Journal of Research in Horticultural Science
پژوهش در علوم باغبانی
Vol. 4, No. 1 Spring and Summer 2025 (18–26)
جلد ۴، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۴ (ص ۲۶-۱۸)
10.22092/rhsj.2025.368778.1118
مقاله علمی پژوهشی
تارنمای مجله: https://rhsj.areeo.ac.ir

تأثیر پایه‌های مرکبات و سطوح مختلف آبیاری بر میزان بهره‌وری آب، صفات رویشی و عملکردی پرتقال تامسون‌ناول

رضا فیفائی*[۱]، هرمز عبادی[۱]
۱- استادیار، پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رامسر، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۰۸

چکیده
با توجه به نقش پایه‌ها بر بسیاری از خصوصیات ارقام پیوندی، بررسی پایه‌ها اهمیت بسزایی دارد. هدف این پژوهش، تعیین بهترین پایه و سطح آبیاری برای پرتقال تامسون‌ناول از دیدگاه خصوصیات رویشی و کمی میوه و همچنین معرفی بهترین پایه و سطح آبیاری در بهره‌وری آب آبیاری است. این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور آبیاری نرمال و کم‌آبیاری بترتیب با میانگین ۰/۸۴ و ۰/۴۲ مترمکعب حجم آب و پنج پایه مرکبات شامل نارنج، سیترومیلو، کاریزوسیترنج، نارنج استرالیایی و سی۳۵ در ایستگاه تحقیقات مرکبات خرم آباد تنکابن در سال ۱۳۹۷ اجرا شد. نتایج نشان داد عملکرد محصول در استفاده از پایه‌های سیترومیلو و کاریزوسیترنج با آبیاری کامل و کم‌آبیاری بالاتر از بقیه بود. بهره‌وری آب آبیاری در شرایط کم‌آبیاری بالاتر از آبیاری کامل بود و در کم‌آبیاری، پایه‌های سیترومیلو و کاریزوسیترنج بالاتر از بقیه بودند. از صفات رویشی نیز پهنای درخت و نسبت قطر پایه به پیوندک معنی‌دار بود که بترتیب کاریزوسیترنج و سیترومیلو در شرایط آبیاری کامل از سایرین بالاتر بودند. در مجموع، پایه‌های سیترومیلو و کاریزوسیترنج می‌توانند به عنوان پایه‌هایی مناسب برای کشت مرکبات در شمال ایران معرفی شوند.

واژگان کلیدی: راندمان آبیاری، صفات رشدی، عملکرد میوه.

Effect of Citrus rootstocks and different irrigation levels on water efficiency, vegetative characteristics, and yield in “Thomson navel” sweet orange

Reza Fifaei[1]*, Hormoz Ebadi[1]
1- Assistant Professor, Citrus and Subtropical Fruits Research Center, Horticultural Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ramsar, Iran.

Received: March 2025 **Accepted: August 2025**

Abstract
Rootstock studies are critical due to their impact on various cultivar characteristics. The purpose of this research is to determine the best rootstock and irrigation level in “Thomson navel” sweet orange from the point of view of vegetative characteristics, yield, and to introduce the best rootstock and irrigation level in water efficiency. This project was done as a factorial test on a Random Complete Block Design with two factors: irrigation, including normal and deficit irrigation arranged to mean 0/84 and 0/42 m^3 water volume, and different rootstocks (in 6 levels) in Khorramabad Citrus research station of Tonekabon. Results showed that fruit yield was higher than others in Citrumello and Carrizo citrange, with full irrigation and deficit irrigation. Water efficiency was higher in deficit irrigation than in full irrigation. In deficit irrigation, Citrumello and Carrizo citrange rootstocks were upper. Citrumello has an upper rootstock/scion diameter ratio and Carrizo citrange upper tree width than others under full irrigation circumstances. Finally, Citrumello can be introduced as a proper rootstock for Citrus cultivation in northern Iran.

Keywords: Fruit quantity, Growth characteristics, Irrigation efficiency.

*نویسنده مسئول: rezafifaei@yahoo,com

۱- مقدمه

مرکبات، یکی از مهم‌ترین محصولات میوه‌ای، با ارزشِ اقتصادی در جهان است. مرکبات در جنوب ایران و مناطق مرکزی و نواحی جنوب دریای خزر قابلیت کشت و توسعه دارند. بر اساس شواهد تاریخی، ورود مرکبات به ایران بجز بالنگ (که با توجه به نوشته‌های باقی‌مانده از دوران قبل از میلاد مسیح، در منطقه شوش خوزستان وجود داشته است) به ۴۰۰ سال پیش برمی‌گردد. همچنین از سواحل جنوبی دریای مازندران، به عنوان مرکز ثانوی انتشار مرکبات نام برده می‌شود (فیفائی، ۱۳۹۵). میزان تولید مرکبات در ایران ۵/۸۶ میلیون تن است که بر این اساس، رتبه هفتم در بین کشورهای تولید کننده مرکبات را داراست (FAO, 2023).

انتخاب پایه می‌تواند بر اساس فاکتورهای مهمی نظیر منطقه، شرایط آب و هوایی و خاکی منطقه، رقم پیوندی و موارد استفاده محصول باشد، به عنوان مثال، استفاده از پایه نارنج در مناطقی نظیر اسپانیا، برزیل، کالیفرنیا، آفریقای جنوبی یا مناطقی که ویروس تریستزا در آن فعال باشد قابل توصیه نیست. در مناطقی مانند شمال فلوریدا و تگزاس یا مناطقی که احتمال سرمازدگی وجود دارد بایستی در استفاده از پایه‌هایی نظیر رافلمون یا لیموشیرین که باعث رشد تاج زیاد می‌شوند، اجتناب کرد. همچنین باید از کاربرد پایه‌های فلایینگ‌دراگون، پونسیروس و دورگ‌های آن در خاک‌های با اسیدیته (pH) بالا خودداری نمود (Davis and Alberigo, 1994). احتمال دستیابی به پایه‌ای که از هر نظر کامل و ایده‌آل باشد وجود ندارد. باید پایه مناسب با محیط کاشت و اهداف تولید را در انتخاب مدنظر قرار داد. به‌طور کلی عملکرد کمی و کیفی، سازگاری و مقاومت به بیماری‌ها، فاکتورهای کلیدی در انتخاب پایه‌ها هستند (رادنیا، ۱۳۷۵).

پژوهش‌های مربوط به تأثیر پایه‌های مختلف بر کمیت و کیفیت محصول مرکبات از سال ۱۳۳۹ در ایران آغاز شده و تاکنون بیش از ۳۰ پایه خارجی و داخلی این محصول، مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. از جمله مشخصات یک پایه مطلوب مرکبات می‌توان به سازگاری با رقم پیوندک و قابلیت ایجاد درختی با طول عمر اقتصادی زیاد، سازش با شرایط اقلیمی، وجود مقاومت و یا تحمل به آفات و بیماری‌های مختلف و داشتن اثرات مطلوب بر وضعیت باردهی و کیفیت میوه‌های تولیدی اشاره کرد. بر این اساس برای هر منطقه باید به دنبال پایه‌ای بود که بیش‌ترین باردهی را از میوه‌های با کیفیت بالا دارا بوده و نسبت به شرایط محیطی موجود در منطقه تا حد امکان دارای قدرت تحمل و سازش باشد (ابراهیمی، ۱۳۵۹).

در تولید مرکبات، پایه اثرات مهمی بر حل مسائل ناشی از شرایط آب و هوایی، خاک، آفات و بیماری و کیفیت و کمیت میوه دارد (Toplu *et al*., 2012). در جنوب تگزاس که صنعت مرکبات آمریکا گسترش وسیعی دارد به دلیل بالا بودن سطح pH و کلسیم خاک، نارنج به عنوان بهترین پایه محسوب می‌شود، اما به دلیل توسعه بیماری ویروسی تریستزای مرکبات اقدام به بررسی پایه‌های دیگر به منظور جایگزینی با نارنج شد. بررسی رفتار درختان گریپ‌فروت روی پایه‌های سی۳۵، سی۲۲، کاریزوسیترنج، سیترومِلو و گوتو در شرایط خاکی این منطقه نشان داد که پایه سی۲۲ بهتر از سایر پایه‌ها بوده و عملکرد آن طی مدت شش سال، ۱/۵ برابر عملکرد پایه نارنج و حدود دو برابر عملکرد پایه گوتو است. بررسی‌های انجام شده نشان داده است گوتو که از تلاقی والدین ناشناخته‌ای حاصل شده است، خصوصیاتی متفاوت از نارنج داشته و به شرایط ماندابی و قلیایی خاک متحمل است. بررسی تحمل این پایه به بیماری تریستیزا نشان داده که والنسیای پیوندی روی آن نسبت به ایزوله‌های مختلف تریستیزا متحمل بوده ولی ایزوله‌های این ویروس توانسته‌اند رقم والنسیای پیوندی روی نارنج را مبتلا نمایند (Bitters, 2006).

کاستل و همکاران (Castle *et al*., 2004) نشان دادند که پونسیروس اگرچه به عنوان مهم‌ترین خویشاوند مرکبات برای اصلاح پایه‌های جدید به کار گرفته می‌شود و به بیماری تریستیزا، نماتد مرکبات، فیتوفترا و سرما متحمل است و کیفیت میوه ارقام پیوندی روی آن بالاست، اما این پایه به شرایط آهک بالای خاک حساس بوده و دچار کلروز می‌شود.

شفیعی زرگر (Shafyei zargar, 2005) گزارش نمود که بیش‌ترین سازگاری و عملکرد پرشین‌لایم به ترتیب روی پایه‌های کاریزوسیترنج و ولکامرلمون بوده است.

کمبود شدید آب گیاه می‌تواند جریان آبی در سامانه خاک-گیاه را کاهش دهد و بر فرآیندهای رشدی و فیزیولوژی از جمله تولید میوه اثرگذار باشد (Hsiao, 1973). مطالعات

کم‌آبیاری تنظیم شده مرکبات نشان داد که افزایش دور آبیاری همراه با کنترل پیاز رطوبتی خاک در مرحله دوم رشد میوه، سبب صرفه‌جویی معنی‌دار در مصرف آب، بدون کاهش عملکرد می‌شود ولی چون اندازه یا وزن میوه کم می‌شود، از نظر ارزش اقتصادی مطلوب نیست (Bevington *et al*., 1996; Hutton *et al*., 2007). همین نتیجه (کاهش وزن میوه بدون کاهش عملکرد کل) در کم‌آبیاری پیوسته (۵۰ و ۶۵ درصد نیاز آبی) نیز به‌دست آمد (Garcia-Tejero *et al*., 2011). در برخی آزمایش‌های کم‌آبیاری پیوسته، افزون بر کاهش وزن تک میوه، عملکرد کل درختان هم کم شد (Panigrahi *et al*., 2012). البته این روش در بیشتر شرایط، همانند آزمایش‌های اشاره شده در بالا، بهره‌وری آب (وزن میوه تولید شده تقسیم بر حجم یا عمق آب مصرفی برای آبیاری) را افزایش می‌دهد.

در اقلیم نیمه‌مرطوب اروگوئه با میانگین بارش سالیانه ۱۱۵۰ میلی‌متر، چهار تیمار آبیاری سراسر فصل (۴۸۱ میلی‌متر)، آبیاری از شکوفه‌دهی تا ریزش میوه (۹۳ میلی‌متر)، از ریزش تا برداشت (۳۸۸ میلی‌متر) و بدون آبیاری به مدت چهار سال آزمایش شد. نتایج آن نشان داد که آبیاری سبب افزایش عملکرد در پرتقال‌های والنسیا و واشنگتن‌ناول و لیموترش به‌ترتیب به مقدار ۴۱، ۲۰ و ۲۹ درصد در مقایسه با بدون آبیاری شد. در این آزمایش نتایج نارنگی الندال کم‌پایدارتر بود. آبیاری در همه موارد باعث افزایش اندازه میوه شد (Petillo, 1995).

در کم‌آبیاری بر اساس مقادیر تبخیر از تشتک روی لیموشیرین در جهرم، حداکثر عملکرد و بهره‌وری آب در مقدار آبیاری به میزان ۷۵ درصد تبخیر از تشتک و حداکثر وزن تک‌میوه با مقدار آبیاری ۱۰۰ درصد تبخیر از تشتک به‌دست آمد (Kashefipour and Sepaskhah ,1994). آبیاری با دو مقدار ۵۰ و ۸۰ درصد نیاز کامل آبیاری روی نارنگی کلمانتین در اسپانیا، سبب کاهش رشد درختان شد. عملکرد و تعداد میوه درختان با افزایش مقدار آبیاری افزایش یافت و وزن میوه کاهش یافت. این روندها به‌صورت خطی معنی‌دار شد ولی با منحنی درجات دوم و سوم معنی‌دار نشد (Castel and Ginestar, 1996). کم‌آبیاری تنظیم شده روی درختان جوان کلمانتین در منطقه یاد شده (اسپانیا، میانگین بارندگی ۲۱۴ میلی‌متر) نشان داد که تنش آبی در مراحل گلدهی، تشکیل میوه و رشد سریع میوه سبب کاهش عملکرد و تعداد میوه می‌شود. عدم آبیاری در این مراحل، منجر به کاهش عملکرد عمدتا در اثر کاهش تعداد میوه شد و تنش اثر معنی‌داری روی وزن میوه نداشت. ولی تنش آبی در مرحله نهایی رشد میوه و آغاز رسیدگی تا شروع باران پاییزه، روی وزن میوه اثر داشت و بر تعداد میوه اثر نداشت (Ginestar and Castel, 1996). اجرای برنامه کم‌آبیاری تنظیم شده در اسپانیا روی درختان فینولمون، پتانسیل آب برگ در مرحله رشد سریع میوه را کاهش داد و مصرف سالانه آب آبیاری را نیز به میزان ۲۰ تا ۳۰ درصد کم کرد (Domingo *et al*., 1996). در کالیفرنیا ۱۴ برنامه کم‌آبیاری در مقاطع مختلف زمانی روی پرتقال ناول با رژیم آبیاری کامل مقایسه شدند. اختلاف معنی‌داری بین آبیاری کامل و هیچ‌یک از تیمارهای کم‌آبیاری تنظیم شده از لحاظ عملکرد و تعداد میوه مشاهده نشد. وزن میوه در آبیاری کامل و ۷۵ و ۸۵ درصد آبیاری در سراسر فصل تفاوت نداشت (Goldhamer and Salinas, 2000).

از اهداف این پژوهش می‌توان به تعیین بهترین پایه و سطح آبیاری برای پرتقال تامسون‌ناول از دیدگاه خصوصیات رویشی، زایشی و بهره‌وری آب آبیاری اشاره نمود.

۲- مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور آبیاری و پایه‌های مختلف با چهار تکرار روی درختان ۱۰ ساله پرتقال تامسون‌ناول (*Citrus sinensis* cv. Thomson navel) بمدت سه سال اجرا شد. محل اجرای پروژه مذکور، ایستگاه تحقیقات مرکبات خرم‌آباد تنکابن طی سال‌های ۱۳۹۷ لغایت ۱۴۰۰ بود. پایه‌ها شامل پایه‌های متداول نارنج (*Citrus aurantium*) و سیترومله (*Citrus paradisi* × *Poncirus trifoliata*) و پایه‌های جدید کاریزوسیترنج (*Citrus sinensis* × *Poncirus trifoliata*)، نارنج استرالیایی (Smooth Flat Seville or Australian sour orange (SFS)) و سی۳۵ (*Citrus sinensis* × *Poncirus trifoliata*) بود. فاکتور آبیاری نیز با توجه به محدودیت در تعداد درختان و همچنین نتایج تحقیقات قبلی در دو سطح آبیاری نرمال بر اساس نیاز

کامل آبی و کم‌آبیاری به میزان ۵۰ درصد نیاز کامل آبی اعمال شد. نیاز آبی کامل روزانه درختان (WR بر حسب میلی‌متر) بر اساس داده‌های تشتک تبخیر و با استفاده از رابطه WR=Ep×Kp×Kc تعیین شد. در این رابطه، Ep میزان تبخیر اندازه‌گیری شده با تشتک کلاس A (بر حسب میلی‌متر)، Kp ضریب تشتک و Kc ضریب گیاهی است که ضرایب تشتک و گیاهی براساس نشریه شماره ۵۶ آبیاری و زهکشی سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (Allen *et al*.,1998) تعیین شد. حجم آب آبیاری درختان (بر حسب لیتر) در تیمارهای نیاز آبی کامل با رابطه Vi=(WR-Pe)×Ac×Kr/Ei محاسبه شد. در این رابطه Pe بارش موثر (میلی‌متر)، Ac سطح سایه‌اندازی درختان (برحسب متر مربع)، Kr ضریب مربوط به سطح خیس شده در سایه‌انداز درختان و Ei راندمان آبیاری قطره‌ای است. بارش موثر به روش تجربی و با استفاده از نرم افزار CROPWAT 8.0 (FAO, 2009) و Kr و Ei براساس اندازه‌گیری اولیه بترتیب ۰/۸ و ۰/۹۵ در نظر گرفته شد.

دور آبیاری با توجه به شرایط آب و هوایی متغیر بود و آبیاری‌ها در زمان رسیدن تبخیر تجمعی به ۲۰ تا ۲۵ میلی‌متر انجام شد. آبیاری در این محدوده براساس اندازه‌گیری‌های پتانسیل آب برگ (که پیش از آغاز تیمارها انجام شد) سبب بروز تنش آبی به درختان آزمایشی نمی‌شود. آبیاری در قطعه باغ آزمایشی با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای (قطره‌چکان‌های با آب‌دهی چهار لیتر بر ساعت) انجام شد. تعداد قطره‌چکان در تیمار کم‌آبیاری نصف تعداد آن در آبیاری کامل در نظر گرفته شد.

در این پژوهش، صفات رویشی شامل ارتفاع درخت، پهنای درخت، حجم تاج و نسبت قطر پایه به پیوندک اندازه‌گیری شدند. برای تعیین حجم تاج درخت از فرمول $V= 3.14 \times r^2 \times h$ استفاده شد. h ارتفاع درخت و r شعاع درخت است. ارتفاع درخت از سطح زمین اندازه‌گیری شد و شعاع درخت نیز پس از تعیین پهنای درخت در دو جهت و میانگین‌گیری به‌دست آمد. سایر صفات شامل میانگین وزن میوه، عملکرد تک‌درخت، عملکرد در هکتار، کارایی عملکرد، شاخص سال‌آوری و همچنین مقدار آب مصرفی برای آبیاری تعیین و بهره‌وری آب آبیاری در دو شرایط آبیاری کامل و کم‌آبیاری در پایه‌های یاد شده اندازه‌گیری شدند. بهره‌وری آب آبیاری با تقسیم عملکرد درختان (kg) بر مقدار آب آبیاری (m^3) محاسبه شد. برای تعیین میانگین وزن میوه، ۲۵ نمونه میوه از چهار جهت درخت انتخاب، برداشت و ارزیابی شدند. برای بررسی و ارزیابی متغیرهای عملکرد تک‌درخت و عملکرد در هکتار، کل میوه هر تک‌درخت برداشت، وزن و محاسبه شد. کارایی عملکرد از تقسیم عملکرد هر درخت بر حجم تاج و شاخص سال‌آوری از تقسیم تفاوت عملکرد هر درخت در دو سال پیاپی بر مجموع عملکرد همان دو سال تعیین شد. تجزیه آماری با استفاده از نرم افزار SAS ver.9.4 و مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- عملکرد و صفات رویشی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد تیمار آبیاری فقط روی درصد سال‌آوری در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر پایه روی پهنای درخت و نسبت قطر پایه به پیوندک در سطح یک درصد و اثر متقابل پایه و آبیاری نیز روی نسبت قطر پایه به پیوندک در سطح پنج درصد معنی‌دار بودند.

در مقایسه میانگین داده‌های پهنای درخت، پایه سی ۳۵ با ۳۸۱ سانتی‌متر بالاتر و نارنج استرالیایی با ۳۲۲ سانتی‌متر پایین‌تر از سایرین در شرایط کم‌آبیاری بودند. حجم تاج متاثر از تیمارهای آبی و پایه‌ها نبود. نسبت قطر پایه به پیوندک در اثر کم‌آبیاری تفاوت معنی‌دار با آبیاری کامل نداشت ولی اثر پایه‌ها در سطح یک درصد و برهمکنش پایه و آبیاری در سطح پنج درصد بر نسبت قطر پایه به پیوندک معنی‌دار بود. در شرایط آبیاری کامل، پایه سیترومله (با ۱/۶۷) دارای بیش‌ترین و پایه‌های نارنج (با ۱/۱۸) و نارنج استرالیایی (با ۱/۱۵) دارای کم‌ترین نسبت قطر پایه به پیوندک بودند. در پایه‌های نارنج، کاریزوسیترنج، نارنج استرالیایی و سی۳۵، کم‌آبیاری تأثیر معنی‌داری بر نسبت قطر پایه به پیوندک نداشت ولی در پایه سیترومله، کم‌آبیاری نسبت مذکور را کاهش داد (جدول ۱). در آزمایش روی نارنگی کلمانتین در منطقه نیمه‌خشک اسپانیا، با توقف آبیاری در مراحل اول و

سوم رشد و نیز پس از برداشت میوه (کم‌آبیاری تنظیم شده) رشد رویشی درختان روی هر دو پایه متحمل به خشکی کاهش یافت و کاریزوسیترنج بیشتر از کلئوپاتراماندارین تحت تأثیر کم‌آبی قرار گرفت (Romero *et al*., 2006). در آزمایش رقم لیموترش ورنا روی دو پایه نارنج و ماکروفیلا، کم‌آبیاری در درختان با پایه ماکروفیلا سبب کاهش رشد رویشی شد ولی در نارنج این وضعیت ایجاد نشد (Robles *et al*., 2017).

تفاوت یافته‌های تحقیق این گزارش با دو آزمایش مذکور را می‌توان به متفاوت بودن شرایط اقلیمی و تفاوت در رقم پیوندی و تیمار کم‌آبیاری دانست.

درصد سال‌آوری در درختانی که تیمار کم‌آبیاری داشتند ۳۷/۳۵ درصد گزارش شد و بیشتر از درختان با آبیاری کامل با ۲۴/۶۳ درصد بود ولی اثرات پایه‌ها و برهمکنش پایه در آبیاری معنی‌دار نبود (جدول ۱).

جدول ۱- ویژگی‌های رشد رویشی و سال‌آوری درختان پرتقال تامسون‌ناول روی پنج پایه در دو شرایط آبیاری.

		ارتفاع درخت (cm)	پهنای درخت (cm)	حجم تاج (m^3)	قطر پایه به پیوندک	درصد سال‌آوری
تیمار آبیاری	آبیاری کامل	۴۱۶/۳۵۰	۳۴۹/۶۵۰	۴۰/۴۴۶	۱/۳۵۷	۲۴/۶۲۷^{b}
	کم‌آبیاری	۳۹۴/۲۵۰	۳۵۲	۳۹/۱۲۳	۱/۳۳۲	۳۷/۳۵۰^{a}
پایه‌ها	نارنج	۴۱۵/۶۲۵	۳۴۴/۱۲۵^{ab}	۳۹/۳۲۱	۱/۱۸۰^{c}	۳۴/۴۳۸
	سیترومِلو	۴۰۲/۵۰۰	۳۵۰/۸۷۵^{ab}	۳۹/۳۹۹	۱/۶۷۰^{a}	۳۰/۶۸۸
	کاریزوسیترنج	۴۱۸/۷۵۰	۳۶۸/۷۵۰^{a}	۴۵/۸۷۲	۱/۳۱۰^{b}	۲۲/۹۴۴
	نارنج استرالیایی	۴۱۵	۳۲۴/۱۲۵^{b}	۳۴/۶۸۰	۱/۱۴۵^{c}	۴۰/۹۳۸
	سی‌۳۵	۳۷۴/۶۲۵	۳۶۶/۲۵۰^{ab}	۳۹/۶۵۲	۱/۴۱۸^{b}	۲۵/۹۳۸
تیمار آبیاری	پایه‌ها					
آبیاری کامل	نارنج	۴۱۵/۰۰۰	۳۳۰/۰۰۰^{b}	۳۶/۱۵۸	۱/۱۶۷^{de}	۲۶/۳۷۵
	سیترومِلو	۴۱۱/۷۵۰	۳۵۵/۰۰۰^{ab}	۴۰/۶۹۷	۱/۷۷۸^{a}	۲۴/۶۲۵
	کاریزوسیترنج	۴۲۲/۵۰۰	۳۸۶/۲۵۰^{a}	۴۹/۶۵۷	۱/۲۹۲^{cd}	۱۷/۲۶۲
	نارنج استرالیایی	۴۱۵/۰۰۰	۳۲۵/۷۵۰^{b}	۳۴/۴۵۷	۱/۱۳۰^{e}	۳۱/۶۲۵
	سی‌۳۵	۴۱۷/۵۰۰	۳۵۱/۲۵۰^{ab}	۴۱/۲۶۳	۱/۴۱۸^{c}	۲۳/۲۵۰
کم‌آبیاری	نارنج	۴۱۶/۲۵۰	۳۵۸/۲۵۰^{ab}	۴۲/۴۸۵	۱/۱۹۲^{de}	۴۲/۵۰۰
	سیترومِلو	۳۹۳/۲۵۰	۳۴۶/۷۵۰^{ab}	۳۸/۱۰۰	۱/۵۶۲^{b}	۳۶/۷۵۰
	کاریزوسیترنج	۴۱۵/۰۰۰	۳۶۹/۲۵۰^{ab}	۴۲/۰۸۸	۱/۳۲۸^{c}	۲۸/۶۲۵
	نارنج استرالیایی	۴۱۵/۰۰۰	۳۲۲/۵۰۰^{b}	۳۴/۹۰۲	۱/۱۶۰^{e}	۵۰/۲۵۰
	سی‌۳۵	۳۳۱/۷۵۰	۳۸۱/۲۵۰^{a}	۳۸/۰۴۲	۱/۴۱۷^{c}	۲۸/۶۲۵

میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند از نظر آماری تفاوت معنی‌دار با هم ندارند.

در تجزیه واریانس عملکرد میوه و بهره‌وری آب آبیاری، اثر مقدار آبیاری، نوع پایه و برهمکنش این دو معنی‌دار شد ولی از نظر کارایی عملکرد، اثرات مقدار آبیاری، نوع پایه و برهمکنش آنها معنی‌دار نبود (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد عملکرد تک‌درخت در تیمار نارنج استرالیایی با کم‌آبیاری (۳۱/۰۳ کیلوگرم بر درخت) از سایر تیمارها کم‌تر بود. کاریزوسیترنج (۸۸/۸۴ کیلوگرم بر درخت) و سیترواملو (۸۶/۸۱ کیلوگرم بر درخت) با آبیاری کامل و نارنج (۵۸/۰۶ کیلوگرم بر درخت)، نارنج استرالیایی (۶۳/۳۵ کیلوگرم بر درخت) و سی۳۵ (۶۶/۲۶ کیلوگرم بر درخت) نیز با آبیاری کامل اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. همچنین در سیترواملو (۸۰/۱۶ کیلوگرم بر درخت) و کاریزوسیترنج (۷۹/۱۱ کیلوگرم بر درخت) در شرایط کم‌آبیاری تفاوت معنی‌داری دیده نشد.

کم آبیاری در پایه نارنج استرالیایی و سی۳۵ سبب کاهش عملکرد شد و در سایر پایه‌ها تأثیری بر عملکرد نداشت. به بیان دیگر، نارنج استرالیایی حساس‌ترین پایه نسبت به کم‌آبی در بین پایه‌های مورد مطالعه بود. یافته‌ها در منطقه نیمه خشک اسپانیا نشان داد که توقف آبیاری در مراحل اول و سوم رشد و نیز پس از برداشت میوه (کم‌آبیاری تنظیم شده) برای نارنگی کلمانتین (Romero *et al*., 2006) و کم آبیاری (۲۵ درصد نیاز آبی در مراحل مذکور) برای پرتقال لین‌لیت (Perez-Perez *et al*., 2008) روی کاریزوسیترنج سبب کاهش معنی‌دار عملکرد شد ولی توقف آبیاری در مراحل یاد شده برای لیموترش ورنا روی پایه نارنج (Robles *et al*., 2017) مشابه نتایج تحقیق حاضر، سبب کاهش عملکرد نشد.

بهره‌وری آب آبیاری در پایه‌های نارنج، سیترواملو و کاریزوسیترنج در دو تیمار کم‌آبیاری و آبیاری کامل متفاوت بود و کم‌آبیاری سبب افزایش بهره‌وری آب آبیاری شد (جدول۲). این نتایج در مطابقت با آزمایش کم‌آبیاری درختان ورنالمون روی نارنج (Robles *et al*., 2017) و پرتقال لین-لیت روی پایه کاریزوسیترنج بود (Perez-Perez *et al*., 2008).

مقایسه پایه‌ها در هر یک از دو تیمار آبیاری نشان می-دهد در شرایط آبیاری کامل، درختان با پایه‌های سیترواملو و کاریزوسیترنج دارای بیشترین عملکرد هستند و بهره‌وری آب آبیاری نیز در این پایه‌ها بالاتر از بقیه بود (جدول ۲).

مطالعات نشان داد عملکرد درختان روی دو پایه کاریزوسیرنج و کلئوپاتراماندارین در شرایط آبیاری کامل برای نارنگی کلمانتین (دو سال از سه سال) و پرتقال لین‌لیت (در هر سه سال آزمایش) مشابه بود (Romero *et al*., 2006 and Perez-Perez *et al*., 2008). از نظر بهره‌وری آب در شرایط آبیاری کامل، پایه‌های کاریزوسیترنج و کلئوپاترا واکنش مشابه داشتند (Perez-Perez *et al*., 2008) ولی پایه ماکروفیلا در مقایسه با نارنج، بهره‌وری آب بیش‌تری داشت (Robles *et al*., 2017).

در شرایط کم‌آبیاری، نارنج استرالیایی از لحاظ عملکرد و بهره‌وری آب پایین‌تر و سیترواملو بالاتر از سایر پایه‌ها بود (جدول ۲). مشابه این نتایج در مطالعه نارنگی کلمانتین و پرتقال لین‌لیت روی پایه‌های کاریزوسیرنج و کلئوپاتراماندارین (Perez-Perez *et al*., 2008 and Romero *et al*., 2006) و نیز پایه‌های نارنج و ماکروفیلا برای ورنالمون به‌دست آمد (Robles *et al*., 2017).

جدول ۲- میانگین سال‌ها، پایه‌ها و تیمارهای آبیاری در آزمایش پنج پایه برای درختان پرتقال تامسون ناول در دو شرایط آبیاری از نظر عملکرد، کارایی عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری.

		حجم آب آبیاری هر درخت (m^3)	عملکرد درخت (kg)	بهره‌وری آب آبیاری (kg/m^3)	کارایی عملکرد (kg/m^3)
سال	۱۳۹۷	۱/۰۴	۴۶/۹۹^{c}	۴۹/۸۵^{c}	۱/۲۶^{b}
	۱۳۹۸	۰/۴۷	۵۴/۲۳^{b}	۱۲۲/۰۶^{b}	۱/۴۲^{b}
	۱۳۹۹	۰/۳۷	۹۵/۷۳^{a}	۲۸۱/۰۲^{a}	۲/۵۸^{a}
تیمار آبیاری	آبیاری کامل	۰/۸۴	۷۲/۶۷^{a}	۱۱۶/۰۷^{b}	۱/۸۶^{a}
	کم آبیاری	۰/۴۲	۵۸/۶۴^{b}	۱۸۵/۸۸^{a}	۱/۶۴^{a}
پایه ها	نارنج	۰/۶۳	۵۸/۲۳^{b}	۱۳۰/۷۳^{c}	۱/۶۰^{bc}
	سیترومله	۰/۶۲	۸۳/۴۹^{a}	۲۱۴/۵۶^{a}	۲/۲۴^{a}
	کاریزو سیترنج	۰/۶۳	۸۳/۹۸^{a}	۱۹۱/۷۸^{b}	۲/۰۲^{ab}
	نارنج استرالیایی	۰/۶۳	۴۷/۱۹^{c}	۱۰۵/۵۴^{d}	۱/۴۳^{c}
	سی۳۵	۰/۶۳	۵۵/۳۸^{bc}	۱۱۲/۲۸^{dc}	۱/۴۶^{c}
تیمار آبیاری	پایه‌ها				
آبیاری کامل	نارنج	۰/۸۴	۵۸/۰۶^{b}	۹۲/۱۸^{f}	۱/۷۵۱^{ab}
	سیترومله	۰/۸۳	۸۶/۸۱^{a}	۱۴۶/۱۴^{cd}	۲/۱۵۶^{a}
	کاریزو سیترنج	۰/۸۴	۸۸/۸۴^{a}	۱۳۶/۹۵^{d}	۱/۸۱۰^{ab}
	نارنج استرالیایی	۰/۸۳	۶۳/۳۵ ^{b}	۱۰۶/۶۳^{ef}	۱/۸۶۹^{ab}
	سی۳۵	۰/۸۴	۶۶/۲۶ ^{b}	۹۸/۴۷^{ef}	۱/۷۲۱^{ab}
کم آبیاری	نارنج	۰/۴۲	۵۸/۴۰^{b}	۱۶۹/۲۸^{c}	۱/۴۴۹^{bc}
	سیترومله	/۴۲	۸۰/۱۶^{a}	۲۸۲/۹۸^{a}	۲/۳۱۸^{a}
	کاریزو سیترنج	۰/۴۲	۷۹/۱۱^{a}	۲۴۶/۶۰^{b}	۲/۲۳۶^{a}
	نارنج استرالیایی	۰/۴۲	۳۱/۰۳^{d}	۱۰۴/۴۵^{ef}	۰/۹۹۹^{c}
	سی۳۵	۰/۴۲	۴۴/۵۱^{c}	۱۲۶/۰۹^{de}	۱/۲۰۹^{bc}

میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند از نظر آماری تفاوت معنی‌دار باهم ندارند.

۴- نتیجه‌گیری کلی

عملکرد تک‌درخت و عملکرد در هکتار در سیترومله و کاریزوسیترنج در شرایط کم‌آبیاری بالاتر از بقیه و در نارنج استرالیایی پایین‌تر بود. بهره‌وری آب آبیاری در سیترومله بالاتر و در نارنج استرالیایی در شرایط کم‌آبی پایین‌تر از بقیه بود. کاریزوسیترنج و سیترومله در شرایط آبیاری کامل و کم‌آبیاری اختلافی نشان ندادند. در مجموع پایه‌های سیترومله و کاریزوسیترنج با در نظر گرفتن تأثیر قابل قبول آن‌ها بر خصوصیات رویشی و عملکرد پرتقال تامسون‌ناول و همچنین بهره‌وری مصرف آب می‌توانند به عنوان پایه‌هایی مناسب برای کشت و پرورش مرکبات در شمال کشور معرفی شوند.

تضاد و تعارض منافع- نویسندگان هرگونه تعارض و تضاد منافع اعم از تجاری و غیرتجاری و شخصی را که در ارتباط مستقیم یا غیرمستقیم با اثر منتشر شده است رد می‌نمایند.

تشکر و قدردانی- این مقاله برگرفته از گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی پایان‌یافته پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری وابسته به سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی با شماره فروست ۶۳۳۲۶ مورخ ۱۴۰۲/۰۱/۲۱ است که از حمایت مالی آن مجموعه قدردانی می‌شود.

منابع

ابراهیمی، ی. (۱۳۵۹). سیر تکاملی مرکبات در ایران. نشریه شماره ۱ مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، ۱۲ صفحه.

شفیعی زرگر، ع. (۱۳۸۴). گزارش نهایی بررسی عملکرد کمی و کیفی لایم و لمون روی پایه‌های مختلف. پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری.

فیفائی، ر.، فتوحی‌قزوینی، ر.، قاسم‌نژاد، م. و ی. حمیداوغلی. (۱۳۹۵). بررسی برخی جنبه‌های مرفولوژی، بیوشیمیایی و مولکولی تحمل خشکی در ژنوتیپ‌های مرکبات. پایان‌نامه دکتری، دانشگاه گیلان.

رادنیا، ح. (۱۳۷۵). پایه‌های درختان میوه (ترجمه). انتشارات نشر آموزش کشاورزی. ۶۳۷ صفحه.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. *Fao, Rome*, *300* (9), p. D05109.

Bevington, K.B., Hutton, R. J., Papasidero, S., & Gee, S. (1996). CT216 – Development of phonological based crop management model for high density citrus (HRDC –Final Report). 105 p.

Bitters, W. P. (2006). Citrus rootstocks: their characters and reactions. California University Press.

Castele, W. S., Grosser, Y. W., Schnell TAgala- Silva, R. Y., Crane, Y. H., & Bowman, D. (2004). Evaluation of new citrus rootstocks for Tahiti Lime production in Southern Florida. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*. *117*, 174-1810.

Castel, J. R., & Ginestar, C. (1996). Response of Clementine citrus trees to irrigation and nitrogen rates under drip irrigation. *Proceedings of the International Society of Citriculture*, 683-687.

Davies, F. S., & Albrigo, L. G. (1994). Citrus. CAB International, Wallingford, UK, 245p.

Domingo, R., Ruiz Sanchez, M. C., Sanchez Blanco, M. J., & Torrecillas, A. (1996). Water relations, growth and yield of Fino lemon trees under regulated deficit irrigation. *Irrigation Science*, *16* (3), 115- 123.

FAO Commodities and Trade Division. (2023). Citrus Fruit, Fresh and Processed. Annual Statistics. CCP: CI/ST/2007/. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Garcia-Tejero, I., Duran-Zuazo, V. H., & Muriel-Fernandez, J. L. (2011). Long-term impact of sustained-deficit irrigation on yield and fruit quality in sweet orange cv. Salustiana (SW Spain). *Comunicata Scientiae, 2* (2), 76-84.

Ginestar, C., & Castel, J. R. (1996). Response of young clemantine citrus trees to water stress during different phonological periodes. *Journal of Horticultural Science*, *71* (4), 551-559.

Goldhamer, D. A., & Salinas, M. (2000). Evaluation of regulated deficit irrigation on mature orange trees grown under high evaporative demand. *Proceedings of the International Society of Citriculture, IX Congress,* 227-231.

Hsiao, T.C. (1973). Plant responses to water stress. *Annual review in Plant physiology, 24*: 519- 570.

Hutton, R.J., Landsberg, J.J., & Sutton, B.G. (2007). Timing irrigation to suit citrus phenology: a means to reduce water use without compromising fruit yield and quality? *Australian Journal of Experimental Agriculture, 47*, 71–80.

Panigrahi, P., Srivastava, A.K., & Huchche, A. D. (2012). Effects of drip irrigation regimes and basin irrigation on Nagpur mandarin agronomical and physiological performance. *Agricultural water management, 104*, 79-88

Pérez-Pérez, J.G., Romero, P., Navarro, J.M., & Botía, P. (2008). Response of sweet orange cv 'Lane late' to deficit irrigation in two rootstocks. I: water relations, leaf gas exchange and vegetative growth. *Irrigation Science, 26*, 415–425.

Petillo, M.G. (1995). Effects of irrigation periods on Citrus yield and fruit quality in Uruguay. *Proceedings of 5th international microirrigation congress*, Orlando, Florida, USA, 492-496.

Robles, J. M., Botía, P., & Pérez-Pérez, J. G. (2017). Sour orange rootstock increases water productivity in deficit irrigated 'Verna'lemon trees compared with Citrus macrophylla. *Agricultural water management*, *186*, 98-107.

Romero, P., Navarro, J. M., Pérez-Pérez, J., García-Sánchez, F., Gómez-Gómez, A., Porras, I., Martinez, V., & Botía, P. (2006). Deficit irrigation and rootstock: their effects on water, vegetative development, yield, fruit quality and mineral nutrition of Clemenules. *Tree physiology, 26*,1537-1548.

Sepaskhah, A. R., & Kashefipour, S. M. (1994). Relationships between leaf water potential, CWSI, yield and fruit quality of sweet lime under drip irrigation. *Agricultural water management, 25* (1), 13-21.

Toplu C., Uygur V., Kaplankaran M., Demirkeser T. H., & Yaldaz E. (2012). Effect of citrus rootstocks on leaf mineral composition of ‘okitsu’, ‘clausellina’, and ‘silverhill’ mandarin cultivars. *Journal of Plant Nutrition, 35*, 1329–1340.