نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۲، بهمن - اسفند ۱۳۹۷، ص. ۱۳۹۵-۱۳۸۱

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 12, Feb.-Mar. 2019, p. 1381-1395

مقایسه استراتژی‌های مختلف مدیریت کم آبیاری در پرتقال

مهرداد شهابیان[1*]، علی چراتی[2]، رمضانعلی دهقان[3]، محمد اسماعیل کمالی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۲/۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۶/۳

چکیده

در این پژوهش تاثیر روش‌های مختلف کم‌آبیاری بر عملکرد پرتقال طی سه سال در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. تیمارها عبارت بودند از: (T_1) آبیاری بر اساس عرف باغدار، (T_2) آبیاری بر اساس نیاز آبی، (T_3) آبیاری به میزان ۷۵ درصد نیاز آبی، (T_4) آبیاری به میزان ۵۰ درصد نیاز آبی، (T_5) آبیاری به میزان ۷۵ درصد نیاز آبی و به روش خشکی موضعی ریشه، (T_6) آبیاری به میزان ۵۰ درصد نیاز آبی و به روش خشکی موضعی ریشه. نتایج نشان داد که در مورد پارامتر عملکرد میوه تیمار خشکی موضعی ریشه (T_5) اختلاف معنی‌داری را از نظر آماری با تیمار آبیاری بر اساس نیاز آبی (T_2) نشان نداد و این درحالی است که هر دو تیمار کم‌آبیاری به شیوه معمول (T_3و T_4)، سبب کاهش معنی‌دار عملکرد پرتقال به میزان ۲۸ تا ۳۴ درصد نسبت به تیمار T_2 گردیدند. در مورد پارامتر کارآیی مصرف آب تیمار T_6 با ۹/۳ کیلوگرم بر مترمکعب بیش‌ترین مقدار را به خود اختصاص داد و بهترین تیمار شناخته شد. لازم به ذکر است که کم‌ترین میزان کارآیی مصرف آب به میزان ۴/۸ کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به تیمار T_1 بوده است. محاسبه ارزش حال خالص (NPV) تیمارها نشان می‌دهد که تیمار T_2 از نظر اقتصادی بهترین تیمار است.

واژه‌های کلیدی : پرتقال، خشکی موضعی ریشه، کارآیی مصرف آب، کم آبیاری معمول

مقدمه

نیاز روز افزون جمعیت کشور به مواد غذایی از یک سو و محدودیت منابع آب از سوی دیگر لزوم بهره‌برداری بهینه از این منابع را اجتناب‌ناپذیر می‌نماید. توزیع نامناسب بارش در استان مازندران به‌خصوص در ماه‌های فصل تابستان باعث شده تا از پتانسیل‌های موجود در بخش کشاورزی بهره‌وری مناسب بدست نیاید. لذا چنانچه بتوان با بکارگیری روش‌های کارا بهره‌وری مصرف آب را افزایش داد و از بروز اثرات تنش کم‌آبی بر کمیت و کیفیت محصولات تولیدی کاست یا می‌توان میزان محصول در واحد سطح را افزایش داد. بهبود سیستم‌های آبیاری و مدیریت در برنامه‌ریزی آبیاری به آرامی در طول قرن گذشته انجام شد که نتیجه آن افزایش بهره‌وری آب بخصوص در درختان میوه می‌باشد. از طرف دیگر کاهش دسترسی به آب و قیمت بالای آن از عواملی است که در آینده برای تولیدکننده‌های بخش کشاورزی چالش جدی به همراه خواهد داشت.

ایران یکی از کشورهای عمده تولیدکننده مرکبات است. سطح زیر کشت مرکبات کشور در سال ۱۳۹۴ حدود ۲۸۴ هزار هکتار برآورد شده است که ۸۵ درصد آن درختان بارور مرکبات و ۱۵ درصد نهال هستند. از حدود ۲۴۷ هزار هکتار سطح بارور درختان مرکبات کشور ۸۴ درصد آن آبی و ۱۶ درصد به صورت دیم برآورد شده است. در سال ۱۳۹۴ میزان تولید پرتقال کشور حدود ۲/۴ میلیون تن و سهم ۱۲/۵ درصد از کل میزان تولید محصولات باغبانی بوده است. استان مازندران با سهم ۵۲ درصدی، فارس با سهم ۱۶ درصدی و جنوب استان کرمان با سهم ۱۴ درصدی در رتبه‌های اول تا سوم تولیدکنندگان پرتقال کشور قرار داشتند. این سه استان جمعا در حدود ۸۲ درصد از کل تولید پرتقال کشور را تامین نمودند. میزان عملکرد پرتقال آبی در استان مازندران ۱۶۶۱۰ کیلوگرم در هکتار و میزان عملکرد پرتقال دیم ۱۳۳۹۳ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۵).

تکنیک‌ها و مدیریت‌های مختلف کم‌آبیاری به منظور استفاده بهینه از منابع آب ارائه شده است که از جمله آن‌ها می‌توان به روش‌های معمول کم‌آبیاری (DI)[5] و "خشکی موضعی ریشه"

1، 2 و 3- اعضای هیات علمی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران
4- محقق بخش تحقیقات خاک و آب،مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران
(*- نویسنده مسئول:
(Email: mshahabian@yahoo.com

5- Deficit Irrigation

(PRD)[1] اشاره نمود. کم‌آبیاری به روش "خشکی موضعی ریشه"، یک روش نسبتا جدید کم‌آبیاری است که سبب افزایش کارآیی مصرف آب[2] می‌شود. این روش کم‌آبیاری، مکانیسم‌های کنترل تعرق گیاه را فعال و به این ترتیب سبب افزایش کارآیی مصرف آب می‌شود. در این روش به تناوب یک سمت درختان آبیاری می‌شود. ریشه‌هایی که در سمت بدون آبیاری قرار می‌گیرند، علائمی به شاخه‌ها می‌فرستند که این علائم، مکانیسم‌های فیزیولوژیکی را برای افزایش کارآیی مصرف آب فعال می‌سازند. در برخی از پژوهش‌ها نشان داده شد که افزایش غلظت اسید آبسیزیک (ABA) در جریان شیره خامی که از ریشه‌های سمت آبیاری نشده درخت به سوی برگ‌ها حرکت می‌کند، سبب بسته شدن نسبی روزنه‌ها و نیز فعال شدن ژن‌هایی خاص برای مقابله با خشکی می‌گردد (Stoll et al., 2000).

از آن‌جا که در این روش، نیمی از ریشه‌ها دچار تنش آبی نیستند، معمولا بسته شدن نسبی روزنه‌ها سبب کاهش تعرق شده، ولی محدودیتی در فتوسنتز ایجاد نمی‌کند.

در رابطه با استفاده از مدیریت‌های مختلف کم‌آبیاری به شیوه‌های "خشکی موضعی ریشه" و "کم‌آبیاری معمول" پژوهش‌هایی بر روی محصولات مختلف در ایران و نقاط مختلف جهان صورت گرفته است. حقیقی (۱۳۸۹) در پژوهش خود بر روی گوجه‌فرنگی، مدیریت آبیاری"خشکی موضعی ریشه" و اثر آن بر رشد گوجه‌فرنگی را با روش معمول آبیاری مقایسه نمود. نتایج آزمایش، افزایش کارآیی مصرف آب گیاه و مواد جامد محلول را در تیمار "خشکی موضعی ریشه" نشان داد.

رضایی و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی بر روی ذرت نشان دادند که کارآیی مصرف آب برای تیمار شاهد ۱/۱۶ کیلوگرم دانه به ازای یک متر مکعب آب بود درحالیکه برای تیمار "خشکی موضعی ریشه" با جابجایی جویچه‌های مرطوب در هر آبیاری در تمام دوره رشد گیاه برابر ۲/۱۳ کیلوگرم دانه به ازای یک متر مکعب آب بود.

کردا و همکاران در پژوهشی دو ساله بر روی نارنگی در ترکیه با مقایسه تیمارهای "خشکی موضعی ریشه" و "کم آبیاری معمول" نسبت به تیمار بدون تنش و عرف باغدار مشاهده کردند که بیش‌ترین عملکرد به تیمار عرف باغدار با ۳۶ و ۳۷ تن در هکتار (به ترتیب در سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۲) مربوط می‌گشت که میزان آب مصرفی در این تیمار نزدیک به ۲ برابر تیمار بدون تنش بود. از طرف دیگر اختلاف عملکرد عرف باغدار و تیمار بدون تنش فقط ۱۰ تا ۱۴ درصد بود (معنی‌دار نبود) با این تفاوت که کارآیی مصرف آب تقریبا ۲ برابر تیمار عرف باغدار بود. پس از تیمارهای عرف باغدار و بدون تنش در مورد پارامتر عملکرد، تیمار "خشکی موضعی ریشه" با عملکرد ۳۰ و ۲۷ تن در هکتار (به ترتیب در سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۲) قرار گرفت که با تیمارهای عرف باغدار و بدون تنش اختلاف معنی‌دار آماری نشان نداد. در نهایت اینکه کارآیی مصرف آب در تیمارهای "خشکی موضعی ریشه" در سطح احتمال ۱ درصد با تیمار عرف باغدار اختلاف معنی‌دار داشته و به نزدیک به ۳ برابر آن رسید ($kg\ mm^{-1}ha^{-1}$ ۱۰۹/۲ در تیمار "خشکی موضعی ریشه" و $kg\ mm^{-1}ha^{-1}$ ۴۱/۱ در تیمار عرف باغدار) (Kirda et al., 2007).

تربیی و همکاران طی تحقیقی دو ساله در استرالیا و بر روی پرتقال ناول با مقایسه تیمارهای "خشکی موضعی ریشه" و "کم آبیاری معمول" نسبت به تیمار شاهد (بدون تنش) نشان دادند که میوه‌ها در تیمار شاهد ۴ درصد بزرگ‌تر و ۱۰ درصد سنگین‌تر از میوه-های تیمارهای "خشکی موضعی ریشه" و "کم‌آبیاری معمول" بودند. مواد جامد قابل حل و اسیدیته قابل تیتراسیون در آب میوه به طور معنی‌داری در تیمارهای "خشکی موضعی ریشه" و "کم‌آبیاری معمول" (بریکس ۱۴/۴ و اسیدیته قابل تیتراسیون ۱/۳ گرم برلیتر) بیش‌تر از تیمار شاهد (بریکس ۱۳/۱ و اسیدیته قابل تیتراسیون ۱/۱ گرم برلیتر) نشان داد. کاهش آب مصرفی در تیمارهای کم‌آبیاری سبب تولید میوه‌های با پوست ضخیم‌تر در آخر فصل شد که خطر وقوع عارضه فیزیولوژیکی ترک خوردگی میوه را کاهش داد (Treeby et al., 2007).

دزیکیتی و همکاران در پژوهشی دو ساله بر روی پرتقال ناول در زیمباوه نشان دادند که هدایت روزنه‌ای در هر دوی تیمارهای "کم آبیاری تنظیم شده" و"خشکی موضعی ریشه" نسبت به تیمار شاهد (بدون تنش) کم‌تر بوده است در حالیکه پتانسیل آب برگ در تیمار "خشکی موضعی ریشه" تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نشان نداد و در مورد این پارامتر تیمار "کم‌آبیاری تنظیم شده" نسبت به تیمار "خشکی موضعی ریشه" و تیمار شاهد کاهش معنی‌دار نشان داد. از طرف دیگر تیمار "خشکی موضعی ریشه" نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری را در عملکرد میوه پرتقال نشان نداد (Dzikiti et al., 2008).

لووات و فابر در پژوهشی بر روی پرتقال واشنگتن ناول در کالیفرنیا با مقایسه تیمارهای "خشکی موضعی ریشه" و "کم آبیاری معمول" نسبت به تیمار شاهد (بدون تنش) نشان دادند که تیمارهای "خشکی موضعی ریشه" و "کم آبیاری معمول" به ترتیب سبب کاهش میزان آب مصرفی درخت به میزان ۴۲ و ۵۲ درصد شدند. از طرف دیگر کلیه تیمارهای کم آبیاری سبب کاهش معنی‌دار عملکرد و نیز تعداد میوه در هر درخت شدند درحالیکه این تیمارها سبب افزایش میزان قند میوه و نیز نسبت قند به اسید شدند. لازم به ذکر است که

1- Partial Rootzone Drying
2- Water Use Efficiency

تیمارها تاثیری بر روی حجم آب میوه و همچنین طول سرشاخه‌ها نداشتند (Lovatt and Faber., 2007).

کنسولی و همکاران در پژوهشی در ایتالیا بر روی پرتقال با مقایسه تیمار "خشکی موضعی ریشه" نسبت به تیمار شاهد (بدون تنش) نشان دادند که تیمار "خشکی موضعی ریشه" سبب افزایش ۲۰ و ۱۰ درصدی عملکرد به ترتیب در سال‌های ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴ گردید و از طرف دیگر کارآیی مصرف آب در این تیمار نیز افزایش چشمگیری نشان داد (Consoli et al., 2017).

مواد و روش‌ها

این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و در پنج تکرار در باغی با سیستم آبیاری قطره‌ای در شهر ساری استان مازندران در ۳۶ درجه و ۴۳ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۱۱ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۵ متر از سطح آزاد دریا، بر روی پرتقال تامسون ناول ۸ ساله با پایه نارنج از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۰ به مدت سه سال انجام شد. درختان باغ با فاصله شش متر از یکدیگر و فاصله ردیف هفت متر قرار داشتند. تیمارهای پژوهش عبارت بودند از:

T_1: آبیاری با وضعیت موجود (عرف باغدار)

T_2: آبیاری بر اساس نیاز آبی درخت پرتقال (تیمار بدون تنش)

T_3: آبیاری به میزان ۷۵ درصد نیاز آبی درخت پرتقال

T_4: آبیاری به میزان ۵۰ درصد نیاز آبی درخت پرتقال

T_5: آبیاری به میزان ۷۵ درصد نیاز آبی درخت پرتقال (خشکی موضعی ریشه)

T_6: آبیاری به میزان ۵۰ درصد نیاز آبی درخت پرتقال (خشکی موضعی ریشه)

جدول ۱- داده‌های هواشناسی در منطقه دشت ناز ساری

	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	جمع کل
بارندگی (میلی‌متر)													
میانگین ۲۰ ساله	۵۲/۱	۳۲/۵	۱۶/۴	۲۰/۶	۱۹/۱	۳۵/۴	۶۴/۷	۹۹/۹	۱۰۲/۵	۷۳/۷	۶۴/۹	۵۶/۶	۶۳۸/۲
۱۳۸۸	۱۳۵	۲۹/۵	۸/۸	۰/۱	۵۴/۵	۴۴/۲	۸۶/۰	۲۰۴/۶	۱۰۲/۶	۱۶/۰	۱۲۶/۷	۹۳/۶	۹۰۱/۶
۱۳۸۹	۲۹	۳۷/۷	۰/۳	۲/۶	۴	۲۳/۸	۳۶/۲	۱۸/۱	۱۸/۱	۱۰۷	۸۲/۹	۷۸/۹	۴۳۸/۶
۱۳۹۰	۶/۳	۲۵/۴	۲/۷	۲۹	۱۹/۲	۹۲/۱	۱۷۴/۲	۱۱۹/۸	۵۰/۱	۷۴/۴	۱۴۸/۶	۹۸/۷	۸۴۰/۵
دما (درجه سانتی‌گراد)													
میانگین ۲۰ ساله	۱۴/۲	۱۸/۵	۲۳/۸	۲۶/۵	۲۷/۸	۲۶/۰	۲۱/۶	۱۶/۱	۱۰/۶	۸/۲	۸/۲	۱۰/۷	
۱۳۸۸	۱۲/۲	۱۸/۲	۲۳/۲	۲۷/۶	۲۶/۴	۲۴/۴	۲۰/۱	۱۶/۶	۹/۱	۱۰/۶	۸/۵	۱۱/۲	
۱۳۸۹	۱۳/۶	۱۸/۷	۲۶/۰	۲۹/۲	۲۹/۰	۲۶/۱	۲۲/۹	۱۶/۰	۱۴/۱	۸/۶	۸/۲	۸/۷	
۱۳۹۰	۱۴/۴	۱۸/۵	۲۴/۹	۲۷/۸	۲۹/۲	۲۴/۳	۲۰/۶	۱۱/۹	۷/۰	۸/۳	۵/۲	۷/۵	
تبخیر (میلی‌متر)													
میانگین ۲۰ ساله	۷۶/۴	۱۰۰/۵	۱۷۵/۳	۱۸۳/۰	۱۸۹/۵	۱۴۶/۰	۱۰۱/۰	۵۶/۱	۳۵/۱	۲۵/۷	۳۵/۶	۵۵/۸	۱۱۷۲/۳
۱۳۸۸	۶۴/۵	۱۱۷/۶	۱۵۶/۳	۲۰۴/۳	۱۴۲/۸	۱۳۴/۱	۹۸/۸	۶۷/۱	۳۳/۱	۲۸/۵	۲۵/۷	۳۳/۹	۱۱۰۶/۷
۱۳۸۹	۸۱/۱	۱۰۰/۴	۲۱۵/۳	۲۲۷/۸	۲۳۵/۹	۱۶۹/۷	۱۲۰/۲	۶۲/۶	۶۵/۱	۳۲/۷	۴۰/۱	۴۸/۳	۱۳۹۹/۲
۱۳۹۰	۱۰۲	۹۶/۱	۱۷۴/۶	۲۰۷/۸	۲۱۳/۷	۱۱۹/۷	۹۲	۴۲/۸	۲۸/۲	۳۲	۱۹/۶	۵۲	۱۱۸۱

نیاز آبی گیاه (ET_c)[1] بر اساس آمار و اطلاعات هواشناسی ایستگاه دشت ناز ساری و با استفاده از روش "فائو-پنمن‌ت مانتیث"[2] و نرم افزار "کراپ وات"[3] تعیین شد (جدول ۱).

در جدول ۲ میزان بارش و آب آبیاری در تیمارها و سال‌های مختلف در ماه‌های خرداد الی شهریور آورده شده است. در تیمارهای "خشکی موضعی ریشه"، سمت آبیاری پس از مصرف ۸۰ درصد آب سهل الوصول خاک در سمت خشک تغییر می‌یافت که تقریبا هر ۶ تا ۱۲ روز انجام شده است.

آبیاری در تیمار عرف باغدار به روش قطره‌ای و هر سه روز یکبار و به مدت ۱۲ ساعت، در تیمار بدون تنش به مدت ۸ ساعت، در تیمارهای کم آبیاری T_3و T_5 به مدت ۶ ساعت و در تیمارهای کم آبیاری T_4و T_6 به مدت ۴ ساعت انجام می‌شد. میزان و تقویم آبیاری در هر سال بر اساس تغییرات شرایط جوی منطقه دستخوش تغییرات اندکی شده است بطوریکه تعداد آبیاری در سال‌های ۱۳۸۸، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ به ترتیب ۲۸، ۳۳ و ۲۹ دفعه بوده است. حجم آب آبیاری در هر سال بر اساس میزان آب داده شده به اینصورت می‌باشد که در سال ۱۳۸۸ آبیاری از ۱۱ خرداد ماه آغاز شد و تا ۲۱ شهریور ماه ادامه

1- Crop evapotranspiration
2- FAO Penman-Monteith
3- Cropwat

داشت، در سال ۱۳۸۹ آبیاری از ۱۳ خرداد ماه آغاز و تا ۶ مهر ماه ادامه یافت و در سال ۱۳۹۰ آبیاری از ۸ خرداد ماه آغاز شد و تا ۲۷ شهریور ماه ادامه داشت. لازم به ذکر است که ۴ قطره‌چکان مورد استفاده برای هر درخت، دارای دبی خروجی ۴ لیتر در ساعت بوده و با فاصله یک متر از یکدیگر قرار داشتند.

میزان رطوبت خاک برای تعیین زمان تعویض سمت آبیاری در تیمارهای "خشکی موضعی ریشه" با استفاده از دستگاه انعکاس‌سنجی زمانی (TDR) اندازه‌گیری شد. قبل از انجام آزمایش نمونه خاک به‌صورت مرکب در دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۱ سانتی‌متری از سطح خاک برداشت شد و در آن هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع (دستگاه هدایت‌سنج مدل ۶۴۴ اهم)، pH گل اشباع (pH متر)، فسفر قابل جذب (اولسن)، پتاسیم قابل جذب (روش جایگزینی استات آمونیم)، بافت خاک (هیدرومتری بایکاس)، روی، منگنز، آهن و مس (دستگاه جذب اتمی)، منیزیم تبادلی (در عصاره استات آمونیم و قرائت با جذب اتمی)، کربن آلی (والکی بلاک) و آهک (خنثی‌سازی اسید کلریدریک یک نرمال) اندازه‌گیری شد (علی احیایی، ۱۳۷۵) که بر این اساس کودهای مورد نیاز به طور مساوی از طریق مصرف خاکی در اختیار کلیه تیمارها قرار گرفتند.

جدول ۲- میزان بارش و آب آبیاری در تیمارها و سال‌های مختلف در ٤ ماه خرداد الی شهریور

تیمار	نیاز آبی	بارش	کل آب آبیاری
۱۳۸۸		(میلی‌متر)	
T_1	۳۸۹/۲	۱۰۷/۶	۴۲۸
T_2	۳۸۹/۲	۱۰۷/۶	۲۸۵
T_3	۳۸۹/۲	۱۰۷/۶	۲۱۴
T_4	۳۸۹/۲	۱۰۷/۶	۱۴۲
T_5	۳۸۹/۲	۱۰۷/۶	۲۱۴
T_6	۳۸۹/۲	۱۰۷/۶	۱۴۲
۱۳۸۹			
T_1	۳۸۱/۱	۳۰/۷	۵۰۴
T_2	۳۸۱/۱	۳۰/۷	۳۳۶
T_3	۳۸۱/۱	۳۰/۷	۲۵۲
T_4	۳۸۱/۱	۳۰/۷	۱۶۸
T_5	۳۸۱/۱	۳۰/۷	۲۵۲
T_6	۳۸۱/۱	۳۰/۷	۱۶۸
۱۳۹۰			
T_1	۳۹۱/۵	۱۴۳	۴۴۳
T_2	۳۹۱/۵	۱۴۳	۲۹۵
T_3	۳۹۱/۵	۱۴۳	۲۲۱
T_4	۳۹۱/۵	۱۴۳	۱۴۷
T_5	۳۹۱/۵	۱۴۳	۲۲۱
T_6	۳۹۱/۵	۱۴۳	۱۴۷

پتانسیل آب برگ توسط دستگاه محفظه فشار[1] و مقاومت روزنه‌ای برگ توسط دستگاه پورومتر[2]، یک روز قبل از آبیاری و از ساعت ۱۰ الی ۱۴ اندازه‌گیری گردید. کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II (نسبت Fv/Fm) که کاربرد زیادی در درک وضعیت واکنش‌های نوری فتوسنتز داشته و می‌تواند به عنوان یک معیار عملی موثر برای تعیین میزان تنش‌های غیر زیستی به کار رود (لادن مقدم، ۱۳۸۷)، نیز توسط دستگاه فلوریسنس‌متر اندازه‌گیری شد.

نمونه‌برداری برگ در مرداد ماه که طبق توصیه منابع علمی معتبر بهترین زمان نمونه‌برداری برگ است از برگ‌های میانی شاخه‌های رشد کرده سال جاری انجام شد (Davies and Albrigo., 1994). در پایان آزمایش کلیه میوه‌های هر درخت با دقت توزین و عملکرد هر درخت تعیین شد. سپس از کلیه تکرارهای هر تیمار تعداد ۱۰ میوه به‌طور تصادفی و از جهات مختلف درخت برداشت شد و در آزمایشگاه مورد ارزیابی‌های مختلف قرار گرفت به‌طوریکه پارامترهایی مثل وزن

1- Pressure chamber
2- Porometer

میوه، قطر میوه، pH، مواد جامد قابل حل، اسیدیته قابل تیتراسیون و ویتامین C در آن‌ها تعیین شد.

کارآیی مصرف آب[1] از طریق فرمول ۱ محاسبه شد:

(۱) آب مصرفی + بارندگی / عملکرد = کارآیی مصرف آب

که در آن کارآیی مصرف آب بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب، عملکرد بر حسب کیلوگرم و آب آبیاری مصرفی و بارندگی بر حسب مترمکعب بیان می‌شوند.

محاسبات آماری نمونه‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با ۵ تکرار صورت گرفت و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از روش دانکن و با استفاده از نرم افزار MSTATC انجام شد.

نتایج و بحث

خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و میزان عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در عمق توسعه ریشه، قبل از آزمایش اندازه‌گیری شدند. جدول ۳ نشان می‌دهد که خاک بدون محدودیت شوری بوده و سایر خصوصیات آن نیز در حد مطلوب می‌باشد.

برای ادغام نتایج سه ساله پژوهش از روش تجزیه مرکب در نرم افزار آماری MSTATC استفاده شد به‌طوریکه نتایج هر سال به طور جداگانه و به ترتیب وارد گردید و بعد تجزیه مرکب انجام شد.

مقاومت روزنه‌ای، پتانسیل آب برگ و کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II

اثر تیمارهای مختلف بر روی مقاومت روزنه‌ای برگ، پتانسیل آب برگ و کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II در جدول ۴ آورده شده است.

1- Water Use Efficiency

جدول ۳- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

عمق	بافت	EC	PWP	FC	pH	OC	T.N.V	P	K	Fe	Mn	Zn	Cu
(cm)		($ds.m^{-1}$)	درصد حجمی			درصد	درصد			$mg.kg^{-1}$			
۰-۳۰	لوم رسی سیلتی	۰/۷۶	۱۹/۰	۳۰/۳	۷/۷	۱/۱	۱۸	۲۱/۸	۵۰۱	۱۴/۴	۴/۲	۲/۴	۴/۴
۳۰-۶۰	لوم رسی سیلتی	۰/۶۶	۱۹/۲	۳۱/۰	۷/۸	۱/۱	۱۹	۸/۳	۳۸۷	–	–	–	–

جدول ٤- نتایج مقایسه میانگین تاثیر تیمارهای مختلف بر روی مقاومت روزنه‌ای، پتانسیل آب برگ و کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II

تیمار	مقاومت روزنه‌ای (ثانیه بر سانتیمتر)	پتانسیل آب برگ (مگا پاسکال)	کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستمII
T_1	۸/۰ c	-۱/۳ a	۰/۷۶۰ a
T_2	۸/۵ c	-۱/۲ a	۰/۷۷۸ a
T_3	۱۰/۹ b	-۱/۲ a	۰/۷۸۰ a
T_4	۱۲/۲ a	-۱/۳ a	۰/۷۹۰a
T_5	۱۰/۴ b	-۱/۲ a	۰/۷۶۸ a
T_6	۱۱/۳ ab	-۱/۳ a	۰/۷۶۷ a
معنی‌داری	*	ns	ns

* معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد. ns عدم اختلاف معنی‌دار آماری

تجزیه واریانس تیمارها نشان داد که در مورد فاکتور مقاومت روزنه‌ای تیمار T_4 با ۱۲/۲ ثانیه بر سانتی‌متر بیش‌ترین مقدار را به خود اختصاص داده است و در سطح احتمال ۵ درصد نسبت به تیمارهای T_1 و T_2 به ترتیب با مقادیر ۸/۰ و ۸/۵ ثانیه بر سانتی‌متر اختلاف معنی‌دار نشان داد. تیمارهای T_5 و T_6 به ترتیب با مقادیر ۱۰/۴ و ۱۱/۳ ثانیه بر سانتی‌متر نیز سبب بسته شدن نسبی روزنه‌ها نسبت به تیمار بدون تنش شدند.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف "کم‌آبیاری معمول" و "خشکی موضعی ریشه" بر روی پتانسیل آب برگ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نشده است و کلیه تیمارها در یک سطح قرار گرفتند (جدول ۴). لازم به ذکر است که در مورد این پارامتر کلیه تیمارها در حد فاصل ۱/۲- تا ۱/۳- مگاپاسکال قرار گرفتند. نتایج مشابهی را دیگر محققین نیز گزارش کردند بطوریکه لاویز و همکاران در پرتقال واشنگتن ناول و والنسیا نشان دادند که پتانسیل آب برگ در تیمار "خشکی موضعی ریشه" و شاهد (بدون تنش) تفاوت معنی‌داری از نظر آماری نشان نداد (Loveys et al., 1999).

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر روی کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نشده است و کلیه تیمارها در یک سطح آماری قرار گرفتند (جدول ۴). لازم به ذکر است که در مورد این پارامتر کلیه تیمارها در حد فاصل ۰/۷۶۰ تا ۰/۷۹۰ قرار گرفتند. نتایج مشابهی را دسوزا و همکاران در پژوهشی که در کشور پرتغال و بر روی ارقام انگور "موسکاتل" و "کاستلو" انجام دادند، در مورد این پارامتر گزارش کردند. ایشان نیز اختلاف معنی‌داری را در تیمارهای کم آبیاری "خشکی موضعی ریشه" و "کم آبیاری معمول" نسبت به تیمار بدون تنش مشاهده نکردند (De Souza et al., 2005).

غلظت عناصر غذایی پر مصرف برگ

در جدول ۵ مقایسه میانگین‌های غلظت ازت، فسفر و پتاسیم موجود در برگ درختان پرتقال در سطح احتمال ۵ درصد آورده شده است. در مورد پارامتر غلظت ازت بر اساس نتایج تجزیه واریانس اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵ درصد در بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد و کلیه تیمارها در حد فاصل ۲/۴۷ تا ۲/۵۸ درصد قرار گرفتند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که کاهش ۲۵ و ۵۰ درصدی آب آبیاری سبب افزایش غلظت ازت در برگ نگردیده است. بر اساس غلظت بهینه ازت در برگ درختان پرتقال (۲/۷- ۲/۵) به نظر می‌رسد که کود ازته بیش‌تری برای این باغ نیاز باشد. با افزایش میزان کود ازتی، معمولا کارآیی مصرف کود کاهش یافته و در چنین شرایطی ممکن است توانایی روش‌های کم‌آبیاری در افزایش کارآیی مصرف کود نمایان گردد.

اثر تیمارهای مختلف بر روی غلظت فسفر برگ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نشده است و کلیه تیمارها در حد فاصل ۰/۱۲ تا

۰/۱۳ درصد قرار گرفتند.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف "کم‌آبیاری معمول" و "خشکی موضعی ریشه" بر غلظت پتاسیم برگ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نشده است و کلیه تیمارها در یک سطح (در حد فاصل ۱/۱۱ تا ۱/۲۲ درصد) قرار گرفتند.

داسگان و کردا در پژوهشی بر روی بادنجان نتایج متفاوتی بدست آوردند. ایشان دریافتند که غلظت عناصر ازت، فسفر و پتاسیم در برگ بادنجان به میزان ۸ تا ۴۲ درصد در تیمار "خشکی موضعی ریشه" نسبت به تیمار شاهد (بدون تنش) افزایش داشت و نیز لازم به ذکر است که گیاهانی که در شرایط "خشکی موضعی ریشه" قرار داشتند هیچ کمبودی را نشان ندادند درحالیکه کمبود عناصر ازت و پتاسیم در تیمارهای شاهد مشهود بود (Dasgan and Kirda., 2007).

غلظت عناصر غذایی کم مصرف برگ

در جدول ۶ مقایسه میانگین عناصر منگنز، روی، آهن و مس آورده شده است که با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفته است.

غلظت منگنز برگ در تیمار T_3 با مقدار ۲۲/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵ درصد با تیمارهای T_1 و T_2 به ترتیب با مقادیر ۱۸/۸ و ۱۸/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم نشان داد و در بین سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده نگردید و سایر تیمارها در حد فاصل ۲۰ تا ۲۲ میلی‌گرم در کیلوگرم قرار گرفتند.

جدول ۵- غلظت ازت، فسفر و پتاسیم در برگ درختان پرتقال پس از اعمال تیمارهای کم آبیاری

تیمار	ازت	فسفر	پتاسیم
	(درصد)		
T_1	۲/۵۶ a	۰/۱۳ a	۱/۱۳ a
T_2	۲/۵۶ a	۰/۱۳ a	۱/۱۷ a
T_3	۲/۵۳ a	۰/۱۳ a	۱/۱۱ a
T_4	۲/۴۷ a	۰/۱۲ a	۱/۱۴ a
T_5	۲/۵۸ a	۰/۱۳ a	۱/۱۲ a
T_6	۲/۵۲ a	۰/۱۳ a	۱/۲۲ a
معنی‌داری	ns	ns	ns
حد اپتیمم	۲/۵ -۲/۷	۰/۱۲ -۰/۱۶	۱/۲ -۱/۷

* معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد. nsعدم اختلاف معنی‌دار آماری

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف "کم‌آبیاری معمول" و "خشکی موضعی ریشه" بر غلظت روی برگ اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد به‌طوریکه تیمارهای T_2 و T_6 بیش‌ترین مقدار را به میزان ۲۶/۹ میلی‌گرم در کیلوگرم به خود اختصاص دادند و تیمار T_5 با ۲۳/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم کم‌ترین میزان را نشان داد.

بر طبق جدول ۶ بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف "کم‌آبیاری معمول" و "خشکی موضعی ریشه" بر غلظت آهن و مس برگ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نشده است و کلیه تیمارها در یک سطح قرار گرفتند. لازم به ذکر است که غلظت آهن برگ در حد فاصل ۱۰۵ و ۱۱۶ میلی‌گرم در کیلوگرم و غلظت مس برگ در حد فاصل ۱۴ و ۱۶ میلی‌گرم در کیلوگرم قرار گرفتند.

داسگان و کردا در پژوهشی بر روی بادنجان دریافتند که غلظت عناصر کم‌مصرف به میزان ۱۰ تا ۸۵ درصد در تیمار "خشکی موضعی ریشه" نسبت به تیمار شاهد (نیاز آبی) افزایش یافته است که در پژوهش حاضر این روند افزایشی منظم فقط در مورد عنصر منگنز صدق می‌کند و در مورد عنصر روی روند خاصی ملاحظه نمی‌گردد (Dasgan and Kirda., 2007) .

عملکرد میوه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر عملکرد میوه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده است که نتایج مربوطه در جدول ۷ آورده شده است. نتایج نشان داد که تیمارهای T_2، T_1 و T_5 به ترتیب با عملکردی معادل ۲۷/۰، ۲۶/۴ و ۲۴/۱ تن در هکتار، بیش‌ترین عملکرد را به خود اختصاص داده‌اند که نشان‌دهنده تاثیر مثبت روش کم‌آبیاری خشکی موضعی ریشه می‌باشد که در این جا تیمار T_5 با تیمارهای T_1 و T_2 اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد. از طرف دیگر تیمارهای T_3 و T_4 به ترتیب با عملکرد ۲۱/۱ و ۲۰/۱ تن در هکتار کم‌ترین عملکرد را داشته و کاهش عملکرد معنی‌داری (به ترتیب معادل ۲۸ و ۳۴ درصد) نسبت به تیمار T_2 نشان دادند.

جدول ٦- غلظت عناصر کم مصرف در برگ پرتقال پس از اعمال تیمارهای کم آبیاری

تیمار	منگنز	روی	آهن	مس
	(میلی‌گرم در کیلوگرم)			
T_1	۱۸/۸ bc	۲۶/۵ a	۱۰۵/۷ a	۱۵/۵ a
T_2	۱۸/۳ c	۲۶/۹ a	۱۰۷/۴ a	۱۶/۰ a
T_3	۲۲/۶ a	۲۵/۷ ab	۱۱۵/۳ a	۱۶/۲ a
T_4	۲۱/۳ ab	۲۴/۵ ab	۱۰۸/۱ a	۱۴/۳ a
T_5	۲۰/۸ ab	۲۳/۲ b	۱۰۷/۲ a	۱۵/۵ a
T_6	۲۰/۴ abc	۲۶/۹ a	۱۱۶/۲ a	۱۶/۳ a
معنی‌داری	*	*	ns	ns
حد اپتیمم	۲۵ -۴۹	۲۵ -۴۹	۵۰ -۱۲۰	۵ -۱۲

* معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد. ns عدم اختلاف معنی‌دار آماری.

لازم به ذکر است که نتایج مشابهی را لاویز و همکاران طی پژوهش‌هایی بر روی درختان پرتقال واشنگتن ناول و والنسیا (Loveys et al., 1999)، کاسپاری و همکاران طی پژوهشی دو ساله بر روی سیب رقم 'Braeburn' (Caspari et al., 2004)، لیب و همکاران طی پژوهشی دو ساله بر روی سیب رقم فوجی (Leib et al., 2006)، کردا و همکاران در پژوهشی دو ساله بر روی نارنگی (Kirda et al., 2007)، اسپریر و همکاران طی پژوهشی دو ساله بر روی انبه (Spreer et al., 2007)، دزیکیتی و همکاران در پژوهشی دو ساله بر روی پرتقال ناول (Dzikiti et al., 2008)، مشاهده کرند.

وزن میوه، قطر میوه و ضخامت پوست میوه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر وزن میوه، قطر میوه و ضخامت پوست میوه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نشده است که نتایج مربوطه در جدول ۸ آورده شده است.

همانطوریکه از جدول ۸ استنباط می‌شود تیمارهای مختلف کم-آبیاری اعم از "خشکی موضعی ریشه" و "کم‌آبیاری معمول" تاثیر معنی‌داری در وزن میوه ایجاد نکردند و این پارامتر در تیمارهای مختلف از ۲۳۷ تا ۲۵۳ گرم تغییر می‌کرد.

جدول ۷- نتایج مقایسه میانگین تاثیر تیمارهای مختلف بر عملکرد میوه پرتقال

تیمار	عملکرد (کیلوگرم به ازای هر درخت)	عملکرد (تن در هکتار)
T_1	۱۱۱/۰ a	۲۶/۴ a
T_2	۱۱۳/۶ a	۲۷/۰ a
T_3	۸۸/۷ bc	۲۱/۱ bc
T_4	۸۴/۶ c	۲۰/۱ c
T_5	۱۰۱/۱ ab	۲۴/۱ ab
T_6	۹۱/۵ bc	۲۱/۸ bc
معنی‌داری	**	**

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

از طرف دیگرتیمارهای مختلف کم‌آبیاری اعم از "خشکی موضعی ریشه" و "کم‌آبیاری معمول" تاثیر معنی‌داری در قطر میوه نیز ایجاد نکردند و این پارامتر بین ۷۷/۷ تا ۷۹/۲ میلی‌متر متغیر بود.

بر طبق اطلاعات جدول ۸ تیمارهای مختلف کم‌آبیاری اعم از "خشکی موضعی ریشه" و "کم‌آبیاری معمول" تاثیر معنی‌داری در ضخامت پوست میوه نیز ایجاد نکردند و این پارامتر بین حداقل ۵/۷ تا حداکثر ۶/۱ میلی‌متر متغیر بود. نتایج مشابه پژوهش حاضر را کاسپاری و همکاران طی پژوهش‌هایی بر روی ارقام سیب "باربرن" و "گالا" (Caspari et al., 2004)، اینهورن و کاسپاری در پژوهشی بر روی سیب رقم "گالا" (Einhorn and Caspari., 2004)، بائزا و همکاران در پژوهشی بر روی انگور (Baeza et al., 2005)، واهبی و همکاران طی پژوهشی بر روی زیتون (Wahbi et al., 2005)، لیب و همکاران طی پژوهشی بر روی سیب رقم "فوجی" (Leib et al., 2006) و باسوی و همکاران در پژوهش خود بر روی انگور گزارش کردند (Bassoi et al., 2007).

جدول ۸- نتایج مقایسه میانگین تاثیر تیمارهای مختلف بر وزن میوه، قطر میوه و ضخامت پوست میوه پرتقال

تیمار	وزن میوه (گرم)	قطر میوه (میلیمتر)	ضخامت پوست (میلیمتر)
T_1	۲۴۶ a	۷۹/۰ a	۵/۹ a
T_2	۲۴۲ a	۷۸/۲ a	۵/۸ a
T_3	۲۴۲ a	۷۸/۵ a	۵/۵ a
T_4	۲۳۹ a	۷۸/۶ a	۶/۱ a
T_5	۲۵۳ a	۷۹/۲ a	۵/۸ a
T_6	۲۳۷ a	۷۷/۷ a	۵/۷ a
معنی‌داری	ns	ns	ns

ns عدم اختلاف معنی‌دار آماری

میزان اسیدیته قابل تیتراسیون، مواد جامد قابل حل، pH و ویتامین C

بر اساس نتایج تجزیه واریانس در هیچ‌یک از پارامترهای اسیدیته قابل تیتراسیون، مواد جامد قابل حل، pH و ویتامین ث اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده نشده است که نتایج مربوطه در جدول ۹ آورده شده است.

جدول ۹- نتایج مقایسه میانگین تاثیر تیمارهای مختلف بر میزان اسیدیته قابل تیتراسیون، مواد جامد قابل حل، pH و ویتامین ث

تیمار	اسیدیته قابل تیتراسیون (گرم بر لیتر)	میزان مواد جامد قابل حل (٪)	pH	ویتامین ث (میلیگرم در ۱۰۰ سی سی)
T_1	۱/۲ a	۱۰/۱ a	۳/۱ a	۷۸/۵ a
T_2	۱/۲ a	۱۰/۵ a	۳/۲ a	۷۸/۷ a
T_3	۱/۳ a	۱۰/۴ a	۳/۱ a	۷۹/۹ a
T_4	۱/۳ a	۱۰/۵ a	۳/۱ a	۸۰/۵ a
T_5	۱/۳ a	۱۰/۵ a	۳/۱ a	۷۹/۸ a
T_6	۱/۳ a	۱۰/۵ a	۳/۱ a	۷۸/۹ a
معنی‌داری	ns	ns	ns	*

* معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد. ns عدم اختلاف معنی‌دار آماری

همانطوریکه بیان شد تیمارهای مختلف کم‌آبیاری اعم از "خشکی موضعی ریشه" و "کم‌آبیاری معمول" تاثیر معنی‌داری در میزان اسیدیته قابل تیتراسیون ایجاد نکردند و کلیه اعداد بین ۱/۲ تا ۱/۳ گرم بر لیتر قرار گرفتند.

در مورد پارامتر میزان مواد جامد قابل حل آب میوه همانطوریکه اشاره شد اختلافی آماری بین تیمارها مشاهده نشد و رقم مربوط به تیمارها بین ۱۰/۱ تا ۱۰/۵ درصد تغییر می‌کرد.

از طرف دیگر همانطوریکه از جدول ۹ استنباط می‌شود تیمارهای مختلف کم‌آبیاری اعم از "خشکی موضعی ریشه" و "کم‌آبیاری معمول" تاثیر معنی‌داری در pH آب میوه نیز ایجاد نکردند و رقم مربوط به pH بین ۳/۱ تا ۳/۲ متغیر بوده است.

در مورد پارامتر میزان ویتامین ث (اسید آسکوربیک) نیز بر طبق نتایج به دست آمده اختلافی آماری بین تیمارها مشاهده نشد و رقم مربوط به تیمارها بین ۷۸/۵ تا ۸۰/۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ سی‌سی تغییر می‌کرد.

لازم به ذکر است که تریبی و همکاران طی پژوهشی بر روی پرتقال ناول (Treeby et al., 2007) و لووات و فابر در پژوهشی بر روی پرتقال واشنگتن ناول (Lovatt and Faber., 2007) نتایج مشابهی را در نقاط مختلف جهان در مورد پارامترهای اسیدیته قابل تیتراسیون و مواد جامد قابل حل آب میوه گزارش کردند.

کارآیی مصرف آب

بر اساس نتایج تجزیه واریانس که با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفته است اثر تیمارهای مختلف بر کارآیی مصرف آب معنی‌دار شده است. در جدول ۱۰ میانگین تاثیر تیمارهای مختلف در میزان کارآیی مصرف آب آورده شده است.

همانطوریکه مشاهده می‌شود تیمار T_6 با کارآیی مصرف آب ۹/۳ کیلوگرم بر متر مکعب بیش‌ترین مقدار را به خود اختصاص داده است. سپس تیمار T_4 با کارآیی مصرف آب ۸/۵ کیلوگرم بر مترمکعب قرار می‌گیرد. از طرف دیگر تیمار T_1 با کارآیی مصرف آب ۴/۸ کیلوگرم بر مترمکعب کم‌ترین مقدار را به خود اختصاص داده است.

جدول ۱۰- نتایج مقایسه میانگین تاثیر تیمارهای مختلف در میزان کارآیی مصرف آب

تیمار	کارآیی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)
T_1	۴/۸ e
T_2	۶/۹ cd
T_3	۶/۷ d
T_4	۸/۵ b
T_5	۷/۶ c

T_6	۹/۳ a
معنی‌داری	*

* معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

گفتنی است که در زمینه کارآیی مصرف آب، پژوهشگران فراوانی در نقاط مختلف جهان برتری تیمار "خشکی موضعی ریشه" را نسبت به تیمار بدون تنش گزارش کردند. کانگ و همکاران در گلابی ۱۲ درصد افزایش (Kang et al., 2002) ، واهبی و همکاران در زیتون ۷۰ درصد افزایش (Wahbi et al., 2005)، لیب و همکاران در سیب رقم فوجی (Leib et al., 2006)، باسوی و همکاران در انگور (Bassoi et al., 2007)، دلاهرا و همکاران در انگور ۴۰ درصد افزایش (De La Hera et al., 2007) ، کردا و همکاران در نارنگی ۴۰ درصد افزایش (Kirda et al., 2007)، اسپریر و همکاران در انبه ۹۰ درصد افزایش (Spreer et al., 2007)، پتکاس و همکاران در انگور (Patakas et al., 2008)، لووات و فابر در پرتقال واشنگتن ناول (Lovatt and Faber., 2007)، سدراس در درختان میوه مختلف تا ۸۲ درصد افزایش (Sadras., 2009)، ساتینپراکول و همکاران در انبه (Satienperakul et al., 2009)، آفیا و همکاران در پژوهشی بر روی گوجه فرنگی گلخانه‌ای ۱۶۰ درصد افزایش (Affia et al., 2012)، زگب و همکاران در پژوهشی بر روی سیب رقم گالا (Zegbe et al., 2016) و کنسولی و همکاران در پژوهشی در ایتالیا بر روی پرتقال (Consoli et al., 2017) افزایش کارآیی مصرف آب را در تیمار "خشکی موضعی ریشه" نسبت به تیمار شاهد (بدون تنش) گزارش کردند.

برآورد اقتصادی پروژه

نحوه محاسبه برآورد اقتصادی این پژوهش در جداول شماره ۱۱، ۱۲و ۱۳ آورده شده است. لازم به ذکر است که در جداول ذیل درآمد باغدار براساس قیمت مرکبات ۱۰۰۰۰ ریال به ازای هر کیلوگرم محاسبه شده است.

جدول ۱۱- برآورد اقتصادی طرح با در نظر داشتن هزینه های اجرایی

تیمار	عملکرد (تن در هکتار)	حجم آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)	درآمد (هزار ریال) (عملکرد * قیمت)	هزینه ثابت (هزار ریال)	هزینه‌های متغیر آب (هزار ریال) (حجم آب * قیمت آب)	سود (هزار ریال)
T_1	۲۶/۴	۴۵۸۰	۲۶۴۰۰۰	۶۵۶۰	۳۶۶۴	۲۵۳۷۷۶
T_2	۲۷/۰	۳۰۵۰	۲۷۰۰۰۰	۶۵۶۰	۲۴۴۰	۲۶۱۰۰۰
T_3	۲۱/۱	۲۲۹۰	۲۱۱۰۰۰	۶۵۶۰	۱۸۳۲	۲۰۲۶۰۸
T_4	۲۰/۱	۱۵۲۰	۲۰۱۰۰۰	۶۵۶۰	۱۲۱۶	۱۹۳۲۲۴
T_5	۲۴/۱	۲۲۹۰	۲۴۱۰۰۰	۶۵۶۰	۱۸۳۲	۲۳۲۶۰۸
T_6	۲۱/۸	۱۵۲۰	۲۱۸۰۰۰	۶۵۶۰	۱۲۱۶	۲۱۰۲۲۴

جدول ۱۲- برآورد اقتصادی طرح با در نظر گرفتن حجم آب صرفه‌جویی شده

تیمار	حجم آب صرفه‌جویی شده نسبت به T_1 (مترمکعب)	مقدار تولید محصول به ازای مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	تولید به ازای صرفه‌جویی آب (کیلوگرم بر هکتار)	درآمد (هزار ریال)	درآمد کلی (هزار ریال)	سود (هزار ریال)
T_1	-	۴/۸	۰	۰	۲۶۴۰۰۰	۲۵۳۷۷۶
T_2	۱۵۳۰	۶/۹	۱۰۵۵۷	۱۰۵۵۷۰	۳۷۵۵۷۰	۳۶۶۵۷۰
T_3	۲۲۹۰	۶/۷	۱۵۳۴۳	۱۵۳۴۳۰	۳۶۴۴۳۰	۳۶۵۰۳۸
T_4	۳۰۶۰	۸/۵	۲۶۰۱۰	۲۶۰۱۰۰	۴۶۱۱۰۰	۴۵۳۳۲۴
T_5	۲۲۹۰	۷/۶	۱۷۴۰۴	۱۷۴۰۴۰	۴۱۵۰۴۰	۴۰۰۰۸۸
T_6	۳۰۶۰	۹/۳	۲۸۴۵۸	۲۸۴۵۸۰	۵۰۲۵۸۰	۴۸۸۲۴۴

همانطوریکه مشاهده می‌شود تیمارهای "خشکی موضعی ریشه" (T_5 و T_6) علیرغم اینکه هزینه‌ای ثابت را نسبت به تیمارهای کم-آبیاری معمول متحمل می‌سازند، در نهایت سود بیش‌تری را نسبت به دو تیمار کم آبیاری معمول عاید می‌سازند. از آنجائیکه در جدول ۱۱ حجم آب مصرفی صرفه‌جویی شده در تیمارهای کم‌آبیاری به صورت کمی به حساب نیامده است و قیمت آب نیز فعلا بسیار ارزان می‌باشد (۸۰۰ ریال به ازای هر مترمکعب)، بنابراین تیمار T_2 بیش‌ترین سود (فرمول ذیل) را به خود اختصاص داده است و این در حالی است که محاسبات جدول ۱۲ برتری تیمارهای کم‌آبیاری را نسبت به تیمار T_2 نشان می‌دهد و بیش‌ترین سود از تیمار T_6 بدست می‌آید.

(۲) هزینه های ثابت ت هزینه های متغیر آب ت درآمد = سود

جدول ۱۳- هزینه‌ها و درآمدهای تیمارهای مختلف در سال‌های مختلف در هکتار

تیمار	سال	هزینه ثابت (هزار ریال)	هزینه های متغیر (هزار ریال)	درآمد (هزار ریال)	سود (هزار ریال)
T_1	۱	۶۵۶۰	۳۴۲۴	۲۶۶۰۰۰	۲۵۶۰۱۶
T_1	۲	-	۴۰۳۲	۲۳۶۰۰۰	۲۳۱۹۶۸
T_1	۳	-	۳۵۴۴	۲۹۰۰۰۰	۲۸۶۴۵۶
T_2	۱	۶۵۶۰	۲۲۸۰	۲۴۳۰۰۰	۲۳۴۱۶۰
T_2	۲	-	۲۶۸۸	۲۶۵۰۰۰	۲۶۲۳۱۲
T_2	۳	-	۲۳۶۰	۳۰۲۰۰۰	۲۹۹۶۴۰
T_3	۱	۶۵۶۰	۱۷۱۲	۲۱۵۰۰۰	۲۰۶۷۲۸
T_3	۲	-	۲۰۱۶	۲۰۵۰۰۰	۲۰۲۹۸۴
T_3	۳	-	۱۷۶۸	۲۲۵۰۰۰	۲۲۳۲۳۲
T_4	۱	۶۵۶۰	۱۱۳۶	۲۱۵۰۰۰	۲۰۷۳۰۴
T_4	۲	-	۱۳۴۴	۱۷۹۰۰۰	۱۷۷۶۵۶
T_4	۳	-	۱۱۷۶	۲۱۱۰۰۰	۲۰۹۸۲۴
T_5	۱	۶۵۶۰	۱۷۱۲	۲۶۷۰۰۰	۲۵۸۷۲۸
T_5	۲	-	۲۰۱۶	۲۲۵۰۰۰	۲۲۲۹۸۴
T_5	۳	-	۱۷۶۸	۲۳۰۰۰۰	۲۲۸۲۳۲
T_6	۱	۶۵۶۰	۱۱۳۶	۲۲۰۰۰۰	۲۱۲۳۰۴
T_6	۲	-	۱۳۴۴	۱۹۶۰۰۰	۱۹۴۶۵۶
T_6	۳	-	۱۱۷۶	۲۴۳۰۰۰	۲۴۱۸۲۴

محاسبه ارزش حال خالص (NPV)[1]

به‌منظور مقایسه اقتصادی تیمارهای مختلف از معیار ارزش حال خالص جریان فایده خالص تفاضلی استفاده شده است. در این روش با تفاضل جریان درآمدها با نرخ تنزیل مشخص که در اینجا ۱۵٪ در نظر گرفته شده است از جریان هزینه‌ها، تیماری که دارای بیش‌ترین ارزش حال خالص باشد انتخاب می‌گردد (اسکونژاد، ۱۳۷۵). با استفاده از این روش ارزش حال خالص تیمارهای مختلف در طی ۳ سال اجرای طرح، مقایسه شده است (جدول ۱۴). همانطوری‌که مشاهده می‌شود تیمار T_2، یعنی آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه، بهترین تیمار از نظر اقتصادی است. توصیه می‌شود در مناطقی که با کمبود آب مواجه نیستند به منظور رسیدن به حداکثر سود اقتصادی باغ را بر اساس نیاز آبی، آبیاری نمایند و چنانچه در دسترسی به آب با محدودیت مواجه هستند از تیمار T_6 یعنی آبیاری به میزان ۵۰ درصد نیاز آبی و به روش خشکی موضعی ریشه، بهره‌گیری شود که دارای بیش‌ترین کارآیی در مصرف آب می‌باشد. نرخ بازگشت سرمایه نیز در تیمار T_2 بالاترین نرخ و حدود ۲۰٪ می‌باشد.

جدول ۱۴- مقایسه ارزش حال خالص (NPV) در تیمارهای مختلف

تیمار	ارزش حال خالص (هزار ریال)
T_1	۵۷۲۳۰۸
T_2	۵۹۱۱۴۶
T_3	۴۷۵۵۹۹
T_4	۴۵۱۱۵۹
T_5	۵۴۳۶۵۱
T_6	۵۴۵۰۴۹

1- Net Present Value

نتیجه‌گیری

با دقت در نتایج مربوط به پارامترهای مقاومت روزنه‌ای و عملکرد میوه می‌توان دریافت که به علت افزایش معنی‌دار مقاومت روزنه‌ای، تعرق در درختانی که روش "کم آبیاری معمول" در آن‌ها اعمال شده است کاهش چشمگیری داشت که منجر به کاهش عملکرد نیز گردیده است. در حالیکه در تیمارهای "خشکی موضعی ریشه" به علت آن که نیمی از ریشه‌ها دچار تنش آبی نیستند، بسته شدن نسبی روزنه‌ها، کاهش نسبی تبخیر و تعرق را به دنبال داشته ولی کاهش فتوسنتز حاصل از آن به حدی نبود که عملکرد میوه نسبت به تیمار بدون تنش بخصوص در تیمار T_5 کاهش معنی‌دار یابد. در رابطه با کارآیی مصرف آب نیز تیمار T_6 با ۳۵ درصد افزایش کارآیی مصرف آب نسبت به تیمار بدون تنش از این حیث بهترین تیمار شناخته شد. از طرف دیگر برآورد اقتصادی طرح با در نظر گرفتن حجم آب صرفه-جویی شده نسبت به تیمار T_1 نیز بیانگر دستیابی به بیش‌ترین سود از تیمار T_6 می‌باشد (۴۸۸۲۴۴ هزار ریال در هکتار در برابر ۲۵۳۷۷۶ هزار ریال در هکتار). بنابراین در شرایط این پژوهش و مناطق مشابه می‌توان مدیریت کم‌آبیاری "خشکی موضعی ریشه" را به عنوان روشی موثر در راستای بهبود عملکرد کمی و کیفی پرتقال تامسون ناول مطرح کرد بطوریکه با این کار می‌توان آب مصرفی پرتقال را ۲۵ تا ۵۰ درصد کاهش داد بدون اینکه کاهش معنی‌داری در عملکرد میوه ایجاد گردد.

منابع

احمدی،ک.، قلیزاده،ح.، عبادزاده،ح.، حاتمی،ف.، حسینپور،ر.، کاظمی فرد،ر و عبدشاه،ه. ۱۳۹۵. آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۴، جلد سوم، محصولات باغبانی، وزارت جهادکشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، تهران، ایران.

اسکونژاد،م.م. ۱۳۷۵. اقتصاد مهندسی و ارزیابی اقتصادی پروژه‌های صنعتی و کشاورزی. انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر، چاپ هفتم، تهران، ایران.

حقیقی،م. ۱۳۸۹. تأثیر خشکی موضعی منطقه ریشه بر روابط آبی، رشد، عملکرد و برخی ویژگی‌های کیفی گوجه فرنگی. مجله علوم و فنون کشت های گلخانه‌ای. ۱. ۲ : ۱۷-۹.

رضایی استخروئیه،ع.، هوشمند،ع.، برومند نسب،س و خانجانی،م.ج. ۱۳۹۱. تاثیر کم آبیاری و خشکی موضعی ریشه بر عملکرد، اجزاء عملکرد و کارآیی مصرف آب گیاه ذرت دانه‌ای هیبرید سینگل کراس ۷۰۴. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی.۲۶. ۶: ۱۵۱۴-۱۵۲۱.

علی احیائی،م و بهبهانی زاده،ع.ا. ۱۳۷۲. شرح روش‌های تجزیه خاک (جلد یک). موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی شماره ۸۹۳ . ۱-۷۶.

لادن مقدم،ع. ۱۳۸۷. اثر اسید هیومیک در جذب عناصر غذایی و افزایش مقاومت پسته به شوری. رساله دکتری رشته علوم باغبانی (Ph.D)، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و پژوهشات، تهران، ایران.

Affia,N., El Fadla,A., El Otmania,M., Benismaila,M.C., Idrissib,L.M., Salghicand,R and El Mastora,A. 2012. Comparative effects of partial rootzone drying and deficit irrigation onphysiological parameters of tomato crop. Der Pharma Chemica. 4.6:2402-2407.

Baeza,P., Conde,J.R., Lissarrague,J.R and Junquera,P. 2005. Agronomic and echophysiological responses of field-grown ابCabernet Sauvignon grapevines to three irrigation treatments. International Symposium on Grapevine Physiology and Biothechnology. ISHS Acta Horticulturae 689.

Bassoi,L.H., Dantas,B.F., Lima Filho,J.M.P., Lima,M.A.C., Leao,P.C.S., Silva,D.J., Maia,J.L.T., Souza,C.R., Silva,J.A.M and Ramos,M.M. 2007. Experimentary results of a long-term experiment about RDI and PRD irrigation strategies in winegrapes in Sao Francisco vally, Brazil. International Workshop on Advances in Grapevine and Wine Research. ISHS Acta Horticulturae 754.

Caspari,H.W., Einhorn,T.C., Leib,B.G., Redulla,C.A., Andrews,P.K., Lombardini,L., Auvil, T and McFerson, J.R. 2004. Progress in the development of Partial rootzone drying of apple trees. IV International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops. ISHS Acta Horticulturae 664.

Consoli,S., Stagno,F., Vanella,D., Boaga,J., Cassiani,G and Roccuzzo,G. 2017. Partial root-zone drying irrigation in orange orchards: Effects onwater use and crop production characteristics. European Journal of Agronomy. 82, 190ت202.

Dasgan,H.Y and Kirda,C. 2007. Partial rootzone drying (PRD) is a new technique for soilless grown vegetables. VIII International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climates: Advances in soil and soilless cultivation under protected environment. ISHS Acta Horticulturae 747.

Davies,F.S and Albrigo,L.G. 1994. Citrus. Crop Production Science in Horticulture. Volume 2. Published by Centre for Agriculture and Bioscience International. 272 p.

Development. Final Report.

Patakas,A., Noitsakis,B., Chouzouri,A., Beis,A., Zotos,A and Chartzoulakis,K. 2008. Physiological and biochemical changes induced by different irrigation strategies in grapevines. V International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops. ISHS Acta Horticulturae. 792.

Sadras,V.O. 2009. Does partial rootzone drying improve irrigation water productivity in the field? A meta-analysis. Irrigation Science. 27. 3: 183-190.

Satienperakul,K., Manochai,P., Ongprasert,S., Spreer,W and Muller,J. 2009. Economic evaluation of different irrigation regimes in mango production in northern Thailand. XVI International Symposium on Horticultural Economics and Management. ISHS Acta Horticulturae. 831.

Spreer,W., Nagle,M., Neidhart,S., Carle,R., Ongprasert, S and Muller,J. 2007. Effect of regulated deficit irrigation and partial rootzone drying on the quality of mango fruits (Mangifera indica L., cv. 'Ghok Anan'). Agricultural Water Management. 88: 173-180.

Stoll,M., Loveys,B and Dry,P. 2000. Hormonal changes induced by partial rootzone drying of irrigated grapevine. Journal of Experimental Botany. 51. 350: 1627-1634.

Treeby,M.T., Henriod,R.E., Bevington,K.B., Milne,D.J and Storey,R. 2007. Irrigation management and rootstock effects on navel orange [Citrus sinensis (L.) Osbeck] fruit quality. Agricultural Water Management. 91: 24-32.

Wahbi,S., Wakrim,R., Aganchich,B., Tahi,H and Serraj,R. 2005. Effects of partial rootzone drying (PRD) on adult olive tree (Olea Europaea) in field conditions under arid climate I. Physiological and agronomic responses. Agriculture, Ecosystems and Environment. 106: 289-301.

Zegbe,J.A., Behboudian,M.H and Lang,A. 2016. Partial rootzone drying advances fruit maturity of Royal Gala apple. Revista Fitotecnia Mexicana. 39.2: 187 ت 192.

De La Hera,M. L., Romero,P., Gomez- Plaza,E and Martinez,A. 2007. Is partial root-zone drying an effective irrigation technique to improve water use efficiency and fruit quality in field-grown wine grapes under semiarid conditions? Agricultural Water Management. 87: 261-274.

De Souza,C.R., Maroco,J.P., Dos Santos,T.P., Rodrigues,M. L., Lopes,C. M., Pereira,J.S and Chaves,M.M. 2005. Control of stomatal aperture and carbon uptake by deficit irrigation in two grapevine cultivars. Agriculture, Ecosystems and Environment. 106: 261ت274.

Dzikiti.S., Steppe,K and Lemeur,R. 2008. Partial rootzone drying of drip irrigated 'Navel' orange trees [Citrus sinensis (L.) osbeck] under semi-arid tropical conditions. V International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops. ISHS Acta Horticulturae. 792.

Einhorn,T and Caspari,H.W. 2004. Partial rootzone drying and defficit irrigattion of 'Gala' apples in a semi-arid climate. IV International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops. ISHS Acta Horticulturae 664.

Kang,S., Hu,X., Goodwin,I and Jerie,P. 2002. Soil water distribution, water use, and yield response to partial root zone drying under a shallow groundwater table condition in a pear orchard. Scientia Horticulturae. 92: 277-291.

Kirda,C., Topaloglu,F., Topcu,S and Kaman,H. 2007. Mandarin yield response to partial root drying and conventional deficit irrigation. Turkish Journal of Agriculture. 31: 1-10.

Leib,B.G., Caspari,H.W., Redulla,C.A., Andrews,P.K and Jarbo,J.J. 2006. Partial rootzone drying and deficit irrigation of 'Fuji' apples in a semi-arid climate. Irrigation Science. 24. 2: 85-89.

Lovatt,C.J and Faber,B.A. 2007. Reducing water use in navel orange production with partial rootzone drying. Crop Research. 46(1):146-147.

Loveys,B., Dry,P., Hutton,R and Jerie,P. 1999. Improving the Water Use Efficiency of Horticultural Crops. National Program for Irrigation Research and

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 12, Feb.-Mar. 2019, p. 1381-1395

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۲، بهمن - اسفند ۱۳۹۷، ص. ۱۳۹۵-۱۳۸۱

Comparison of Different Deficit Irrigation Management Strategies in Orange

M. Shahabian[1*], A. Cherati[2], R.A. Dehghan[3] M.I. Kamali[4]
Recived: Apr.21, 2018 Accepted: Aug.25, 2018

Abstract

In the current study, effects of different deficit irrigation strategies on yield of orange (**Citrus** sinensis L. Osbeck) were investigated in randomized complete block design. The treatments were including (T_1) Traditional method of irrigation, (T_2) irrigation based on water requirement, (T_3) deficit irrigation based on 75% water requirement, (T_4) deficit irrigation based on 50% water requirement; (T_5) Partial root-zone drying based on 75% water requirement, (T_6) Partial root-zone drying, based on 50% water requirement. Results showed that for yield, T_5 had no significant difference related to T_2. However, T_3 and T_4 had 28% and 34% difference related to T_2. Furthermore, T_6 had highest water use efficiency (9.3 kg/m^3) and was selected as the best treatment. The lowest value of water use efficiency was for T_1 (4.8 kg/m^3). Calculating Net Presence Value (NPV) of treatments shows that T_2 treatment is the most economical treatment.

Keywords: Deficit irrigation, Orange, Partial root-zone drying, Water use efficiency

1,2,3- Scientific Staff Members of Soil and Water Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari
4- Researcher of Soil and Water Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari
(*- Corresponding Author Email: mshahabian@yahoo.com)

جداول ضمیمه

جدول تجزیه واریانس میانگین مربعات پارامترهای مقاومت روزنه ای، پتانسیل آب برگ و کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II (ادغام)

منابع تغییر	درجه آزادی	مقاومت روزنه‌ای	پتانسیل آب برگ	کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II
سال	۲	۵۶/۲۰۰**	۲/۸۷۸ ns	۰/۰۱۱**
خطا	۱۲	۴/۹۵۸ ns	۱/۱۸۳ ns	۰/۰۰۱ ns
تیمار	۵	۴۰/۶۸۰**	۱/۵۹۱ ns	۰/۰۰۲ ns
تیمار * سال	۱۰	۰/۷۹۰ ns	۱/۱۵۸ ns	۰/۰۰۲ ns
خطا	۶۰	۲/۳۵۸	۰/۹۳۰	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات ٪	–	۱۵/۰۴	۷/۶۰	۴/۵۰

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد. ns عدم اختلاف آماری معنی‌دار

جدول تجزیه واریانس میانگین مربعات پارامترهای میزان ازت، فسفر و پتاسیم موجود در برگ پرتقال (ادغام)

منابع تغییر	درجه آزادی	ازت	فسفر	پتاسیم
سال	۲	۲/۱۹۹**	۰/۰۱۱**	۱/۴۷۳**
خطا	۱۲	۰/۰۴۶ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۴۸ ns
تیمار	۵	۰/۰۱۴ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۱۸ ns
تیمار * سال	۱۰	۰/۰۳۰ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۸ ns
خطا	۶۰	۰/۰۳۳	۰/۰۰۱	۰/۰۱۸
ضریب تغییرات ٪	–	۷/۱۳	۹/۷۰	۱۱/۷۶

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.. ns عدم اختلاف آماری معنی‌دار

جدول تجزیه واریانس میانگین مربعات پارامترهای میزان عناصر کم‌مصرف منگنز، روی، آهن و مس موجود در برگ پرتقال(ادغام)

منابع تغییر	درجه آزادی	منگنز	روی	آهن	مس
سال	۲	۳۹۶/۸۰۸**	۱۶۴/۰۱۱*	۲۷۱۶/۲۲۸*	۷۰۹۷/۸۹۵**
خطا	۱۲	۳۳/۷۸۳ ns	۱۹/۰۷۳ ns	۴۷۶/۰۲۲ ns	۲۶/۵۷۹ ns
تیمار	۵	۲۴/۹۵۹**	۲۳/۰۴۹*	۲۰۵/۶۸۰ ns	۵/۲۶۰ ns
تیمار * سال	۱۰	۲/۸۸۰ ns	۱۳/۹۹۱ ns	۶۸/۷۱۵ ns	۳/۶۲۸ ns
خطا	۶۰	۶/۴۷۴	۸/۹۷۲	۳۰۴/۳۳۸	۵/۳۳۲
ضریب تغییرات ٪	–	۱۲/۴۸	۱۱/۶۹	۱۵/۸۶	۱۴/۷۹

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد. * معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد. ns عدم اختلاف آماری معنی‌دار

جدول تجزیه واریانس میانگین مربعات پارامترهای عملکرد میوه، وزن میوه، قطر میوه و ضخامت پوست میوه (ادغام)

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد	وزن میوه	قطر میوه	ضخامت پوست میوه
سال	۲	۱۵۵۳/۹۶۱*	۱۸۱۸/۳۶۹ ns	۶۳/۲۶۴**	۶/۸۱۵**
خطا	۱۲	۲۵۵/۳۵۳ ns	۵۰۸/۷۸۲ ns	۶/۵۸۵ ns	۰/۹۵۰ ns
تیمار	۵	۲۱۷۰/۱۳۳**	۴۶۴/۴۳۰ ns	۴/۶۱۹ ns	۰/۵۴۸ ns
تیمار * سال	۱۰	۲۶۵/۷۰۱ ns	۵۲۳/۲۰۷ ns	۵/۳۵۸ ns	۰/۱۹۴ ns
خطا	۶۰	۱۶۱/۹۳۵	۴۶۹/۰۲۰	۵/۶۳۲	۰/۴۶۱
ضریب تغییرات ٪	–	۱۲/۹۳	۸/۹۲	۳/۰۲	۱۱/۶۶

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد. * معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد. ns عدم اختلاف آماری معنی‌دار

جدول تجزیه واریانس میانگین مربعات پارامترهای میزان اسیدیته قابل تیتراسیون، مواد جامد قابل حل، pH و ویتامین ث (ادغام)

منابع تغییر	درجه آزادی	اسیدیته قابل تیتراسیون	مواد جامد قابل حل	pH	ویتامین ث
سال	۲	۰/۶۱۶**	۱۲۳/۹۴۹**	۰/۶۶۴**	۵۱۲۸/۰۰۶**
خطا	۱۲	۰/۰۳۵ ns	۰/۴۷۷ ns	۰/۰۱۷ ns	۳۹/۶۲۶ ns
تیمار	۵	۰/۰۲۰ ns	۰/۳۲۸ ns	۰/۰۱۵ ns	۹/۱۷۲ ns
تیمار * سال	۱۰	۰/۰۱۱ ns	۰/۴۸۰ ns	۰/۰۰۶ ns	۸۴/۵۸۲*
خطا	۶۰	۰/۰۳۷	۰/۳۳۱	۰/۰۱۳	۴۰/۸۸۵
ضریب تغییرات ٪	-	۱۵/۰۱	۵/۵۱	۳/۵۹	۸/۰۵

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد. * معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد. ns عدم اختلاف آماری معنی‌دار

جدول تجزیه واریانس میانگین مربعات پارامتر کارآیی مصرف آب (ادغام)

منابع تغییر	درجه آزادی	کارآیی مصرف آب
سال	۲	۱/۴۱۲ ns
خطا	۱۲	۰/۲۲۵ ns
تیمار	۵	۳۵/۷۳۹**
تیمار * سال	۱۰	۱/۵۰۰ ns
خطا	۶۰	۰/۹۳۳
ضریب تغییرات ٪	-	۱۳/۲۲

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد. ns عدم اختلاف آماری معنی‌دار