علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۵ شماره ۴ صفحه‌های ۵۰۱ تا ۵۱۸ (۱۴۰۳)
مقاله پژوهشی

بررسی رشد رویشی، عملکرد و زمان برداشت پرتقال فوکوموتو (*Citrus sinensis* cv. Fukumoto) روی برخی پایه‌های مرکبات

Investigating vegetative growth, yield and harvest time of Fukumoto orange (*Citrus sinensis* cv. Fukumoto) on some citrus rootstocks

نگین اخلاقی امیری[1*] و علی اسدی کنگرشاهی[2]

۱. بخش تحقیقات گیاهان 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، پست الکترونیک: (n.akhlaghi@areeo.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۵/۱۵، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۹

چکیده

تاثیر سه پایه مهم مرکبات (کاریزو سیترنج، سوینگل سیترومِلو و سیترنج C-35) بر رشد رویشی، عملکرد کمی و کیفی و زمان برداشت پرتقال ناول فوکوموتو طی هفت سال بررسی شد. درختان روی هر سه پایه حجم کوچکی داشتند (حجم متوسط در آخرین سال پژوهش ۵/۵ متر مکعب بود). پوست قسمت پایه و پیوندک تعدادی از درختان روی پایه سیترنج C-35 به تدریج از سال پنجم، علائم تاولی شدن نشان داد و از سال ششم برگ‌های دو اصله از آنها زرد رنگ شده و ریزش کردند و یکی از درختان تا پایان آزمایش کاملا خشک شد. پایه کاریزو سیترنج، بیشترین سازگاری مورفولوژیک را با رقم فوکوموتو نشان داد (۰/۷۷) و درختان روی این پایه با وجود کوچک بودن حجم تاج (۴/۷۵ متر مکعب)، علائم زوال نداشتند. اندازه متوسط میوه در سال‌های متوالی ۲۵۰ گرم، ضخامت متوسط پوست، چهار میلی‌متر، میزان پوست نسبت به وزن میوه ۵۰ درصد و مقدار آب میوه نسبت به وزن میوه ۴۰ درصد بود. شاخص برداشت میوه‌ها تقریبا در هفته آخر مهر ماه هر سال به میزان استاندارد هفت رسید. ازاین‌رو در حال حاضر، پرتقال فوکوموتو، زودرس‌ترین رقم پرتقال ناول در کشور است و حدود یک ماه قبل از رقم غالب منطقه (پرتقال تامسون ناول) قابلیت برداشت دارد.

واژه‌های کلیدی: حجم درخت، سیترنج، سیترومِلو، کاشت متراکم، ناسازگاری.

مقدمه

مرکبات یکی از مهم‌ترین و پر مصرف‌ترین محصولات باغی در سراسر جهان است. طبق آمار تولید جهانی مرکبات، در سال زراعی ۲۰۲۲-۲۰۲۱ میلادی، سطح زیر کشت مرکبات در دنیا، ۱۰ میلیون هکتار، میزان تولید مرکبات ۱۵۸/۵ میلیون تن و میزان تولید پرتقال ۷۶ میلیون تن بوده است (Citrus World Statistics, 2022). کشور ایران با سطح زیر کشت ۲۸۸ هزار هکتار، تولید ۵/۵ میلیون تن و متوسط عملکرد ۲۰ تن در هکتار به ترتیب مقام‌های ششم، هفتم و پنجم جهان را دارا می‌باشد. ارقام پرتقال با حدود ۳/۳ میلیون تن بالاترین محصول مرکبات کشور را به خود اختصاص داده‌اند (Agricultural Statistics, 2022).

پژوهش‌های انجام شده 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 غیر زنده تأثیر می‌گذارند. به عنوان مثال تحمل پایه‌های مختلف به تنش سرما که مهم‌ترین محدودیت اقلیمی کاشت مرکبات است، با هم تفاوت دارد. پونسیروس و دورگ‌های آن از جمله سیترومولوها و سیترنج‌ها، نسبت به تنش سرما متحمل‌تر از پایه نارنج هستند (Hayat *et al*., 2022). 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).

پایه نارنج سال‌های طولانی به عنوان پایه تجاری مرکبات در ایران و جهان استفاده می‌شد ولی در سال‌های اخیر استفاده از این پایه نسبت به دیگر پایه‌های مرکبات به خاطر شیوع گسترده بیماری تریستزا و حساسیت پایه نارنج به آن و همچنین حساسیت بالای این پایه به آب ماندگی در خاک (مانداب) محدود شده است. بنابراین پژوهش‌های متعددی در سراسر جهان در مورد پایه‌های دیگر مرکبات که سازگار با رقم پیوندک و متناسب با شرایط اقلیمی هر منطقه باشند انجام شده یا در حال انجام است (Asadi Kangarshahi & Akhlaghi Amiri, 2018).

پایه کاریزو سیترنج[۱]، دو رگ پرتقال واشنگتن ناول و پونسیروس[۲] است که در کشورهای مهم تولید کننده مرکبات از جمله اسپانیا، افریقای جنوبی، استرالیا، کالیفرنیا و ایتالیا بسیار محبوب است (Morales *et al*., 2021). متحمل به ویروس تریستزای مرکبات است. عملکرد و کیفیت میوه روی این پایه بسیار خوب گزارش شده است (Akhlaghi Amiri & Asadi Kangarshahi, 2022a). بررسی مقدار رشد و ویژگی‌های رویشی و فیزیولوژیکی نارنگی انشو با 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 تاثیر 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، علایم کلروز ظاهر نشد یا بسیار خفیف بود (Asadi Kangarshahi & Akhlaghi Amiri, 2022).

پایه سوینگل سیترومولو[۳] دو رگ گریپ فروت دانکن و پونسیروس[۴] است که از اواخر دهه ۱۹۸۰ به دلیل مقاومت به ویروس تریستزای مرکبات، عملکرد بالا و کیفیت خوب رقم پیوند شده روی آن، در فلوریدا رایج شد. این پایه در pH بالا به خصوص در خاک‌های با رطوبت بالا و یا میزان رس زیاد نزدیک سطح خاک به تدریج دچار زوال می‌شود. سوینگل سیترومولو تحمل به خشکی متوسط و تحمل به سرمای بالایی دارد و در خاک‌های با آهک زیاد، کلروز نشان می‌دهد. در خاک‌های با رس بیشتر از ۳۰-۲۵ درصد، رشد ریشه محدود می‌شود. سیترومولو برای خاک‌های سنگین رسی با آبیاری بیش از حد، نامناسب است (Louzada *et al*., 2008). واکنش تغذیه‌ای نارنگی انشو با پایه سوینگل سیترومولو به خاک‌های آهکی شرق مازندران بررسی شد 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). روند رشد و برخی ویژگی‌های زایشی نارنگی انشو میاگاوا روی پایه سوینگل سیترومولو در دو قطعه آزمایشی دشت و دامنه در شرق استان مازندران طی ۱۰ سال نشان داد درختان روی این پایه، پر رشد و دارای عملکرد بالا بودند. با وجود وقوع چندین تنش سرما و یخبندان، بقای این ترکیب پایه و پیوند در هر دو قطعه آزمایشی ۱۰۰ درصد بود، گرچه برخی از درختان در اثر یخبندان وارد چرخه تناوب‌باردهی شدند (Akhlaghi Amiri & Asadi Kangarshahi, 2022b).

۱- Carrizo citrange

۲- *Citrus sinensis* ‘Washington’ × *Poncirus trifoliata*

۳- Swingle citrumelo

۴- *Citrus paradisi* “Duncan” × *Poncirus trifoliata*

پایه سیترنج C-35 [۱]، دو رگ پرتقال خونی[۲] و پونسیروس[۳] است ابتدا در کالیفرنیای آمریکا تولید شد و مقاومت خوبی به فیتوفتورا، تریستزا و نماتد مرکبات دارد. این پایه معمولا موجب کاهش اندازه تاج درختان تا حدود ۲۵ درصد می‌شود. عملکرد و کیفیت میوه روی این پایه بسیار خوب گزارش شده است (Morales *et al*., 2021). درختان نارنگی انشو میاگاوا روی پایه سیترنج C-35 در دشت قائم‌شهر و کوهپایه ساری در شرق مازندران طی ۱۰ سال آزمایش، تاج کم رشد و عملکرد متوسطی داشتند. با وجود چندین تنش سرما، بقای درختان در هر دو منطقه ۱۰۰ درصد بود، اگر چه درختان کوهپایه در اثر تنش وارد چرخه تناوب باردهی شدند (Akhlaghi Amiri and Asadi Kangarshahi, 2022a). پژوهش‌ها نشان داده است که پایه‌های سیترنج C-35 در خاک‌های آهکی کلروز آهن نشان می‌دهند و شدت کلروز به تدریج با افزایش سن درختان تشدید و موجب زوال درختان می‌شود (Louzada *et al*., 2008). بررسی مقدار رشد و ویژگی های رویشی و فیزیولوژیکی نارنگی انشو با 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 خاک‌هایی با بافت نسبتا سنگین و آهک کل بیش از ۹ تا ۱۴ درصد، این پایه علائم شدید زرد برگی و کاهش رشد نشان می‌دهد (Asadi Kangarshahi and Akhlaghi Amiri, 2020).

پیوندک پرتقال ناول فوکوموتو[۴] در سال ۱۹۸۳ از ژاپن به کالیفرنیا منتقل شد و در سال ۱۹۹۰ در کالیفرنیا، معرفی شد. پرتقال فوکوموتو به جهت رنگ پوست نارنجی متمایل به قرمز مقبولیت زیادی داشته و از این جهت، بیشتر مشابه برخی ارقام نارنگی است. در کالیفرنیا سه تا چهار هفته زودتر از پرتقال واشنگتن ناول بالغ می‌شود. میوه شیرین و آب‌دار است. گوشت میوه قبل از تغییر رنگ کامل پوست، بالغ می‌شود. میوه‌ها اندازه متوسط تا درشت دارند. بافت پوست کمی نرم‌تر از بافت پوست واشنگتن ناول است (Adesemoye *et al*., 2011). در مورد مساله ناسازگاری فوکوموتو گزارش‌های متناقضی وجود دارد و هنوز پاسخ قطعی برای آن داده نشده است. برخی از باغ‌های فوکوموتو در کالیفرنیا با زوال درختان مواجه هستند که در مواردی منجر به از بین رفتن درختان می‌شود. در این درختان معمولا در روزهای گرم تابستان پوست تنه‌ها و شاخه‌ها شکاف برمی‌دارد و از آن صمغ و مواد فوم شکل آزاد می‌شود که سبب جذب مورچه‌ها می‌شود و در اواخر سال، این ناهنجاری تبدیل به شانکر می‌شود که تنه و شاخه را به ورود عوامل بیماری‌زا مستعد می‌کند. غالبا این مشکل بر روی پایه‌های سه برگچه‌ای رخ می‌دهد (Adesemoye *et al*., 2011). در برخی موارد بعد از ۸-۷ سال و گاهی زودتر، مواردی از ناسازگاری به خصوص با برخی پایه‌های سه برگچه‌ای به ویژه سیترنج C-35 در کالیفرنیا گزارش شده است. برخی از پرتقال‌های فوکوموتو روی پایه سیترنج C-35 بعد از دو سال از بین رفتند و برخی دیگر بسیار کوتوله باقی ماندند. در محل پیوند این درختان برجستگی‌هایی ایجاد شد. در برخی دیگر از پایه‌های سه‌برگچه‌ای مانند سوینگل سیترومِلو بعد از گذشت پنج تا شش سال در زیر پوست محل پیوند خط تیره‌ای بین پایه و پیوندک ایجاد شد. کاریزو سیترنج و بنتون سیترنج، بهتر از دیگر پایه‌های سه برگچه‌ای عمل کردند. البته لازم به ذکر است در شرایط مدیریت بهینه باغ، مشکل ناسازگاری یا زوال در هیچ پایه‌ای مشاهده نشد. علائم مرتبط با ناسازگاری بین پیوندک و پایه می‌تواند هم در درختان با رشد قوی و هم در درختان در حال زوال دیده شود. در آفریقای جنوبی مشکل ناسازگاری در برخی از درختان فوکوموتو با پایه‌های سه برگچه‌ای مشاهده شد. فوکوموتو با پایه سیترنج C-35 تا ۵۰ درصد کوتولگی نشان داد، اما خط ناسازگاری در محل پیوند وجود نداشت (Fenwick *et al*., 2010).

در کشور ایران، پنج استان شامل: مازندران با ۶۹/۹ ٪، فارس با ۹/۲ ٪، کرمان با ۷/۷ ٪، گیلان با ۶/۷ ٪ و گلستان با ۲/۲ ٪ توانسته‌اند حدود ۹۵/۷ درصد از کل تولید پرتقال کشور را تامین کنند (Agricultural Statistics, 2022). باغداری مرکبات در مازندران اهمیت زیادی دارد و برای پایدار ماندن این محصول، استفاده از ارقام و پایه‌های متنوع و بررسی آن‌ها در شرایط منطقه

۱- C-35 citrange ۲- *Citrus sinensis* "Blood orange" ۳- *Poncirus trifoliate* ۴- Fukumoto

ضروری است. حدود ۷۰ درصد از محصول پرتقال مازندران به رقم تامسون ناول اختصاص دارد که در بیشتر موارد پایه مورد استفاده، نارنج می‌باشد. باغداری مرکبات به‌ویژه در شرق مازندران در دو دهه اخیر پیشرفت‌های زیادی داشته است. یکی از موارد مهم برای تولید پایدار، تنوع رقم و پایه در هر منطقه است. ارقام مختلف با طعم‌ها و زمان‌های برداشت متفاوت 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. از طرف دیگر، استفاده از پایه‌های محدود و یکسان در هر منطقه، آسیب‌پذیری به انواع تنش‌ها را افزایش می‌دهد و ارزیابی پایه‌های مناسب جایگزین نارنج اهمیت زیادی دارد (Asadi Kangarshahi and Akhlaghi Amiri, 2018).

در پژوهش حاضر، تاثیر سه پایه دورگ مهم و در حال توسعه مرکبات (سوینگل سیترومِلو، کاریزو سیترنج[1] و سیترنج C-35) بر رشد رویشی، عملکرد کمی و کیفی و زمان برداشت رقم پرتقال ناول (ناف دار) فوکوموتو که به تازگی وارد ایران شده است طی هفت سال در منطقه شرق مازندران بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

شرایط اقلیمی محل پژوهش

پژوهش حاضر طی هفت سال از بهار سال ۱۳۹۳ در ایستگاه تحقیقات باغبانی قائم‌شهر انجام شد. این ایستگاه دارای عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۷ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۵۳ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۴/۷ متر از سطح دریا، متوسط بارندگی سالانه ۷۱۹ میلی‌متر و رطوبت نسبی ۷۹ درصد می‌باشد (MMGO, 2020). 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).

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

Table 1. Analysis of the soil of the test plot before planting trees in the main land.

عمق	اسیدیته	آهک کل	موادآلی	کربن آلی	شن	سیلت	رس	بافت	نیتروژن	فسفر	پتاسیم
Depth	pH	C.C.E	O.M	OC %	Sand	Silt	Clay	Text	N %	P ppm	K
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

آماده‌سازی مواد گیاهی و اجرای طرح پژوهشی

پژوهش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با رقم پرتقال ناول فوکوموتو و سه پایه مختلف مرکبات: ۱. کاریزو سیترنج؛ ۲. سوینگل سیترومِلو و ۳. سیترنج C-35 با شش تکرار و با فواصل کاشت ۵ × ۳ متر انجام شد. آبیاری با سیستم نواری قطره‌ای از زمان کاشت نهال‌ها به‌طور یکسان برای همه درختان آزمایش انجام شد. 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 & Akhlaghi Amiri, 2018).

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 و بعد از شروع فاز زایشی، هرس زمستانه سالانه تا پایان آزمایش در همه درختان انجام شد (Akhlaghi Amiri & Asadi Kangarshahi, 2020).

۱- Carrizo citrange

اندازه‌گیری ویژگی‌های رویشی درختان

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 طول و قطر سایه‌سار با استفاده از متر فلزی از سال ۱۳۹۵ تا پایان آزمایش اندازه‌گیری گردید. با استفاده از نسبت بین محیط تنه در رقم به محیط تنه در پایه، سازگاری مورفولوژیکی (تجانس) بین آن‌ها محاسبه شد (Ziogas *et al*., 2023) و با استفاده از معادله $V\ (m^3) = 2/3\pi R^2 H$ حجم درختان به‌دست آمد که در آن R نصف میانگین طول و قطر سایه‌سار و H ارتفاع درخت می‌باشد. مساحت تئوری مورد نیاز درختان بر اساس معادله $E = (D \times 0.75) \times (D + 2.5)$ محاسبه شد که در آن، D برابر با قطر تاج (میانگین طول و قطر سایه‌سار) 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).

اندازه‌گیری ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیکوشیمیایی میوه‌ها

در اواخر آبان ماه سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹، ۱۰ نمونه میوه از هر درخت به آزمایشگاه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران منتقل شد و برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی میوه شامل: وزن میوه و پوست (با استفاده از ترازوی دیجیتال)، ابعاد میوه و ضخامت پوست (با استفاده از کولیس دیجیتال)، میزان عصاره (با استفاده از آب‌میوه‌گیر دستی)، میزان مواد جامد محلول (با استفاده از قندسنج چشمی) و اسید قابل تیتراسیون عصاره (به وسیله تیتراسیون با سود یک دهم نرمال) اندازه‌گیری شد. شاخص برداشت با استفاده از نسبت مواد جامد محلول به اسید 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 راه 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) و بافت پوست با شاخص چشمی شش سطحی از زبرترین به صاف‌ترین پوست تعیین شد (Stuchi *et al*., 2009). در سال ۱۳۹۷، برای ارزیابی روند تغییرات خصوصیات میوه، نمونه‌برداری میوه در چهار مرحله: ۱) ۱۵مهر؛ 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 شد. شاخص برداشت با استفاده از نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته قابل تیتراسیون عصاره و درصد عصاره میوه با استفاده از نسبت عصاره به وزن میوه محاسبه شد (Tazima *et al*., 2013).

محاسبه شاخص‌های مرتبط با عملکرد

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 ۵×۳ متر) محاسبه شد. با استفاده از نسبت عملکرد (کیلوگرم در درخت) و حجم هر درخت (متر مکعب در درخت)، کارایی عملکرد درختان (کیلوگرم بر متر مکعب) محاسبه شد. تعداد تئوری درختان از نسبت مساحت یک هکتار بر مساحت تئوری یک درخت محاسبه شد و عملکرد تئوری درختان بر اساس تعداد تئوری درخت در هکتار و عملکرد درختان محاسبه شد (Tazima *et al*., 2013).

واکاوی داده‌ها

در پایان آزمایش، 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 در سطح ۵ درصد انجام شد.

نتایج

اندازه‌گیری صفات رویشی

برخی صفات رویشی پرتقال فوکوموتو روی سه پایه مختلف طی شش سال در جدول ۲ آمده است. نتایج نشان داد که محیط پایه طی سال‌های آزمایش افزایش یافت و از متوسط ۱۷/۲۰ سانتی‌متر در سال ۱۳۹۴ به ۳۳/۹۴ سانتی‌متر در سال ۱۳۹۹ رسید. همچنین محیط پایه بین سه پایه مختلف در همه سال‌ها، اختلاف معنی‌دار نشان داد. در آخرین سال آزمایش (۱۳۹۹) پایه سوینگل سیترواملو با محیط ۳۷/۸۳ سانتی‌متر، بیشترین و پایه کاریزو سیترنج با محیط ۲۹/۵۰ سانتی‌متر، کمترین محیط پایه را به خود اختصاص دادند. محیط پیوندک طی سال‌های آزمایش افزایش یافت و از متوسط ۱۳/۳۳ سانتی‌متر در سال ۱۳۹۴ به ۲۲/۱۷ سانتی‌متر در سال ۱۳۹۹ رسید. در مقابل، محیط رقم پیوندک (فوکوموتو) روی پایه‌های مختلف، تفاوت معنی‌داری نشان نداد و افزایش سالانه آن روی پایه‌های مختلف، مشابه و از نظر آماری غیر معنی‌دار بود. سازگاری مورفولوژیک (تجانس) که با نسبت بین محیط پایه و محیط پیوندک اندازه‌گیری شد، طی سال‌های آزمایش روند کاهشی نشان داد و از ۰/۷۷۴ در سال ۱۳۹۴ به ۰/۶۶۲ در سال ۱۳۹۹ رسید. در آخرین سال آزمایش (۱۳۹۹) پایه سوینگل سیترواملو کمترین سازگاری مورفولوژیک (۰/۶۰۰) و پایه کاریزو سیترنج بیشترین سازگاری مورفولوژیک (۰/۷۵۸) را با رقم فوکوموتو نشان دادند (جدول ۲).

اندازه‌گیری محیط پیوندک و پایه و محاسبه نسبت بین آنها به عنوان یک شاخص قوی برای سازگاری محسوب می‌شود و مقادیر نزدیک یک نشان دهنده تجانس بسیار خوب است (Akhlaghi Amiri, 2019; Tazima *et al*., 2013). گیاهانی که از نظر ژنتیکی خویشاوندی نزدیک‌تری با هم داشته باشند واحد پیوند سازگارتری نیز خواهند داشت. پیوند میان ارقام یک گونه و یا گونه‌های یک جنس معمولا موفقیت آمیز 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*., 2021).

در این نوع پیوند محیط پایه و پیوندک به علت 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 دورگ پونسیروس و سیتروس) از خانواده روتاسه با هم پیوند زده شدند تجانس نزدیک عدد یک نبود. کمتر بودن این شاخص در سیترواملو نسبت به سیترنج‌ها در پژوهش‌های مختلف گزارش شده است (Akhlaghi Amiri, 2019; Hayat *et al*., 2022). ارتفاع درختان به دلیل کوچک بودن رقم فوکوموتو (Adesemoye *et al*., 2011) و هرس منظم سالانه طی سال‌های متوالی (به جز سال اول) در پایه‌های مختلف تفاوت آماری معنی‌داری نشان نداد و در حدود ۱۸۰-۱۷۰ سانتی‌متر ثابت بود. بین پایه‌های مختلف، تفاوت قطر سایه‌سار (به طور متوسط ۱۶۰ سانتی‌متر) و حجم سایه‌سار (به طور متوسط ۲/۴۰ متر مکعب) از نظر آماری معنی‌دار نبود (شکل ۱).

در مقابل، قطر و حجم سایه‌سار طی گذشت سال‌های آزمایش، روند افزایشی معنی‌داری نشان داد. به طوری‌که کمترین قطر سایه‌سار در سال ۱۳۹۵ در پایه کاریزو سیترنج (۱۲۸/۳ سانتی‌متر) و بیشترین قطر سایه‌سار در سال ۱۳۹۹ در هر سه پایه با متوسط ۱۷۲/۲ سانتی‌متر ثبت شد. همچنین کمترین حجم سایه‌سار در سال ۱۳۹۵ در پایه کاریزو سیترنج (۱/۵۸متر مکعب) و بیشترین حجم سایه‌سار در سال ۱۳۹۹ در پایه سوینگل سیترواملو با ۲/۸۷ متر مکعب ثبت شد اگرچه پایه‌ها در هر سال، تفاوت معنی‌داری از نظر قطر و حجم نداشتند (جدول ۲).

جدول ۲- برخی صفات رویشی پرتقال فوکوموتو روی پایه‌های مختلف در سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۹۴.

Table 2. Some vegetative characteristics of Fukumoto orange on different rootstock, 2015-2020.

		محیط پایه Rootstock perimeter (cm)	محیط پیوندک Scion perimeter (cm)	سازگاری مورفولوژیکی Morphological compatibility	ارتفاع Height (cm)	قطر سایه‌سار Canopy diameter (cm)	حجم سایه‌سار Canopy volume (m^3)
سال Year	2015 (A1)	17.19 ^{e}	13.33 ^{d}	0.774 ^{a}	152.8 ^{b}	--	--
	2016 (A2)	20.90 ^{d}	15.51 ^{c}	0.740 ^{ab}	177.2 ^{a}	139.4 ^{c}	1.84 ^{c}
	2017 (A3)	23.81 ^{c}	16.97 ^{c}	0.715 $^{a-c}$	176.4 ^{a}	152.5 ^{bc}	2.20 ^{bc}
	2018 (A4)	27.25 ^{b}	19.08 ^{b}	0.705 ^{bc}	173.1 ^{a}	163.3 ^{ab}	2.49 ^{ab}
	2019 (A5)	29.06 ^{b}	20.28 ^{ab}	0.702 ^{bc}	174.2 ^{a}	167.2 ^{ab}	2.62 ^{ab}
	2020 (A6)	33.94 ^{a}	22.17 ^{a}	0.662 ^{c}	175.6 ^{a}	172.2 ^{a}	2.80 ^{a}
پایه Rootstock	Carizo (B1)	23.21 ^{c}	17.90 ^{a}	0.774 ^{a}	174.0 ^{a}	154.5 ^{a}	2.36 ^{a}
	Swingle(B2)	27.80 ^{a}	18.12 ^{a}	0.659 ^{c}	172.4 ^{a}	160.5 ^{a}	2.38 ^{a}
	C-35 (B3)	25.06 ^{b}	17.66 ^{a}	0.716 ^{b}	168.2 ^{a}	161.8 ^{a}	2.44 ^{a}
سال × پایه Year × Rootstock	A1 B1	16.91 ^{k}	13.25 ^{d}	0.782 ^{ab}	148.3 ^{c}	--	--
	A1 B2	18.41 ^{jk}	13.51 ^{d}	0.733 $^{a-d}$	160.0 $^{a-c}$	--	--
	A1 B3	16.27 ^{k}	13.23 ^{d}	0.805 ^{a}	150.0 ^{bc}	--	--
	A2 B1	19.59 $^{i-k}$	15.46 ^{cd}	0.783 ^{ab}	180.0 ^{a}	128.3 ^{c}	1.58 ^{c}
	A2 B2	22.83 $^{g-i}$	15.51 ^{cd}	0.677 $^{b-f}$	180.0 ^{a}	140.0 ^{bc}	1.88 ^{bc}
	A2 B3	20.28 $^{i-k}$	15.55 ^{cd}	0.760 $^{a-c}$	171.7 $^{a-c}$	150.0 ^{b}	2.08 ^{bc}
	A3 B1	22.00 $^{h-j}$	16.92 $^{b-d}$	0.768 ^{ab}	182.5 ^{a}	150.0 ^{b}	2.21 ^{b}
	A3 B2	25.92 $^{d-h}$	17.08 $^{b-d}$	0.657 $^{c-f}$	176.7 ^{ab}	150.0 ^{b}	2.09 ^{bc}
	A3 B3	23.50 $^{f-i}$	16.92 $^{b-d}$	0.720 $^{a-e}$	170.0 $^{a-c}$	157.5 ^{b}	2.30 ^{b}
	A4 B1	24.92 $^{e-h}$	19.33 $^{a-c}$	0.778 ^{ab}	178.3 ^{a}	160.0 ^{ab}	2.51 ^{ab}
	A4 B2	29.75 ^{cd}	19.33 $^{a-c}$	0.650 $^{d-f}$	170.0 $^{a-c}$	165.0 ^{ab}	2.43 ^{ab}
	A4 B3	27.08 $^{d-f}$	18.58 $^{a-c}$	0.687 $^{b-f}$	170.8 $^{a-c}$	165.0 ^{ab}	2.54 ^{ab}
	A5 B1	26.33 $^{d-g}$	20.25 ^{ab}	0.772 ^{ab}	178.3 ^{a}	163.3 ^{ab}	2.64 ^{ab}
	A5 B2	32.08 ^{bc}	20.58 ^{ab}	0.640 $^{d-f}$	172.5 $^{a-c}$	172.5 ^{a}	2.68 ^{a}
	A5 B3	28.75 $^{c-e}$	20.00 ^{ab}	0.695 $^{b-f}$	171.7 $^{a-c}$	165.8 ^{ab}	2.55 ^{ab}
	A6 B1	29.50 ^{cd}	22.17 ^{a}	0.758 $^{a-c}$	176.7 ^{ab}	170.8 ^{a}	2.87 ^{a}
	A6 B2	37.83 ^{a}	22.67 ^{a}	0.600 ^{f}	175.0 $^{a-c}$	175.0 ^{a}	2.80 ^{a}
	A6 B3	34.50 ^{ab}	21.67 ^{a}	0.627 ^{ef}	175.0 $^{a-c}$	170.8 ^{a}	2.72 ^{a}

† میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند درسطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

† Means with the same letters are not significantly different according to Duncan test at 5% level of probability

درخت فوکوموتو روی پایه کاریزو سیترنج
Fukumoto tree on Carrizo citrange

درخت فوکوموتو روی پایه سوینگل سیترومِلو
Fukumoto tree on Swingle citrumelo

درخت فوکوموتو روی پایه سیترنج C-35
Fukumoto tree on C-35 citrange

Fig. 1. Fukumoto trees on three different rootstocks, mid-november 2019.

شکل ۱- درختان پرتقال فوکوموتو روی سه پایه مختلف، آبان ماه ۱۳۹۸.

تاولی شدن پوست پایه و پیوند در پرتقال فوکوموتو روی پایه سیترنج C-35 در سال ۱۳۹۸

Blisters of tree bark of rootstock and scion of Fukumoto orange on C-35 citrange rootstock in 2019

شروع زوال پرتقال فوکوموتو بروی پایه سیترنج C-35 در سال ۱۳۹۹

Beginning of Fukumoto orange decline on C-35 citrange rootstock in 2020

زوال پرتقال فوکوموتو روی پایه سیترنج C-35 در سال ۱۴۰۰

Fukumoto orange decline on C-35 citrange rootstock in 2021

Fig. 2. Decline of one of Fukumoto orange trees on C-35 citrange orange.

شکل ۲- زوال یکی از درختان پرتقال فوکوموتو روی پایه سیترنج C-35.

درختان پرتقال والنسیا روی پایه سوینگل سیترومِلو پررشدترین درختان بودند. درختان روی پایه کاریزو سیترنج هم رشد زیادی داشتند ولی پایه سیترنج C-35 رشد متوسطی نشان داد. 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، برداشت ساده‌تر و محلول‌پاشی کارامدتر می‌شود (Hayat *et al*., 2022). بر اساس دسته بندی انجام شده، 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 درخت 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.

تعدادی از درختان روی پایه سیترنج C-35 از سال ۱۳۹۸ علائم تاولی شدن در قسمت پوست پایه و پیوندک و محل پیوند داشتند و از سال ۱۳۹۹ برگ‌های دو اصله از آنها رو به زردی رفت و یکی از آنها تا سال ۱۴۰۰ دچار برگ‌ریزی شدید و مرگ سرشاخه‌ها شد و کاملا از بین رفت (شکل ۲).

گزارش‌هایی از ناسازگاری با تاخیر در مرکبات تا ۱۵ سال بعد از پیوند نیز وجود دارد (Habibi *et al*., 2021). 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 Cevik *et al*., 2006).

اندازه‌گیری صفات زایشی

اندازه‌گیری برخی از خصوصیات میوه در زمان برداشت (اواسط آبان ماه) از سال ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹ در جدول سه نشان داده شده است. وزن متوسط میوه روی پایه سوینگل سیترومِلو ۲۷۳ گرم بود که نسبت به پایه‌های سیترنج (۲۶۲ گرم)، به طور معنی‌داری بیشتر بود. تفاوت وزن میوه روی پایه‌های مختلف در سال‌های مشابه، از نظر آماری معنی‌دار نبود اگر چه وزن متوسط میوه طی سه سال، روند افزایشی داشت و از ۲۳۸ گرم در سال ۱۳۹۷ به ۲۸۵ گرم در سال ۱۳۹۹ رسید. ضخامت پوست میوه در سال ۱۳۹۸ نسبت به سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۹ بالاتر بود ولی تفاوت آن در پایه‌های مختلف، غیر معنی‌دار بود و میزان آن به‌طور متوسط چهار میلی‌متر ثبت شد. همچنین این شاخص روی پایه‌های مختلف در سال‌های مشابه، تفاوت آماری معنی‌داری نشان نداد. درصد پوست و درصد عصاره میوه روی پایه‌های مختلف در سال‌های متوالی از نظر آماری مشابه بود. در مجموع، میوه‌ها روی پایه‌های مختلف دارای حدود ۵۰ درصد پوست و ۴۰ درصد عصاره بودند. میوه‌های پرتقال فوکوموتو روی پایه سیترنج C-35، زودتر و روی پایه سوینگل سیترومِلو دیرتر از دو پایه دیگر، تغییر رنگ دادند (شاخص چشمی رنگ ۲ نسبت به ۳/۲۵). میزان مواد جامد محلول در سال‌های متوالی و پایه‌های مختلف تفاوت آماری معنی‌داری نشان نداد و میزان آن به طور متوسط، ۱۱ بود. در سال ۱۳۹۷، مواد جامد محلول میوه‌های روی پایه سوینگل سیترومِلو نسبت به این شاخص روی دو پایه دیگر کاهش معنی‌داری نشان داد (۱۰/۸ درصد نسبت به ۱۱/۸ و ۱۲/۱ درصد) ولی در سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ میزان مواد جامد محلول میوه روی پایه‌های مختلف، از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت. میوه‌ها در سال ۱۳۹۸ اسیدیته قابل تیتراسیون بالاتر (۱/۲۴ درصد) و در مقابل، شاخص برداشت کمتری (۹/۱) نسبت به دو سال دیگر داشتند. همچنین، میوه‌های روی پایه کاریزو سیترنج، اسیدیته قابل تیتراسیون کمتر (۰/۹۲ درصد) و در مقابل، شاخص برداشت بالاتری (۱۲/۹) نسبت به میوه‌های روی دو پایه دیگر داشتند. طی سه سال متوالی بالاترین میزان اسیدیته قابل تیتراسیون در سال ۱۳۹۸ و روی پایه سیترنج C-35 (۱/۳۱ درصد) و کمترین مقدار در سال ۱۳۹۹ روی پایه کاریزو سیترنج (۰/۷۲ درصد) ثبت شد. همچنین، بالاترین شاخص برداشت طی سه سال متوالی، در سال ۱۳۹۹ و روی پایه کاریزو سیترنج (۱۵/۷) و کمترین میزان در سال ۱۳۹۸ در پایه سیترنج C-35 (۸/۶)

مشاهده شد (جدول ۳). برای بررسی روند تغییرات کیفی میوه و نیز تعیین بهترین زمان شروع برداشت فوکوموتو روی پایه‌های این پژوهش، از ۱۵ مهر تا ۲۵ آذر ماه سال ۱۳۹۷ میوه‌ها در چهار مرحله برداشت شدند (شکل‌های ۳ و ۴).

جدول ۳- برخی صفات کمی و کیفی میوه پرتقال فوکوموتو در زمان برداشت در سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۹۷.

Table 3. Some quantitative and qualitative traits of Fukumoto orange at harvest time in 2018-2020.

		وزن میوه Fruit weight (g)	ضخامت پوست Peel thickness (mm)	پوست Peel (%)	عصاره Juice (%)	رنگ پوست Peel color	مواد جامد محلول TSS (%)	اسید قابل تیتراسیون TA (%)	شاخص برداشت TSS/TA
سال Year	2018 (A1)	238 bc	4.01 b	50.0 a	41.0 a	2.92 a	11.5 a	0.94 b	12.5 a
	2019 (A2)	264 ab	4.98 a	49.6 a	40.2 a	2.92 a	11.0 a	1.24 a	9.1 b
	2020 (A3)	285 a	3.16 c	45.3 a	38.2 a	2.00 b	11.1 a	0.88 b	13.1 a
پایه Rootstock	Carizo (B1)	262 b	4.03 a	49.4 a	41.7 a	2.3 bc	11.2 a	0.92 b	12.9 a
	Swingle(B2)	273 a	4.12 a	48.3 a	39.1 a	3.25 a	11.0 a	1.04 ab	10.9 b
	C-35 (B3)	262 b	4.00 a	47.3 a	38.5 a	2.00 c	11.5 a	1.10 a	10.9 b
سال × پایه Year × Rootstock	A1 B1	217 bc	4.04 ab	48.5 a	42.6 a	2.75 ab	11.8 ab	0.90 cd	13.4 b
	A1 B2	252 ab	4.17 ab	50.7 a	40.5 a	4.25 a	10.8 c	0.90 cd	12.0 b
	A1 B3	244 b	3.84 ab	50.8 a	39.8 a	2.75 ab	12.1 a	1.02 bc	12.0 b
	A2 B1	285 a	5.01 a	54.1 a	42.4 a	2.25 b	10.9 bc	1.14 a-c	9.6 cd
	A2 B2	277 a	5.02 a	48.9 a	40.6 a	3.25 ab	11.5 a-c	1.26 ab	9.2 d
	A2 B3	262 ab	4.91 a	45.8 a	37.4 a	2.00 b	10.8 c	1.31 a	8.6 d
	A3 B1	285 a	3.05 b	45.6 a	40.1 a	2.00 b	11.1 bc	0.72 d	15.7 a
	A3 B2	290 a	3.18 b	45.3 a	36.3 a	2.00 b	10.7 c	0.96 cd	11.5 bc
	A3 B3	280 a	3.26 b	45.4 a	38.2 a	2.00 b	11.6 a-c	0.96 cd	12.2 b

† میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند درسطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

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

شکل ۳- پرتقال فوکوموتو روی پایه کاریزو سیترنج، اواخر مهر ۱۳۹۷

Fig. 3. Fukumoto orange on Carrizo citrange rootstock, mid-October 2018

شکل ۴- پرتقال فوکوموتو روی پایه کاریزو سیترنج (چپ)، سوینگل سیترومِلو (وسط) و C-35 سیترنج (راست)، ۱۳۹۷.۹.۱
Fig. 4. Fukumoto orange on Carrizo citrange, Swingle citrumelo and C-35 citrange rootstock, 2018.22.11

وزن میوه در دو زمان نمونه‌برداری آخر (۲۵ آبان و ۲۵ آذر) نسبت به دو زمان نمونه‌برداری اول (۱۵ مهر و ۱۰ آبان) افزایش معنی‌داری نشان داد (۲۶۷ گرم نسبت به ۲۳۵ و ۲۳۸ گرم). سبک‌ترین میوه (۱۸۸ گرم) روی پایه سوینگل سیترومِلو در برداشت ۱۵ مهر و سنگین‌ترین میوه (۲۹۱ گرم) روی پایه سیترنج C-35 در برداشت‌های ۲۵ آبان و ۲۵ آذر ثبت شد. ضخامت پوست در آخرین مرحله نمونه‌برداری (۳/۷۳ میلی‌متر) نسبت به سه مرحله اول (به طور متوسط ۳/۹۷) نازک‌تر بود. درصد پوست نسبت به وزن میوه، در چهار مرحله نمونه‌برداری، روند کاهشی نشان داد و از ۶۶/۵ درصد در ۱۵ مهر به ۴۳/۳ درصد در ۲۵ آذر رسید. بیشترین درصد پوست (۶۹/۴ درصد) در پایه سوینگل سیترومِلو در برداشت ۱۵ مهر و کمترین مقدار (۴۱ درصد) در پایه کاریزو سیترنج در برداشت ۲۵ آذر مشاهده شد (جدول ۴).

درصد عصاره در طول زمان در همه پایه‌ها روند افزایشی نشان داد و از حداقل ۲۳/۶ درصد در پایه سوینگل سیترومِلو در ۱۵ مهر به حداکثر ۴۶/۴ درصد در پایه کاریزو سیترنج در برداشت ۲۵ آذر رسید. درصد عصاره در اولین زمان برداشت میوه با میزان ۲۶/۶ درصد از نظر آماری نسبت به مراحل برداشت دوم تا چهارم (به طور متوسط ۴۲/۹ درصد) کمتر بود. بافت و رنگ پوست میوه که بر اساس شاخص‌های چشمی ارزیابی شده بودند در همه پایه‌ها از برداشت ۱۵ مهر به سمت برداشت ۲۵ آذر روند صاف‌تر شدن بافت پوست و زرد نارنجی‌تر شدن رنگ پوست را نشان دادند به طوری که رنگ پوست از سطح ۵/۲۵ در ۱۵ مهر به سطح یک در ۲۵ آذر رسید. بافت پوست هم از سطح ۲/۶۷ در ۱۵ مهر به سطح ۱/۴۲ در ۲۵ آذر رسید (جدول ۴).

مواد جامد محلول با روندی افزایشی در همه پایه‌ها از کمترین مقدار ۹/۳۸ درصد در پایه سیترنج C-35 در برداشت ۱۵ مهر به بیشترین مقدار ۱۱/۹ و ۱۱/۷ درصد در پایه‌های سیترنج و در آخرین مرحله برداشت رسید. اسید قابل تیتراسیون با روندی کاهشی در همه پایه‌ها از بیشترین میزان ۱/۶۴ درصد در پایه کاریزو سیترنج و در برداشت ۱۵ مهر به کمترین مقدار ۰/۸۱ درصد در همین پایه در برداشت آخر (۲۵ آذر) رسید. بر این اساس منطقی است که شاخص برداشت هم از روندی افزایشی در همه زمان‌های نمونه برداری و هر سه پایه برخوردار بود و از کمترین مقدار ۶/۲۸ در پایه کاریزو سیترنج در برداشت ۱۵ مهر به بیشترین میزان ۱۴/۸۲ در همین پایه در برداشت ۲۵ آذر رسید. شاخص برداشت در اولین زمان نمونه‌برداری (۱۵ مهر) ۶/۷ شد که از عدد آستانه شروع برداشت پرتقال (شاخص برداشت ۷) اندکی کمتر بود. از طرف دیگر، در دومین زمان نمونه‌برداری (۱۰

آبان) این مقادیر از حد آستانه برای شروع برداشت بیشتر شده بود (شاخص برداشت ۹/۱۲ و عصاره میوه ۴۱ درصد). شاخص برداشت در پایه‌های مختلف در هر یک از زمان‌های برداشت، تفاوت معنی‌دار آماری با هم نشان ندادند (جدول ۴).

جدول ۴- روند تغییرات برخی صفات کمی و کیفی میوه پرتقال فوکوموتو در چهار مرحله برداشت میوه در سال ۱۳۹۷.

Table 4. Changes in some quantitative and qualitative characteristics of Fukumoto orange fruit in four stages of fruit harvesting in 2018

		وزن میوه	ضخامت پوست	پوست	عصاره	بافت پوست	رنگ پوست	مواد جامد محلول	اسید قابل تیتراسیون	شاخص برداشت
		Fruit weight (g)	Peel thickness (mm)	Peel (%)	Juice (%)	Peel texture	Peel color	TSS (%)	TA (%)	TSS/TA
زمان برداشت Harvest time	2018.10.5(A1)	235 b	3.92 a	66.5 a	26.6 b	2.67 a	5.25 a	9.88 b	1.51 a	6.67 c
	2018.11.1(A2)	238 b	4.01 a	50.0 a	41.0 a	1.75 b	2.92 b	11.04 ab	1.24 b	9.12 b
	2018.11.15(A3)	267 a	3.98 a	46.8 bc	43.3 a	1.50 b	1.25 c	11.37 a	1.15 b	9.99 b
	2018.12.15(A4)	267 a	3.73 b	43.3 c	44.5 a	1.42 b	1.00 c	11.67 a	0.90 c	13.45 a
پایه Rootstock	Carizo (B1)	236 b	3.60 b	49.2 b	40.8 a	1.50 a	2.44 a	11.04 a	1.18 a	10.15 a
	Swingle (B2)	242 b	3.93 ab	52.9 a	38.1 b	1.94 a	2.75 a	11.12 a	1.22 a	9.53 a
	C-35 (B3)	278 a	4.21 a	52.9 a	37.7 b	2.06 a	2.63 a	10.81 a	1.19 a	9.74 a
زمان برداشت × پایه Harvest time × Rootstock	A1 B1	232 a-c	3.68 ab	62.6 b	29.3 d	2.00 ab	5.00 a	10.13 bc	1.64 a	6.28 f
	A1 B2	188 c	3.59 ab	69.4 a	23.6 e	3.00 a	5.50 a	10.13 bc	1.50 ab	6.79 f
	A1 B3	285 a	4.48 a	67.7 ab	26.9 de	3.00 a	5.25 a	9.38 c	1.40 ab	6.95 ef
	A2 B1	217 bc	4.04 ab	48.5 cd	42.6 a-c	1.50 b	2.75 b	10.9 ab	1.14 b-e	9.57 d
	A2 B2	253 ab	4.17 ab	50.7 c	40.5 bc	2.00 ab	3.25 b	11.5 ab	1.26 b-d	9.22 de
	A2 B3	244 a-c	3.84 ab	50.8 c	39.8 c	1.75 b	2.75 b	10.8 ab	1.31 a-c	8.58 d-f
	A3 B1	244 a-c	3.01 b	44.6 c-e	44.6 a-c	1.25 b	1.00 c	11.3 ab	1.14 b-e	9.95 cd
	A3 B2	267 ab	4.38 ab	49.0 cd	42.8 a-c	1.50 b	1.25 c	11.4 ab	1.14 b-e	10.11 cd
	A3 B3	291 a	4.56 a	46.7 c-e	42.8 a-c	1.75 b	1.50 c	11.4 ab	1.16 b-e	9.91 cd
	A4 B1	249 a-c	3.66 ab	41.0 e	46.4 a	1.25 b	1.00 c	11.9 a	0.81 e	14.82 a
	A4 B2	261 ab	3.58 ab	42.7 de	45.4 ab	1.25 b	1.00 c	11.4 ab	0.96 c-e	11.99 bc
	A4 B3	291 a	3.96 ab	46.3 c-e	41.6 a-c	1.75 b	1.00 c	11.7 a	0.92 de	13.52 ab

† میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند درسطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

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

بنابراین می‌توان زمان شروع برداشت پرتقال فوکوموتو روی هر یک از پایه‌های مورد استفاده در این پژوهش را دهه سوم مهر اعلام کرد. این در حالی است که نتایج پژوهشی با پرتقال تامسون ناول و پایه‌های مشابه پایه‌های مورد استفاده در پژوهش حاضر، بهترین زمان شروع برداشت در منطقه شرق مازندران را از اواسط آبان ماه توصیه کرده است (Akhlaghi Amiri *et al*., 2023). در پژوهشی در برزیل، اندازه متوسط میوه پرتقال طی سه سال روی پایه سیترنج C-35 بیشتر از اندازه میوه روی پایه سوینگل سیترواملو بود و میوه‌های روی پایه کاریزو سیترنج نسبت به دو پایه دیگر کوچک‌تر بودند ولی شاخص برداشت میوه روی سه پایه تفاوت معنی‌داری نشان نداد (Gullo *et al*., 2021). در پژوهشی با هشت پایه مرکبات، میوه‌های نارنگی انشوی اوکیتسو روی پایه‌های کاریزو سیترنج و پونسیروس بیشترین درصد عصاره را داشتند و بیشترین شاخص برداشت مربوط به پایه‌های کاریزو سیترنج، سوینگل سیترواملو و پونسیروس بود (Tazima *et al*., 2013). رنگ پوست 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 به منظور به حداقل رساندن ضایعات میوه، برداشت در زمان مناسب بسیار مهم است. میزان عصاره یکی از فاکتورهای کیفی مهم برای مرکبات است و میوه‌های آب دار تر در بازار تازه‌خوری پذیرفته شده تر 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 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).

کارایی عملکرد پایه‌ها

اندازه‌گیری حجم درختان، نسبت میزان عملکرد هر درخت بر حجم تاج (کارایی عملکرد) و عملکرد هکتاری درختان بر اساس فاصله کاشت نشان داد که طی سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹، حجم تاج و کارایی عملکرد تفاوت آماری معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۵).

عملکرد طی سال‌های آزمایش روند افزایشی داشت و از متوسط ۷/۴۰ تن در هکتار در سال ۱۳۹۶به متوسط ۱۰/۷۴ تن در هکتار در سال ۱۳۹۹ رسید. متوسط عملکرد در پایه سیترنج C-35 بالاتر از دو پایه دیگر بود (۱۰/۷۴ نسبت به ۸/۷۴ و ۸/۸۷ تن در هکتار). کمترین عملکرد (۵/۶۰ تن در هکتار) در پایه کاریزو سیترنج، در سال ۱۳۹۶ و بیشترین عملکرد (۱۲/۲۱ تن در هکتار) در همین پایه در سال ۱۳۹۹ ثبت شد. روند تغییرات عملکرد در پایه‌های مختلف در طول چهار سال مرحله زایشی، ثابت نبود. پایه کاریزو سیترنج کمترین عملکرد خود را در اولین سال و بیشترین عملکرد را در چهارمین سال زایشی تولید کرد. پایه سیترنج C-35 نیز در آخرین سال آزمایش بیشترین عملکرد خود را تولید کرد (۱۲/۱۴ تن در هکتار). در مقابل پایه سوینگل سیترواملو بیشترین عملکرد خود را در سال دوم با ۱۰/۶۷ تن در هکتار نشان داد. متوسط حجم تاج در طول چهار سال متوالی در مرحله زایشی، روند افزایشی کندی داشت و از ۲/۲۰ متر مکعب در سال ۱۳۹۶ به ۲/۸۰ متر مکعب در سال ۱۳۹۹ رسید. متوسط حجم تاج در سه پایه مختلف مشابه هم و حدود ۲/۵ متر مکعب بود. کمترین اندازه حجم تاج، ۲/۰۹ متر مکعب در سال ۱۳۹۶ در پایه سوینگل سیترواملو و بیشترین مقدار آن، ۲/۸۷ متر مکعب در سال ۱۳۹۹ در پایه کاریزو سیترنج ثبت شد ولی به طور کلی متوسط حجم تاج در پایه‌های مختلف در هر یک از چهار سال متوالی فاز زایشی مشابه یکدیگر بود (جدول ۵).

نتایج بررسی پایه‌های مختلف در نارنگی میاگاوا در مازندران نشان داد که در شروع فاز باردهی، درختان روی پایه سوینگل سیترواملو، قوی‌تر از دیگر پایه‌ها بودند و نیز بیشترین عملکرد سالانه را به خود اختصاص دادند (Akhlaghi Amiri, 2020). در برزیل، درختان نارنگی انشوی اوکیتسو روی پایه سوینگل سیترواملو نسبت به هشت پایه دیگر بیشترین عملکرد را نشان دادند (Tazima *et al*., 2013). تغییرات کارایی عملکرد در طول سال‌های متوالی روند ثابتی نداشت. این شاخص در پایه سیترنج C-

35 (۷/۱ کیلوگرم بر مترمکعب) نسبت به پایه‌های کاریزو سیترنج و سوینگل سیترومِلو (۵/۵ کیلوگرم بر مترمکعب) افزایش معنی‌داری نشان داد. کمترین کارایی عملکرد در سال ۱۳۹۶ در پایه کاریزو سیترنج (۳/۹۰ کیلوگرم بر متر مکعب) و بیشترین مقدار در همین سال و در پایه سیترنج C-35 (۷/۴۲ کیلوگرم بر متر مکعب) به دست آمد. در طول سال‌های متوالی، شاخص کارایی عملکرد در پایه سیترنج C-35 همواره از دو پایه دیگر بالاتر بود (جدول ۵).

جدول ۵- عملکرد و کارایی عملکرد پرتقال فوکوموتو روی سه پایه مختلف در سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۹۶.

Table 5. Yield and yield efficiency of Fukumoto orange on three different rootstocks in 2017-2020.

		عملکرد	حجم تاج	کارایی عملکرد	فضای تئوری	تعداد تئوری درختان	عملکرد تئوری
		Yield (ton/ha)	Volume (m^3)	Yield efficiency (kg/m^3)	Theoretical space (m^2/tree)	Theoretical number of tree (ha)	Theoretical yield (ton/ha)
سال Year	2017 (A1)	7.40 ^{c}	2.20 ^{b}	5.65 ^{b}	4.64 ^{bc}	2160 ^{a}	24.0 ^{b}
	2018 (A2)	9.94 ^{b}	2.49 ^{ab}	6.50 ^{a}	5.10 ^{ab}	1960 ^{ab}	29.3 ^{a}
	2019 (A3)	9.74 ^{b}	2.62 ^{ab}	6.07 ^{ab}	5.27 ^{ab}	1900 ^{bc}	27.8 ^{ab}
	2020 (A4)	10.74 ^{a}	2.80 ^{a}	5.89 ^{ab}	5.49 ^{a}	1800 ^{c}	29.0 ^{a}
پایه Rootstock	Carizo (B1)	8.74 ^{b}	2.56 ^{a}	5.50 ^{b}	4.75 ^{a}	2100 ^{a}	27.6 ^{b}
	Swingle (B2)	8.87 ^{b}	2.50 ^{a}	5.47 ^{b}	4.98 ^{a}	2010 ^{ab}	26.8 ^{b}
	C-35 (B3)	10.74 ^{a}	2.53 ^{a}	7.11 ^{a}	5.04 ^{a}	1980 ^{b}	32.0 ^{a}
سال × پایه Year × Rootstock	A1 B1	5.60 ^{d}	2.21 ^{b}	3.90 ^{c}	4.53 ^{c}	2210 ^{a}	18.6 ^{c}
	A1 B2	7.14 ^{c}	2.09 ^{b}	5.62 ^{bc}	4.53 ^{c}	2210 ^{a}	23.6 ^{bc}
	A1 B3	9.60 ^{b}	2.31 ^{b}	7.42 ^{a}	4.85 ^{bc}	2060 ^{ab}	29.7 ^{ab}
	A2 B1	8.74 ^{bc}	2.51 ^{ab}	5.78 ^{bc}	4.97 ^{bc}	2010 ^{ab}	26.3 ^{b}
	A2 B2	10.67 ^{ab}	2.43 ^{ab}	6.60 ^{ab}	5.16 ^{ab}	1940 ^{bc}	31.0 ^{a}
	A2 B3	10.47 ^{ab}	2.54 ^{ab}	7.12 ^{a}	5.17 ^{ab}	1930 ^{bc}	30.3 ^{ab}
	A3 B1	8.47 ^{bc}	2.64 ^{ab}	5.71 ^{bc}	5.12 ^{ab}	1950 ^{bc}	24.8 ^{b}
	A3 B2	9.94 ^{b}	2.68 ^{a}	5.48 ^{bc}	5.48 ^{a}	1830 ^{cd}	27.3 ^{b}
	A3 B3	10.87 ^{ab}	2.54 ^{ab}	7.03 ^{a}	5.21 ^{ab}	1920 ^{bc}	31.3 ^{a}
	A4 B1	12.21 ^{a}	2.87 ^{a}	6.62 ^{ab}	5.46 ^{a}	1830 ^{cd}	33.5 ^{a}
	A4 B2	7.87 ^{bc}	2.80 ^{a}	4.19 ^{c}	5.58 ^{a}	1790 ^{d}	21.1 ^{bc}
	A4 B3	12.14 ^{a}	2.73 ^{a}	6.86 ^{ab}	5.42 ^{a}	1850 ^{cd}	33.7 ^{a}

† میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند درسطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

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

در پژوهشی طی هشت سال با نارنگی انشو میاگاوا و شش پایه مختلف، گزارش شد که عملکرد متوسط و راندمان عملکرد در سال‌های متوالی نوسان داشت و از روند ثابتی پیروی نمی‌کرد (Akhlaghi Amiri, 2020).

بر اساس ارتفاع و قطر سایه‌سار و با احتساب ۲/۵ متر فضای خالی بین درختان در فاصله بین ردیف‌ها، فضای تئوری مورد نیاز برای درختان محاسبه شد. روند تغییرات این شاخص در طول سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹، افزایشی بود که با در نظر گرفتن افزایش قطر سایه‌سار طی این سال‌ها، افزایش تدریجی فضای تئوری قابل پیش‌بینی بود. بین فضای تئوری پایه‌های مختلف در هر سال تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد در آخرین سال آزمایش (۱۳۹۹)، برای درختان با سن شش سال فضای تئوری مورد نیاز حدود ۵/۴ تا ۵/۶ متر مربع بود (جدول ۵).

در حالی‌که در پرتقال تامسون ناول، فضای تئوری با شرایط و پایه‌های مشابه، حدود ۷/۶ متر مربع گزارش شد (Akhlaghi Amiri *et al*., 2023). در پژوهشی در برزیل، حجم درختان پرتقال روی پایه سیترنج C-35 و سوینگل سیترومِلو، ۱۰ سال بعد از کاشت در زمین اصلی ۴/۵ متر مکعب و روی پایه‌های کاریزو و ترویر سیترنج ۸/۵ متر مکعب بود (Gullo *et al*., 2021).

بر اساس نسبت مساحت یک هکتار بر فضای تئوری، تعداد تئوری درختان در هکتار محاسبه شد. روند تغییرات کاهشی این شاخص در طول سال‌های متوالی با در نظر گرفتن روند افزایشی فضای تئوری در این سال‌ها، قابل پیش‌بینی بود. به طور متوسط تعداد تئوری پایه کاریزو سیترنج افزایش معنی‌داری نسبت به این شاخص در پایه سیترنج C-35 نشان داد ولی به‌طورکلی بین تعداد تئوری پایه‌های مختلف در هر سال تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد و دامنه تغییرات آن در آخرین سال آزمایش، از ۱۷۹۰ اصله در پایه سوینگل سیترومِلو تا ۱۸۵۰ در پایه سیترنج C-35 متغیر بود. متوسط عملکرد تئوری بر اساس میزان عملکرد و تعداد تئوری درختان در هکتار، در پایه سیترنج C-35 بالاتر از دو پایه دیگر بود (۳۲/۰ تن در هکتار نسبت به ۲۷/۶ و ۲۶/۸ تن در هکتار). در سال پایانی پژوهش، متوسط عملکرد تئوری در مجموع سه پایه آزمایش، ۲۹/۴۳ تن در هکتار بود که در مقایسه با میزان واقعی آن در این سال (۱۰/۷۴ تن در هکتار) افزایش چشمگیری نشان داده است. مقایسه بین عملکرد هکتاری درختان با فواصل ۵×۳ کاشته شده در این پژوهش (که کمتر از فواصل رایج در منطقه است) با عملکرد تئوری با فواصل تئوری محاسبه شده نشان می‌دهد که با استفاده صحیح از زمین، می‌توان تعداد درختان فوکوموتو روی پایه‌های دورگ استفاده شده در این پژوهش را به بیش از ۲/۵ برابر در هکتار و به همین نسبت، میزان عملکرد را تا بیش از ۲/۵ برابر افزایش داد (جدول ۵).

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 عملکرد پایه‌های پر رشد ۲/۵ برابر پایه‌های پاکوتاه بود. البته پایه‌های نیمه پاکوتاه و پاکوتاه برای سودآورتر کردن باغ با تراکم کاشت بسیار بالا اهمیت زیادی دارند (Girardi *et al*., 2021).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی با توجه به نتایج میدانی پژوهش حاضر طی هفت سال، رقم جدید پرتقال ناول (ناف دار) فوکوموتو دارای میوه‌هایی گرد با اندازه و وزن بالا (حدود ۲۵۰ گرم)، پوستی ضخیم (حدود ۴ میلی‌متر)، میزان عصاره حدود ۴۰ درصد، رنگ پوست نارنجی پر رنگ است که حدود بیست روز تا یک ماه زودتر از رقم غالب منطقه (تامسون ناول) مناسب برداشت می‌شود. درواقع می‌توان زمان شروع برداشت پرتقال فوکوموتو را به طور کلی دهه سوم مهر اعلام کرد که در حال حاضر از میان ارقام پرتقال ناول در شمال کشور زودرس‌ترین است. به علت تغییر رنگ زودهنگام پوست میوه و آلودگی منطقه به مگس مدیترانه‌ای مرکبات، تاخیر در برداشت سبب ریزش قبل از برداشت میوه و ضایعات بالای محصول در اثر گزش این حشره می‌شود. این پرتقال روی هر سه پایه مورد آزمایش حجم تاج کوچکی داشت. 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 با وجود سرمایه گذاری اولیه بالاتر، بازگشت و بازده اقتصادی زودتری نیز فراهم کند. در پژوهش حاضر بعد از گذشت هفت سال از کاشت در زمین اصلی برای درختان بر اساس ارتفاع و قطر سایه‌سار و با احتساب ۲/۵ متر فضای خالی بین درختان در فاصله بین ردیف‌ها، فضای تئوری مورد نیاز هر درخت حدود ۵/۵ متر مربع بود که اگر روند کند افزایشی عرض و حجم تاج را در نظر بگیریم باز هم فضای مورد نیاز برای کاشت درختان فوکوموتو، نسبت به ارقام و پایه‌های دیگر مرکبات و فواصل رایج برای احداث باغ در استان مازندران، بسیار کمتر است و می‌توان تعداد درختان را حداقل به ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ اصله در هکتار افزایش داد. برخی از درختان فوکوموتو 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.

از میان سه پایه مورد بررسی در این پژوهش، پایه کاریزو سیترنج بهترین پایه برای این رقم از پرتقال بود و میوه روی آن زودرس و دارای کیفیت مناسب بود و به علت حجم کوچک تاج درخت روی این پایه، می‌توان زمان احداث باغ حداقل هزار درخت در هکتار کاشت نمود و بدون نیاز به هرس شدید، از عملکرد بالای میوه بسیار زودرس پرتقال با کیفیت مناسب و شکل و رنگ عالی برخوردار شد. باغداران می‌توانند برای اهداف فروش میوه نوبرانه پرتقال در بازار تازه‌خوری از این رقم استفاده کنند.

References منابع

Adesemoye, T. O., Eskalen, A., Mayorquin, J.S. & Connell, N.O. (2011). Understanding 'foamy bark rot' of Fukumoto navel. *Citrograph, CRB Funded Research Repor,* 26-28.

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.

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

Akhlaghi Amiri, N. (2020). Functional and qualitative indexes of Miyagawa Satsuma mandarin on six rootstocks in East of Mazandaran. *Iranian Journal of Horticultural Science*, *51*(1), 55-66.

Akhlaghi Amiri, N., & Asadi Kangarshahi, A. (2020). Pruning of Citrus Trees. *Agricultural Extension and Education Publications*, Tehran, Iran. 128 p.

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 Horicultural Science and Technology*, *23*(1), 79-88.

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.

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 Hortural Science*, *2*(2), 209-226.

Asadi Kangarshahi, A., & Akhlaghi Amiri, N. (2018). Establishment of sustainable citrus orchard. *Agricultural Extension and Education Publications*, Tehran, Iran, 180 p.

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.

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.

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.

Citrus World Statistics, (2022). *Word Citrus Organizations*. 52 p.

Fenwick, R., Joubert, J., Zondi, Z., & Lee, A. (2010). Fukumoto navel citrus sinensis (L. Osbeck) incompatibility, preliminary survey. *South African Fruit Journal*, *9*(3), 52-54.

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.

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.

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*(2876), 1-14.

Lado, J., Gambetta, G., & Zacarias, L. (2018). Key determinants of citrus fruit quality: Metabolites and main changes during maturation. *Scientia Horticulturae*, *233*, 238-248.

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.

MMGO, (2020). Mazandaran Meterology General Oficce, from http://www.mazmet.ir/.

Morales, J., Bermejo, A., Navarro, P., Quiñones, A., & Salvador, A. (2021). Effect of Rootstock on Citrus Fruit Quality. *Food Reviews International*, 19 pp.

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.

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.

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.

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.

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 25 (3): 501-518 (2024)
Research article

Investigating vegetative growth, yield and harvest time of Fukumoto orange (*Citrus sinensis* cv. Fukumoto) on some citrus rootstocks

Negin Akhlaghi Amiri[1]* and Ali Asadi Kangarshahi[2]

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, email: n.akhlaghi@areeo.ac.ir

Effect of three citrus rootstocks (Carrizo citrange, Swingle citrumelo and C-35 citrange) on vegetative growth, quantitative and qualitative yield, and harvest time of Fukumoto navel orange was investigated during seven years in the north of Iran. The trees grafted onto on all rootstocks had a small volume (average volume in the last year was 5.5 m^3). The bark of rootstock and scion of some trees on the C-35 citrange rootstock, from the fifth year gradually showed signs of blistering and from the sixth year, leaves of two of them turned yellow and fell, and one of them died by the end of experiment. Carrizo citrange rootstock showed the highest morphological compatibility with the Fukumoto variety (0.77) and the trees on it althought a small volume (4.75 m^3) did not show any signs of decline. The average size of the fruit in consecutive years was 250 g, the average peel thickness was 4 mm, the peel weight was 50% and the fruit juice was 40% compared to the fruit weight. The fruit harvest index reached the standard level (seven) in the third week of October every year. Therefore, currently, Fukumoto is the earliest navel orange variety in Iran, and it is harvestable about a month before Thomson navel orange.

Keywords: Citrange, Citrumelo, Incompatibility, Intensive planting, Tree volume.