جایی که آهک فعال عامل محدودکننده‌ای نیست و در ترکیب با پیوندک‌هایی مانند ناول‌های دیررس، 'کلمانین'‌ها و دورگ‌های نارنگی مانند 'نوا'^۳، پایه خوبی است (Caruso et al., 2024). واکنش تغذیه‌ای نارنگی 'آنشو' روی پایه 'سوینگل سیتروملو' به خاک‌های آهکی شرق مازندران بررسی و گزارش شد که این پایه در خاک‌های با آهک کل بیشتر از ۱۴ درصد و آهک فعال بیشتر از ۵ درصد به دلیل رسوب آهن در آپوپلاست سلول‌های برگ و ریشه و کاهش راندمان فیزیولوژیکی آن، قابل توصیه نیست (Asadi Kangarshahi & Akhlaghi Amiri, 2023).

1- 'Carrizo citrange'

2- 'Swingle citrumelo'

3- Nova

4- 'C-35 citrange'

5- Blood orange

ارتفاع ۱۴/۷ متر از سطح دریا می‌باشد. داده‌های طولانی‌مدت اداره هواشناسی مازندران نشان می‌دهد که بارندگی سالانه ۷۱۹ میلی‌متر، میانگین حداکثر دمای ۲۳/۳، میانگین حداقل دمای ۱۲/۵، حداکثر مطلق دما ۴۰/۶، حداقل مطلق دما ۶- درجه سانتی‌گراد و میانگین رطوبت نسبی ۷۹ درصد است (MMGO, 2020). قبل از کاشت نهال‌ها در زمین اصلی، نمونه خاک از قطعه آزمایشی برداشت شد و در آزمایشگاه خاک و آب مرکز تحقیقات مازندران تجزیه گردید (جدول ۱).

تهیه پیوندک‌ها و پایه‌ها از سال ۱۳۹۱ شروع شد. پیوندک رقم پرتقال زودرس 'ناولینا' از درخت مادری در شرکت زراعی فجر ساری تهیه شد و روی سه پایه مختلف سه‌برگچه‌ای دانهال نوسلار مرکبات: ۱- 'کاریزو سیترنج'، ۲- 'سوینگل سیتروملو' و ۳- 'سیترنج C-35' در ایستگاه باغبانی قائم‌شهر پیوند زده شد. نهال‌ها به مدت شش ماه در گلخانه نگهداری گردید. سپس در خرداد ۱۳۹۲ نهال‌های پیوندشده به پایلوت آماده‌شده در ایستگاه تحقیقات باغبانی قائم‌شهر منتقل شدند. این پژوهش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تکرار و با فواصل کاشت ۵ × ۳ متر اجرا گردید. مقدار مصرف کودهای شیمیایی در سه سال اول براساس سن درخت و نتایج آزمون خاک و از سال چهارم تا پایان آزمایش براساس نتایج آزمون خاک، برگ و عملکرد تعیین شد و برای همه تیمارهای آزمایشی به‌طور یکسان استفاده گردید. آبیاری به‌وسیله سیستم نواری قطره‌ای از زمان کاشت نهال‌ها به‌طور یکسان برای همه درختان آزمایش انجام شد (Asadi Kangarshahi & Akhlaghi Amiri, 2018). هرس فرم‌دهی از ابتدای کاشت نهال‌ها در زمین اصلی به مدت چهار سال (۱۳۹۲-۱۳۹۵) انجام شد و در این مدت، همه گل‌های تشکیل‌شده روی درختان، برای تحریک رشد رویشی درخت، به‌طور دستی حذف شدند و بعد از شروع فاز زایشی، هرس زمستانه سالانه تا پایان پژوهش در همه درختان انجام شد (Akhlaghi Amiri & Asadi Kangarshahi, 2020).

از سال ۱۳۹۴ تا سال ۱۳۹۹، برخی خصوصیات رویشی شامل ارتفاع درخت با استفاده از متر فلزی، محیط تنه ۱۰ سانتی‌متر پایین و ۱۰ سانتی‌متر بالای محل پیوند با استفاده از متر نواری اندازه‌گیری

شدند. همچنین قطر عرضی تاج با استفاده از متر فلزی از سال ۱۳۹۵ تا پایان پژوهش اندازه‌گیری گردید. با استفاده از نسبت بین محیط تنه در رقم به محیط تنه در پایه، سازگاری ریخت‌شناختی (تجانس) بین آن‌ها محاسبه شد (Ziogas et al., 2023) و حجم درختان با استفاده از معادله $V (m^3) = 2/3\pi R^2 H$ به‌دست آمد که در آن، R: نصف قطر تاج و H: ارتفاع درخت می‌باشد. مساحت تئوری مورد نیاز درختان براساس معادله $E = (D \times 0.75) \times (D + 2.5)$ محاسبه شد که در آن، D: برابر با قطر تاج و E: مساحت تئوری مورد نیاز درختان است. این معادله بر این اساس تنظیم شده است که شاخه‌های درختان در خطوط کاشت ۲۵ درصد هم‌پوشانی داشته باشند و بین خطوط کاشت ۲/۵ متر فضای خالی (برای انجام عملیات زراعی) وجود داشته باشد (Tazima et al., 2013).

در اواخر آبان ماه سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹، ۱۰ نمونه میوه از هر درخت به آزمایشگاه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران منتقل شد و برخی ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی میوه شامل وزن میوه و پوست (با استفاده از ترازوی دیجیتال)، ضخامت پوست (با استفاده از کولیس دیجیتال)، میزان عصاره (با استفاده از آب‌میوه‌گیر دستی)، میزان مواد جامد محلول (با استفاده از قندسنج چشمی) و اسیدیته قابل تیتراسیون عصاره (به‌وسیله تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال) اندازه‌گیری گردید. شاخص برداشت با استفاده از نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته قابل تیتراسیون عصاره، درصد عصاره میوه با استفاده از نسبت عصاره به وزن میوه و درصد پوست میوه با استفاده از نسبت وزن پوست به وزن میوه محاسبه شد (Ziogas et al., 2023). رنگ پوست از طریق مقایسه چشمی با استفاده از جدول رنگی که برای دسته‌بندی میوه‌ها، درجات مختلف رنگ پوست را تعریف می‌کند (سطح ۸: سبز تیره، تا سطح ۱: نارنجی تیره) تعیین شد (Stuchi et al., 2009). در سال ۱۳۹۷، برای ارزیابی روند تغییرات خصوصیات میوه، نمونه‌برداری میوه در چهار مرحله: ۱- ۱۰ مهر، ۲- ۱۰ آبان، ۳- ۲۵ آبان و ۴- ۲۵ آذر ماه انجام شد و برخی از صفات میوه از جمله شاخص برداشت و وزن میوه، در آزمایشگاه مرکز تحقیقات کشاورزی مازندران اندازه‌گیری گردید.

جدول ۱- تجزیه خاک قطعه آزمایشی قبل از کاشت درختان در زمین اصلی

Table 1- Soil analysis of the experimental plot before planting the trees in the main field

عمق Depth (cm)	اسیدیته pH	آهک کل Total lime	مواد آلی organic matherials	کربن آلی Organic C	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	بافت Text	نیترژن N	فسفر P	پتاسیم K
				(%)							(ppm)
0-30	7.7	11	2.19	1.28	33	44	23	L	0.106	43.5	181
30-60	7.8	12	0.42	0.24	57	32	11	S-L	0.020	10.6	199

عملکرد درختان با برداشت همه میوه‌ها و توزین آن‌ها در هر درخت ثبت شد و عملکرد در هکتار با توجه به تعداد درختان در هکتار با فواصل کاشته شده (۶۶۰ درخت در هکتار با فواصل ۳×۵ متر) محاسبه گردید. با استفاده از نسبت عملکرد (کیلوگرم در درخت) و حجم هر درخت (مترمکعب در درخت)، کارایی عملکرد درختان (کیلوگرم بر مترمکعب) محاسبه شد. تعداد تئوری درختان از نسبت مساحت یک هکتار بر مساحت تئوری یک درخت و عملکرد تئوری درختان براساس تعداد تئوری درخت در هکتار و عملکرد درختان محاسبه شد (Tazima et al., 2013). در پایان پژوهش، تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از مدل آزمایشی شماره ۱۵ نرم‌افزار MSTAT-C (تجزیه مرکب زمان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی یک عاملی) انجام شد و مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه با استفاده از آزمون دانکن با سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

برخی صفات رویشی پرتقال 'ناولینا' روی سه پایه مختلف طی شش سال در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد که محیط پایه طی سال‌های آزمایش افزایش یافت و از متوسط ۱۷/۰۲ سانتی‌متر در سال ۱۳۹۴ به ۳۳/۵۰ سانتی‌متر در سال ۱۳۹۹ رسید که افزایش معنی‌داری نسبت به سال‌های پیش نشان داد. در مقابل، محیط پایه بین سه پایه مختلف در سال‌های متوالی، اختلاف معنی‌دار نشان نداد. در آخرین سال پژوهش (۱۳۹۹)، پایه 'سوینگل سیترولمو' با محیط ۳۵/۳۳ سانتی‌متر، بیشترین و پایه 'کاریزو سیترنج' با محیط ۳۰/۳۳ سانتی‌متر، کمترین محیط پایه را به خود اختصاص دادند. محیط پیوندک نیز طی سال‌های آزمایش افزایش یافت و از متوسط ۱۳/۰۷ سانتی‌متر در سال ۱۳۹۴ به ۲۳/۳۹ سانتی‌متر در سال ۱۳۹۹ رسید که نسبت به سال‌های گذشته، از نظر آماری افزایش داشت. محیط رقم پیوندک نیز روی پایه‌های مختلف، تفاوت معنی‌داری نشان نداد و افزایش سالانه آن روی پایه‌های مختلف، مشابه و از نظر آماری غیرمعنی‌دار بود. در آخرین سال پژوهش (۱۳۹۹)، درختان روی پایه 'کاریزو سیترنج' با محیط ۲۲/۵۰ سانتی‌متر، کمترین و روی پایه 'سیترنج C-35' با محیط ۲۴/۶۷ سانتی‌متر، بیشترین محیط پیوندک را به خود اختصاص دادند. سازگاری ریخت‌شناختی (تجانس) که با نسبت بین محیط پایه و محیط پیوندک اندازه‌گیری شد، طی سال‌های آزمایش روند کاهشی نشان داد و از ۰/۷۷۰ در سال ۱۳۹۴ به ۰/۷۰۲ در سال ۱۳۹۹ رسید، البته تغییرات این شاخص در طول مدت شش سال پژوهش، معنی‌دار نبود. در آخرین سال آزمایش (۱۳۹۹)، پایه سیترولمو کمترین سازگاری ریخت‌شناختی (۰/۶۵۵) و پایه 'کاریزو سیترنج' بیشترین سازگاری ریخت‌شناختی (۰/۷۶۵) را با رقم 'ناولینا'

نشان دادند. سازگاری ریخت‌شناختی در پایه 'کاریزو سیترنج' و 'سیترنج C-35' (۰/۷۰۷) تفاوت آماری معنی‌داری نشان نداد. اندازه‌گیری محیط پیوندک و پایه و محاسبه نسبت بین آن‌ها به‌عنوان یک شاخص قوی برای سازگاری محسوب می‌شود و مقادیر نزدیک یک نشان‌دهنده تجانس بسیار خوب است (Bassal, 2009). گیاهانی که از نظر ژنتیکی خویشاوندی نزدیک‌تری با هم داشته باشند، واحد پیوند سازگاری‌تری نیز خواهند داشت. پیوند میان ارقام یک گونه و یا گونه‌های یک جنس معمولاً موفقیت‌آمیز است. پیوند میان جنس‌های مختلف در یک خانواده گاهی پایدار است و از آن‌ها به‌صورت تجاری به‌عنوان پیوندهای بین ژنی استفاده می‌شود، همانند پیوند سازگار جنس 'پونسیروس' و ارقام مرکبات (Habibi et al., 2022). در این نوع پیوند، محیط پایه و پیوندک به‌علت خویشاوندی دور، گاهی اختلاف زیادی دارد، ولی درخت پیوندی، سال‌های زیادی پربار و سالم باقی می‌ماند. در پژوهش حاضر نیز چون دو جنس مختلف ('سیتروس' و 'پونسیروس' و 'سیتروس') از خانواده روتاسه با هم پیوند زده شدند، تجانس نزدیک عدد یک نبود. کمتر بودن این شاخص در 'سیترولمو' نسبت به 'سیترنج'‌ها در پژوهش‌های مختلف داخلی (Akhlaghi Amiri & Asadi Kangarshahi, 2022a; Aviles et al., 2022b; Akhlaghi Amiri et al., 2023; Cruz et al., 2019; Gullo et al., 2021; Hayat et al., 2022) گزارش شده است. ارتفاع درختان و قطر تاج در طول شش سال پژوهش، به‌دلیل سه سال هرس فرم‌دهی و هرس منظم سالانه با روند کندی افزایش یافت و در سال پایانی پژوهش، درختان بیشترین متوسط ارتفاع (۲۰۲ سانتی‌متر) و قطر تاج (۲۱۴ سانتی‌متر) را نشان دادند. در آخرین سال پژوهش، حداکثر ارتفاع درختان با ۲۱۰ سانتی‌متر و بیشترین قطر تاج با ۲۱۷/۵ سانتی‌متر روی پایه 'سیترنج C-35' مشاهده شد. حجم متوسط درختان از ۲/۹۱ مترمکعب در سال ۱۳۹۵ به متوسط ۴/۹۴ مترمکعب در سال ۱۳۹۹ رسید که از نظر آماری افزایش معنی‌داری نسبت به همه سال‌های پیش از آن نشان داد. در سال ۱۳۹۹، درختان 'ناولینا' روی سه پایه پژوهش، از نظر حجم درخت تفاوت آماری معنی‌داری نشان ندادند. البته اندازه حجم درختان از ۵/۲۴ مترمکعب روی پایه 'سیترنج C-35'، ۵/۱۱ مترمکعب روی پایه 'کاریزو سیترنج' و ۴/۴۸ مترمکعب روی پایه 'سوینگل سیترولمو' متفاوت بود. پاکوتاهی، یک صفت مهم در کشت متراکم است. برای مدیریت بهتر باغ‌های تجاری مرکبات، پیوند روی پایه‌هایی که رشد درخت را کاهش می‌دهند، انجام می‌شود. در حال حاضر، باغداران سراسر جهان به استفاده از درختان پاکوتاه و درختان پیوندی با حجم کم تمایل دارند، زیرا موجب کاشت تعداد بیشتر درخت، افزایش تولید، هرس و برداشت ساده‌تر و محلول‌پاشی کارآمدتر می‌شود (Hayat et al., 2022). براساس دسته‌بندی

سال‌های گذشته، مشخص شد که این درختان در اردیبهشت ۱۳۹۶ کاملاً سالم بودند (شکل‌های ۳ و ۴، قسمت A). هر دو درخت در آبان ماه ۱۳۹۷ دچار کلروز خفیف شده بودند (شکل‌های ۳ و ۴، قسمت B) و نیز یکی از آن‌ها در آبان ماه ۱۳۹۷ محصول زیادی تولید کرده بود (شکل ۴، قسمت B). به دلیل شروع گرم شدن هوا و عدم راه‌اندازی مجدد سیستم آبیاری قطره‌ای، احتمال تنش خشکی وجود داشت، بنابراین سیستم آبیاری بلافاصله راه‌اندازی شد و نیز احتمال داده شد که این درختان به علت تجانس پایین بین پایه‌های سه برگچه‌ای با جنس مرکبات و حجم تاج کم و تولید محصول زیاد، دچار کمبود عناصر غذایی شده باشند.

انجام‌شده، پایه‌های استاندارد، درختانی با ارتفاعی بیشتر از شش متر تولید می‌کنند و پایه‌های پاکوتاه، درختانی کمتر از ۲/۵ متر ارتفاع در ترکیب با هر یک از ارقام درختان و بدون توجه به شرایط محیطی تولید می‌کنند (Girardi et al., 2021). بنابراین در پژوهش حاضر، همه ترکیبات پایه و پیوندک از نظر ارتفاع در دسته پاکوتاه قرار می‌گیرند (شکل ۱).

در آبان ماه سال ۱۳۹۷، یک اصله درخت 'ناولینا' روی پایه 'سیترنج C-35' به طور کامل از بین رفت (شکل ۲). در خرداد ماه سال ۱۳۹۸، دو اصله دیگر از درختان 'ناولینا' روی پایه 'سیترنج C-35' دچار کلروز شدید و تا حدودی ریزش برگ‌ها و مرگ سرشاخه‌ها شدند (شکل‌های ۳ و ۴، قسمت C). با مراجعه به داده‌ها و تصاویر

جدول ۲- برخی از صفات رویشی پرتقال 'ناولینا' روی پایه‌های مختلف در سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۹۹
Table 2- Some vegetative characteristics of 'Navelina' orange on different rootstock, 2015-2020

منابع تغییر S.O.V	محیط پایه Rootstock perimeter (cm)	محیط پیوندک Scion perimeter (cm)	سازگاری مورفولوژیکی Morphological compatibility	ارتفاع Height (cm)	قطر تاج Canopy diameter (cm)	حجم درخت Tree volume (m ³)
سال Year	۱۳۹۴ 2015 (A1)	17.02 d*	13.07 e	0.770 a	135.6 d	-
	۱۳۹۵ 2016 (A2)	20.00 cd	15.04 de	0.755 a	176.1 c	2.91 d
	۱۳۹۶ 2017 (A3)	23.00 c	16.44 cd	0.715 a	183.3 bc	3.43 cd
	۱۳۹۷ 2018 (A4)	27.14 b	19.11 bc	0.714 a	187.8 a-c	3.80 bc
	۱۳۹۸ 2019 (A5)	29.42 b	21.17 ab	0.714 a	193.6 ab	4.24 b
	۱۳۹۹ 2020 (A6)	33.50 a	23.39 a	0.702 a	202.2 a	4.94 a
	Carizo (B1)	23.40 b	18.17 ab	0.782 a	181.9 a	4.12 a
	Swingle (B2)	25.46 ab	16.59 b	0.651 b	170.3 b	3.41 b
پایه Root stock	C-35 (B3)	26.17 a	19.34 a	0.752 a	187.1 a	4.06 a
	A1 B1	16.81 h	13.56 g-i	0.807 ab	136.7 d	-
	A1 B2	16.99 h	11.25 i	0.660 c-e	128.3 d	-
	A1 B3	17.25 h	14.40 f-i	0.843 a	141.7 d	-
	A2 B1	19.18 gh	15.73 e-i	0.820 ab	176.7 bc	3.37 b-d
	A2 B2	20.02 gh	12.82 hi	0.642 c-e	168.3 c	2.41 d
	A2 B3	20.79 gh	16.57 d-h	0.803 ab	183.3 a-c	2.95 cd
	A3 B1	21.75 f-h	16.75 d-h	0.770 a-d	188.3 a-c	3.85 a-c
	A3 B2	22.92 e-h	14.33 f-i	0.623 e	173.3 c	2.94 cd
	A3 B3	24.33 d-g	18.25 b-g	0.752 a-e	188.3 a-c	3.51 b-d
	A4 B1	25.08 c-g	19.42 a-f	0.773 a-c	190.0 a-c	3.96 a-c
	A4 B2	27.33 c-f	17.42 c-h	0.633 de	178.3 bc	3.33 b-d
	A4 B3	29.00 b-e	20.50 a-e	0.707 b-e	195.0 a-c	4.11 a-c
	A5 B1	27.25 c-f	21.08 a-e	0.775 a-c	195.0 a-c	4.33 a-c
	A5 B2	30.17 a-d	20.75 a-e	0.695 b-e	181.7 a-c	3.88 a-c
	A5 B3	30.83 a-c	21.67 a-d	0.702 b-e	204.2 ab	4.50 ab
	A6 B1	30.33 a-d	22.50 a-c	0.745 a-e	205.0 ab	5.11 a
	A6 B2	35.33 a	23.00 ab	0.655 c-e	191.7 a-c	4.48 ab
	A6 B3	34.83 ab	24.67 a	0.707 b-e	210.0 a	5.24 a

* میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند، در سطح احتمال پنج درصد آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means with the same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test at 5% of probability level.



درخت 'ناولینا' با پایه 'کاریزو سیترنج'
'Navelina' tree on 'Carrizo citrange'



درخت 'ناولینا' با پایه 'سوینگل سیتروملو'
'Navelina' tree on 'Swingle citrumelo'



درخت 'ناولینا' با پایه 'C-35 سیترنج'
'Navelina' tree on 'C-35 citrange'

شکل ۱- درختان پرتقال 'ناولینا' روی سه پایه مختلف، اردیبهشت ۱۳۹۶
Figure 1- 'Navelina' trees on three different rootstocks, mid-november 2019

شامل تفاوت چشمگیر در قطر تنه پیوندک و پایه است که اغلب منجر به رشد بیش از حد در پیوندک یا پایه می‌شود. حتی بدون تفاوت قابل توجهی در اندازه تنه ممکن است یک چین‌خوردگی در واحد پیوند توسعه پیدا کند (Castle, 1987). دلایل اصلی ناسازگاری پیوند را می‌توان ناهنجاری‌های آناتومیک، پاسخ‌های بیوشیمیایی، هورمونی و فیزیولوژیکی نامطلوب بین پایه و پیوندک و یا آلودگی به برخی از ویروس‌ها و فایتوپلاسماها ذکر کرد. به‌هرحال سازوکار دقیق ناسازگاری همچنان مبهم است (Sahin Cevik & Moore, 2006).

اندازه‌گیری برخی از خصوصیات میوه در زمان برداشت (اواسط آبان ماه) (شکل ۵) از سال ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹ (جدول ۳) نشان داد که وزن متوسط میوه طی چهار سال روند افزایشی داشت و از ۲۶۳ گرم در سال ۱۳۹۶ به ۲۹۳ گرم در سال ۱۳۹۹ رسید. اگرچه این تغییرات از نظر آماری معنی‌دار نبودند. آخرین سال اندازه‌گیری صفات میوه (۱۳۹۹)، ضخامت پوست میوه‌ها به‌طور معنی‌داری کمتر از سال‌های پیش از آن بود (۳/۴۱ میلی‌متر). درصد وزنی پوست میوه نسبت به وزن کل میوه در دو سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ نسبت به دو سال پیش از آن به‌طور معنی‌داری کمتر بود (متوسط ۴۳/۴ درصد نسبت به متوسط ۴۹/۳ درصد)، ولی درصد وزنی عصاره میوه در این سال‌ها با وجود افزایش مختصر، از نظر آماری با سال‌های اول اختلاف نداشت. میوه‌هایی که در اوایل مرحله زایشی روی درختان جوان تولید می‌شوند، غالباً پوست ضخیم‌تر و سنگین‌تر و میزان عصاره کمتری دارند که در نتایج پژوهش حاضر نیز این صفات مشاهده شد. در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷، چهار و پنج سال از زمان کاشت نهال در زمین اصلی گذشته بود و در واقع درختان در مرحله گذار از جوانی، به مرحله بلوغ بودند. اسیدیته قابل تیتراسیون عصاره، در سال ۱۳۹۷ نسبت به سال‌های قبل و بعد از خود، از نظر آماری بالاتر بود (۱/۴۶) و در مقابل، شاخص برداشت در همین سال کاهش معنی‌داری نسبت به سال‌های دیگر نشان داد (۷/۸۴ نسبت به ۱۰/۵۵ و ۱۱/۲۸). وزن میوه در سال‌های متوالی روی سه پایه مختلف، تفاوت آماری نشان نداد. ضخامت پوست میوه روی پایه 'کاریزو سیترنج'، بیشتر (۴/۷۵ میلی‌متر) و درصد وزنی عصاره، کمتر (۳۸ درصد) از دو پایه دیگر بود. میوه‌های پرتقال ناولینا روی پایه 'سوینگل سیتروملو' دیرتر از دو پایه سیترنج تغییر رنگ دادند (شاخص چشمی رنگ ۴/۱۷ نسبت به ۳/۷۵ و ۳/۶۷). میزان مواد جامد محلول در سال‌های متوالی و پایه‌های مختلف تفاوت آماری معنی‌داری نشان نداد و میزان آن بین ۱۱/۰۰ تا ۱۲/۱۳ متغیر بود. میزان اسیدیته قابل تیتراسیون عصاره میوه‌های روی پایه 'سوینگل سیتروملو' نسبت به میوه‌های روی سیترنج‌ها به‌طور معنی‌داری بالاتر بود (۱/۳۶) و در مقابل، شاخص برداشت روی این پایه، کاهش آماری نسبت به سیترنج‌ها نشان داد (۸/۸۴ نسبت به ۱۰/۷۴ و ۱۰/۰۹).

از این‌رو، محلول‌پاشی و مصرف خاکی کودهای مورد نیاز (۴۰۰ گرم نیتروژن از منبع اوره، ۳۰۰ گرم پتاسیم از منبع پتاسیم سولفات پودری و ۱۰۰ گرم سولفات روی به‌ازای هر درخت متناسب با فنولوژی رشد به‌صورت خاکی و اوره ۵ در هزار و مونو پتاسیم فسفات ۴ در هزار به همراه مویان ۰/۵ در هزار در سه مرحله اوایل خرداد، تیر و شهریور به‌صورت محلول‌پاشی) مصرف شد (Asadi Kangarshahi, 2019) و به‌تدریج درختان تا اواسط پاییز ۱۳۹۸، به حالت طبیعی خود برگشتند (شکل‌های ۳ و ۴، قسمت D). مدیریت نامناسب تغذیه باغ‌ها در طول فصل رشد به‌ویژه بعد از برداشت میوه در سال پرمحصول و تأخیر در برداشت میوه موجب تخلیه کربوهیدرات‌ها و عناصر غذایی ریشه‌ها شده و سپس بارندگی زیاد و مانداب شدن خاک منطقه ریشه به‌دنبال آن می‌تواند موجب تشدید این تخلیه و خشکیدگی سرشاخه‌ها و در مواردی نیز موجب زوال مرکبات شود. تنش آبی به‌ویژه بعد از برداشت میوه در فصل پاییز (به‌ویژه در سال‌های با بارندگی کم در این فصل) که اکثر باغداران می‌پندارند که عملیات باغبانی با شروع فصل پاییز و برداشت میوه به اتمام رسیده است، موجب صدمه به ریشه‌های فیبری شده و می‌تواند در خشکیدگی سرشاخه‌ها در بهار سال بعد مؤثر باشد (Asadi Kangarshahi & Akhlaghi Amiri, 2003).

در پژوهشی دیگر با پرتقال 'فوکوموتو' ۱ نیز برخی از درختان پرتقال روی پایه 'سیترنج C-35' بعد از گذشت چند سال از کاشت در زمین اصلی، علائم تاولی شدن پوست در قسمت پایه و پیوندک را نشان دادند. این درختان در سال‌های بعد دچار زرد برگی و ریزش برگ و در یک مورد دچار زوال کامل شدند (Akhlaghi Amiri & Asadi Kangarshahi, 2024). گزارش‌هایی از ناسازگاری با تأخیر در مرکبات تا ۱۵ سال بعد از پیوند نیز وجود دارد (Habibi et al., 2022). در پژوهشی طی دو دهه از سال ۱۹۹۷ در استرالیا، با هشت پایه و سه رقم پرتقال ناول (۲۴ ترکیب پایه و رقم)، رقم پرتقال 'ناولینا' روی پایه‌های 'سیترنج C-35' و سیتروملوهای F80-5² و F80-7³ دچار ناسازگاری در محل پیوند شدند و در دهه دوم بعد از کاشت، حدود ۷۵ درصد درختان این سه ترکیب از بین رفتند. در هیچ یک از ترکیب‌های دیگر پایه و رقم بعد از ۲۰ سال، زوال و مرگ درخت اتفاق نیفتاد. البته اندازه درخت در ارقام دیگر روی پایه 'سیترنج C-35' کوچک‌تر از درختان دیگر بود (Skewes, 2015). ناسازگاری، اغلب در ابتدا به‌صورت مشکلاتی در واحد پیوند مشاهده می‌شود که البته همیشه منجر به مرگ درخت نمی‌شود. نشانه‌های ناسازگاری

1 - 'Fucumoto'
2- F80-5 citrumelo
3 - F80-7 citrumelo



زوال پرتقال 'ناولینا' روی پایه 'سیترنج C-35' در آبان سال ۱۳۹۷
Decline of 'Navelina' orange tree on 'C-35 citrange',
November 2018



درخت سالم پرتقال 'ناولینا' روی پایه 'سیترنج C-35'، اردیبهشت ۱۳۹۶
Healthy 'Navelina' orange tree on 'C-35 citrange',
May 2017

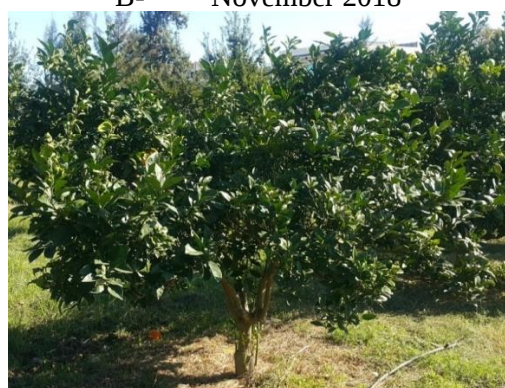
شکل ۲- زوال درخت پرتقال 'ناولینا' روی پایه 'سیترنج C-35' در سال ۱۳۹۷
Figure 2- Decline of 'Navelina' orange with 'C-35 citrange' rootstock in 2018



ب- آبان ۱۳۹۷
B- November 2018



الف- اردیبهشت ۱۳۹۶
A- May 2017



د- آبان ۱۳۹۸
D- November 2019



ج- خرداد ۱۳۹۸
C- June 2019

شکل ۳- مراحل شروع زوال یکی از درختان 'ناولینا' روی پایه 'سیترنج C-35' و برگشت آن به حالت طبیعی با مدیریت آبیاری و تغذیه
Figure 3- Decline of two of 'Navelina' orange trees on 'C-35 citrange' rootstock and returning it to its natural state with
irrigation and nutrition management



ب- آبان ۱۳۹۷

B- November 2018



الف- اردیبهشت ۱۳۹۶

A- May 2017



د- آبان ۱۳۹۸

D- November 2019



ج- خرداد ۱۳۹۸

C- June 2019

شکل ۴- پرتقال 'ناولینا' روی پایه 'سیترنج C-35'

Figure 4- 'Navelina' orange on 'C-35 citrange' rootstock

برای بررسی روند تغییرات کیفی میوه و نیز تعیین بهترین زمان شروع برداشت ناولینا روی پایه‌های این پژوهش، از ۱۰ مهر تا ۲۵ آذر ماه سال ۱۳۹۷ میوه‌ها در چهار مرحله برداشت شدند و برخی از صفات آن‌ها در هر مرحله با هم مقایسه شدند (جدول ۴). وزن میوه از اولین مرحله نمونه‌برداری تا سومین مرحله روند افزایشی داشت و از ۲۵۳ گرم در ۱۰ مهر با افزایش معنی‌داری به ۳۱۷ گرم در ۲۵ آبان رسید و از آن پس تا آخرین مرحله نمونه‌برداری در یک ماه بعد در ۲۵

بنابراین می‌توان گفت که روند بلوغ فیزیولوژیک و تغییر رنگ پوست میوه در پرتقال ناولینا روی پایه 'سوینگل سیتروملو' بعد از پایه‌های سیترنج رخ می‌دهد. در پژوهشی با درختان ۴ تا ۱۲ ساله پرتقال ناولینا در برزیل، وزن متوسط میوه طی نه سال روی پایه 'سوینگل سیتروملو'، ۳۳۰ گرم و نسبت طول میوه به قطر میوه ۱/۱۱ و درصد وزنی عصاره ۴۶ درصد بود که نسبت به پایه‌های سیترنج 'C-13'، کلواترا ماندارین^۲، سانکی ماندارین^۳ و رانگپورلایم^۴ بالاتر بود (Cruz et al., 2019).

2- Cleopatra mandarin

3- 'Sanki' mandarin

4- 'Rangpour' lime

1- C-13 citrange

نداشتند. بافت پوست از نظر شاخص زبری و صافی، روند کاهشی نشان داد، اگرچه تغییرات آن معنی‌دار نبود. تغییرات رنگ پوست با شاخص چشمی رنگ‌سنجی طی چهار مرحله نمونه‌برداری معنی‌دار بود و از رنگ سبز-زرد در ۱۰ مهر به رنگ زرد-نارنجی در ۱۰ آبان و رنگ نارنجی روشن در ۲۵ آبان رسید و سپس تغییر رنگ پوست تا ۲۵ آذر از نظر آماری غیرمعنی‌دار بود.

آذر، وزن میوه ثابت ماند. ضخامت پوست طی چهار مرحله نمونه‌برداری تغییر معنی‌داری نداشت. درصد وزنی پوست با روندی کاهشی، از ۵۹ درصد در ۱۰ مهر به ۴۴ درصد در ۲۵ آذر رسید، البته به‌جز مرحله اول نمونه‌برداری، سه مرحله بعد با هم تفاوت آماری نداشتند. درصد وزنی عصاره با روندی افزایشی از ۳۲/۵ درصد در ۱۰ مهر به ۴۵/۶ درصد در ۲۵ آذر افزایش یافت، البته مرحله سوم (۲۵ آبان) و مرحله چهارم (۲۵ آذر) نمونه‌برداری، تفاوت معنی‌داری نسبت به هم

جدول ۳- برخی از صفات کمی و کیفی میوه پرتقال 'ناولینا' در زمان برداشت در دهه دوم آبان ماه در سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۹۹

Table 2- Some quantitative and qualitative traits of 'Navelina' fruit at harvest time in 2017-2020

	منابع تغییر S.O.V	وزن میوه Fruit weight (g)	ضخامت پوست Peel thickness (mm)	طول میوه: عرض میوه Fruit length: width	پوست Peel (%)	عصاره Juice (%)	رنگ پوست Peel color	مواد جامد محلول TSS (%)	اسید قابل تیتراسیون TA (%)	شاخص برداشت TSS:TA
سال Year	۱۳۹۶	263.2 a*	4.28 ab	1.029 a	49.0 a	40.8 a	4.58 a	11.63 a	1.10 b	10.55 a
	2017 (A1)									
	۱۳۹۷	284.1 a	4.78 a	0.983 a	49.6 a	40.8 a	3.00 b	11.08 a	1.46 a	7.84 b
	2018 (A2)									
	۱۳۹۸	287.0 a	5.11 a	1.023 a	44.4 b	41.7 a	4.00 ab	11.37 a	1.04 b	11.28 a
سال Year	2019 (A3)									
	۱۳۹۹	293.2 a	3.41 b	1.010 a	42.4 b	41.5 a	--	--	--	--
پایه Rootstock	2020 (A4)									
	Carizo (B1)	295.8 a	4.75 a	1.028 a	46.3 a	38.0 b	3.75 ab	11.19 a	1.07 b	10.74 a
	Swingle (B2)	271.0 a	4.32 ab	1.004 a	44.8 a	41.9 ab	4.17 a	11.38 a	1.36 a	8.84 b
سال × پایه Year × rootstock	C-35 (B3)	278.8 a	4.12 b	1.001 a	48.0 a	43.7 a	3.67 ab	11.51 a	1.17 b	10.09 a
	A1 B1	286.5 ab	5.26 ab	1.070 a	46.3a-c	42.3 ab	4.25 ab	11.38 a	0.96 c	11.52 ab
	A1 B2	240.5 b	3.46 de	1.033 a	48.2a-c	44.4 a	4.75 a	12.13 a	1.17 bc	10.38 bc
	A1 B3	262.5 ab	4.14 b-e	0.985 a	52.5 ab	44.7 a	4.75 a	11.38 a	1.17 bc	9.74 cd
	A2 B1	272.8 ab	4.60 a-d	0.965 a	52.7 a	36.3 b	3.25 ab	11.13 a	1.29 b	8.78 d
	A2 B2	281.5 ab	5.67 a	0.993 a	48.6a-c	40.0 ab	3.25 ab	11.00 a	1.74 a	6.49 e
	A2 B3	298.0 ab	4.06 b-e	0.990 a	47.4a-c	43.2 a	2.50 b	11.13 a	1.35 b	8.26 d
	A3 B1	277.5 ab	5.56 a	1.043 a	43.7 bc	37.5 b	3.75 ab	11.07 a	0.96 c	11.93 a
	A3 B2	280.0 ab	5.00 ab	0.980 a	42.4 c	41.4 ab	4.50 a	11.00 a	1.16 bc	9.66 cd
	A3 B3	303.5 ab	4.77 a-c	1.045 a	47.1a-c	43.3 a	3.75 ab	12.02 a	1.00 c	12.25 a
	A4 B1	345.3 a	3.58 c-e	1.035 a	42.4 c	36.0 b	--	--	--	--
	A4 B2	283.0 ab	3.17 e	1.013 a	39.9 c	41.9 ab	--	--	--	--
	A4 B3	251.3 ab	3.50 c-e	0.983 a	44.9a-c	43.7 a	--	--	--	--

* میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند، در سطح احتمال پنج درصد آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means with the same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test at 5% of probability level.



شکل ۵- میوه پرتقال 'ناولینا' روی سه پایه 'سیترنج C-35'، 'سوینگل سیتروملو' و 'کاریزو سیترنج' (بالا)، فرم کشیده و پوست دو رنگ میوه در آبان ماه (پایین، راست) و برش طولی و عرضی میوه و میوه ثانویه بزرگ (ناف) در این رقم از پرتقال ناول (پایین، چپ) آبان ۱۳۹۷
 Figure 5- 'Navelina' orange on 'Carrizo citrange', 'Swingle citrumelo', and 'C-35 citrange' rootstock (top), the elongated shape and two-tone peel of the fruit in November (bottom, right) and a longitudinal and transverse section of the fruit and the large secondary fruit (navel) in this cultivar of navel orange (bottom, left), November 2018

عدد هفت و درصد عصاره میوه به ۳۵ درصد رسیده باشد و تغییر رنگ نیمی از سطح پوست از سبز به زرد اتفاق افتاده باشد (Lado et al., 2018). متوسط ضخامت پوست میوه، درصد وزنی پوست و عصاره، شاخص چشمی بافت و رنگ پوست و نیز مواد جامد محلول پرتقال ناولینا روی سه پایه مختلف تفاوت آماری معنی داری نشان ندادند. در نتایج جدول ۴ (زمان‌های مختلف نمونه‌برداری طی یک سال) همانند نتایج جدول ۳ (نمونه‌برداری در سال‌های متوالی)، میزان اسیدیته قابل تیتراسیون روی پایه سیتروملو به‌طور معنی‌داری بیشتر از پایه‌های سیترنج کاریزو و C-35 بود و در مقابل، شاخص برداشت میوه روی این پایه، به‌طور معنی‌داری کمتر از دو پایه سیترنج بود (۷/۱۲ در سیتروملو نسبت به ۹/۸۵ در کاریزو و ۹/۰۵ در C-35). با بررسی اثر متقابل مراحل نمونه‌برداری و پایه‌های مختلف در جدول ۴، در دومین مرحله نمونه‌برداری (۱۰ آبان)، شاخص برداشت روی پایه‌های کاریزو و C-35 به‌ترتیب به ۸/۷۸ و ۸/۲۶ رسید که بالاتر از عدد هفت (استاندارد شاخص شروع برداشت پرتقال) است، ولی روی پایه سیتروملو این شاخص هنوز ۶/۴۹ است. بنابراین میوه‌های ناولینا روی پایه سیتروملو از ۲۵ آبان، آماده شروع برداشت می‌شوند، درحالی‌که پرتقال‌های ناولینا روی پایه‌های سیترنج از ۱۰ آبان به آستانه استاندارد شاخص برداشت می‌رسند و می‌توان در این زمان برداشت آن‌ها را

مواد جامد محلول در اولین مرحله نمونه‌برداری نسبت به سه مرحله بعدی کمتر بود و اختلاف آن با سه زمان آخر، از نظر آماری معنی‌دار بود. اسیدیته قابل تیتراسیون با روند کاهشی منظم و معنی‌داری از ۱/۷۴ در ۱۰ مهر به ۱/۰۳ در ۲۵ آذر رسید و شاخص برداشت با روند افزایشی منظم و معنی‌داری از ۶/۰۴ در ۱۰ مهر به ۱۱/۹ در ۲۵ آذر رسید. آستانه شروع برداشت پرتقال‌ها از نظر شاخص برداشت عدد هفت است که در پروژه حاضر در مرحله نمونه‌برداری ۱۰ آبان، متوسط این شاخص به ۷/۸۴ رسیده بود. رنگ میوه، میزان عصاره، قند، اسید و نسبت قند به اسید (شاخص برداشت)، از مهم‌ترین شاخص‌های تشخیص بلوغ میوه و مرحله رسیدن هستند. این یافته‌ها به تولیدکنندگان مرکبات کمک می‌کند تا محصول خود را در زمان مناسب، برای مصرف تازه در بازار برداشت کنند و نیز میزان میوه‌های با کیفیت پایین را کاهش دهند. علاوه بر این به‌منظور به حداقل رساندن ضایعات میوه، برداشت در زمان مناسب بسیار مهم است (Manzoor et al., 2023). میزان عصاره یکی از عوامل کیفی مهم برای مرکبات است و میوه‌های آبدارتر در بازار تازه‌خوری پذیرفته‌شده‌تر هستند و میوه‌هایی که میزان عصاره آن‌ها از ۳۵ درصد کمتر باشد، استاندارد مناسب برداشت را ندارند (Ziogas et al., 2023). زمان مناسب شروع برداشت پرتقال‌ها وقتی است که شاخص برداشت به

به تدریج شروع کرد. در نتایج پژوهشی روی پرتقال 'نامسون ناول' و پایه‌های مشابه در پژوهش حاضر، بهترین زمان شروع برداشت در منطقه شرق مازندران از اواسط آبان ماه توصیه شده است (Akhlaghi Amiri et al., 2023). در پژوهشی دیگر روی پرتقال فوکومتو و پایه‌های مشابه، زمان شروع برداشت پرتقال روی همه پایه‌ها، دهه سوم مهر گزارش شده است (Akhlaghi Amiri & Asadi Kangarshahi, 2024).

جدول ۴- روند تغییرات برخی از صفات کمی و کیفی میوه پرتقال 'ناولینا' در چهار مرحله برداشت میوه در سال ۱۳۹۷
Table 4- Changes in some quantitative and qualitative characteristics of 'Navelina' orange fruit in four stages of fruit harvesting in 2018

harvesting in 2018										
	منابع تغییر S.O.V	وزن میوه Fruit weight (g)	ضخامت پوست Peel thickness (mm)	پوست Peel (%)	عصاره Juice (%)	بافت پوست Peel texture	رنگ پوست Peel color	مواد جامد محلول TSS (%)	اسید قابل تیتراسیون TA (%)	شاخص برداشت TSS/TA
زمان برداشت Harvest time	۱۳۹۷/۷/۱۰ 2018.10.1(A1)	253 b*	4.37 a	59.1 a	32.5 b	2.33 a	5.58 a	9.75 b	1.74 a	6.04 c
	۱۳۹۷/۸/۱۰ 2018.11.1(A2)	284ab	4.78 a	49.6 b	39.8 ab	1.92 a	3.00 b	11.08 a	1.46 ab	7.84 b
	۱۳۹۷/۸/۲۵ 2018.11.15(A3)	317 a	4.39 a	47.0 b	43.2 a	1.83 a	1.58 c	11.07 a	1.32 bc	8.96 b
	۱۳۹۷/۹/۲۵ 2018.12.15(A4)	316 a	4.23 a	43.9 b	45.6 a	1.67 a	1.00 c	11.39 a	1.03 c	11.9 a
پایه Rootstock	Carizo (B1)	317 a	4.19 a	49.0 a	40.4 a	2.06 a	2.88 a	10.78 a	1.18 b	9.85 a
	Swingle (B2)	270ab	4.79 a	48.8 a	39.9 a	1.88 a	2.94 a	10.94 a	1.71 a	7.12 b
	C-35 (B3)	291ab	4.34 a	51.9 a	40.6 a	1.88 a	2.56 a	10.74 a	1.27 b	9.05 a
زمان برداشت × پایه Harvest time × rootstock	A1 B1	291 ab	3.90 ab	56.7 a-c	35.4a-c	2.50 a	5.50 a	9.50 c	1.44 b-d	6.92 ef
	A1 B2	215 b	4.16 ab	58.4 ab	31.9 bc	2.00 a	5.75 a	10.00a-c	2.21 a	4.76 f
	A1 B3	254 ab	5.04 ab	62.3 a	30.3 c	2.50 a	5.50 a	9.75 bc	1.56 bc	6.44 ef
	A2 B1	273 ab	4.60 ab	52.7 b-d	36.3a-c	2.50 a	3.25 b	11.13 a-c	1.29 b-d	8.78 c-e
	A2 B2	282 ab	5.67 a	48.6 c-e	40.0a-c	2.00 a	3.25 b	11.00 a-c	1.74 ab	6.49 ef
	A2 B3	298 ab	4.06 ab	47.4 de	43.2 ab	1.25 a	2.50 b	11.13 a-c	1.35 b-d	8.26 c-e
	A3 B1	369 a	3.60 b	44.6 de	45.1 a	1.75 a	1.75 c	10.80 a-c	1.11 b-d	9.89 bc
	A3 B2	296 ab	4.63 ab	47.0 de	42.9 ab	2.00 a	1.75 c	11.20 a-c	1.64 ab	7.35 de
	A3 B3	318 ab	4.96 ab	49.2 c-e	41.6a-c	1.75 a	1.25 c	11.20 a-c	1.22 b-d	9.62 b-d
	A4 B1	338 a	4.66 ab	42.1 e	44.6 a	1.50 a	1.00 c	11.70 a	0.87 d	13.81 a
	A4 B2	289 ab	4.72 ab	41.0 e	44.9 a	1.50 a	1.00 c	11.57 ab	1.26 b-d	9.89 bc
	A4 B3	293 ab	3.32 b	48.7 c-e	47.2 a	2.00 a	1.00 c	11.00 a-c	0.95 cd	11.86 ab

* میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند، در سطح احتمال پنج درصد آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means with the same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test at 5% of probability level.

مترمکعب در سال ۱۳۹۹ رسید. در پژوهشی با درختان 'ناولینا' روی پایه‌های مختلف در برزیل، عملکرد درختان 'ناولینا' روی پایه 'سوینگل سیتروملو' در سال چهارم، هشت تن در هکتار بود، در سال پنجم به ۲۰ تن افزایش یافت و در سال ششم مجدداً به ۱۳ تن کاهش یافت. همین نوسان باردهی روی پایه C-13 و پایه‌های دیگر پژوهش مذکور نیز مشاهده شد. بنابراین درختان 'ناولینا' در شرایط خاکی و اقلیمی برزیل تناوب باردهی نشان دادند. در همین پژوهش، کارایی عملکرد روی پایه 'سوینگل سیتروملو' در درختان پنج ساله، ۵/۵ و در درختان ۱۲ ساله ۴/۹ بود که در هر دو مورد، بالاتر از این شاخص روی پایه‌های 'سیترنج C-13'، 'کلوپاترا' ماندارین، 'سانکی' ماندارین و 'رانگپورلایم' بود (Cruz et al., 2019).

اندازه‌گیری حجم درختان، نسبت میزان عملکرد هر درخت بر حجم تاج (کارایی عملکرد) و عملکرد هکتاری درختان براساس فاصله کاشت (جدول ۵) نشان داد که طی سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹، عملکرد متوسط درختان از سال ۱۳۹۶ از ۱۰/۱۷ تن در هکتار با روند افزایشی و معنی‌داری به ۱۸/۹۵ تن در هکتار در سال ۱۳۹۹ رسید. بنابراین به نظر می‌رسد که درختان پرتقال ناولینا روی پایه‌های سه‌برگه‌ای در این پژوهش برخلاف بسیاری از ارقام و پایه‌های مرکبات، تناوب باردهی نداشتند. حجم تاج نیز از ۳/۴۳ مترمکعب در سال ۱۳۹۶ با روند افزایشی سالانه به ۴/۹۴ مترمکعب در سال ۱۳۹۹ رسید. کارایی عملکرد که نسبت بین عملکرد درخت و حجم درخت است نیز از ۴/۵۲ کیلوگرم بر مترمکعب در سال ۱۳۹۶ به ۶/۰۲ کیلوگرم بر

جدول ۵- عملکرد و کارایی عملکرد پرتقال 'ناولینا' روی سه پایه مختلف در سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۹۹

Table 4- Yield and yield efficiency of 'Navelina' orange on three different rootstocks in 2017-2020

Table 4. Yield and yield efficiency of Navelina orange on three different rootstocks in 2017-2020							
	منابع تغییر S.O.V	عملکرد Yield (ton.ha ⁻¹)	حجم تاج Volume (m ³)	کارایی عملکرد Yield efficiency (kg.m ⁻³)	فضای تنوری Theoretical space (m ² .tree ⁻¹)	تعداد تنوری درختان Theoretical number of tree (ha)	عملکرد تنوری Theoretical yield (ton.ha ⁻¹)
سال Year	۱۳۹۶ 2017 (A1)	10.17 c*	3.43 c	4.52 c	6.17 c	1658 a	24.61 b
	۱۳۹۷ 2018 (A2)	12.58 bc	3.80 bc	4.97 bc	6.53 bc	1556 ab	28.56 ab
	۱۳۹۸ 2019 (A3)	16.02 ab	4.24 b	5.95 ab	6.91 ab	1474 bc	35.10 a
	۱۳۹۹ 2020 (A4)	18.95 a	4.94 a	6.02 a	7.48 a	1366 c	38.13 a
پایه Rootstock	Carizo (B1)	16.61 a	4.31 a	6.07 a	6.88 a	1505 a	36.00 a
	Swingle (B2)	12.07 b	3.66 b	4.94 b	6.53 a	1568 a	27.19 b
	C-35 (B3)	14.61 ab	4.34 a	5.09 ab	6.90 a	1468 a	31.61 ab
سال × پایه Year × rootstock	A1 B1	10.72 cd	3.85 a-c	4.34 c	6.54 a-c	1565 ab	24.62 c
	A1 B2	8.10 d	2.94 c	4.24 c	5.76 c	1784 a	20.97 c
	A1 B3	11.70 cd	3.51 bc	4.98 bc	6.21 bc	1626 ab	28.23 c
	A2 B1	12.82 b-d	3.96 a-c	4.87 bc	6.62 a-c	1548 ab	28.43 c
	A2 B2	10.06 cd	3.33 bc	4.63 c	6.21 bc	1628 ab	24.45 c
	A2 B3	14.86 bc	4.11 a-c	5.41 a-c	6.77 a-c	1493 ab	32.78 bc
	A3 B1	18.99 ab	4.33 a-c	7.31 ab	6.89 a-c	1513 ab	42.12 ab
	A3 B2	13.73 b-d	3.88 a-c	5.38 a-c	6.85 a-c	1474 ab	30.22 bc
	A3 B3	15.35 bc	4.50 ab	5.15 bc	7.01 a-c	1434 b	32.97 bc
	A4 B1	23.89 a	5.11 a	7.77 a	7.48 ab	1394 b	48.83 a
	A4 B2	16.41 bc	4.48 ab	5.49 a-c	7.31 ab	1384 b	33.12 bc
	A4 B3	16.55 bc	5.24 a	4.80 bc	7.64 a	1320 b	32.45 bc

* میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند، در سطح احتمال پنج درصد آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means with the same letters are not significantly different according to Duncan's multiple test at 5% of probability level.

نسبت به حجم درخت روی پایه سیتروملو، افزایش آماری نشان داد. در آخرین سال پژوهش (۱۳۹۹)، بیشترین حجم تاج روی پایه 'سیترنج C-35' (۵/۲۴ مترمکعب) بود که با پایه 'کاریزو سیترنج' (۵/۱۱ مترمکعب) در یک گروه آماری قرار گرفت و کوچک‌ترین حجم درخت روی پایه سیتروملو (۴/۴۸ مترمکعب) ثبت شد. کارایی عملکرد

پایه 'کاریزو سیترنج'، بالاترین متوسط عملکرد چهار سال (۱۶/۶۱ تن در هکتار) و پایه 'سوینگل سیتروملو' کمترین متوسط عملکرد چهار سال (۱۲/۰۷ تن در هکتار) را با حدود ۲۵ درصد کاهش نسبت به 'کاریزو سیترنج' تولید کرد. حجم درخت طی سال‌های متوالی در پایه‌های سیترنج تفاوت معنی‌دار آماری نشان نداد، ولی

عملکرد پایه‌های پررشد ۲/۵ برابر پایه‌های پاکوتاه بود. البته پایه‌های نیمه‌پاکوتاه و پاکوتاه برای سودآورتر کردن باغ با تراکم کاشت بسیار بالا اهمیت زیادی دارد (Girardi et al., 2021). برای استفاده بهینه از زمین، فاصله کاشت درختان باید براساس حجم تاج مورد انتظار درخت بالغ روی پایه انتخاب‌شده در خاک و اقلیم منطقه در نظر گرفته شود. یک باغ متراکم‌تر ممکن است با وجود سرمایه‌گذاری اولیه بالاتر، بازگشت و بازده اقتصادی زودتری نیز فراهم کند.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، با توجه به نتایج میدانی پژوهش حاضر طی هفت سال، رقم جدید پرتقال نافدار ناولینا دارای میوه‌هایی کشیده با اندازه و وزن بالا، پوستی ضخیم، میزان عصاره زیاد و رنگ نارنجی کم‌رنگ است که حدود دو هفته زودتر از رقم غالب منطقه (‘تامسون ناول’) مناسب برداشت می‌شود. در واقع، می‌توان زمان شروع برداشت پرتقال ناولینا روی پایه‌های سیترنج را ابتدای آبان و روی پایه ‘سوینگل سیتروملو’ را هم‌زمان با پرتقال تامسون، ۲۰-۱۵ آبان اعلام کرد. به‌علت تغییر رنگ زود هنگام پوست میوه و آلودگی منطقه به مگس مدیترانه‌ای مرکبات، تأخیر در برداشت سبب ریزش قبل از برداشت میوه و ضایعات بالای محصول در اثر گزش این حشره می‌شود. همچنین اندازه میوه در برداشت دیر هنگام در پایان آبان ماه، بسیار بزرگ شده و سنگین‌تر از ۳۱۰ گرم می‌شود که بازارپسندی میوه را کاهش می‌دهد. حجم درختان پرتقال ناولینا روی هر سه پایه مورد پژوهش کوچک بود و بعد از گذشت هفت سال از کاشت در زمین اصلی براساس ارتفاع درخت و قطر تاج و با احتساب ۲/۵ متر فضای خالی بین درختان در فاصله بین ردیف‌ها، فضای تئوری مورد نیاز هر درخت حدود ۷/۵ مترمربع بود. از میان سه پایه مورد بررسی در این پژوهش، پایه ‘کاریزو سیترنج’ بهترین پایه برای این رقم از پرتقال بود. علاوه بر اینکه علائم زوال نشان نداد، بالاترین متوسط عملکرد چهار سال (۱۶/۶۱ تن در هکتار) و بالاترین کارایی عملکرد متوسط (۶/۰۷) و سال پایانی (۷/۷۷ کیلوگرم بر مترمکعب) را نیز به خود اختصاص داد. همچنین شاخص برداشت میوه در اوایل آبان به‌میزان استاندارد برداشت رسید که دو هفته زودتر از رقم غالب منطقه (پرتقال ‘تامسون ناول’) می‌باشد.

سپاسگزاری

از کارشناسان و همکاران محترم مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران که در امور میدانی و آزمایشگاهی این پژوهش صمیمانه همکاری داشتند، قدردانی و سپاسگزاری می‌شود.

در سال‌های مختلف براساس عملکرد درختان و حجم تاج متفاوت بود. بالاترین متوسط کارایی عملکرد در روی پایه ‘کاریزو سیترنج’ با ۶/۰۷ کیلوگرم بر مترمکعب و همچنین بالاترین کارایی عملکرد در سال پایانی پژوهش روی این پایه با ۷/۷۷ کیلوگرم بر مترمکعب ثبت شد. بیشترین کارایی عملکرد در سال اول پژوهش روی پایه ‘سیترنج C-35’ ثبت شد. در حالی که به‌دلیل کلروز و ریزش برگ که در تعدادی از درختان روی این پایه در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ رخ داد، عملکرد کل روی این درختان کاهش یافت، از این‌رو کمترین کارایی عملکرد در سال پایانی پژوهش، روی همین پایه با ۴/۸۰ کیلوگرم بر مترمکعب ثبت شد.

فضای تئوری درخت روی هر سه پایه این پژوهش و در سال‌های مشابه، تفاوت معنی‌داری نسبت به هم نشان نداد و براساس ارتفاع درخت و قطر تاج، برای درختان با سن شش سال در این پژوهش و با احتساب ۲/۵ متر فضای خالی بین درختان در فاصله بین ردیف‌ها، فضای تئوری مورد نیاز حداکثر ۷/۵ مترمربع بود. اگر روند کند افزایشی حجم تاج و فضای مورد نیاز درختان در سال‌های آتی در نظر گرفته شود، می‌توان با انجام هرس سالانه در اواخر زمستان که در پژوهش حاضر جزء عملیات مدیریتی بود، حداکثر فضای مورد نیاز درختان این ترکیب پایه و پیوند را ۱۰ مترمربع در نظر گرفت. در پژوهشی روی پرتقال ‘تامسون ناول’، فضای تئوری درختان تقریباً با شرایط و پایه‌های مشابه با اعداد به‌دست‌آمده در پژوهش حاضر مشابهت داشت (Akhlaghi Amiri et al., 2023) در حالی که در پرتقال فوکوموتو حدود ۵/۵ مترمربع بود (Akhlaghi Amiri & Asadi Kangarshahi, 2024).

در پژوهشی در برزیل، حجم درختان پرتقال روی پایه ‘سیترنج C-35’ و ‘سوینگل سیتروملو’، ۱۰ سال بعد از کاشت در زمین اصلی ۴/۵ مترمکعب و روی پایه‌های کاریزو و ترویر سیترنج ۸/۵ مترمکعب بود (Gullo et al., 2021). مقایسه بین عملکرد هکتاری درختان با فواصل نیمه‌متراکم کاشته‌شده در این پژوهش (۳ × ۵) (که البته کمتر از فواصل سنتی رایج در منطقه است) با عملکرد تئوری با فواصل تئوری محاسبه‌شده براساس ارتفاع درخت و قطر تاج نشان می‌دهد که با استفاده صحیح از زمین، می‌توان عملکرد را تا بیش از دو برابر افزایش داد و در زمان احداث باغ و طراحی فاصله کاشت و تعداد درختان، از فضای باغ بیشترین استفاده را نمود و عملکرد در واحد سطح را نیز به همین نسبت افزایش داد. در پژوهشی طی ۱۰ سال در برزیل برای امکان افزایش عملکرد اقتصادی در واحد سطح از پایه‌های با قدرت رشدی مختلف و تراکم کاشت متفاوت استفاده شد. نتایج نشان داد که عملکرد تجمعی با تراکم کاشت ۱۰۰۰ درخت در هکتار بدون توجه به قدرت رشد پایه، ۲۷ درصد افزایش یافت و میزان

References

1. Agricultural Statistics. (2022). Third volume: Horticultural and greenhouse products, Ministry of Agricultural Jihad, Planning and Economic Deputy of Information and Communications Technology Center, 328 p. (In Persian)
2. Akhlaghi Amiri, N., & Asadi Kangarshahi, A. (2024). Investigating vegetative growth, yield and harvest time of Fukumoto orange (*Citrus sinensis* cv. Fukumoto) with some citrus rootstocks Iran. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, 25(4), 501-518. (In Persian)
3. Akhlaghi Amiri, N., & Asadi Kangarshahi, A. (2020). Pruning of Citrus Trees. Agricultural Extension and Education Publications, Tehran, Iran. 128 p. (In Persian)
4. Akhlaghi Amiri, N., & Asadi Kangarshahi, A. (2022a). Effect of 'C-35 citrange' rootstock on vegetative and reproductive characteristics of Miyagawa Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* 'Miyagawa') in the plain and foothills of East Mazandaran. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, 23(1), 79-88. (In Persian)
5. Akhlaghi Amiri, N., & Asadi Kangarshahi, A. (2022b). Vegetative and reproductive characteristics of Miyagawa Satsuma mandarin on 'Swingle citrumelo' in alluvial and piedmont-plain of East Mazandaran. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 53(1), 1-14. (In Persian). <http://doi.org/10.22059/ijhs.2021.308459.1836>
6. Akhlaghi Amiri, N., Asadi Kangarshahi, A., & Fattahi Moghadam, J. (2023). Investigating the vegetative growth, quantitative and qualitative yield and harvesting time of 'Thomson navel' orange with different rootstocks in east of Mazandaran. *Journal of Research in Horticultural Science*, 2(2), 209-226. (In Persian) <https://doi.org/10.22092/rhsj.2024.362581.1063>
7. Asadi Kangarshahi, A. (2019). Nutrition Management of Citrus Trees. Agricultural Extension and Education Publications, Tehran, Iran. 174 p. (In Persian)
8. Asadi Kangarshahi, A., & Akhlaghi Amiri, N. (2003). Citrus dieback and decline in east of Mazandaran. Agricultural Jihad Organization of Mazandaran Province. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO). 92/217/01.
9. Asadi Kangarshahi, A., & Akhlaghi Amiri, N. (2018). Establishment of Sustainable Citrus Orchard. Agricultural Extension and Education Publications, Tehran, Iran. 180 p. (In Persian)
10. Asadi Kangarshahi, A., & Akhlaghi Amiri, N. (2020). Evaluation of growth rate and vegetative and physiological characteristics of satsuma mandarin on 'C-35' rootstock in some calcareous soils. *Iranian Journal of Soil Research*, 34(2), 215-234. (In Persian). <https://doi.org/10.22092/ijsr.2020.122521>
11. Asadi Kangarshahi, A., & Akhlaghi Amiri, N. (2022). Evaluation of vegetative, physiological, and chlorosis characteristics of Satsuma mandarin on 'Carrizo citrange' rootstock in some calcareous soils. *Iranian Journal of Soil Research*, 36(1), 47-67. (In Persian). <https://doi.org/10.22092/IJSR.2022.126890>
12. Asadi Kangarshahi, A., & Akhlaghi Amiri, N. (2023). Performance of Miyagawa Satsuma Mandarin raised on 'Swingle citrumelo' in calcareous soils. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 10(3), 161-172. <https://doi.org/10.22059/IJHST.2022.326739.480>
13. Aviles, T. C., Filho, F. A., Stuchi, E.S., Silva, S. R., & Espinoza, E. (2011). Horticultural performance of Folha Murcha sweet orange on to twelve rootstocks. *Scientia Horticulturae*, 129(2), 259-265. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.03.039>
14. Bassal, M. A. (2009). Growth, yield and fruit quality of 'Marisol' Clementine grown on four rootstocks in Egypt. *Scientia Horticulturae*, 119, 132-137. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.07.020>
15. Caruso, M., Giuffrida, A., & Malfa, S. L. (2024). Rootstocks for the Mediterranean citrus industry: Current choices and new releases. *Italus Hortus*, 31(1), 1-17. <http://10.26353/j.itahort/2024.1.0117>
16. Castle, W. S. (1987). Citrus Rootstocks. In: R. C. Rom and R. F. Carlson (Ed.) Rootstocks for Fruit Crops. John Wiley & Sons Inc. p. 361-399
17. Cruz, M. A., Neves, C. S. V., Carvalho, D. U., Colombo, R. C., Junior, R. P., & Tazima, Z. H. (2019). Navelina sweet orange trees on five rootstocks in Northern Parana state. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 41(3), 1-9. <https://dx.doi.org/10.1590/0100-29452019006>
18. Girardi, E. A., Sola, J. G. P., Scapin, M. S., Moreira, A. S., Bassanezi, R. B., Ayres, A. J., & Pena, L. (2021). The perfect match: Adjusting high tree density to rootstock vigor for improving cropping and land use efficiency of sweet orange. *MDPI, Agronomy*, 11, 2569, 1-33. <https://doi.org/10.3390/agronomy11122569>
19. Gullo, G., Dattola, A., Vonella, V., & Zappia, R. (2021). Performance of the Brasiliano 92 orange cultivar with six trifoliate rootstocks. *Agriculture and Food*, 6(1), 203-215. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2021013>
20. Habibi, F., Liu, T., Folta, K., & Sarkhosh, A. (2022). Physiological, biochemical, and molecular aspects of grafting in fruit trees. *Horticulture Research*, 9, 1-18. <https://doi.org/10.1093/hr/uhac032>

21. Hayat, F., Li, J., Iqal, Sh., Peng, Y., Hong, L., Balal, R. M., Nawaz Khan, M., Khan, U., Farhan, M. A., Li, C., Song, W., Tu, P., & Chen, J. (2022). A mini review of citrus rootstocks and their role in high-density orchards. *Plants*, 11(2876), 1-14. <https://doi.org/10.3390/plants11212876>
22. Lado, J., Gambetta, G., & Zacarias, L. (2018). Key determinants of citrus fruit quality: Metabolites and main changes during maturation. *Scientia Horticulturae*, 233, 238-248. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.01.055>
23. Lee, A. T. C., Joubert, J., & Vuuren, S. P. V. (2009). Rootstock choice. In: J. Joubert and S. P. Van Vuuren (Ed.) Integrated Production Guidelines for Export Citrus. *Citrus Research International*, 1(6), 1-28.
24. Louzada, E. S., Rio, H. S., Setamou, M., Watson, J. W., & Swietlik, D. M. (2008). Evaluation of citrus rootstocks for the high pH, calcareous soils of South Texas. *Euphytica*, 164, 13-18. <https://doi.org/10.1007/s10681-008-9701-x>
25. Manzoor, M., Hussain, S. B., Anjum, M. A., Naseer, M., Ahmad, R., & Ziogas, V. (2023). Effects of harvest time on the fruit quality of Kinnow and Feutrell's Early Mandarins (*Citrus reticulata* Blanco). *MDPI Agronomy*, 13(3), 802. <https://doi.org/10.3390/agronomy13030802>
26. MMGO (2020). Mazandaran Meterology General Oficce. (In Persian). from <http://www.mazmet.ir>
27. Morales, J., Bermejo, A., Navarro, P., Quinones, A., & Salvador, A. (2021). Effect of Rootstock on Citrus Fruit Quality: A Review. *Food Reviews International*, 19 pp. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1978093>
28. Sahin Cevik, M., & Moore, G. A. (2006). Identification and expression analysis of cold-regulated genes from the cold-hardy citrus relative *Poncirus trifoliata* (L.). *Plant Molecular Biology*, 62, 83-97. <https://doi.org/10.1007/s11103-006-9005-2>
29. Singh, A., Naqvi, S., & Singh, S. (2002). Citrus Germplasm Cultivar and Rootstocks. National Research Centre of Citrus, Kalyani Publication, New Delhi, India. 166 p.
30. Skewes, M. (2015). Navelina orange rootstock incompatibility. South Australian Research and Development Institute, Technical Report. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1577.9288>
31. Stuchi, E. S., Martins, A. B. G., Lemo, R. R., & Aviles, T. C. (2009). Fruit quality of Tahiti lime (*Citrus latifolia* Tanaka) grafted on 12 different rootstocks. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31(2), 454-460. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452009000200020>
32. Tazima, Z. H., Neves, C. S. V. J., Yada, I. F. U., & Junior, R. P. L. (2013). Performance of 'Okitsu' Satsuma Mandarin on nine rootstocks. *Scientia Agricola*, 70(6), 422-427. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162013000600007>
33. Ziogas, V., Kokkinos, E., Karagiaai, A., Ntamposi, E., Voulgarakis, A. S., & Hussain, B. (2023). Effect of rootstock selection on tree growth, yield, and fruit quality of lemon varieties cultivated in Greece. *MDPI Agronomy*, 13, 2265, 1-15. <https://doi.org/10.3390/agronomy13092265>