The University of Tehran Press

Iranian Journal of Horticultural Science

Online ISNN: 2008-482X

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

The Effect of Possible Replacement Rootstocks for Sour Orange on Vegetative Growth of New Navel Oranges in East of Mazandaran

Negin Akhlaghi Amiri [1]✉, Ali Asadi Kangarshahi[2], Javad Fatahi Moghadam[3]

1. Corresponding Author, Horticulture Crops Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran. E mail: n.akhlaghi@areeo.ac.ir
2. Soil and Water Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran. E-mail: kangarshahi@gmail.com
3. Citrus and Subtropical Fruits Research Center, Horticultural Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ramsar, Iran. E-mail: jfattahim@yahoo.com

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 14 May 2022

Received in revised form: 21 October 2023

Accepted: 29 October 2023

Published online: 22 December 2023

Keywords:

Affinity,

morphological compatibility,

planting distance,

tree volume.

ABSTRACT

The diversity of cultivars is very important for the sustainable production of citrus. Also, there is little information about the effect of common sour orange substitute rootstocks on new cultivars. The present research was conducted to investigate the vegetative growth of six navel orange cultivars ('Fucumoto'; 'Navelina'; 'Navelate'; 'Thomson navel'; 'Cara cara' and 'Lane late navel') on three poncirus hybrids rootstocks ('Carrizo citrange'; 'Swingle citrumelo' and 'C-35 citrange'), during seven years. Traits related to vegetative growth such as tree volume, rootstock and scion morphological compatibility, leaf nutrient concentration and tree survival were measured. All measured vegetative traits were affected by year, rootstock and cultivar. The rootstocks affected the concentration of all nutrients in the leaves. Tree height and volume and the required area for orange trees on the 'Carrizo citrange' were less than the other two rootstocks. 'Navelate' and 'Lane late navel' cultivars had the highest and 'Fukumoto' had the lowest tree volume. The compatibility of the graft union decreased with the increasing age of the trees. In the last year, there was the lowest compatibitity between 'Fukumoto' cultivar and 'citrumelo' rootstock (0.60) and the highest between 'Navelate' cultivar and 'Carrizo citrange' rootstock (0.77). One tree of 'Fukumoto' and 'Navelina' with 'C-35' rootstock declined in the last year of the experiment, but other rootstocks and cultivars did not show any signs of yellowing. The maximum area required for seven-year-old trees of 18 studied rootstock and cultivar combinations with regular annual pruning was about 9.5 m^2, which was recorded in 'Navelate' cultivar on 'C-35 citrange' rootstock.

Cite this article: Akhlaghi Amiri, N., Asadi Kangarshahi, A. & Fatahi Moghadam, J. (2023). The Effect of Possible Replacement Rootstocks for Sour Orange on Vegetative Growth of New Navel Oranges in East of Mazandaran. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 54 (4), 611-625. DOI: http//doi.org/10.22059/IJHS.2023.342062.2024

© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: http//doi.org/10.22059/IJHS.2023.342062.2024

Extended Abstract

Introduction

The citrus cultivation area in Mazandaran province, north of Iran, is about 120000 ha with about 3 million tons of annual production. Thomson navel variety acconuts for about 70 percent of Mazandaran's orange production. The use of different cultivars, in addition to satisfying the tastes of different consumers, allows producers to have enough time to sell their products. Sour orange has been used as a commercial citrus rootstock in Iran and the world, but in recent years, the use of it has been limited due to the high sensitivity to citrus Tristeza virus and also to soil flooding. Therefore, to maintain the stability of the citrus industry and to deal with a variety of biotic and abiotic stresses (especially due to changes in climatic conditions), it is necessary to use various cultivars and rootstocks and examine them in the conditions of a certain region.

Materials and methods

In order to investigate the vegetative growth of some recently introduced navel orange ('Fucumoto' ; 'Navelina'; 'Navelate'; 'Thomson navel'; 'Cara cara' and 'Lane late navel'), grafted on three poncirus hybrids rootstocks ('Carrizo citrange'; 'Swingle citrumelo' and 'C-35 citrange'), a factorial experiment in a randomized complete block design was conducted during 2014-2020 in the eastern region of Mazandaran. Plant responses included traits related to vegetative growth such as tree volume, rootstock and scion morphological compatibility, leaf nutrient concentration and tree survival were examined.

Results and discussion

All measured vegetative traits, including height, canopy width, tree volume, rootstock perimeter, cultivar perimeter and morphological compatibility were affected by year, rootstock and cultivar. The rootstock type affected the concentration of all nutrients in the leaves. Tree height and volume, and the required area for orange trees grafted on the 'citrange' were less than the other two rootstocks. 'Navelate' and 'Lane late navel' cultivars had the highest and 'Fukumoto' had the lowest tree volume. The morphological compatibility (affinity) of the graft union decreased with the increasing age of the trees. In the last year, there was the lowest compatibility between 'Fukumoto' cultivar and 'citrumelo' rootstock (0.60) and the highest between 'Navelate' cultivar and 'Carrizo citrange' rootstock (0.77). Some trees of 'Fukumoto' and 'Navelina' with 'C-35' rootstock had signs of blistering in the peel of the rootstock and scion at the grafting site in 2019. In 2020, some of them showed symptoms of leaf yellowing. These trees had signs of root rot. In 2021, one of the 'Fukumoto' and one 'Navelina' tree on the 'C-35' rootstock had severe defoliation and death of the top branches and were completely declined. Other rootstocks and cultivars did not show any signs of yellowing. The maximum area required for seven-year-old trees of these 18 combinations with regular annual pruning was about 9.5 m^2, which was recorded in 'Navelate' cultivar on 'C-35 citrange' rootstock.

Conclusion

For optimal land use, tree planting distance should be considered based on the expected volume of the mature tree on the selected rootstock in the soil and climate of the region. Result of this research showed that the plant density based on the height and width of the canopy of different varieties of early, mid and late-ripening navel oranges on different rootstocks, along with annual pruning, could be increased to more than 800 trees per hectare, which is much higher than the common planting density in the region. For 'Fukumoto' and 'Navelina' cultivars, the use of 'C-35' rootstock is not recommended due to the possibility of incompatibility between the rootstock and the scion.

نشریه علوم باغبانی ایران، دوره ۵۴، شماره ۴

انتشارات دانشگاه تهران

شاپا الکترونیکی: ۲۴۲۳-۷۹۳۰

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

بررسی اثر پایه‌های احتمالی جایگزین نارنج بر رشد رویشی ارقام جدید پرتقال نافدار در شرق مازندران

نگین اخلاقی امیری[۱]✉ | علی اسدی کنگرشاهی[۲] | جواد فتاحی مقدم[۳]

۱. نویسنده مسئول، بخش تحقیقات گیاهان زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران. رایانامه: n.akhlaghi@areeo.ac.ir

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

۳. پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رامسر، ایران. رایانامه: jfattahim@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۲۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۷/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۰۷

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۰/۰۱

کلیدواژه‌ها:

تجانس، حجم درخت، سازگاری مورفولوژیک، فاصله کاشت.

چکیده

وجود تنوع در ارقام و پایه‌های مرکبات برای تولید پایدار آنها اهمیت حیاتی دارد. با توجه به این که اطلاعات کمی در مورد تأثیر پایه‌های رایج جایگزین نارنج بر ارقام جدید وجود دارد، پژوهش حاضر به منظور بررسی رشد رویشی شش رقم پرتقال ناول ('فوکوموتو'؛ 'ناولینا'؛ 'ناولیت'؛ 'تامسون ناول'؛ 'کارا کارا' و 'لین لیت ناول') بر روی سه پایه دورگ پونسیروس ('کاریزو سیترنج'؛ 'سوینگل سیترومیلو' و 'سیترنج C-35') طی هفت سال انجام پذیرفت. ویژگی‌های رشد رویشی از جمله حجم تاج درخت، سازگاری مورفولوژیک بین پایه و رقم، غلظت عناصر غذایی برگ و درصد بقای درختان مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. همه ویژگی‌های رویشی اندازه‌گیری شده از اثر سال، نوع پایه و نوع رقم تاثیر پذیرفتند. همچنین نوع پایه بر میزان غلظت عناصر غذایی در برگ موثر بود. ارتفاع، حجم تاج درخت و مساحت مورد نیاز ارقام درختان پرتقال ناول روی پایه 'کاریزو سیترنج' نسبت به دو پایه دیگر کمتر بود. رقم‌های 'ناولیت' و 'لین لیت ناول' بیشترین و رقم 'فوکوموتو' کمترین حجم تاج را داشتند. حداکثر مساحت مورد نیاز برای درختان هفت ساله ۱۸ ترکیب پایه و رقم مورد مطالعه، با هرس منظم سالانه، حدود ۹/۵ متر مربع بود که در پرتقال رقم 'ناولیت' روی پایه سیترنج ' 'C-35 ثبت شد. سازگاری مورفولوژیک پیوند با افزایش سن درختان کاهش یافت. در آخرین سال پژوهش کمترین سازگاری مورفولوژیک بین رقم 'فوکوموتو' و پایه 'سیترومیلو' (۰/۶۰) و بیشترین سازگاری بین رقم 'ناولیت' و پایه 'کاریزو سیترنج' (۰/۷۷) وجود داشت. یک درخت 'فوکوموتو' و یک درخت 'ناولینا' با پایه ' 'C-35 در آخرین سال آزمایش دچار زوال شدند.

استناد: اخلاقی امیری، نگین؛ اسدی کنگرشاهی، علی و فتاحی مقدم، جواد (۱۴۰۲). بررسی اثر پایه های احتمالی جایگزین نارنج بر رشد رویشی ارقام جدید پرتقال نافدار در شرق مازندران. *نشریه علوم باغبانی ایران*، ۵۴ (۴)، ۶۲۵-۶۱۱. DOI: http//doi.org/10.22059/IJHS.2023.342062.2024

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: http//doi.org/10.22059/IJHS.2023.342062.2024

مقدمه

محصول مرکبات در ایران به ویژه در استان مازندران یکی از مهم‌ترین محصولات باغبانی محسوب می‌شود. شرایط مناسب اقلیمی مازندران این محصول را به مهم‌ترین منبع درآمد تولیدکنندگان این منطقه به ویژه تولیدکنندگان شرق استان مبدل کرده است. علاوه بر تولیدکنندگان، افراد زیادی در احداث باغ مرکبات، داشت و نگهداری آن تا برداشت محصول، رساندن به بازار مصرف و فروش آن، دخیل بوده و قسمتی از درآمد خود را از این راه تامین می‌کنند. نظر به اهمیت این محصول در اقتصاد و اشتغال‌زایی منطقه و کشور و نیز تقاضای بالای مصرف‌کنندگان، توجه به کلیه جوانب برای حفظ و پایداری کشت مرکبات اجتناب ناپذیر است. صنعت مرکبات در جهان و ایران با انواع تنش‌های زنده و غیر زنده (به ویژه به دلیل تغییرات شرایط اقلیمی) مواجه است. بنابراین، برای تولید پایدار، تنوع رقم و پایه در هر منطقه ضروری است. استفاده از پایه‌های محدود و یکسان در هر منطقه، آسیب‌پذیری به انواع تنش‌ها را افزایش می‌دهد. به دلیل تاثیر پایه بر رشد رویشی و جذب عناصر غذایی و بقای رقم پیوند شده بر روی آن، وضعیت سازگاری و رشد رویشی ارقام روی پایه‌های مختلف نیز باید با تحقیقات میدانی در منطقه ارزیابی شوند (Morales *et al*., 2021). پایه نارنج سال‌های طولانی به عنوان پایه تجاری مرکبات در ایران و جهان استفاده می‌شده است ولی در سال‌های اخیر استفاده از پایه نارنج نسبت به دیگر پایه‌های مرکبات به خاطر شیوع گسترده بیماری تریستزا و حساسیت پایه نارنج به آن و همچنین حساسیت بالای این پایه به ماناداب محدود شده است. همچنین، تغییر فرهنگ تغذیه مصرف کننده و افزایش تقاضا برای میوه تازه در سراسر سال، تمایل به کاشت ارقام با زمان رسیدن متفاوت را افزایش داده است. ارقام مختلف علاوه بر این که سلیقه مصرف کننده‌های متفاوت را تامین می‌کنند به تولید کنندگان این امکان را می‌دهند که برای فروش محصول خود از زمان کافی برخوردار باشند (Asadi Kangarshahi & Akhlaghi Amiri, 2018). بنابراین، هدف از این پژوهش بررسی ارقام جدید پرتقال ناول (ناف‌دار) که به تازگی وارد مازندران شده‌اند و تعیین تاثیر پایه‌های جدید درحال توسعه و جایگزین احتمالی نارنج ('کاریزو سیترنج'؛ 'سوینگل سیترومیلو' و 'سیترنج C-35') بر هر یک از این ارقام در منطقه شرق مازندران بوده است.

پیشینه پژوهش

در مرکبات نوع پایه می‌تواند صفات متعددی مانند اندازه و قدرت تاج درخت، عملکرد، کیفیت میوه، مقاومت به تنش‌های زنده و غیر زنده و نیز جذب عناصرمعدنی و آب را تحت تاثیر قرار دهد (Benjamin *et al*., 2013; Hayat *et al*., 2022). در تحقیقاتی طولانی مدت با انواع پایه‌های مرکبات در فلوریدا گزارش شد که برای فاصله کاشت‌های بیشتر، پایه 'سوینگل سیترومیلو' به دلیل بزرگ بودن تاج درخت پیوند شده روی آن مناسب‌ترند. در تحقیق مذکور، درختان روی پایه 'سوینگل سیترومیلو'، بیشترین و درختان روی پایه 'کاریزو سیترنج' کمترین ارتفاع را نشان دادند (Castle, 2010). پژوهشی طی شش سال در برزیل نشان داد که درختان پرتقال 'والنسیا' روی پایه 'سوینگل سیترومیلو' پررشدترین درختان بودند. درختان روی پایه 'کاریزو سیترنج' هم رشد خوبی داشتند ولی پایه 'سیترنج C-35' رشد متوسطی نشان داد (Brugnara & Sabiao, 2021). ارقام دیررس پرتقال ناول طی هفت سال در چین بررسی شدند. درختان پرتقال ناول 'پاول'، روی پایه 'کاریزو سیترنج' بیشترین حجم تاج را نشان دادند و روی پایه 'سوینگل سیترومیلو' قدرت رشد متوسطی داشتند (Shiping *et al*., 2020). در اسپانیا قطر و حجم تاج درختان پرتقال 'لین لیت ناول' روی پایه 'کلوپاترا' بیشترین مقدار بود. در رتبه بعدی، پایه 'کاریزوسیترنج' قرار گرفت و هشت پایه دورگ جدید استفاده شده در آزمایش در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (Legua *et al*., 2011). در پژوهشی به مدت هفت سال در برزیل، رشد رویشی و حجم تاج درختان پرتقال 'ناولینا' روی پایه 'سوینگل سیترومیلو' و 'سیترنج C-13' کوچکتر از درختان روی پایه 'سانکی ماندرین' بود (Cruz *et al*., 2019). پایه‌های 'ولکامر لمون'، 'مورتون سیترنج'، 'سوینگل سیترومیلو' و 'کاریزو سیترنج' به عنوان پایه‌های نویدبخش جایگزین نارنج برای رقم پرتقال 'شموتی' در مصر معرفی شدند (Georgiou & Gregoriou, 1999).

ارزیابی تاثیر پایه بر رشد رقم پیوندک در درختان بالغ، مشکل و پیچیده است. یکی از بهترین شاخص‌ها برای ارزیابی رشد نسبی بین هر دو بخش درخت، نسبت محیط تنه رقم پیوندک به رقم پایه است. که منعکس کننده تفاوت در نرخ رشد هر بخش درخت است و به عنوان شاخص سازگاری مورفولوژیک پیوندک به پایه[1](تجانس) استفاده می‌شود و تا حدودی یکی از پارامترهای تعیین سازگاری است. هر چه این نسبت به عدد یک نزدیک‌تر باشد، پیوند بهتری بین رقم پیوندک و رقم پایه مشاهده می‌شود و در نتیجه تداخل کم‌تری در رشد درختان ایجاد می‌شود (Bassal, 2009). در پژوهشی در برزیل، بیشترین اختلاف نسبت محیط تنه در رقم نارنگی 'انشو اوکیتسو' و محیط تنه در پایه 'سوینگل سیترومیلو' دیده شد (Tazima *et al.*, 2013). در تحقیقی ده ساله با بررسی نارنگی 'انشو میاگاوا' در مازندران نیز کمترین سازگاری مورفولوژیک پایه و پیوند به پایه 'سوینگل سیترومیلو' اختصاص داشت (Akhlaghi Amiri, 2019).

بررسی طولانی مدت نارنگی 'الندیل' با هفت پایه تجاری مرکبات در استرالیا نشان داد که پایه‌ها در جذب فسفر، منیزیم، کلسیم، منگنز و بور تاثیر معنی‌داری دارند (Smith *et al.*, 2004). اثر شش پایه مختلف مرکبات بر ترکیبات معدنی برگ و عملکرد نارنگی 'کینو' در پاکستان بررسی شد (Iqbal *et al.*, 1999). غلظت نیتروژن، در برگ درختان نارنگی 'کینو' تحت تاثیر پایه‌های مختلف قرار گرفت. بیشترین غلظت نیتروژن (۱/۵ درصد) در درختان با پایه 'سوینگل سیترومیلو' مشاهده شد در حالی‌که حداقل آن (۰/۵۸ درصد) در درختان با پایه‌های 'راف لمون' و 'یوما سیترنج' ثبت شد. غلظت فسفر، پتاسیم و کلسیم تحت تاثیر پایه قرار نگرفت. پایه‌ها همچنین در جذب ریزمغذی‌ها متفاوت بودند. بیشترین غلظت مس (۱۶/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم) در برگ‌های درختان با پایه 'راف لمون' و کمترین (۷/۳۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) با پایه 'سوینگل سیترومیلو' مشاهده شد، درحالی‌که بیشترین غلظت روی (۱۸/۶۷ میلی‌گرم در لیتر) در پایه 'سیترومیلو' و کمترین (۱۳/۳ میلی‌گرم در لیتر) در پایه 'ولکامریانا' مشاهده شد (Iqbal *et al.*, 1999). بررسی وضعیت تغذیه‌ای و عملکرد نارنگی 'کینو' با پایه‌های مختلف مرکبات در پاکستان نشان داد نوع پایه تاثیر معنی‌داری بر مقادیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در دسترس دارد. بیشترین غلظت نیتروژن (۲/۶۷ درصد) در پایه 'راف لمون' و کمترین (۲/۲۰ درصد) در پایه 'ترویر سیترنج' ثبت شد. بیشترین غلظت فسفر (۰/۱۶ درصد) در 'راف لمون' و کمترین (۰/۰۹ درصد) در 'کاریزو سیترنج' مشاهده شد. بیشترین غلظت پتاسیم (۱/۶۵ درصد) در 'کاریزو سیترنج' و کمترین (۱/۱۵ درصد) در 'ولکامریانا' اندازه‌گیری شد. نتایج تحقیق مذکور نشان داد که بهترین پایه با درنظر گرفتن همه موارد، پایه 'ولکامریانا' و سپس 'راف لمون' بود در حالی‌که همه سیترنج‌های مورد استفاده در تحقیق ('کاریزو'، 'یوما' و 'ترویر') از نظر جذب عناصر غذایی و عملکرد، ضعیف عمل کردند (Ahmed *et al.*, 2007). در آزمایشی در ترکیه با دو رقم 'والنسیا' و سه پایه مرکبات در دو سال متوالی نتایج تجزیه عناصر غذایی برگ با اندک تغییراتی مشابه بود. عناصر پتاسیم و کلسیم در ارقام پرتقال 'والنسیا لیت' و 'والنسیا رود رد' در دو سال تفاوت معنی‌داری داشتند. پایه‌های مورد استفاده در آزمایش، توانایی متفاوتی برای جذب عناصر نشان دادند. در پایه 'کاریزو سیترنج'، غلظت نیتروژن، پتاسیم، منیزیم، منگنز و مس بیشتر از پایه‌های 'ترویر سیترنج' و نارنج بود. پایه 'ترویر سیترنج' در جذب عناصر فسفر و آهن قوی‌تر بود و پایه نارنج، کلسیم و روی بیشتری در برگ‌های خود داشت (Toplu *et al.*, 2008). در بررسی واکنش پایه‌های مختلف به کمبود آهن در خاک‌های آهکی، از نظر تحمل داخلی به کلرز آهن، مقاوم‌ترین پایه‌ها نارنج و 'ولکامر لمون' بودند. پایه‌های 'ماکروفیلا' و 'کاریزو سیترنج' مقاومت متوسط نشان دادند، درمقابل پایه 'ترویر سیترنج' از دیگر پایه‌ها به کمبود آهن حساس‌تر بود (Pestana *et al.*, 2011).

1 Affinity

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر طی هفت سال به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش رقم پرتقال ناول[1]شامل: 'فوکوموتو'[2] 'ناولینا'[3] 'ناولیت'[4] 'تامسون ناول'[5] 'کاراکارا'[6]و 'لین لیت ناول'[7]و سه پایه مرکبات شامل: 'کاریزو سیترنج'[8] 'سوینگل سیترواملو'[9]و 'سیترنج C-35'[10]با شش تکرار و فواصل کاشت ۳ × ۵ متر، از بهار سال ۱۳۹۳ در ایستگاه تحقیقات باغبانی قائم‌شهر انجام شد (شکل ۱). ایستگاه تحقیقات باغبانی قائم‌شهر در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۷ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۵۳ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۴/۷ متر از سطح دریا با بافت خاک لومی، آهک کل ۱۱ درصد و پی اچ حدود ۷/۸ در منطقه دشت قرار گرفته است. داده‌های طولانی مدت اداره هواشناسی مازندران نشان می‌دهد که بارندگی سالانه در این منطقه ۷۱۹ میلی‌متر و میانگین رطوبت نسبی ۷۹ درصد است، همچنین میانگین حداکثر و حداقل دما به ترتیب ۲۳/۳ و ۱۲/۵ درجه سانتی گراد و حداکثر و حداقل مطلق دما به ترتیب ۴۰/۶ و ۶- درجه سانتی‌گراد می باشد MMGO, (2020). مقدار مصرف کودهای شیمیایی در سه سال اول بر اساس سن درخت و نتایج آزمون خاک و از سال چهارم تا پایان آزمایش بر اساس نتایج آزمون خاک، برگ و عملکرد تعیین شد و برای همه تیمارهای آزمایشی به طور یکسان استفاده شد (Asadi Kangarshahi, 2019). آبیاری با سیستم نواری قطره‌ای از زمان کاشت نهال‌ها به طور یکسان برای همه درختان آزمایش انجام شد (Asadi Kangarshahi & Akhlaghi Amiri, 2018). قبل از کاشت نهال‌ها در زمین اصلی، نمونه خاک از قطعه آزمایشی برداشته شد و در آزمایشگاه خاک و آب مرکز تحقیقات مازندران تجزیه شد (جدول ۱). از ابتدای کاشت نهال‌ها در زمین اصلی به مدت سه سال (۱۳۹۵-۱۳۹۳) هرس فرم‌دهی انجام شد و در این مدت همه گل‌های تشکیل شده روی درختان، برای تحریک رشد رویشی درخت، به طور دستی حذف شدند (Akhlaghi Amiri & Asadi Kangarshahi, 2018). بعد از شروع فاز زایشی، حذف انشعابات نابجا در زمستان هر سال تا پایان آزمایش در همه درختان انجام شد (Akhlaghi Amiri & Asadi Kangarshahi, 2020). از سال ۱۳۹۴ تا سال ۱۳۹۹، برخی ویژگی‌های رویشی شامل ارتفاع درخت، طول و عرض تاج، محیط تنه از ۱۰ سانتی‌متر پایین و ۱۰ سانتی‌متر بالای محل پیوند اندازه‌گیری شدند. با استفاده از نسبت بین محیط تنه در رقم به محیط تنه در پایه، سازگاری بین آن‌ها اندازه‌گیری شد (Kunwar *et al*., 2021). حجم درختان (V) با استفاده از رابطه (۱) به‌دست آمد که در آن R نصف میانگین طول و عرض تاج و H ارتفاع درخت می‌باشد (Tazima *et al*., 2013; Stenzel & Neves, 2004).

$$V\ (m^3) = 2/3\ \pi\ R^2\ H$$ رابطه ۱)

مساحت تئوری مورد نیاز درختان بر اساس رابطه (۲) محاسبه شد که در آن E مساحت تئوری مورد نیاز و D برابر با قطر تاج (میانگین طول و عرض تاج) است و فرض بر این است که شاخه‌های درختان در خطوط کاشت ۲۵ درصد هم‌پوشانی و بین خطوط کاشت ۲/۵ متر فضای خالی (برای انجام عملیات زراعی) داشته باشند (Tazima *et al*., 2013).

$$E = (D \times 0.75) \times (D + 2.5)$$ رابطه ۲)

در اواسط تیر ماه سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۸، نمونه‌های برگ جهت بررسی توانایی پایه‌ها در جذب عناصر غذایی از درختان تهیه شد (Asadi Kangarshahi *et al*., 2018) و در آزمایشگاه خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع

1. *Citrus sinensis*
2. Fukumoto
3. Navelina
4. Navelate
5. Thomson navel
6. Cara cara
7. Lane late navel
8. Carrizo citrange
9. Swingle citrumelo
10. C-35 citrange

طبیعی مازندران تجزیه شد (Emami, 1996). در پایان آزمایش، تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از مدل آزمایشی شماره ۱۹ نرم‌افزار MSTAT-C (تجزیه مرکب زمان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی دو عاملی) انجام شد.

شکل ۱. پایلوت آزمایش: تصویر بالا: سال ۱۳۹۳ و تصویر پایین: سال ۱۳۹۸؛ ایستگاه تحقیقات باغبانی قائم‌شهر استان مازندران
منبع: (یافته‌های تحقیق)

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

عمق	بافت	ماده آلی	کربن آلی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	روی	مس
سانتی‌متر		(درصد)	(درصد)	(درصد)	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)					
۳۰-۰	لوم	۲/۱۹	۱/۲۸	۰/۱۰۶	۴۳/۵	۱۸۱	۷/۰۱	۱۰/۲۴	۵/۶۹	۲/۵۱
۶۰-۳۱	سیلت لوم	۰/۴۲	۰/۲۴	۰/۰۲۰	۱۰/۶	۱۹۹	–	–	–	–

یافته‌های پژوهش

نتایج تجزیه واریانس صفات رویشی درختان طی سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۹ در جدول دو نشان داده شده است. نتایج نشان داد که همه صفات رویشی اندازه‌گیری شده (ارتفاع درخت، عرض تاج، حجم درخت، مساحت مورد نیاز برای هر درخت، محیط تنه رقم و پایه و سازگاری بین آن‌ها) تحت تاثیر سال، نوع پایه و نوع رقم قرار گرفتند. همچنین، اثر متقابل پایه و رقم با سطح احتمال یک درصد ($P\leq0.01$) بر همه صفات مورد اندازه‌گیری موثر بود (جدول ۲).

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر سال، پایه، رقم و اثرات متقابل بین آن‌ها بر برخی ویژگی‌های رویشی ارقام پرتقال ناول

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجمع مربعات						
		ارتفاع	عرض تاج	حجم درخت	فضای تئوری	محیط پایه	محیط پیوندک	سازگاری مورفولوژیک
سال	۵	۳۱۸۴۲ **	۹۶۲۳ **	۳۴۰/۵ **	۲۲/۶۰ **	۵۰۲۶ **	۱۷۶۴ **	۰/۱۵۶ **
پایه	۲	۲۸۰۵ *	۱۷۶۹۱ **	۱۹/۵ **	۳۹/۴۶ **	۲۲۴۱ **	۱۵۸/۶ **	۰/۶۶۶ **
سال×پایه	۱۰	۳۷۶ ns	۲۱۶ ns	۱/۴۲ ns	۰/۳۷۵ ns	۶۹/۵۷ **	۱۰/۱ **	۰/۰۰۵ ns
رقم	۵	۵۴۱۱ **	۳۵۳۶۴ **	۴۲/۱۳ **	۷۲/۸۲ **	۱۲۱/۴ **	۸۴/۳ **	۰/۰۱۷ **
سال×رقم	۲۵	۷۷۱ ns	۹۰۲ ns	۴/۱۶ *	۲/۲۱ ns	۱۰/۳ ns	۵/۱ ns	۰/۰۰۲ ns
پایه×رقم	۱۰	۳۷۷۲ **	۴۷۵۲ **	۷/۴ **	۱۰/۴۴ **	۱۱۹/۷ **	۱۰۹/۹ **	۰/۰۳۷ **
سال×پایه×رقم	۵۰	۳۲۹ ns	۲۶۶۹۵ ns	۱/۲۳ ns	۱/۳۹ ns	۲/۳۹ ns	۰/۹۱ ns	۰/۰۰۲ ns
خطا	۵۱۰	۷۱۵/۴	۱۱۳۵	۱/۹۶	۲/۴۷	۱۷/۱۵	۱۲/۱۴	۰/۰۰۷
ضریب تغییرات (٪)		۱۴/۸۳	۱۷/۴۶	۲۱/۸۵	۲۰/۰۸	۱۵/۸۸	۱۸/۵۲	۱۱/۲۰

ns، * و **: به ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد. منبع: (یافته‌های تحقیق)

جدول سه، مقایسه میانگین‌های صفات رویشی شش رقم پرتقال ناول و سه پایه دورگ مرکبات را طی سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۹ نشان داده است. حجم درختان به دلیل هرس فرم‌دهی تا سال ۱۳۹۵ و حذف انشعابات نابجا تا پایان آزمایش و نیز ورود درختان به فاز زایشی کنترل شد. به طوری که، عرض تاج، حجم درخت و مساحت مورد نیاز درختان از سال ۱۳۹۴ تا سال ۱۳۹۹ روند افزایشی کندی داشت و ارتفاع درختان نیز تغییر زیادی نداشت و میزان متوسط آن در آخرین سال آزمایش در کمتر از دو متر، ثبت شد. رقم‌های 'ناولیت' و 'لین لیت ناول' بیشترین ارتفاع، حجم و عرض تاج را طی هفت سال نسبت به چهار رقم دیگر نشان دادند. در مقابل، کوچک‌ترین درختان پرتقال در این تحقیق به رقم 'فوکوموتو' اختصاص داشتند. از نظر آماری، متوسط حجم تاج درختان 'ناولینا'، 'تامسون ناول' و 'کارا کارا' در طول هفت سال، با هم مشابه بود. ارتفاع، حجم درخت و مساحت مورد نیاز درختان پرتقال روی پایه‌های 'سوینگل سیترومیلو' و 'سیترنج C-35' طی هفت سال تفاوت معنی‌داری نداشتند ولی این ویژگی‌ها در درختان روی پایه 'کاریزو سیترنج' کمتر بودند. حجم تاج و مساحت تئوری مورد نیاز شش رقم پرتقال ناول روی سه پایه مرکبات در هفتمین سال کاشت در زمین اصلی در شکل دو نشان داده شده است. در این سال، ترکیب پیوندی پرتقال 'فوکوموتو' روی پایه 'C-35' کوچکترین درختان (۲/۱۸ متر مکعب) و ترکیب پیوندی رقم 'ناولیت' روی پایه 'C-35' بزرگترین درختان (۷/۱ متر مکعب) این پژوهش را به خود اختصاص دادند. حداکثر مساحت تئوری مورد نیاز برای درختان هفت ساله ۱۸ ترکیب پایه و رقم در این پژوهش که به‌طور منظم هر سال هرس شده بودند حدود ۹/۵ متر مربع بود که در پرتقال رقم 'ناولیت' روی پایه 'سیترنج C-35' ثبت شد (شکل ۲).

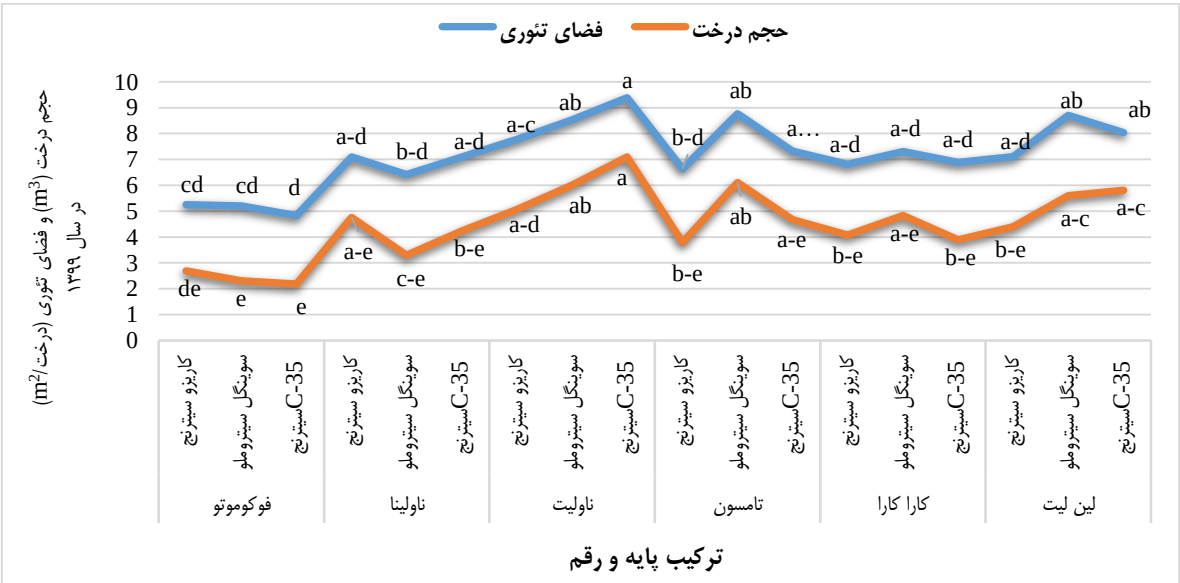
محیط تنه در ارقام پرتقال و پایه‌ها در طول سال‌های آزمایش، روند افزایشی منظمی داشت. در مقابل، نسبت بین آن‌ها (سازگاری مورفولوژیک) هر سال روند کاهشی نشان داد. در هفتمین سال پژوهش بیشترین محیط تنه در پایه 'سوینگل سیترومیلو' با ۴۱/۳۳ سانتی‌متر و کمترین محیط تنه در پایه 'کاریزو سیترنج' با ۳۱/۰۸ سانتی‌متر ثبت شد. در همین سال بیشترین محیط تنه در رقم 'ناولیت' با ۲۶/۰۶ سانتی‌متر و کمترین در رقم 'فوکوموتو' با ۲۱/۸۳ سانتی‌متر ثبت شد. کمترین سازگاری مورفولوژیک (تجانس) محل پیوند در هفتمین سال آزمایش در پایه 'سوینگل سیترومیلو' (۰/۶۳) و بیشترین مقدار در پایه 'کاریزو سیترنج' (۰/۷۵) وجود داشت. در همین سال، کمترین سازگاری مورفولوژیک بین رقم 'فوکوموتو' و پایه 'سیترومیلو' (۰/۶۰) و بیشترین مقدار بین رقم 'ناولیت' و پایه 'کاریزو سیترنج' (۰/۷۷) وجود داشت (شکل ۳). در تحقیقات متعدد، سازگاری مورفولوژیک کم محل پیوند در پایه 'سوینگل سیترومیلو' با ارقام مختلف مرکبات گزارش شده است که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد (Akhlaghi Amiri, 2019; Tazima *et al*., 2013).

تعدادی از درختان 'فوکوموتو' و 'ناولینا' روی پایه 'سیترنج C-35' از سال ۱۳۹۸ علائم تاولی شدن در قسمت پوست پایه و پیوندک و محل پیوند داشتند و در مهر ماه آخرین سال پژوهش (۱۳۹۹)، دو درخت رقم 'فوکوموتو' روی پایه 'سیترنج C-35' و دو درخت رقم 'ناولینا' روی همین پایه با وجود تولید محصول خوب، علائم زرد شدن برگ را نشان دادند. با بررسی ریشه، این درختان علائم پوسیدگی ریشه داشتند (شکل ۴). در سال ۱۴۰۰ یک درخت فوکوموتو و یک درخت 'ناولینا' روی پایه 'C-35' دچار برگ‌ریزی شدید و مرگ سرشاخه‌ها شدند و کاملا از بین رفتند.

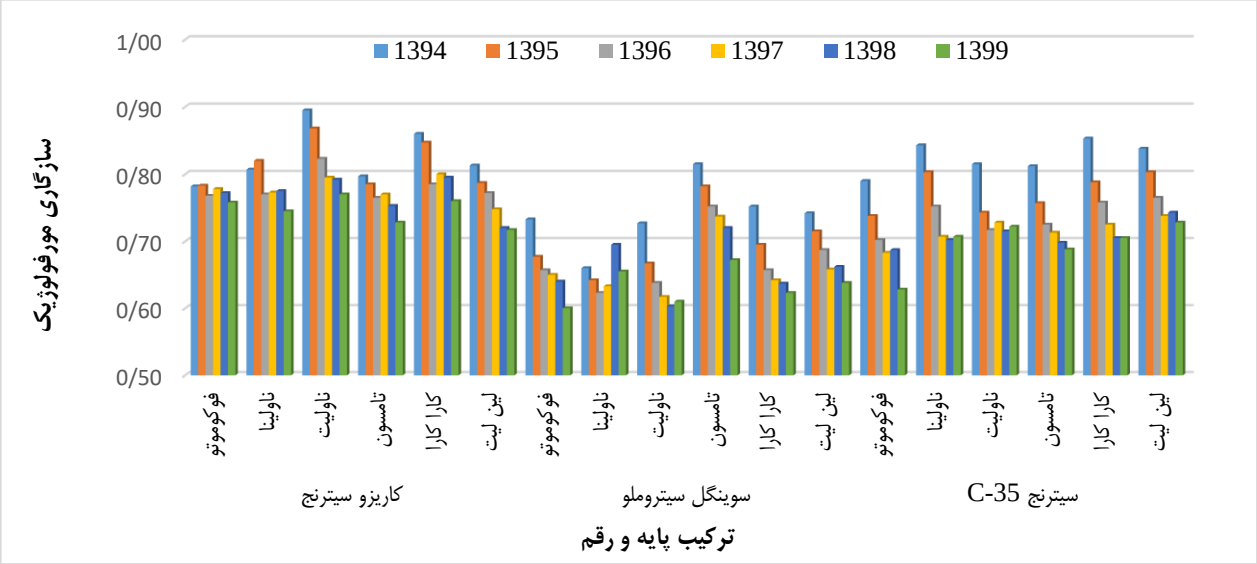
جدول ۳. مقایسه میانگین اثر سال، پایه و رقم بر برخی ویژگی‌های رویشی ارقام پرتقال ناول

منابع تغییرات		ارتفاع (سانتی‌متر)	عرض تاج (سانتی‌متر)	حجم درخت (مترمکعب)	فضای تئوری (مترمربع/درخت)	محیط پایه (سانتی‌متر)	محیط پیوندک (سانتی‌متر)	سازگاری مورفولوژیک
سال	۱۳۹۴	۱۴۸ d	--	--	--	۱۷/۰ f	۱۳/۵ f	۰/۸۰ a
	۱۳۹۵	۱۹۷ a	۱۸۰ c	۰/۷۰ c	۵/۹۳ c	۲۰/۷ e	۱۵/۷ e	۰/۷۶ b
	۱۳۹۶	۱۸۸ b	۱۹۴ b	۳/۹۷ b	۶/۵۸ b	۲۴/۰ d	۱۷/۴ d	۰/۷۳ c
	۱۳۹۷	۱۷۸ c	۱۹۶ b	۳/۷۸ b	۶/۶۵ b	۲۸/۳ c	۲۰/۲ c	۰/۷۲ c
	۱۳۹۸	۱۸۳ bc	۱۸۹ bc	۳/۶۶ b	۶/۳۲ bc	۳۰/۹ b	۲۱/۸ b	۰/۷۱ cd
	۱۳۹۹	۱۸۸ b	۲۰۶ a	۴/۴۹ a	۷/۱۷ a	۳۵/۵ a	۲۴/۳ a	۰/۶۹ d
پایه	کاریزو سیترنج	۱۷۶ b	۱۸۲ d	۲/۸۱ b	۶/۰۱ b	۲۳/۴ c	۱۸/۱ b	۰/۷۹ a
	سوینگل سیترومیلو	۱۸۳ a	۲۰۱ d	۳/۴۲ a	۶/۹۱ a	۲۹/۶ a	۱۹/۸ a	۰/۶۸ c
	C-35 سیترنج	۱۸۲ a	۱۹۶ d	۳/۳۵ a	۶/۶۸ a	۲۵/۲ b	۱۸/۵ b	۰/۷۴ b
رقم	فوکوموتو	۱۶۹ c	۱۵۶ d	۱/۹۷ c	۴/۸۶ d	۲۴/۸ d	۱۷/۵ c	۰/۷۱ b
	ناولینا	۱۷۶ b	۱۸۹ d	۳/۰۲ b	۶/۳۴ c	۲۵/۰ cd	۱۸/۰ bc	۰/۷۳ ab
	ناولیت	۱۸۷ a	۲۰۵ d	۳/۸۵ a	۷/۱۴ ab	۲۷/۲ ab	۱۹/۴ a	۰/۷۴ ab
	تامسون	۱۸۱ ab	۱۹۵ d	۳/۳۱ b	۶/۶۴ c	۲۶/۱ bc	۱۹/۲ a	۰/۷۵ a
	کارا کارا	۱۸۲ ab	۲۰۰ d	۳/۲۱ b	۶/۸۰ bc	۲۶/۰ cd	۱۸/۹ ab	۰/۷۵ a
	لین لیت	۱۸۸ a	۲۱۲ d	۳/۸۰ a	۷/۴۱ a	۲۷/۳ a	۱۹/۸ a	۰/۷۴ ab

در هر بخش هر ستون، میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ ٪ ندارند. منبع: (یافته‌های تحقیق)



شکل ۲. حجم تاج درخت و مساحت تئوری مورد نیاز شش رقم پرتقال ناول روی سه پایه مرکبات هفت سال پس از کاشت در زمین اصلی
منبع: (یافته‌های تحقیق)



شکل ۳. سازگاری مورفولوژیک بین شش رقم پرتقال ناول روی سه پایه مرکبات طی مدت شش سال
منبع: (یافته‌های تحقیق)

شکل ۴. زوال درخت پرتقال رقم 'فوکوموتو' روی پایه 'سیترنج C-35' در آخرین سال آزمایش (۱۳۹۹)
منبع: (یافته‌های تحقیق)

نتایج تجزیه واریانس غلظت عناصر غذایی در برگ ارقام پرتقال روی پایه‌های مختلف نشان داد که غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی و منگنز برگ درختان پرتقال، تحت تاثیر سال‌های مختلف قرار گرفته است. همچنین، تاثیر پایه‌های آزمایش بر غلظت همه عناصر پر مصرف و کم مصرف از نظر آماری معنی‌داری بود. ارقام پرتقال تنها بر میزان پتاسیم برگ تاثیر معنی‌داری نشان دادند. اثر متقابل سال بر پایه و پایه بر رقم، بر میزان منگنز برگ تفاوت نشان داد (جدول ۴). نتایج این پژوهش با نتایج تحقیقات متعدد دیگر مطابقت دارد (Smith *et al*., 2004; Iqbal *et al*., 1999; Ahmed *et al*.,

(2007. نتایج مقایسه میانگین‌های تاثیر سال، پایه و رقم بر غلظت عناصر غذایی برگ درختان پرتقال نشان داد که غلظت عناصر نیتروژن، پتاسیم و روی، طی سال‌های مختلف به طور منظم کاهش و غلظت عناصر آهن و مس افزایش یافت. پایه 'سوینگل سیترومیلو' به‌طور متوسط، بیشترین غلظت نیتروژن، کلسیم و روی و کمترین غلظت فسفر را در برگ درختان پیوند شده روی خود نشان داد. پایه 'کاریزو سیترنج'، که در این پرژوهش کم رشدترین پایه بود بیشترین غلظت مس، منیزیم و آهن و کمترین غلظت روی، منگنز و پتاسیم را نشان داد. پایه 'سیترنج C-35' بیشترین غلظت پتاسیم و منگنز و کمترین غلظت نیتروژن، کلسیم و مس را داشت. غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، منیزیم، آهن، منگنز و مس در شش رقم پرتقال تفاوت معنی‌داری نداشتند. پتاسیم در رقم 'ناولیت'، کلسیم در رقم 'لین لیت ناول' و روی در رقم 'فوکوموتو' بیشترین مقدار بود. درمقابل، پتاسیم در ارقام 'کارا کارا' و لین لیت، کلسیم در 'فوکوموتو' و روی در 'کارا کارا' کمترین مقدار را نشان دادند (جدول ۵). در پژوهشی در پاکستان، پایه 'سیترومیلو' بیشترین غلظت نیتروژن و روی را در برگ نشان داد که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد (Igbal *et al.*, 1999). جذب عناصر غذایی از خاک و تولید ترکیبات فعال در برگ، با نوع بافت و ویژگی‌های مختلف خاک مرتبط است، بنابراین به نظر می‌رسد تغییراتی که در نتایج تحقیقات مختلف گزارش شده است به همین موارد بستگی دارند (Pestana *et al.*, 2011; Toplu *et al.*, 2008; Ahmed *et al.*, 2007; Iqbal *et al.*, 1999).

جدول ۴. تجزیه واریانس اثر سال، پایه، رقم و اثرات متقابل بین آن‌ها بر غلظت عناصر غذایی برگ ارقام پرتقال ناول

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجمع مربعات				مجمع مربعات					
		نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	آهن	منگنز	روی	مس
سال	۴	۰/۵۹**	۰/۱۴۴**	۲/۰۵**	۴/۴۶**	۰/۴۵**	۴۲۵۲۴**	۹۲۸**	۱۱۷ *	۷/۲ ns
پایه	۲	۰/۲۰*	۰/۰۲۰**	۱/۴۶**	۲/۶۲**	۰/۰۱۱**	۱۹۶۶ ns	۵۱۱***	۹۳/۹*	۱۳/۳ **
سال×پایه	۸	۰/۰۷ns	۰/۰۰۳ns	۰/۱۴ns	۰/۶۵ns	۰/۰۰۶*	۸۷۹ns	۱۰۱**	۴/۳ns	۶/۳ns
رقم	۵	۰/۰۵ns	۰/۰۰۷ns	۰/۵۱**	۰/۶۱ns	۰/۰۰۱ns	۸۳۰ns	۱۰/۱ns	۴۵/۴ns	۰/۶ns
سال×رقم	۲۰	۰/۰۷ns	۰/۰۰۲ns	۰/۰۸ns	۰/۶۵ns	۰/۰۰۲ns	۸۳۵ns	۲۰/۶ns	۶۳/۸*	۵/۴ns
پایه×رقم	۱۰	۰/۰۵ns	۰/۰۰۳ns	۰/۰۷ns	۰/۱۵ns	۰/۰۰۲ns	۴۴۲ns	۵۰/۸ns	۳۱/۸ns	۳/۲ns
سال×پایه×رقم	۴۰	۰/۰۹**	۰/۰۰۱ns	۰/۰۶ns	۰/۳۱ns	۰/۰۰۱ns	۱۲۴۴ns	۱۷/۶ns	۴۵/۴ns	۲/۴ns
خطا	۱۷۰	۰/۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۸	۰/۳۹	۰/۰۰۲	۱۶۳۳	۱۹/۱۵	۳۰/۷	۳/۰۳
ضریب تغییرات (درصد)		۸/۶۳	۱۹/۱۰	۱۴/۸۶	۱۶/۰۳	۱۲/۵۲	۱۹/۳۵	۱۷/۸۹	۱۹/۶۱	۱۹/۸

ns، * و **: به ترتیب نبود تفاوت آماری معنی‌دار و تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد. منبع: (یافته‌های تحقیق)

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر سال، پایه و رقم بر غلظت عناصر غذایی برگ ارقام پرتقال ناول

منابع تغییرات		نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	آهن	منگنز	روی	مس
		(درصد)				میلی‌گرم/کیلوگرم				
سال	۱۳۹۴	۲/۷۸ a	۰/۲۱ c	۲/۱۴ a	--	--	--	--	--	--
	۱۳۹۵	۲/۷۴ ab	۰/۱۴ d	۱/۹۰ b	--	--	--	--	--	--
	۱۳۹۶	۲/۶۹ b	۰/۲۹ a	۱/۷۵ d	۴/۲۱ a	۰/۳۴ b	۱۵۵ b	۲۱/۱ c	۲۲/۵ a	۷/۳ b
	۱۳۹۷	۲/۵۵ bc	۰/۲۱ bc	۱/۷۵ c	۳/۶۶ b	۰/۴۴ a	۱۵۹ b	۲۹/۱ a	۲۰/۱ b	۷/۶ ab
	۱۳۹۸	۲/۵۱ c	۰/۲۴ b	۱/۶۴ d	۳/۸۱ b	۰/۲۶ c	۲۰۵ a	۲۳/۲ bc	۱۹/۸ b	۸/۰ a
پایه	کاریزو سیترنج	۲/۶۳ ab	۰/۲۳ a	۱/۷۰ c	۳/۹۳ a	۰/۳۷ a	۱۸۰ a	۲۱/۹ c	۱۹/۸ b	۸/۱ a
	سوینگل سیترومیلو	۲/۷۰ a	۰/۲۰ b	۱/۸۶ b	۴/۰۹ a	۰/۳۴ b	۱۶۸ a	۲۳/۶ b	۲۲/۳ a	۷/۶ ab
	C-35 سیترنج	۲/۶۰ b	۰/۲۲ a	۱/۹۵ a	۳/۶۶ b	۰/۳۴ b	۱۷۲ a	۲۷/۹ a	۲۰/۳ ab	۷/۱ b
رقم	فوکوموتو	۲/۶۲ a	۰/۲۲ a	۱/۸۹ ab	۳/۶۹ b	۰/۳۵ a	۱۶۹ a	۲۳/۹ a	۲۲/۸ a	۷/۷ a
	ناولینا	۲/۶۷ a	۰/۲۳ a	۱/۹۲ ab	۳/۸۲ ab	۰/۳۵ a	۱۷۵ a	۲۳/۷ a	۱۹/۵ ab	۷/۶ a
	ناولیت	۲/۷۰ a	۰/۲۳ a	۱/۹۷ bc	۳/۸۴ ab	۰/۳۶ a	۱۷۲ a	۲۴/۷ a	۲۰/۹ ab	۷/۴ a
	تامسون	۲/۶۲ a	۰/۲۲ a	۱/۸۲ bc	۴/۰۲ ab	۰/۳۵ a	۱۸۴ a	۲۵/۴ a	۲۱/۰ ab	۷/۷ a
	کارا کارا	۲/۶۴ a	۰/۲۰ a	۱/۷۱ c	۳/۸۸ ab	۰/۳۵ a	۱۶۹ a	۲۴/۶ a	۱۹/۳ b	۷/۵ a
	لین لیت	۲/۶۲ a	۰/۲۰ a	۱/۷۱ c	۴/۱۲ a	۰/۳۵ a	۱۷۰ a	۲۴/۶ a	۲۱/۳ ab	۷/۸ a

در هر بخش هر ستون، اعداد با حداقل یک حرف مشترک، اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند. منبع: (یافته‌های تحقیق)

بحث

در پژوهش حاضر، حجم درختان 'فوکوموتو' و 'ناولینا' روی پایه‌های 'سوینگل سیترومیلو' و 'C-35' کمتر از حجم این درختان روی 'کاریزو سیترنج' بود. رقم 'فوکوموتو' روی پایه 'C-35' کمترین اندازه تاج را بین ۱۸ ترکیب پایه و رقم نشان داد. در طول مدت اجرای پروژه عملیات داشت برای همه درختان به‌طور یکسان انجام شده بود. همچنین، تغییرات مقادیر عناصر روی پایه 'سیترنج C-35' یا ارقام 'فوکوموتو' و 'ناولینا' نسبت به بقیه پایه‌ها و ارقام روند متفاوت و خاصی نداشتند. برای استفاده بهینه از زمین، فواصل کاشت درختان باید بر اساس حجم تاج مورد انتظار درخت بالغ روی پایه مورد نظر در خاک و اقلیم هر منطقه باشد. در یک باغ متراکم‌تر، عملکرد در واحد سطح و برگشت سرمایه می‌تواند سریع‌تر و بیشتر باشد. بنابراین بر اساس حجم تاج و مساحت محاسبه شده مورد نیاز درختان بالغ، امکان کاشت متراکم‌تر درختان پرتقال در زمان احداث باغ وجود دارد. البته، شرط لازم برای موفقیت و پایداری باغ با فواصل کاشت کم، عملیات فرم‌دهی در چند سال اول و سپس هرس باردهی منظم سالانه می‌باشد. در تحقیقات متعددی که در خصوص تاثیر پایه‌ها بر قدرت رشد و حجم تاج ارقام مرکبات در نواحی مختلف دنیا انجام شده نتایج متفاوتی به دست آمده است (Brugnara & Sabiao, 2021; Shiping *et al*., 2020; Cruz *et al*., 2019; Legua *et al*., 2011). به دلیل سیستم ریشه‌ای و تحمل متفاوت پایه‌های مختلف به ویژگی‌های خاک و تنش‌های زنده و غیرزنده و همچنین درجه سازگاری پایه‌ها و ارقام مورد استفاده این نتایج قابل انتظارند (Hayat *et al*., 2022). تفاوت رشد رویشی بین درختان احتمالاً به افزایش توانایی گیاهان برای جذب CO_2 طی فتوسنتز هم مربوط می‌شود (Gonzalez-Mas *et al*., 2009). درختان روی پایه‌هایی که ظرفیت فتوسنتزی را افزایش می‌دهند نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها رشد قوی‌تری دارند. افزایش ظرفیت فتوسنتزی سبب تفاوت نسبت ماده خشک رقم پیوندک به رقم پایه در اثر اختلاف در توزیع مواد فتوسنتزی می‌شود که دلالت بر تغییر روابط سورس و سینک دارد (Jover *et al*., 2012). توانایی پایه‌ها برای کاهش رشد درختان به عنوان یک مزیت مهم برای پرورش دهندگان محصولات میوه ذکر شده است زیرا امکان صرفه‌جویی در هزینه‌های مدیریتی و حتی افزایش عملکرد در واحد سطح در باغ‌های با تراکم بالا را فراهم می‌کند. به نظر می‌رسد کاهش رشد ایجاد شده در پایه‌های پاکوتاه، مرتبط با پتانسیل آب پایین برگ و ساقه رقم پیوندی روی این پایه‌ها به نسبت پتانسیل آب روی پایه‌های پر رشد باشد که احتمالا به دلیل مقاومت زیاد هدایت هیدرولیکی است و این ممکن است موجب کمبود آب در برگ‌ها طی دوره‌های تبخیر زیاد و بسته شدن روزنه‌ها شود (Martinez-Alcantara *et al*., 2013). مکانیسم پاکوتاه کنندگی درختان پرتقال 'ناولینا' روی سه پایه هیبرید با قدرت رشد مختلف و ارتباط آن با رشد رویشی و رشد زایشی بررسی شد. نتایج نشان داد که فتوسنتز برگ درخت روی همه پایه‌ها مشابه بود ولی تجمع کربوهیدرات در میوه‌ها و ریشه‌های فیبری طی دوره جست تابستانه در درختان با پایه پاکوتاه به طور معنی‌داری نسبت به درختان با پایه استاندارد بالاتر بود، بنابراین به نظر می‌رسد که تغییر در الگوی توزیع ترکیبات فتوسنتزی، یکی از مولفه‌های اصلی مکانیسم پاکوتاهی باشد (Liso *et al*., 2004). سایر عواملی که ممکن است تفاوت‌های فتوسنتزی بین ژنوتیپ‌ها را تعیین کنند به مورفولوژی گیاه، مانند تراکم روزنه‌ها و یا وقایع بیوشیمیایی مربوط می‌شوند. رسانایی هیدرولیکی پایه‌ها نیز با نرخ تبادل CO_2 در برگ‌های مرکبات مرتبط است (Rodriguez-Gamir *et al*., 2010).

در پژوهشی در استرالیا، ناسازگاری و زوال رقم 'ناولینا' روی پایه 'سیترنج C-35' گزارش شد (Skewes, 2015). گزارش‌هایی از ناسازگاری با تاخیر در مرکبات تا ۱۵ سال بعد از پیوند وجود دارد (Habibi *et al*, 2022). دلایل اصلی ناسازگاری پیوند را می‌توان ناهنجاری‌های آناتومیکی، پاسخ‌های بیوشیمیایی، هورمونی و فیزیولوژیکی نامطلوب بین پایه و پیوندک و یا آلودگی به برخی ویروس‌ها و فایتوپلاسم‌ها ذکر کرد. به‌هرحال مکانیسم دقیق ناسازگاری همچنان مبهم است (Sahin & Moore, 2006).

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

برای استفاده بهینه از زمین، فاصله کاشت درختان باید بر اساس حجم تاج مورد انتظار درخت بالغ روی پایه انتخاب شده، در خاک و اقلیم منطقه در نظر گرفته شود. یک باغ متراکم‌تر ممکن است علیرغم سرمایه گذاری اولیه بالاتر، بازگشت و بازده اقتصادی زودتری نیز فراهم کند. نتایج این پژوهش نشان داد که حجم درخت و مساحت مورد نیاز درختان پرتقال روی پایه 'کاریزو سیترنج' کمتر از دو پایه دیگر بود و رقم زودرس 'فوکوموتو' کمترین حجم تاج و رقم‌های 'ناولیت' و 'لین لیت ناول' بیشترین حجم تاج را داشتند. بنابراین، هنگام احداث باغ برای استفاده بهینه از زمین با در نظر گرفتن این موارد می‌توان فاصله کاشت را تنظیم نمود. به طور کلی بر اساس ارتفاع و عرض تاج ارقام مختلف زودرس، میان‌رس و دیررس پرتقال ناول روی سه پایه سه برگچه‌ای مورد استفاده در این پژوهش و با احتساب ۲/۵ متر فضای خالی بین درختان در فاصله بین ردیف‌ها، با هرس منظم سالانه می‌توان فاصله کاشت را نسبت به فواصل کاشت رایج در منطقه بسیار کمتر در نظر گرفت و تراکم درختان در واحد سطح را به‌طور متوسط تا بیش از ۸۰۰ درخت در هکتار افزایش داد. برای ارقام 'فوکوموتو' و 'ناولینا' استفاده پایه 'C-35' به دلیل احتمال ناسازگاری بین پایه و پیوندک توصیه نمی‌شود. برای بررسی دقیق میزان سازگاری بین این پایه‌ها و ارقام، پژوهش جداگانه‌ای با تیمارها و اندازه‌گیری‌های تخصصی‌تر پیشنهاد می‌شود.

منابع

اخلاقی امیری، نگین و اسدی کنگرشاهی، علی (۱۳۹۷). هرس فرم‌دهی در درختان جوان مرکبات. *نشریه فنی موسسه تحقیقات علوم باغبانی*، ۵۴۱۲۲، ۱-۳۰.

اخلاقی امیری، نگین (۱۳۹۸). مقایسه صفات رویشی نارنگی 'انشو میاگاوا' روی شش پایه مختلف در شرق مازندران. *مجله علوم باغبانی ایران*، ۵۰ (۳)، ۶۸۳-۶۹۵.

اخلاقی امیری، نگین و اسدی کنگرشاهی، علی (۱۳۹۹). *هرس درختان مرکبات*. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی. تهران، ایران.

اخلاقی امیری، نگین و اسدی کنگرشاهی، علی (۱۴۰۱). ویژگی‌های رویشی و زایشی نارنگی 'انشو میاگاوا' با پایه 'سوینگل سیترواملو' در دامنه و دشت شرق مازندران. *مجله علوم باغبانی ایران*، ۵۳ (۱)، ۱۱۷-۱۲۸.

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

اسدی کنگرشاهی، علی و اخلاقی امیری، نگین (۱۳۹۷). *مدیریت احداث باغ پایدار مرکبات*. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی. تهران، ایران.

اسدی کنگرشاهی، علی و اخلاقی امیری، نگین (۱۳۹۹). بررسی مقدار رشد و ویژگی های رویشی و فیزیولوژیکی نارنگی 'انشو' با پایه 'C-35' در چند خاک آهکی. *نشریه پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)*، ۳۴ (۲)، ۲۱۵-۲۳۴.

اسدی کنگرشاهی، علی؛ اخلاقی امیری، نگین و فلاح، علیرضا. (۱۳۹۷). راهنمای نمونه‌برداری و تفسیر نتایج تجزیه خاک و برگ برای درختان مرکبات. *نشریه موسسه تحقیقات خاک و آب*، ۵۶۱، ۱-۶۳.

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

REFERENCES

Ahmed, W., Azher Nawaz, M., Azhar Iqbal, M., & Khan, M.M. (2007). Effect of different rootstocks on plant nutrient status and yield in 'Kinnow' mandarin (*Citrus reticulata* Blanco). *Pakistan Journal of Botany*, 39 (5), 1779-1786.

Akhlaghi Amiri, N. (2019). Vegetative characteristics of 'Miyagawa Satsuma' mandarin on 6 different rootstocks in East of Mazandaran. *Iranian Journal of Horticultural Sciences*, 50 (3), 683-695. (In Persian)

Akhlaghi Amiri, N., & Asadi Kangarshahi, A. (2018). *Training young trees of citrus* (1st. ed.). Publications of Citrus and Subtropical Fruits Research Institute. (In Persian)

Akhlaghi Amiri, N., & Asadi Kangarshahi, A. (2020). *Pruning of Citrus Trees* (1st ed.). Agricultural Extension and Education Publications. Iran. (In Persian)

Akhlaghi Amiri, N., & Asadi Kangarshahi, A. (2022). Vegetative and reproductive characteristics of 'Miyagawa satsuma' mandarin on Swingle citrumelo in alluvial and piedmont-plain of East Mazandaran. *Iranian Journal of Horticultural Sciences*, 53 (1), 1-14. (In Persian)

Asadi Kangarshahi, A. (2019). *Nutrition management of citrus trees* (1st. ed.). Agricultural Extension and Education Publications. (In Persian)

Asadi Kangarshahi, A., & Akhlaghi Amiri, N. (2018). *Establishment of sustainable citrus orchard* (1st. ed.). Agricultural Extension and Education Publications. (In Persian)

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)

Asadi Kangarshahi, A., Akhlaghi Amiri, N., & Fallah, A.R. (2018). Guid of sampling and interpretation of soil and leaf analysis results for citrus trees. *Soil and Water Research Institute Publication*, 561, 1-63. (In Persian)

Bassal, M.A. (2009). Growth, yield and fruit quality of 'Marisol' clementine grown on four rootstocks in Egypt. *Scientia Horticulture*, 119, 132-137.

Benjamin, G., Tietel, Z., & Porat, R. (2013). Effects of rootstock/cultivar combinations on the flavor of citrus fruit. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 61 (47), 11286-11294.

Brugnara, E.C., & Sabiao, R.R. (2021). Effect of 17 rootstocks on young 'Valencia' sweet orange performance in western Santa Catarina. *AgriScientia*, 38, 51-57.

Castle, W.S. (2010). A career perspective on citrus rootstocks, their development and commercialization. *HortScience*, 45 (1), 11-15.

Cruz, M.A., Neves, C.S., Carvalho, D.U., Colombo, R.C., Junior, R.P., & Tazima, Z.H. (2019). 'Navelina' sweet orange trees on five rootstocks in Northern Parana state, Brazil. *Revista Brasileira de Fruticultura Jaboticabal*, 41 (3), 1-9.

Emami, A. (1996). Methods of plant analysis. *Soil and Water Research Institute Publication*, 2 (982), 128-128. (In Persian)

Georgiou, A., & Gregoriou, C. (1999). Growth, yield and fruit quality of 'Shamouti' orange on fourteen rootstocks in Cyprus. *Scientia Horticulturae*, 80 (1-2), 113-121.

Gonzalez-Mas, M.C., Llosa, M.J., Quijano, A., & Forner-Giner, M.A. (2009). Rootstock effects on leaf photosynthesis in 'Navelina' trees grown in calcareous soil. *HortScience*, 44, 208-283.

Habibi, F., Liu, T., Folta, K., & Sarkhosh, A. (2022). Physiological, biochemical, and molecular aspects of grafting in fruit trees. *Horticulture Research*, 9, 1-18.

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, 28-76. https://doi.org/10.3390/plants11212876.

Iqbal, Sh., Chaudhary, M.I., & Anjum, M.A. (1999). Effect of various rootstocks on leaf mineral composition and productivity of 'Kinnow' mandarin. *International Journal of Agriculture and Biology*, 1 (3), 91-93.

Jover, S., Martinez-Alcantara, B., Rodriguez-Gamir, J., Legaz, F., Primo-Millo, E., Forner, J., & Forner-Giner, M.A. (2012). Influence of rootstocks on photosynthesis in navel orange leaves: effects on growth, yield and carbohydrate distribution. *Crop Science*, 52, 836-848.

Kunwar, S., Grosser, J., Gmitter, F.G., Castle, W.S., & Albrecht, U. (2021). Field performance of 'Hamlin' orange trees grown on various rootstocks in huanglongbing-endemic conditions. *HortScience*, 56 (2), 163-172.

Legua, P., Bellver, R., Forner, J.B., & Forner-Giner, M.A. (2011). Trifoliata hybrids rootstocks for 'Lane Late' navel orange in Spain. *Scientia Agricola*, 68 (5), 548-553.

Liso, I., Forner, J.B., & Talon, M. (2004). The dwarfing mechanism of citrus rootstocks is related to competition between vegetative and reproductive growth. *Tree Physiology*, 24 (2), 225-232.

Martinez-Alcantara, B., Rodriguez-Gamir, J., Martinez-Cuenca, M.R., Iglesias, D.J., Primo-Millo, E., & Forner-Giner, M.A. (2013). Relationship between hydraulic conductance and citrus dwarfing by the 'Flying Dragon' rootstock (*Poncirus trifoliata* L. Raft var. *monstruosa*). *Trees*,

27, 629-638.

MMGO (2020). Mazandaran Meterology General Oficce. Retrived from www.mazmet.ir

Morales, J., Bermejo, A., Navarro, P., Quiñones, A., & Salvador, A. (2021). Effect of rootstock on citrus fruit quality: A review. *Food Reviews International*, 1-19.

Pestana, M., Correia, P.J., David, M., Abadia, J., & Varennes, A. (2011). Response of five citrus rootstocks to iron deficiency. *Journal of plant nutrition and soil science*, 174 (5), 837-846.

Rodriguez-Gamir, J., Intrigliolo, D.S., Primo-Millo, E., & Forner-Giner, M.A. (2010). Relationships between xylem anatomy, root hydraulic conductivity, leaf/root ratio and transpiration in citrus trees on different rootstocks. *Physiologia Plantarum*, 139, 159-169.

Sahin-Cevik, M., & Moore, G.A. (2006). Identification and expression analysis of cold-regulated genes from the cold-hardy citrus relative *Poncirus trifoliata*. *Plant Molecular Biology*, 62, 83-97.

Shiping, Z., Taojiang, H., Xin, Y., Qibin, H., Jinsong, X., Anzhong, Z., Guizhi, G., & Xiaochun, Z. (2020). The effects of rootstocks on performances of three late-ripening navel orange varieties. *Journal of Integrative Agriculture*, 19 (7), 1802-1812.

Skewes, M. (2015). 'Navelina' orange rootstock incompatibility. *South Australian Research and Development Institute*, DOI: 10.13140/RG.2.1.1577.9288.

Smith, M.W., Shaw, R.G., Chapman, J.C., Turner, J.O., Lee, L.S., Bruce, K., Jorgensen, K.R., & Mungomery, W.V. (2004). Long term performance of 'Ellendale' mandarin on seven commercial rootstocks in sub-tropical Australia. *Scientia Horticulturae*, 102 (1), 75-89.

Stenzel, N.M.C., & Neves, C.S.V.J. (2004). Rootstocks for 'Tahiti' lime. *Scientia Agricola*, 61 (2), 151-155.

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*, 7 (6), 422-427.

Toplu, C., Kaplankiran, M., Demirkeser, T.H., & Yildiz, E. (2008). The effects of citrus rootstocks on 'Valencia Late' and 'Rhode Red' Valencia oranges for some plant nutrient elements. *African Journal of Biotechnology*, 7 (24), 4441-4445.