

## **Investigating the Effect of Different Rootstocks on the Morphological, Phytochemical and Molecular Indicators of Thomson Navel Orange Fruit at Commercial Maturity**

### **Introduction**

External and internal quality of citrus such as color, shape and taste increase economic benefit. The vigour of each rootstock causes qualitative and quantitative change and the effective factor on commercial maturity, which is important for gardeners and producers. Considering the characteristics of the fruit in grafted trees, the present research was conducted with the aim of evaluating the effects of Poncirus, Citrange and Citrumelo rootstocks on some morphological, phytochemical and molecular traits of Thomson Navel orange fruit.

### **Materials and Methods**

This research was carried out in 2018 at Ghaemshahr Horticultural Research Station, Mazandaran. It was conducted in the form of randomized complete block design (RCBD) of uniform and 10-year-old Thomson Navel orange grafted on Poncirus, Citrange and Citrumelo rootstocks with four replications. The samples were collected at the end of October and were transferred to the research laboratory of Horticulture Department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources for further research. Measurements were made on the morphological traits, quality characteristics of the fruit, the phenolic compounds of the peel and the pulp of the fruit and relative expression of fruit pulp *sucrose phosphate synthase1* gene. Data variance analysis was done using SAS software (version 9.0). Mean comparisons were done with Duncan's multiple range test.

### **Results and Discussion**

The results of analysis of variance showed that the rootstock effect on traits of length-to-diameter ratio, weight and density of Thomson Navel orange was significant at the five percent probability level ( $p \leq 0.05$ ) and the fruit length and diameter traits were significant at the one percent probability level ( $p \leq 0.01$ ). The results of mean comparison showed that the characteristics of length, diameter, length-to-diameter ratio, weight and density of Thomson Navel orange at Commercial Maturity on the Poncirus rootstock were more than the two other rootstocks. Due to the early harvest, the density of the fruit was recorded lower than one, so that the highest amount (0.5 g per cm<sup>3</sup>) was observed in the rootstock of Poncirus. Although

it was not significantly different from Citrange rootstock. Based on the results of analysis of variance, it showed that the effect of rootstock on total soluble solids was significant at the level of five percent. Also, the rootstock had a significant effect on titratable acidity, taste index, vitamin C, acidity, EC and total sugar at the level of one percent. However, the amount of vitamin C was higher in the Citrumelo rootstock. The highest amount of acidity and EC belonged to Poncirus rootstock and the lowest amount belonged to Citrange rootstock. The highest amount of total sugar was observed in the dwarfing Poncirus rootstock, while its lowest amount was recorded in the vigorous Citrumelo rootstock. The highest amount of total soluble solids was observed at the rootstock of the Poncirus. The amount of titratable acid in the Citrange rootstock was higher than the other two rootstocks. The taste index was higher in the Poncirus rootstock than the other rootstocks. According to the results of analysis of variance, the rootstock effect on the index of total phenol of fruit peel and pulp and total flavonoid of fruit peel was significant at the five percent probability level ( $p \leq 0.05$ ) and only on the antioxidant capacity of the fruit peel at the statistical level of one percent ( $p \leq 0.01$ ). Also, there was no significant difference in total flavonoid traits and antioxidant capacity of fruit pulp. The highest amount of total phenolic, total flavonoid and percentage of antioxidant activity was found in the Poncirus rootstock. Also, between the fruit organs, phenolic compounds were recorded more in the fruit peel compare to the fruit pulp. The peel of orange is more exposed to ultraviolet rays and changes in environmental conditions, Therefore more secondary metabolites accumulate in that part of the plant. The highest relative expression of fruit pulp *sucrose phosphate synthase1* gene was obtained in the Citrange rootstock.

### **Conclusion**

The vigour of different citrus rootstocks caused the dwarfing trees to have a higher accumulation rate of phytochemical indices than the vigorous trees. The Poncirus rootstock is suitable for fresh consumption due to the early commercial maturity of the fruit. Fruit peel rich in phenolic compounds is used for medicinal purposes. The technical knowledge of this research will be useful for citrus producers of East Mazandaran.

**Key words:** Dimensions, Commercial maturity, Phenol, Rootstock, *SPS* gene

بررسی اثر پایه‌های مختلف بر شاخص‌های ریخت‌شناسی، فیتوشیمیایی و مولکولی میوه پرتقال تامسون ناول در زمان بلوغ تجاری

فاطمه احمدی\* - محمد مهدی شریفانی - امیر موسوی - نگین اخلاقی امیری -

مصطفی خوشحال سرمست - خلیل زینلی - نژاد

\*- [fatemehahmadii2023@gmail.com](mailto:fatemehahmadii2023@gmail.com)

### چکیده

کیفیت بیرونی و درونی مرکبات از قبیل رنگ، شکل و طعم موجب افزایش سود اقتصادی می‌گردد. قدرت رشدی پایه نیز سبب تغییرات کمی و کیفی و عامل موثر بر زمان بلوغ تجاری میوه می‌باشد که برای باغداران و تولیدکنندگان حائز اهمیت است. با توجه به ویژگی‌های میوه در درختان پیوندی، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثرات سه پایه مختلف مرکبات بر برخی صفات ریخت‌شناسی، فیتوشیمیایی و مولکولی میوه پرتقال تامسون ناول صورت گرفت. این تحقیق در سال ۱۳۹۸ در ایستگاه تحقیقات باغبانی قائم‌شهر، مازندران در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با درختان یکنواخت و ۱۰ ساله پرتقال تامسون ناول پیوند شده روی سه پایه پونسپروس، سیترنج و سیتروملو در چهار تکرار انجام شد. نمونه‌ها در اواخر مهرماه جمع‌آوری شده و به‌منظور ادامه تحقیقات به آزمایشگاه تحقیقاتی گروه باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل گردیدند. اندازه‌گیری روی صفات ریخت‌شناسی، ویژگی‌های کیفی و ترکیبات فنلی میوه و نیز بیان نسبی ژن ساکارز فسفات سنتاز صورت گرفت. نتایج نشان داد که صفات طول، قطر، نسبت طول به قطر، وزن و چگالی میوه پرتقال تامسون ناول در زمان بلوغ تجاری میوه روی پایه پونسپروس نسبت به دو پایه دیگر میزان بیشتری داشت. در حالی که میزان ویتامین ث در پایه سیتروملو بالاتر بود. بیشترین میزان اسیدیته و EC متعلق به پایه پونسپروس و کمترین میزان آن متعلق به پایه سیترنج بود. میزان قند کل و مواد جامد محلول در پایه پاکوتاه پونسپروس بالاتر از سایر پایه‌ها مشاهده شد در حالی که کمترین میزان آن‌ها در پایه پابلند سیتروملو ثبت گردید. اسیدیته قابل تیتراسیون و بیان نسبی ژن *CitSPSI* در پایه سیترنج نسبت به دو پایه دیگر بالاترین مقدار بود. بیشترین میزان فنل کل، فلاونوئید کل و درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی در پایه پونسپروس وجود

داشت. قدرت رشدی پایه‌های مختلف مرکبات سبب شد که درختان پاکوتاه نسبت به درختان پابلند، میزان انباشت شاخص‌های فیتوشیمیایی بالاتری داشته باشند. به‌طور کلی پایه پونسیروس به‌دلیل بلوغ تجاری زودرس میوه از توان مناسبی برای تازه‌خوری برخوردار گردید. واژه‌های کلیدی: ابعاد، بلوغ تجاری، پایه، ژن ساکارز فسفات سنتاز، فنل

## مقدمه

کشور ایران از نظر تولید مرکبات در رتبه نهم جهانی قرار دارد ( *Citrus Word Statistics*, 2022). استان مازندران با بیش از ۱۲۰ هزار هکتار سطح زیر کشت، جایگاه نخست در کشور را دارد به‌طوری‌که ۷۵ درصد سطح زیر کشت مرکبات شمال ایران به پرتقال اختصاص یافته است. پرتقال با نام علمی *Citrus sinensis* متعلق به تیره سداییان<sup>۱</sup> می‌باشد ( *Swingle and Reece*, 1967). رقم تامسون ناول در گروه پرتقال ناف‌دار بوده و از تنوع شکلی و رنگی بالایی برخوردار است. این رقم تجاری، زودرس و دوره رسیدن آن نه ماه است ( *Fotouhi Ghazvini and Fattahi Moghadam*, 2007). افزون بر پیوندک، پایه بر صفاتی از قبیل اندازه درخت، عملکرد، شاخص برداشت و نیز کیفیت میوه مرکبات تاثیر می‌گذارد ( *Macia; Oustric et al.*, 2017). در بین ویژگی‌های پایه‌های مرکبات، پایه پیوندی پونسیروس<sup>۲</sup> پاکوتاه با حجم تاج کوچک بوده ولی پایه سیترنج<sup>۳</sup> نیمه‌پاکوتاه دارای حجم تاج کوچک تا متوسط و پایه سیتروملو<sup>۴</sup> پابلند، پررشد و دارای حجم تاج متراکم است ( *Fotouhi Ghazvini and Fattahi Moghadam*, 2007; *Castle et al.*, 2010). بنابراین بررسی خصوصیات ترکیب پایه و پیوندک برای تغییر زمان برداشت رایج، راندمان محصول و عملیات باغداری ضروری بوده است. از این رو، یکی از سوالات مطرح در عرصه کشت و پرورش مرکبات این است که آیا پایه با توجه به شاخص‌های ریخت‌شناسی، فیتوشیمیایی و مولکولی تأثیری بر کیفیت بیرونی و درونی در زمان بلوغ تجاری میوه پرتقال دارد؟ چرا که صفاتی نظیر ابعاد، رنگ و وزن میوه به‌طور مستقیم بر بازار پسندی و میزان فروش محصول موثر هستند و نیز نسبت مواد جامد محلول به اسیدپته کل میوه به‌عنوان شاخص قابلیت خوراکی و حد استاندارد مرکبات در نظر گرفته می‌شود ( *Fattahi Moghadam*

1 Rutaceae

2 *Poncirus trifoliata*

3 Citrange

4 Citrumelo

(*et al.*, 2016). ژن ساکارز فسفات سنتاز<sup>1</sup> (*CitSPS*) از جمله ژن‌های کلیدی است که در انباشت ساکارز ایفای نقش می‌کند (Yamaki, 2010). همچنین بیشترین ارزش غذایی مرکبات در میزان ویتامین ث است. با مصرف یک عدد پرتقال متوسط، ۱۳۰ درصد از نیاز روزانه بدن به این ویتامین برطرف می‌گردد. ویتامین ث در سلامتی انسان، کاهش خطر بیماری قلبی عروقی، تصلب شریان و در درمان برخی از سرطان‌ها مفید است (Sarkar *et al.*, 2009). علاوه بر اهمیت صفات مذکور، در مراحل رشد میوه مرکبات بخش زیادی از انرژی گیاه به میوه انتقال می‌یابد اما انباشت آن در بخش‌های مختلف فلیودو، آلبو و گوشت متفاوت است (Komatsu *et al.*, 2002 Kato; *et al.*, 2004). از سوی دیگر، پوست میوه مرکبات دارای غده‌های روغنی بوده که محل انباشت متابولیت‌های ثانویه می‌باشد (Hemmati *et al.*, 2015). در مقابل برخی فاکتورها مانند مواد جامد محلول در گوشت میوه بیشترین میزان را به خود اختصاص می‌دهد. در هر صورت نوع پایه و پیوندک نقش عمده‌ای در بیوستنز متابولیت‌های گیاهی، بیان ژن‌های درگیر و نیز روند پیشرفت رنگ میوه دارند (Mashayekhi *et al.*, 2014).

در بسیاری از ارقام زودرس مرکبات، پیش از رنگ‌گیری پوست میوه، بخش خوراکی آن به بلوغ تجاری می‌رسد. به همین دلیل، قبل از اینکه پوست آن‌ها به‌طور کامل تغییر رنگ دهد قابلیت آگیری دارند و شاخص طعم میوه نسبت به رنگ پوست در آن معتبرتر است (Akhlaghi Amiri and Asadi Kangarshahi, 2022). وضعیت رشدی درخت در تعیین رنگ میوه دخیل است به طوری که در درختان با رشد زیاد و قوی، سطح پوست میوه کم‌رنگ‌تر است (Aguilar-Hernandez *et al.*, 2020). سبزدایی در مرکبات با استفاده از اتیلن یا اتفن انجام می‌شود که در طی آن، رنگ سبز کلروفیل پوست تجزیه شده و در مقابل رنگدانه‌های زرد و نارنجی آشکار می‌شوند (Mesejo *et al.*, 2021; Peng *et al.*, 2013). به‌طور طبیعی، فرآیند بلوغ تجاری میوه همراه با تبدیل کلروپلاست به کروموپلاست اتفاق می‌افتد که این تغییر رنگ سطح پوست ناشی از زوال تصاعدی کلروفیل، افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز و تولید کاروتنوئید است. انباشت کربوهیدرات موجب تحریک این فرآیند می‌گردد (Iglesias *et al.*, 2007). از این حیث، امتیاز تولید میوه نوبرانه در عرضه به بازار رقابتی با استفاده از شاخص بلوغ تجاری میوه مهیا است. بر

---

1 *Sucrose phosphate synthase*

همین اساس، هدف از تحقیق حاضر شناخت برخی ویژگی‌های پرتقال تامسون ناول تحت تاثیر سه پایه مرکبات در مراحل پایانی رشد و تعیین تاثیر پایه‌ها بر زمان بلوغ تجاری میوه است.

## مواد و روش‌ها مواد گیاهی

در این پژوهش میوه پرتقال تامسون ناول روی سه پایه پونسیروس، سیترنج و سیتروملو از درختان یکنواخت و ۱۰ ساله در اواخر مهرماه سال ۱۳۹۸ جمع‌آوری شد. این باغ واقع در ایستگاه تحقیقات باغبانی قائم‌شهر، وابسته به مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مازندران با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۷ دقیقه شمالی است. به‌منظور ادامه تحقیقات، نمونه‌ها به آزمایشگاه تحقیقاتی گروه باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل گردیدند. آنالیز خاک مکان اجرای پژوهش در (جدول ۱) آورده شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک ایستگاه تحقیقات باغبانی قائم‌شهر، مازندران  
Table 1- Characters of physio-chemical soil in Ghaemshahr Horticultural Research Station, Mazandaran

عمق (سانتی‌متر) Depth (cm)	بافت خاک Soil texture	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم) Phosphorus (mg/kg)	پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم) Potassium (mg/Kg)	اسیدیته pH	EC dS/m
0-30	لوم Loam	1.00	0.084	15.2	116.7	7.49	0.35
30-60	لوم Loam	0.32	0.026	8.0	51.7	7.64	0.79

## صفات ریخت‌شناسی

طول و قطر میوه پرتقال پس از برداشت توسط کولیس دیجیتالی اندازه‌گیری گردید. اندازه-گیری وزن میوه با ترازوی دیجیتالی با دقت یک صدم انجام شد. برای تعیین حجم میوه، درون استوانه‌ای مدرج تا ارتفاع معین آب ریخته شد، سپس میوه پرتقال در آب غوطه‌ور شد. با توجه به میزان جابه‌جایی آب، حجم نمونه محاسبه گردید. تعیین چگالی میوه از تقسیم وزن میوه بر حجم میوه و بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب انجام شد.

## ویژگی های کیفی

به منظور ارزیابی صفات مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون، شاخص طعم، ویتامین ث، اسیدیته و EC میوه پرتقال، ابتدا میوه ها آبیگری شدند سپس عصاره ها مورد بررسی قرار گرفتند.

### مواد جامد محلول

برای اندازه گیری مواد جامد محلول، یک قطره عصاره میوه روی صفحه دستگاه رفرنکتومتر (مدل ABBE، ساخت بلژیک) ریخته شد و غلظت املاح مواد جامد محلول بر حسب درصد بریکس ثبت گردید (Cherng and Ouyang, 2003).

### اسیدیته قابل تیتراسیون

اندازه گیری اسیدیته قابل تیتراسیون با روش تیتراسیون انجام شد. ابتدا ۱۰ میلی لیتر آب میوه با ۷۰ میلی لیتر آب مقطر ترکیب شد سپس دو قطره فنل فتالین (یک درصد) به محلول افزوده و با هیدروکسید سدیم تیتر شد. نقطه پایانی تیتر زمانی در نظر گرفته شد که رنگ صورتی نمایان گردید. میزان اسیدیته قابل تیتراسیون بر حسب میلی گرم اسید سیتریک در ۱۰۰ میلی لیتر آب میوه محاسبه گردید (Fallahi, 1990).

### شاخص طعم

از تقسیم مواد جامد محلول بر اسیدیته قابل تیتراسیون، شاخص طعم محاسبه گردید.

### ویتامین ث

به منظور تعیین محتوی ویتامین ث عصاره از روش تیتراسیون استفاده شد. ابتدا ۲۰ میلی لیتر از آب میوه با ۱۵۰ میلی لیتر آب مقطر ترکیب شد و دو قطره نشاسته (۰/۵ درصد) به محلول فوق اضافه گردید. سپس این ترکیب با محلول ید تیتر شد. تیتراسیون تا زمانی که رنگ آبی در عصاره مشاهده شد ادامه یافت. میزان ویتامین ث بر حسب میلی گرم در ۱۰۰ میلی لیتر آب میوه محاسبه گردید (Skinner, 1997).

### اسیدیته

اندازه گیری اسیدیته با قرار گرفتن سنسور دستگاه pH متر در عصاره صورت گرفت (Mashayekhi and Atashi, 2017).

EC

تعیین EC عصاره با کمک EC متر و بر حسب میلی زیمنس بر سانتی متر محاسبه شد (Mashayekhi and Atashi, 2017).

### قندکل

جهت استخراج قندکل از روش مکردی و همکاران (Mccready et al., 1950) استفاده شد. در گام نخست ۱۰۰ میلی گرم از گوشت میوه تهیه شده با پنج میلی لیتر اتانول ۸۰ درصد عصاره گیری شد. سپس در بن ماری با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ده دقیقه قرار داده و بعد از آن عصاره ها با دور ۳۵۰۰ دور در دقیقه، به مدت ده دقیقه سانتریفیوژ شدند. در ادامه مواد روشنور داخل شیشه مکارتی ریخته و عمل فوق سه مرتبه تکرار گردید. عصاره جمع آوری شده در آن با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد تا اتانول به طور کامل تبخیر گردید. بعد از خشک شدن اتانول، مقدار ۱۰ میلی لیتر آب مقطر به لوله ها اضافه شد تا مواد قندی در آن به طور کامل حل شدند. در گام بعدی، ۲۰۰ میکرولیتر از عصاره قندی تهیه شده با سه میلی لیتر معرف آنترون ترکیب شد و پس از ۲۰ دقیقه قرار گرفتن در بن ماری ۱۰۰ درجه سانتی گراد، جذب نمونه ها در طول موج ۶۲۰ نانومتر خوانده شد. میزان قندکل بر اساس منحنی استاندارد قندکل برآورد شد (Irigoyen et al., 1992).

### فنل کل

محتوی فنل کل با استفاده از معرف فولین-سیوکالتیو و با استفاده از روش اندازه گیری کیم و همکاران (Kim et al., 2004) انجام شد. نیم گرم از پوست و گوشت میوه با پنج میلی لیتر متانول ۸۰ درصد هموژنیزه گردید. سپس ۲۰ میکرولیتر از عصاره گیاهی با ۱/۱۶ میلی لیتر آب مقطر و ۱۰۰ میکرولیتر معرف فولین ترکیب شدند. بعد از گذشت پنج دقیقه، ۳۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم (یک مولار) به محلول اضافه شد تا واکنش خنثی گردید و پس از ۳۰ دقیقه قرار گرفتن در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد، جذب نمونه ها در طول موج ۷۶۰ نانومتر به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UNICO 2800، ساخت آمریکا) خوانده شدند. محتوی فنل کل بر حسب میلی گرم اسیدگالیک در ۱۰۰ گرم وزن تر با استفاده از منحنی استاندارد اسید گالیک محاسبه گردید.

### فلاونوئید کل



برای تعیین محتوی فلاونوئیدکل، از روش رنگ سنجی کلرید آلومینیوم استفاده شد. در گام اول نیم گرم از پوست و گوشت میوه با پنج میلی لیتر متانول ۸۰ درصد عصاره گیری شد و در گام بعدی ۰/۵ میلی لیتر از عصاره تهیه شده با ۱/۵ میلی لیتر متانول، ۰/۱ میلی لیتر آلومینیوم کلرید (۱۰ درصد)، ۰/۱ میلی لیتر استات پتاسیم (یک مولار) و ۲/۸ میلی لیتر آب مقطر ترکیب شدند. سپس محلول ها در دمای اتاق به مدت ۳۰ دقیقه در محیط تاریک قرار داده شدند. جذب نمونه ها در طول موج ۴۱۵ نانومتر با کمک اسپکتروفتومتر قرائت شدند. محتوی فلاونوئیدکل بر اساس میلی گرم کوئرستین در ۱۰۰ گرم وزن تر با استفاده از منحنی استاندارد کوئرستین به دست آمد (Chang *et al.*, 2002).

### فعالیت آنتی اکسیدانی

به منظور محاسبه درصد مهار رادیکال آزاد یا فعالیت آنتی اکسیدانی از روش بلویس (Blois, 1958) مورد استفاده شد. یک میلی لیتر عصاره گیاهی با یک میلی لیتر معرف DPPH درون لوله آزمایش ریخته شد. سپس لوله های آزمایش حاوی محلول به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی نگهداری شدند تا اثر بخشی مهار رادیکالی توسط DPPH صورت پذیرد. جذب نمونه ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر خوانده و با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

$$\text{درصد فعالیت آنتی اکسیدانی} = \frac{[\text{جذب کنترل} - \text{جذب نمونه}]}{\text{جذب کنترل}} \times 100$$

### بیان ژن

#### استخراج RNA و سنتز cDNA

استخراج RNA کل از گوشت میوه پرتقال تامسون ناول با استفاده از کیت تریازول صورت گرفت. سپس ارزیابی کیفی RNA استخراج شده با روش الکتروفورز روی ژل آگارز یک درصد تعیین شد. به منظور حذف آلودگی DNA ژنومی از RNA های استخراجی، تیمار آنزیم DNaseI انجام گرفت. پس از اطمینان از کیفیت، سنتز cDNA با استفاده از کیت تجاری سیناکلون صورت گرفت.

آغازگرهای اختصاصی ژن *CitSPSI* و ژن *CitActin* به عنوان کنترل داخلی جهت انجام واکنش Real-Time PCR مورد استفاده قرار گرفتند (جدول ۲). در نهایت سنجش بیان ژن‌ها با سه تکرار تکنیکی و روش اختلاف در تغییرات چرخه آستانه‌ای  $2^{-\Delta\Delta CT}$  صورت گرفت.

جدول ۲- ویژگی‌های آغازگرهای مورد مطالعه در واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز

Table 2- Characteristics of the used primers in RT-qPCR reaction

نام ژن	آغازگر رفت	آغازگر برگشت
Genes	Forward primer (5' to 3')	Reverse primer (5' to 3')
<i>CitSPSI</i>	GTCCTACTCGTTACTTCGT	TTCTCTCCTTCAATCTGTT
<i>CitActin</i>	CATTAGCACCAAGCAGCAT	GCCAGACTCATCATACTCAGA

## آنالیز آماری داده‌ها

این آزمایش بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار (پایه‌های پونسیروس، سیترنج و سیتروملو) و چهار تکرار انجام شد. هر تکرار شامل سه عدد میوه پرتقال تامسون ناول بود. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS (نسخه ۹/۰) صورت گرفت. مقایسه میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم افزار اکسل ۲۰۱۰ استفاده شد.

## نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر پایه بر نسبت طول به قطر، وزن و چگالی پرتقال تامسون ناول در سطح احتمال پنج درصد و صفات طول و قطر میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. تنها در صفت حجم میوه در پایه‌های مختلف مرکبات تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. طبق نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) در صفات ریخت‌شناسی میوه پرتقال مشخص گردید که در پایه پونسیروس طول میوه افزایش آماری معنی‌داری نسبت به دو پایه دیگر نشان داد (۸۱/۹۱ میلی‌متر). هم‌چنین قطر میوه در این پایه بیشتر از پایه‌های دیگر بود (۷۹/۲۶

1 Cycle of threshold

میلی متر) و این افزایش نسبت به پایه سیتروملو از نظر آماری معنی دار بود. نسبت طول میوه به قطر میوه در پایه پونسیروس افزایش معنی داری نسبت به دو پایه دیگر نشان داد. از این رو میوه‌ها روی پایه پونسیروس، ظاهری کشیده‌تر و روی پایه‌های سیتروملو و سیترنج، شکلی گردتر داشتند. بیشترین میزان وزن میوه پرتقال متعلق به پایه پونسیروس بود (۲۴۸ گرم). حجم میوه در پایه سیترنج بالاتر بود اما با دو پایه دیگر در یک سطح آماری قرار داشت. به دلیل برداشت زودتر از موعد، چگالی میوه پائین‌تر از یک ثبت گردید به طوری که بالاترین میزان (۰/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب) در پایه پونسیروس مشاهده گردید اگرچه با پایه سیترنج تفاوت معنی داری نداشت. این نتایج، با یافته‌های جاسکانی و همکاران (Jaskani et al., 2006) که پایه‌های مرکبات در برخی شاخص‌های ریخت‌شناسی میوه در زمان برداشت تفاوت نشان داده است، همخوانی دارد. براساس مطالعات انجام شده توسط حیات و همکاران (Hayat et al., 2022)، پاکوتاهی پایه را عاملی برای افزایش عملکرد محصول دانسته‌اند. اهمیت ابعاد میوه در سیستم حمل و نقل، سورتینگ و بسته‌بندی، شاخص وزن میوه بر قیمت فروش و میزان چگالی برای جابه‌جایی مرکبات و صنایع فرآوری در نظر گرفته می‌شود (Khojastehnazhand et al., 2010; Razavi and Akbari, 2009; Sattar et al., 2014).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر پایه‌های مختلف بر صفات ریخت‌شناسی در پرتقال تامسون ناول

Table 3 - Analysis of variance for the effect of different rootstocks on the morphological traits in Thomson Navel orange

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی (DF)	میانگین مربعات Mean squares					
		طول Length	قطر Diameter	نسبت طول به قطر Length:Diameter	حجم Volume	وزن Weight	چگالی Density
بلوک Block	3	4.295 <sup>ns</sup>	2.438 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>	1.194 <sup>ns</sup>	60.083 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>
پایه Rootstock	2	193.025 <sup>**</sup>	45.713 <sup>**</sup>	0.011 <sup>*</sup>	72.750 <sup>ns</sup>	2605.083 <sup>*</sup>	0.011 <sup>*</sup>
خطا Error	6	2.259	1.604	0.001	19.194	206.750	0.001
ضریب تغییرات CV (%)		2.03	1.67	2.50	0.89	6.48	6.30

\*\*and \* respectively significant in 1% and 5%.

\*\*\* و \* به ترتیب معنی دار در سطح یک و پنج درصد.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر پایه‌های مختلف بر صفات ریخت‌شناسی در پرتقال تامسون ناول

Table 4- Comparison of the average effect of different rootstocks on the morphological traits in Thomson Navel orange

رقم Cultivar	طول Length (mm)	قطر Diameter (mm)	نسبت طول به قطر Length:Diameter	حجم Volume (cm <sup>3</sup> )	وزن Weight (g)	چگالی Density (g/cm <sup>3</sup> )
پونسیروس Poncirus	81.91 a	79.26 a	1.03 a	469 a	248 a	0.50 a
سیترنج Citrange	71.10 b	75.99 ab	0.95 b	490 a	220 ab	0.47 ab
سیتروملو Citrumelo	68.96 b	72.50 b	0.93 b	487 a	197 b	0.40 b

در هر ستون، اعداد دارای حروف مشابه از نظر آماری در سطح پنج و یا یک درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, the numbers with the same letters are not statistically significant at the %5 or %1 level.

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۵) اثر پایه روی مواد جامد محلول در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر پایه روی صفات اسیدیته قابل تیتراسیون، شاخص طعم، ویتامین ث، اسیدیته، EC و قندکل تاثیر معنی‌داری در سطح یک درصد داشت. نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۶) بیانگر آن است که بیشترین مواد جامد محلول (۲۰/۱۰ درصد بریکس) متعلق به پایه پونسیروس بود در حالی که با پایه سیترنج در یک سطح آماری قرار داشت. بیشترین درصد اسیدیته قابل تیتراسیون در پایه‌های سیترنج و سیتروملو وجود داشت و کمترین میزان آن نیز در پایه پونسیروس به دست آمد. شاخص طعم میوه در پایه پونسیروس بالاتر از سایر پایه‌ها بود. بیشترین میزان ویتامین ث در پایه‌های سیترنج و سیتروملو وجود داشت. بیشترین و کمترین اسیدیته میوه به ترتیب مربوط به پایه پونسیروس (۳/۳۵) و سیترنج (۲/۷۴) بود. بالاترین میزان EC در پایه پونسیروس (۳/۸۴ میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر) به دست آمد. حداکثر میزان قندکل (۳۲/۷۱ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در پایه پونسیروس بود در حالی که حداقل میزان (۲۵/۳۱ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) آن در پایه سیتروملو مشاهده شد. نتایج به دست آمده نشان داد تا زمانی که میوه روی درخت است، نوعی رقابت بر سر کربوهیدرات قابل دسترس وجود دارد که در نهایت منجر به تخلیه عناصر غذایی گیاه از برگ‌های منبع به سمت میوه تامسون ناول می‌شود. بر همین اساس، قدرت رشدی درختان پاکوتاه پونسیروس با حجم تاج کوچک می‌تواند سبب انتقال سریع‌تر مواد غذایی به میوه شود ولی در مقابل در درختان پابلند سیتروملو با حجم تاج گسترده سرعت نقل و انتقال کندتر مواد غذایی منجر به انباشت کمتر قند می‌گردد. در بین پارامترهای بیوشیمیایی متعدد در سایر گونه‌های مرکبات تفاوت چشمگیری مشاهده شد (Gaikwad et al., 2018). به گفته مازون و همکاران

(Maazoun et al., 2022) میزان اسیدیته و مواد جامد محلول میوه پرتقال روی پایه سیترنج C35 بیشترین میزان را داشت. در مطالعه‌ای دیگر مشخص گردید که ارتباط پایه و پیوندک بر زمان بلوغ فیزیولوژیک در مرکبات تاثیر گذاشته، به گونه‌ای که بالاتر بودن اسیدیته نارنگی روی پایه نارنج سبب تاخیر در زمان بلوغ فیزیولوژیک میوه در مقایسه با سایر پایه شده است (Maazoun et al., 2022; Macia-Vazquez et al., 2024). علاوه بر این، میزان اسید آسکوربیک (ویتامین ث) در حین رسیدن میوه تابع عواملی مانند رقم، زمان برداشت و شرایط محیطی گزارش گردید (Magwaza et al., 2017).

مجله علمی پژوهشی  
پایه علمی  
انتشار

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر پایه‌های مختلف بر ویژگی‌های کیفی در پرتقال تامسون ناول  
 Table 5- Analysis of variance for the effect of different rootstocks on the quality characteristics in Thomson Navel orange

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی (DF)	میانگین مربعات Mean squares							EC	قند کل Total sugar
		مواد جامد محلول TSS	اسیدیته قابل تیتراسیون TA	شاخص طعم Flavor index	ویتامین C Vitamin C	اسیدیته pH	EC			
بلوک Block	3	0.067 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>	0.110 <sup>ns</sup>	1.041 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>	0.007 <sup>ns</sup>	0.007 <sup>ns</sup>	0.55 <sup>ns</sup>	
پایه Rootstock	2	1.191*	0.351**	28.241**	20.921**	0.370**	0.56**	0.56**	143.79**	
خطا Error	6	0.052	0.001	0.673	0.213	0.009	0.013	0.013	0.312	
ضریب تغییرات		2.34	6.97	8.89	1.59	3.18	3.27	3.27	1.99	

\*\*and \* respectively significant in 1% and 5%.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر پایه‌های مختلف بر ویژگی‌های کیفی در پرتقال تامسون ناول  
 Table 6- Comparison of the average effect of different rootstocks on the quality characteristics in Thomson Navel orange

رقم Cultivar	مواد جامد محلول TSS (%)	اسیدیته قابل تیتراسیون TA (%)	شاخص طعم Flavor index	ویتامین C Vitamin C (mg/100g FW)	اسیدیته pH	EC (mS/cm)	قند کل Total sugar (mg/g DW)
پونسیروس Poncius	10.20 a	0.90 b	11.35 a	25.9 b	3.35 a	3.84 a	32.71 a
سیترنج Citrange	9.83 a	1.43 a	6.97 b	30.1 a	2.74 c	3.10 c	26.40 b
سیتروملو Citrumelo	9.13 b	1.40 a	6.55 b	30.9 a	3.02 b	3.43 b	25.31c

In each row, the numbers with the same letters are not statistically significant at the 5 or 1 level.  
 در هر ردیف، اعداد دارای حروف مشابه از نظر آماری در سطح پنج و یا یک درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

طبق نتایج تجزیه واریانس اثر پایه روی شاخص فنل کل پوست و گوشت میوه و فلاونوئید کل پوست میوه در سطح احتمال پنج درصد معنی دار و فقط بر فعالیت آنتی‌اکسیدانت پوست میوه در سطح آماری یک درصد معنی دار بود. همچنین در صفات فلاونوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گوشت میوه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۸) نشان داد که بیشترین میزان فنل کل پوست و گوشت میوه در پایه پونسیروس در مقایسه با دو پایه دیگر وجود داشت. به طوری که میزان فنل کل در پوست میوه نسبت به گوشت میوه بالاتر بود. بیشترین میزان فلاونوئید کل پوست و گوشت میوه در پایه پونسیروس مشاهده شد. اما در گوشت میوه با دو پایه دیگر در یک سطح آماری قرار داشت و در پوست میوه با پایه سیترنج تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین میزان فلاونوئید کل در اندام پوست میوه بیشتر از گوشت میوه ثبت گردید. بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانت پوست میوه متعلق به پایه پونسیروس بود (۷۷/۳۱ درصد). به طوری که فعالیت آنتی‌اکسیدانت پوست میوه در مقایسه با گوشت میوه بیشتر بود. از آنجایی که پوست میوه پرتقال تامسون ناول بیشتر در معرض پرتو فرابنفش و تغییرات شرایط محیطی قرار دارد بنابراین، متابولیت ثانویه بیشتری در آن انباشت می‌گردد. در بررسی هم‌تی و همکاران (Hemmati et al., 2018) گفته شد که ارجحیت انباشت مواد فنلی در میوه مرکبات قبل از هر عاملی به خصوصیات ژنتیکی و نیز توانمندی ذاتی ارقام وابسته است (Nawaz et al., 2020; Milosevic et al., 2023). بررسی‌ها نشان داد که پوست میوه انار و سیب نیز ترکیبات فنلی بیشتری در مقایسه با گوشت میوه برخوردار است (Tehranifar et al., 2014 Bakhshi et al., 2011). زیرا پوست میوه محل انباشت غده‌های روغنی و زرد رنگ بوده و به موجب آن انباشت متابولیت‌های ثانویه در آن بخش گیاه متمایز عمل می‌کند (Hemmati et al., 2015).

جدول ۷- تجزیه واریانس اثر پایه‌های مختلف بر ترکیبات فنلی در پوست و گوشت پرتقال تامسون ناول  
 Table 7- Analysis of variance for the effect of different rootstocks on the phenolic compounds in the peel and the pulp of the Thomson Navel orange

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی (DF)	میانگین مربعات Mean squares					
		فلفل کل گوشت Pulp Total phenol	فلفل کل پوست Peel Total phenol	فلاونوئید کل گوشت Pulp Total flavonoid	فلاونوئید کل پوست Peel Total flavonoid	فعالیت آنتی‌اکسیدانی گوشت Pulp Antioxidant activity	فعالیت آنتی‌اکسیدانی پوست Peel Antioxidant activity
بلوک Block	2	0.014 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>	0.002 <sup>ns</sup>	0.006 <sup>ns</sup>	0.156 <sup>ns</sup>	0.199 <sup>ns</sup>
پایه Rootstock	2	0.035 <sup>*</sup>	0.388 <sup>*</sup>	0.002 <sup>ns</sup>	0.031 <sup>*</sup>	1.482 <sup>ns</sup>	15.140 <sup>**</sup>
خطا Error	6	0.003	0.017	0.002	0.001	1.111	0.554
ضریب تغییرات CV (%)		2.65	5.39	4.43	2.11	1.73	0.98

\*\*and \* respectively significant in 1% and 5%.

\*\*\* و \* به ترتیب معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر پایه‌های مختلف بر ترکیبات فنلی در پوست و گوشت پرتقال تامسون ناول  
 Table 8- Comparison of the average effect of different rootstocks on the phenolic compounds in the peel and the pulp of the Thomson Navel orange

رقم Cultivar	فلفل کل گوشت Pulp Total phenol (mg.g DM)	فلفل کل پوست Peel Total phenol (mg.g DM)	فلاونوئید کل گوشت Pulp Total flavonoid (mg.g DM)	فلاونوئید کل پوست Peel Total flavonoid (mg.g DM)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی گوشت Pulp Antioxidant activity (%)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی پوست Peel Antioxidant activity (%)
پونسیروس Poncirus	2.21 a	2.80 a	1.11 a	1.89 a	61.69 a	77.31 a
سیترنج Citrange	2.07 b	2.35 b	1.09 a	1.80 ab	60.84 a	75.84 b
سیتروملو Citrumelo	2.00 b	2.20 b	1.06 a	1.71 b	60.51 a	73.46 b

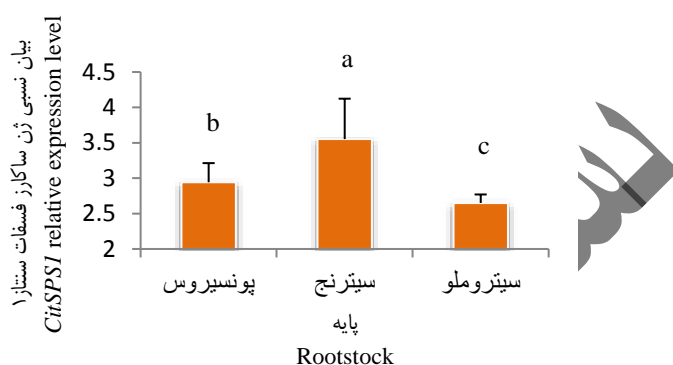
در هر ستون، اعداد دارای حروف مشابه از نظر آماری در سطح پنج و یا یک درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, the numbers with the same letters are not statistically significant at the %5 or %1 level.

نتایج مقایسه میانگین در سطح مولکولی نشان داد که بیشترین سطح بیان نسبی ژن *CitSPS1* در پایه سیترنج و کمترین آن در پایه سیتروملو به دست آمد (شکل ۱). عدم تطابق بیشترین بیان نسبی پایه با نتایج انباشت قند کل به اهمیت نوع نسخه ژن مرتبط بود. همچنین این تفاوت می‌تواند ناشی از اثر بیان سایر ژن‌ها مانند اینورتاز و ساکارز سنتاز در انباشت قند کل باشد. براساس مقایسه‌ای



که بین ساز و کار نسخه‌های مختلف ژن *CitSPS* در پایه‌های پونسیروس و فلائینگ‌دراگون انجام گرفته نشان می‌دهد که این تغییرات در میزان رونوشت ژن به ساختار ژنومی، رقم و مرحله نمو گیاه و نیز عوامل محیطی برمی‌گردد (Dong et al., 2019; Hong et al., 2022).



شکل ۱- اثر پایه‌های مختلف بر بیان نسبی ژن ساکارز فسفات سنتاز ۱ پرتقال تامسون ناول  
 Fig 1- The effect of different rootstocks on the relative expression of *sucrose phosphate synthase1* gene of Thomson Navel orange (Duncan,  $p \leq 0.01$ )

### نتیجه گیری کلی

نتایج به دست آمده نشان داد، بالاتر بودن میزان شاخص طعم و قند کل میوه در پایه پونسیروس سبب شد که رقم پیوندی روی این پایه نسبت به دو پایه دیگر کمی زودتر برداشت شود. در مقابل پایه سیتروملو در مقایسه با دو پایه دیگر بلوغ دیررس میوه و بیان نسبی کمتر در ژن *CitSPS1* نشان داد. بر همین اساس، پایه پاکوتاه پونسیروس گزینه مناسبی برای برداشت در زمان بلوغ تجاری پرتقال تامسون ناول معرفی می‌گردد. هم‌چنین میزان ترکیبات فنلی این پایه سبب مقاومت بیشتر در برابر شرایط محیطی می‌گردد.

### منابع

1. Akhlaghi Amiri, N. & Asadi Kangarshahi, A. (2022). 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).  
<https://doi.org/20.1001.1.16807154.1401.23.1.6.4>

2. Aguilar-Hernandez, M., Sanchez-Rodriguez, L., Hernandez, F., Forner-Giner, M.A., Postor-Perez, J. & Legua, P. (2020). Influence of new citrus rootstocks on lemon quality. *Agronomy*, 10(974), 10070974.  
<https://doi.org/10.3390/agronomy10070974>

3. Bakhshi, D., Fathollahi, S. & Arakawa, O. (2011). Evaluation of the relationship between phenolic compounds and skin color in three red apple cultivars in Japan. *Journal of Horticultural Science*, 24(2), 251-258. (In Persian)

4. Blois M.S. (1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 26: 1199-1200. <http://dx.doi.org/10.1038/1811199a0>

5. Castle, W., Baldwin, J. & Muraro, R. (2010). Performance of ‘Valencia’ sweet orange trees on 12 rootstocks at two locations and an economic interpretation as a basis for rootstock selection. *HortScience*, 45(4), 523-533.  
<https://doi.org/10.21273/HORTSCI.45.4.523>

6. Chang, C., Yang, M., Wen, H. & Chern, J. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food Drug Analysis*, 10, 178-182. <https://doi.org/10.38212/2224-6614.2748>

7. Cherng A.P. & Ouyang F. (2003). A firmness index for fruit of ellipsoidal shape. *Biosystems Engineering*, 86(1), 35-44. [https://doi.org/10.1016/S1537-5110\(03\)00096-5](https://doi.org/10.1016/S1537-5110(03)00096-5)

8. Citrus World Statistics. (2022). World Citrus Organization. Summer 2021-Winter 2021-22.

9. Dong, T., Xiong, Bo., Huang, Sh., Liao, L., Qiu, X., Sun, G., He, Y., Duan, Ch., Wang, X., Zhang, X., Li, S. and wang, Zh. (2019). Investigation of the cause of reduced sugar content in Kiyomi tangor fruit of ziyang xiangcheng (*Citrus junos sieb. ex Tanaka*) rootstock. *Scientific Reports*, 9:19263.  
<https://doi.org/10.1038/s41598-019-55957-3>

10. Fattahi Moghaddam, J., Seyed Ghasemi, A. & Madani, S. (2016). The effect of five rootstocks on the physical, mechanical and chemical

characteristics of Yashar tangerine fruit during ripening stage. *Journal of Plant Production*, 24(2), 109-123. (In Persian)

11. Fallahi M. (1990). Postharvest physiology of vegetables. Book (vol.I) 358pp. Dashte Morghab Productive Group, pub. Shahin.

12. Fotouhi Ghazvini, R. & Fattahi Moghadam, J. (2007). Citrus growing in iran. The University of Guilan Press. Second Edition, pp: 143-184. (In Persian)

13. Gaikwad, K.A., Patil, S.R., Nagre, P.K. & Potdukhe, NR. (2018). Morphological characterization of citrus rootstock genotypes. *International Journal of Chemical Studies*, 6(2), 516-529.

14. Hayat, F., Li, J., Iqbal, Sh., Peng, Y., Hong, L., Balal, R., Khan, M. N., Nawaz, M., Nawa, M.A., Khan, U., Farhan, M.A., Li, C., Song, W., Tu, P. & Cheng, J. (2022). A mini review of citrus rootstocks and their role in high-density orchards. *Plants*, 11, 2876. <https://doi.org/10.3390/plants11212876>

15. Hemmati, N., Ghasemnezhad, A., Fattahi Moghaddam, J. & Ebrahimi, P. (2015). Investigating the relationship between the accumulation of fruit phenolic compounds in Salvestiana and Italian orange cultivars, with their rootstock fruits. *Journal of Crop improvement*, 17(3), 571-581. (In Persian)

16. Hemmati, N., Ghasemnezhad, A., Fattahi Moghaddam, J., & Ebrahimi, P. (2018). Variation in the content of bioflavonoids of orange as affected by scion, rootstock, and fruit part. *Acta Physiologiae Plantarum*, 40, 83. <https://doi.org/10.1007/s11738-018-2648-1>

17. Hong, H.R., Oh, E.U., Han, S.G., Yun, S.H., Kim, H.B. & Song, K.J. (2022). Characterization of soluble sugar content, related enzyme activity and gene expression in the fruits of 'Minihyang' mandarin on different rootstocks. *Horticulturae*, 8:47. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8010047>

18. Iglesias, D.J., Cercos, M., Colmenero-Flores, J., Naranjo, M., Rios, G., Carrera, E., Ruiz-River, O., Liso, I., Morillon, R., Tadeo, F. & Talon, M. (2007). Physiology of citrus fruiting. *Plant Physiology*, 9(4), 333-362. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202007000400006>

19. Irigoyen, J.J., Emerich, D.W. & Sanchez-Diaz, M. (1992). Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiologia Plantarum*, 84, 55-60. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1992.tb08764.x>
20. Jaskani, M., Abbas, H., Khan, M., Shahzad, U. & Hussain, Z. (2006). Morphological description of three potential citrus rootstocks. *Pakistan Journal of Botany*, 38(2), 311-317.
21. Kato, M., Ikoma, Y., Matsumoto, H., Sugiura, M., Hyodo, H. & Yano, M. (2004). Accumulation of carotenoids and expression of carotenoid biosynthetic genes during maturation in citrus fruit. *Plant Physiology*, 134, 824-837. <https://doi.org/10.1104/pp.103.031104>
22. Khojastehnazhand, M., Omid, M. & Tebatabaefar, A. (2010). Development of a lemon sorting system based on color and size. *African Journal of Plant Science*, 4(4), 122-127.
23. Kim, D. O. Padilla-Zakour, O. I. & Griffiths, P. D. (2004). Flavonoids and antioxidant capacity of various cabbage genotypes at juvenile stage. *Journal of Food Science*, 69, 685-689. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb09916.x>
24. Komatsu, A., Moriguchi, T., Koyama, K., Omura, M. & Akihama, T. (2002). Analysis of sucrose synthase genes in citrus suggests different roles and phylogenetic relationship. *Journal of Experimental Botany*, 53(366), 61-71. <https://doi.org/10.1093/jexbot/53.366.61>
25. Maazoun, A.M., Zerai, O., Aounallh, M.K., Bey, N., Hemmami, S. & Bettaieb, T. (2022). Rootstocks effects on yield, fruit characteristics, and juice quality of the Tunisian Maltese half-blood (*Citrus sinensis* L.Osbeck): an important citrus cultivar. *International Journal of Horticulture, Agriculture and Food Science*, 6(3). <https://dx.doi.org/10.22161/ijhaf.3.3.4>
26. Macia-Vazquez, A., Martinez-Nicolas, J., Nunez-Gomez, D., Melgarejo, P. & Legua, P. (2024). Influence of rootstock on yield, morphological, biochemical and sensory characteristics of Afouer variety mandarins. *Scientia Horticulturae*, 325, 112644. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112644>

27. Magwaza, L.S., Mditshwa, A., Tesfay, S.Z. & Opra, U.L. (2017). An overview of preharvest factors affecting vitamin C content of citrus fruit. *Scientia Horticulturae*, 216: 12-21. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.12.021>
28. Mashayekhi, K. & Atashi, S. (2017). The analyzing methods in plant physiology. Agricultural Education Research Publications. pp: 163-164. (In Persian)
29. Mashayekhi, K., Sadeghi, H., Akbarpour, V., Atashi, S., Mosavizadeh, J., Abshai, M. & Nazari, Z. (2014). The effect of several different citrus rootstocks on the amount of biochemical compounds of Parson Brown and Mars oranges in Jiroft. *Journal of Horticultural Science*, 27(1), 10-17. (In Persian)
30. Mccready, R., Guggolz, M. J., Silviera, V. & Owens, H.S. (1950). Determination of starch and amylose in vegetables analytical. *Analytical Chemistry*, 22: 1156-1158.
31. Mesejo, C., Marzal, A., Martinez-Fuentes, A., Reig, C. & Agusti, M., (2021). On how auxin, ethylene and IAA-peptide relate during mature *Citrus* fruit abscission. *Scientia Horticulturae*, 278, 109855. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109855>
32. Milosevic, T., Milosevic, N. & Mladenovic, J. (2023). Diversity of plums belonging to *p.domestica* L., *P.insititia* L. and *prunus rossica* Erem. Tree vigour, yielding and fruit quality attributes. *Scientia Horticulturae*, 320, 112220. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112220>
33. Nawaz, R., Abbasi, N.A., Ahmad Hafiz, I. & Khalid, A. (2020). Impact of climate variables on fruit internal quality of Kinnow mandarin in ripening phase grown under varying environmental conditions. *Scientia Horticulturae*, 265, 109235. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109235>
34. Oustric, J., Morillon, R., Luro, F., Herbette, S., Lourkisti, R., Giannettini, J., Berti, L. & Santini, J. (2017). Tetraploid Carrizo Citrange rootstock (*Citrus sinensis* Osb.×*Poncirus trifoliata* L. Raf.) enhances natural chilling stress tolerance of common clementine (*Citrus clementine* Hort. ex Tan). *Journal*

of *Plant Physiology*, 214, 108-115. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2017.04.014>

35. Peng, G., Xie, X., Jiang, Q., Song, S. & Xu, Ch. (2013). Chlorophyll *a/b* binding protein plays a key role in natural and ethylene-induced degreening of Ponkan (*Citrus reticulata* Blanco). *Scientia Horticulturae*, 160, 37-43. <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa206>

36. Razavi, M.A., & Akbari, R. (2009). Biophysical properties of agricultural products and foodstuffs. Jahad Daneshgahi of Mashad University. Press, p304.

37. Sarkar, N., Srivastava, P.K. & Dubey, V.K. (2009). Understanding the language of vitamin C. *Current Nutrition & Food Science*, 5, 53-5. <https://doi.org/10.2174/157340109787314767>

38. Sattar, N., Ziauddin, Sh., Kalsoom, S., Shahid, A., Ullah, R. & Dar, A. (2014). An orange sorting technique based on size and external defects. *ResearchGate*, 274314889.

39. Skinner J. (1997). Measuring the amount of vitamin C in fruit drinks. Experiments. Royal Society of Chemistry, p. 67.

40. Swingle, W.T. & Reece, P.C. (1967). The botany of Citrus and its wild relatives. The citrus industry, vol 1. University of California, Berkeley, pp: 190-430.

41. Tehranifar, A., Zarei, M., Esfandiari, B. & Nemati, Z. (2014). Study of physical properties, phenolics compounds and antioxidant activity of thirty different Iranian cultivars of pomegranates peels. *Journal of Horticultural Science*, 28(3), 312-318. (In Persian)

42. Yamaki, S. (2010). Metabolism and accumulation of sugars translocated to fruit and their regulation. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 79 (1): 1-15.