

مقاله علمی - پژوهشی

بررسی حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب نخلستان‌ها در استان فارس

محمدعلی شاهرخ نیا^{۱*}، علیرضا حسن اقلی^۲ و فریبرز عباسی^۳

چکیده

اطلاع از میزان آب مصرفی در بخش کشاورزی می‌تواند باعث مدیریت بهتر منابع آب و افزایش بهره‌وری آب در مزارع و باغات گردد. تاکنون بررسی‌های علمی اندکی در مورد وضعیت آبیاری نخلستان‌ها در کشور و به‌ویژه استان فارس که یکی از مناطق مهم تولید خرما می‌باشد انجام شده است. در این تحقیق میزان عملکرد محصول، میزان آب آبیاری، بهره‌وری آب و تفاوت آب آبیاری با نیاز آبی ناخالص در تعدادی از نخلستان‌های استان فارس اندازه‌گیری و بررسی گردید. این بررسی در سه منطقه اصلی تولید خرما در استان فارس (چهرم، قیروکارزین و کازرون) انجام شد. تعداد ۳۰ باغ انتخاب و میزان عملکرد، آب آبیاری، بهره‌وری آب در طول سال زراعی ۹۷-۹۸ اندازه‌گیری گردید. سه سناریوی نیاز آبی سند ملی آب، نیاز آبی از روش پنمن ماتیتب در سال انجام تحقیق و نیاز آبی از روش پنمن ماتیتب به ازای داده‌های هواشناسی بلندمدت برای باغات منتخب در نظر گرفته شد. میزان آب آبیاری نخلستان‌ها با نیاز آبی ناخالص به‌وسیله آزمون تی در مناطق مختلف مقایسه شد. نتایج نشان داد که میانگین عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب نخلستان‌ها مورد بررسی در طول یک سال به ترتیب ۸/۹ تن در هکتار، ۱۵۱۱۸ مترمکعب در هکتار و ۰/۶۰ کیلوگرم بر مترمکعب بود. تفاوت بهره‌وری آب آبیاری در مناطق مورد بررسی از نظر آماری در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری نداشت ولی تفاوت عملکرد و حجم آب آبیاری در مناطق مورد بررسی معنی‌دار بود. به‌طور کلی حجم آب آبیاری نخلستان‌ها در مناطق مورد بررسی، کمتر از نیاز آبی ناخالص در سال انجام تحقیق و بلندمدت و بیشتر نیاز آبی ناخالص بر اساس سند ملی آب بود. میانگین راندمان و کفایت آبیاری در باغات مورد بررسی به ترتیب ۹۱ و ۸۶ درصد بود.

واژه‌های کلیدی: عملکرد میوه خرما، سامانه آبیاری، نیاز آبی گیاه، راندمان آبیاری، کفایت آبیاری

مقدمه

پرورش نباشند، به شمار می‌آید. نقش این محصول در برنامه‌های بیابان‌زدایی و توسعه فضاهای سبز شهری و همچنین امکان تولید بیش از ۵۰ فرآورده غذایی و صنعتی از قسمت‌های مختلف میوه، هسته، برگ و تنه آن باعث شده که خرما از جمله محصولات مهم و استراتژیک کشور به حساب آید (پژمان و همکاران، ۱۳۸۶). ایران از نظر جایگاه جهانی و در بین کشورهای تولیدکننده از نظر سطح زیر کشت نخل، دارنده رتبه دوم پس از عراق و به لحاظ میزان تولید محصول حائز رتبه سوم پس از مصر و عربستان سعودی بوده است. ولی از نظر عملکرد محصول تولیدی با سقوط قابل‌توجهی، در رتبه ۱۵ جهان قرار دارد (FAOSTAT, 2018). حدود ۹ درصد از کل سطح بارور باغات کشور و ۵ درصد تولید محصولات باغبانی کشور به خرما اختصاص دارد. با توجه به کسب رتبه پنجم از نظر میزان تولید

نخل خرما با ارزش غذایی بسیار بالا و به‌عنوان یکی از عوامل ایجاد و توسعه تمدن بشری در مناطق گرم و خشک دنیا و نواحی که شاید سایر محصولات در آنجا به‌راحتی قابل کشت و

^۱ دانشیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران (* نویسنده مسئول: mashahrokh@yahoo.com)

^۲ دانشیار پژوهشی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

^۳ استاد پژوهشی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۳۱

گیاه (ETc) به زمین داده شود و حداقل مقدار خالصی از آب از عمق ریشه عبور نماید. این مقدار را که به صورت نسبت است، نیاز آبشویی گویند (علیزاده، ۱۳۸۷- ب). شوری خاک، چه در حالتی که به واسطه آب آبیاری شور و یا ترکیبی از آب، خاک و عوامل مدیریتی ایجاد شده باشد، ممکن است منجر به کاهش میزان محصول خرما، تغییر در رنگ و ظاهر آن و تغییر در ترکیبات محصول گردد (حسن اقلی و تیشه زن، ۱۳۹۵). زهکشی مناسب اراضی و اجرای سامانه‌های زهکشی در اراضی مستعد می‌تواند نقش مهمی را در مدیریت بهینه آبیاری در شرایط آب‌و‌خاک شور ایفا نماید.

کاربرد روش‌های آبیاری تحت فشار در نخلستان‌ها نیز در برخی مناطق در حال گسترش است که بیشتر در قالب روش‌های موضعی نظیر آبیاری بابلر و قطره‌ای متداول است. مقایسه دو روش آبیاری سطحی و قطره‌ای از نظر میزان مصرف آب درختان خرما در استان هرمزگان نشان داد که با کاربرد روش قطره‌ای و بدون کاهش معنی‌دار در عملکرد کمی و کیفی میوه، مقدار مصرف آب آبیاری تا حدود ۴۵ درصد کاهش یافت. بیشترین بهره‌وری مصرف آب با آبیاری قطره‌ای و به میزان آب معادل ۷۵ درصد تبخیر جمعی از تشتک تبخیر به دست آمد. در استان کرمان، آبیاری کرتی بر اساس ۸۰ درصد تبخیر از تشت کلاس A بیشترین عملکرد محصول و بهره‌وری آب را برای خرما رقم مضافتی دربر داشت. در استان بوشهر، انجام آبیاری قطره‌ای به میزان ۸۰ درصد تبخیر از تشت کلاس A و پس از ۲۰ میلی‌متر تبخیر جمعی برای خرما رقم کبکاب توصیه شده است (مستعان و همکاران، ۱۳۹۶). در آزمایشی در قطر، ضمن مقایسه سیستم‌های مختلف آبیاری و آب‌هایی با شوری‌های متفاوت، آبیاری بابلر برای درختان خرما توصیه شد. آبیاری بابلر با به کار بردن آبی با EC بین ۴/۳ تا ۹ دسی‌زیمنس بر متر، بهتر از آبیاری قطره‌ای بود (Hashim and Abdulmalik, 2002). درخت خرما از جمله گیاهانی است که به آب زیادی نیاز دارد. میزان تبخیر - تعرق نخل خرما بر اساس برآورد به روش‌های غیرمستقیم نظیر پنمن - مانیتیت فائو، به میزان ۲۴۰۰۰ مترمکعب بر هکتار (علی حوری و تیشه زن، ۱۳۹۰) و نیاز ناخالص آبیاری

محصولات باغبانی توسط خرما در کشور، با تولید حدود ۱/۲ میلیون تن، استان‌های سیستان و بلوچستان، جنوب استان کرمان، فارس، خوزستان و بوشهر در رتبه‌های اول تا پنجم تولیدکنندگان خرما کشور قرار داشته‌اند. این پنج استان در مجموع در حدود ۷۷ درصد از کل خرما کشور را تولید نموده‌اند که سهم استان فارس حدود ۱۵ درصد است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۹).

درخت خرما اگرچه به‌عنوان گیاهی مقاوم به شرایط کم‌آبی و خشکی شناخته می‌شود، ولی برای تولید محصول باکیفیت و به میزان قابل قبول، به آبیاری کافی و منظم نیاز دارد. بررسی‌های کشوری نشان داده که تولید یک کیلوگرم خرما به حدود ۴/۲ مترمکعب آب نیاز دارد (مستعان و همکاران، ۱۳۹۶). عمده آب موردنیاز نخیلات و آبیاری آن‌ها در فصول بهار و تابستان و هم‌زمان با افزایش شوری منابع آبی به وقوع می‌پیوندد (تیشه‌زن، ۱۳۹۰)، لیکن عملیات آبیاری درخت خرما در اکثر مناطق خرماخیز کشور تقریباً در تمامی طول سال ادامه می‌یابد. همچنین، مقدار آب موردنیاز درخت خرما بستگی به شرایط اقلیمی و محلی، نوع رقم گیاهی، وضعیت خاک از نظر بافت و زهکشی آن و کیفیت آب آبیاری دارد. خرما در زمره محصولات مقاوم به شوری به شمار می‌آید. آستانه تحمل نخل به شوری آب آبیاری و بدون افت محصول ۲/۷ دسی‌زیمنس بر متر است. همچنین آستانه تحمل شوری خاک برای درخت خرما ۴ دسی‌زیمنس بر متر و شیب کاهش عملکرد آن خطی و به میزان ۳/۶ است (Mass and Hoffman, 1977).

از نظر مدیریت آبیاری، کلید آبیاری مؤثر و موفق به لحاظ کنترل شوری عبارت است از تأمین یکنواخت آب به مقدار مناسب، در زمان مشخص و بدون کاربرد اضافی برای گیاه. بنابراین کنترل دقیق زمان آبیاری، یکنواختی و میزان کاربرد آب، از جمله پیش‌نیازهای کارآمدی بالای مصرف آب‌شور و تولید محصول است. جلوگیری از نشت و کوتاه کردن فواصل آبیاری باعث بهبود راندمان مصرف آب می‌شود (علیزاده، ۱۳۸۷- الف). همچنین برای جلوگیری از تجمع بیش‌ازاندازه نمک در عمق ریشه به‌واسطه آبیاری، باید آب به مقداری بیش از آب موردنیاز

روش مدیریتی مناسب در آبیاری نخلستان‌های خرما در منطقه بم توصیه شد (فرزام نیا، ۱۳۸۲). در دشتستان بوشهر مقدار نیاز آبی خرما می‌رقم کیکاب ۹۴۱۹/۵ مترمکعب بر هکتار، عملکرد ۳۱/۸ کیلوگرم در هر درخت و کارایی مصرف آب ۰/۵۳ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. مناسب‌ترین مقدار کاربرد آب، آبیاری به میزان ۸۰ درصد نیاز آبی بود (نوروزی و زلفی باوریانی، ۱۳۸۹). در شهرستان بهبهان استان خوزستان با اعمال ۷۵ درصد نیاز آبی (۷۵۴۵/۳ مترمکعب در هکتار) با آبیاری زیرسطحی، مقدار عملکرد ۶۳۹۶/۹ کیلوگرم در هکتار و کارایی مصرف آب ۰/۸۴۸ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد (سلامتی و دهقانی سانجی، ۱۳۹۶). در شهرستان جهرم استان فارس، میزان آب موردنیاز نخلستان شاهانی با روش آبیاری قطره‌ای معادل ۷۵ درصد تبخیر از تشتک کلاس A و معادل ۱۰۰۰۰ مترمکعب آب بر هکتار برآورد شد (دانش نیا و رستگار، ۱۳۷۸). نتایج یک بررسی در جیرفت و کهنوج نشان داد که با در نظر گرفتن دور آبیاری بر اساس ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A و میزان آب آبیاری برحسب ۷۰ درصد کل تبخیر باعث کاهش معنی‌دار درصد عارضه خشکیدگی خوشه خرما نسبت به شاهد بود. به‌طوری‌که درصد عارضه بر اساس وزن محصول از ۵۱ درصد در شاهد به ۱۶ درصد کاهش یافت (سرحدی، ۱۳۹۲). نتایج یک پژوهش نشان داد که میزان رشد برگ، اندازه برگ، وزن میوه، میزان رطوبت و میزان مواد جامد محلول در خرما، با افزایش حجم آب آبیاری کاربردی افزایش یافت، ولی میزان قند و ساکارز در آبیاری معمول و آبیاری سنگین تفاوت معنی‌داری باهم نداشت. آبیاری سنگین باعث افزایش میزان عملکرد هر درخت شد، ولی میوه‌هایی با درصد رطوبت بالا را تولید نمود که باعث تأخیر در رسیدن میوه می‌شد (Hussein and Hussein, 1983). این امر نشان می‌دهد که آبیاری بیش‌ازحد درختان نخل علاوه بر اثرات مضر بر منابع آبی، بر کیفیت محصول و ماندگاری و خصوصیات انبارداری آن نیز اثرات نامطلوبی دارد. در پژوهشی در عراق نتایج نشان داد که کاربرد طولانی‌مدت آب‌شور سبب کاهش رشد و عملکرد خرما می‌شود، اما واکنش ارقام در برابر شوری یکسان نیست (Al-Rawi and Al-Mohemdy, 2010).

آن در مناطق مختلف کشور تا ۴۱۰۰۰ مترمکعب بر هکتار نیز شده است (علی حوری و تیشه زن، ۱۳۹۲). در مطالعه‌ای در شهرستان حاجی‌آباد استان هرمزگان، میزان تبخیر- تعرق نخل خرما در با اندازه‌گیری تبخیر- تعرق گیاه مرجع در یک لایسیمتر، برابر با ۲۴۹۶ میلی‌متر برآورد شد (مرادی دالینی و همکاران، ۱۳۸۴). در پژوهشی که در منطقه بم استان کرمان به انجام رسید، میزان تبخیر- تعرق و نیاز خالص آبیاری پاجوش‌های خرما می‌رقم مضافتی به ترتیب مابین ۳۳۰۸ تا ۴۰۲۴ میلی‌متر و ۳۳۴۱ تا ۱۱۴۸۵ مترمکعب بر هکتار، برای سال اول تا نهم کشت نهال برآورد شد (غفاری نژاد و احسانی، ۱۳۸۰). میزان نیاز خالص آبیاری درختان خرما می‌رقم پیارم در شهرستان حاجی‌آباد استان هرمزگان بین ۴۳۶۷ تا ۸۴۳۸ مترمکعب بر هکتار برای سال‌های ششم تا دهم کشت برآورد شد (محبی و علی حوری، ۱۳۹۲). در کویت مقدار نیاز آبی خرما در یک خاک شن لومی با استفاده از روش پنمن-مانیت به میزان ۲۵۵۰۰ مترمکعب بر هکتار برآورد شد. همچنین نیاز آبیاری روزانه هر درخت خرما بین ۹۷ تا ۸۵۴ لیتر به ترتیب در ماه‌های دسامبر و ژوئن گزارش شد (Abdul-Salam and Al-Mazrooei, 2006). مقدار نیاز آبی خرما در جزیره قشم با استفاده از داده‌های موجود و نرم‌افزارهای NETWAT و CROPWAT به ترتیب ۱۵۰۳۰ و ۲۲۶۰۰ مترمکعب در هکتار برآورد شد (قزل‌سقلی و عبدالحسینی، ۱۳۹۶). نتایج یک پژوهش روی خرما می‌رقم مجول در استان خوزستان نشان داد تغذیه مناسب به همراه آبیاری به مقدار ۶۰ درصد تبخیر از تشت کلاس A بدون کاهش معنی‌دار عملکرد، باعث صرفه‌جویی ۴۰ درصدی در مصرف آب شده است (دیالمی و همکاران، ۱۳۹۷). نتایج پژوهشی در منطقه عزیزآباد بم در استان کرمان نشان داد که بیشترین و کمترین میزان عملکرد مربوط به تیمارهای ۸۰ و ۶۰ درصد تبخیر از تشتک کلاس A به ترتیب با ۱۵/۴ و ۱۰/۴ تن در هکتار بود. بیشترین و کمترین میزان کارایی مصرف آب به تیمارهای ۸۰ و ۱۲۰ درصد تبخیر از تشتک کلاس A، به ترتیب با مقادیر ۰/۹۱ و ۰/۵۶ کیلوگرم بر مترمکعب تعلق گرفت. در نتیجه، تیمار ۸۰ درصد تبخیر از تشتک کلاس A به‌عنوان

منتخب صورت گرفت. بر مبنای آخرین آمار سازمان جهاد کشاورزی فارس، سه شهرستان جهرم، قیروکارزین و کازرون با بیشترین سطح زیر کشت و تولید خرما به عنوان شهرستان‌های آزمون اجرای پروژه انتخاب شدند (احمدی و همکاران، ۱۳۹۹).

نخلستان‌ها در شهرستان‌های پایلوت، با مشورت کارشناسان به نحوی انتخاب گردید که امکان تعیین میانگین حجم آب آبیاری وجود داشته باشد. تعداد ۱۰ نخلستان برای هر شهرستان و در مجموع ۳۰ نخلستان مورد بررسی و آزمایش قرار گرفت. حجم آب آبیاری نخلستان‌ها در آبیاری سطحی با فلوم WSC و در آبیاری قطره‌ای با کنتور حجمی و اسنجی شده اندازه‌گیری گردید. برنامه آبیاری نخلستان‌های تحت مدیریت باغداران ثبت گردید؛ بنابراین حجم آب آبیاری، عمق آب آبیاری، دبی جریان آب آبیاری، تعداد نوبت آبیاری، ساعات آبیاری و زمان آبیاری نخلستان‌ها در مناطق مختلف مشخص گردید. بافت و شوری خاک در آزمایشگاه و شوری آب آبیاری توسط دستگاه شوری سنج مدل (WTW-LF95) در محل اندازه‌گیری گردید.

عملکرد نخلستان‌ها و سایر متغیرهای مورد نیاز نیز اندازه‌گیری و یا پرسش شد. از اطلاعات هواشناسی مناطق منتخب (ایستگاه هواشناسی شهرستان‌های جهرم، قیروکارزین، کازرون) شامل متوسط روزانه مقادیر درجه حرارت حداکثر و حداقل هوا، درصد رطوبت نسبی حداکثر و حداقل هوا، سرعت باد و تعداد ساعات آفتابی در شبانه‌روز در یک دوره آماری ۱۰ ساله برای برآورد تبخیر-تعرق مرجع استفاده شد. برآورد تبخیر-تعرق مرجع با استفاده از نرم‌افزار ETo-Calculator به روش پنمن-مانیت فائو صورت گرفت و تبخیر-تعرق پتانسیل درختان نخل از رابطه (۲) برآورد گردید (Allen et al., 1998).

$$ETc = Kc \times ETo \quad (2)$$

مقادیر ضریب گیاهی (Kc) در طول سال بر اساس نشریه فائو ۵۶ برابر با ۰/۹۵ در نظر گرفته شد (Allen et al., 1998). بر اساس نشریه شماره ۲۹ فائو، نیاز آبتی در آبیاری سطحی و قطره‌ای به ترتیب از رابطه‌های (۳) و (۴) برآورد گردید.

نتایج یک تحقیق بر سامانه‌های آبیاری نخلستان‌ها در استان بوشهر نشان داد که سامانه آبیاری قطره‌ای بابلر و در مناطقی که این سامانه قابل استفاده نیست، اصلاح سامانه آبیاری سطحی سنتی به جوی و پشته‌ای یک‌درمیان، به عنوان سامانه‌های برتر انتخاب شدند (نائینی و همکاران، ۱۳۹۷).

بررسی انجام شده روی آبیاری نخلستان‌ها با آب شور در فلسطین اشغالی نشان داد که میزان آب آبیاری تأثیر قابل توجهی بر کمیت، کیفیت و اقتصادی بودن عملکرد دارد (Zhen et al., 2020). مطالعه‌ای در تونس نشان داد که کیفیت پایین آب آبیاری و استفاده از آبیاری سطحی سنتی و شرایط نامناسب آب و هوایی در بعضی مناطق باعث کاهش عملکرد کمی و کیفی خرما در این کشور گردیده است (Dhaouadi et al., 2021). نتایج یک بررسی در عربستان سعودی نشان داد که در سامانه‌های آبیاری سطحی، قطره‌ای و قطره‌ای زیرسطحی، بیشترین میزان عملکرد در تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی به دست آمد. بیشترین مقادیر بهره روی آب به ترتیب در تأمین ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد آب مورد نیاز در آبیاری سطحی به دست آمد. همچنین بهترین کیفیت میوه در تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی در آبیاری سطحی به دست آمد (Alnaim et al., 2022). نتایج پژوهش‌های قبلی نشان می‌دهد که حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب خرما در پژوهش‌های مختلف، متغیر و تابع شرایط زمانی و مکانی بوده است. تاکنون آمار و اطلاعات دقیقی از میزان آب مصرفی باغ‌های خرما در کشور و به ویژه استان فارس که یکی از مناطق مهم تولید این محصول در کشور است انجام نشده است.

لذا، با توجه به اهمیت محصول خرما در کشور و استان فارس، در این پژوهش، میزان آب آبیاری و بهره‌وری آب خرما در استان فارس مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در نخلستان‌هایی که آبیاری آن‌ها توسط باغداران مدیریت می‌شد، در استان فارس اجرا گردید. اندازه‌گیری مستقیم آب آبیاری در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در نخلستان‌های

دسی‌زیمنس بر متر در نظر گرفته شد (فرشی و همکاران، ۱۳۸۲). مشخصات کلی نخلستان‌های موردبررسی در سه شهرستان جهرم، کازرون و قیروکارزین در جدول ۱ آورده شده است.

شاخص بهره‌وری آب از نسبت مقدار عملکرد محصول خرما (کیلوگرم در هکتار) به حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار) از رابطه (۵) به دست آمد.

$$WUE = \frac{CY}{CW} \quad (5)$$

$$LR = \frac{ECw}{(5ECe - ECw)} \quad (3)$$

$$LR = \frac{ECw}{2MaxECe} \quad (4)$$

که در آن، ECw هدایت الکتریکی آب آبیاری (دسی‌زیمنس بر متر)، ECe آستانه تحمل محصول و $MaxECe$ شوری با عملکرد صفر است. در این تحقیق مقدار این آستانه و بیشترین حد تحمل شوری برای درختان خرما به ترتیب ۴ و ۲۳

جدول ۱- مشخصات کلی باغ‌های خرما موردبررسی

منطقه	پارامتر	دبی	شوری آب	شوری خاک	مساحت باغ	سن درختان باغ
		لیتر بر ثانیه	دسی‌زیمنس بر متر	دسی‌زیمنس بر متر	هکتار	سال
جهرم	حداقل	۴	۰/۵	۱/۳	۰/۵	۱۵
	حداکثر	۸	۳/۴	۱۲/۱	۱۳/۰	۴۰
	میانگین	۶	۱/۱	۵/۲	۵/۱	۲۴
کازرون	حداقل	۱۰	۲/۸	۳/۲	۰/۶	۱۸
	حداکثر	۳۰	۵/۲	۱۰/۵	۸/۰	۷۰
	میانگین	۲۰	۴/۲	۵/۸	۲/۶	۳۲
قیروکارزین	حداقل	۴	۱/۶	۲/۶	۱/۷	۱۰
	حداکثر	۱۲	۷/۳	۱۸/۷	۱۰/۰	۳۵
	میانگین	۶	۴/۰	۱۰/۳	۵/۳	۲۵
کل باغات	میانگین	۱۱	۳/۰	۶/۸	۴/۳	۲۷

تفاوت عملکرد محصول، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب آبیاری در مناطق مختلف و در سامانه‌های آبیاری مختلف با استفاده از آزمون آماری تی (t-test) و توسط نرم‌افزار میکروسافت اکسل موردبررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همچنین تفاوت بین حجم آب آبیاری و نیاز آبی ناخالص نیز از نظر آماری با آزمون تی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

مقادیر راندمان آبیاری (نسبت آب موردنیاز ناخالص به آب آبیاری) و کفایت آبیاری (نسبت آب آبیاری به آب موردنیاز ناخالص) نیز در مناطق و سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و سطحی محاسبه و موردبررسی قرار گرفت (Molden and gates, 1990).

که در آن، WUE ؛ بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم بر مترمکعب آب کاربردی در طول فصل)، CY ؛ عملکرد (کیلوگرم در هکتار در سال) و CW ؛ حجم آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار در سال) بود. برای برآورد شاخص بهره‌وری آب کل از نسبت مقدار عملکرد (کیلوگرم در هکتار) به حجم آب آبیاری و بارش مؤثر (مترمکعب در هکتار) استفاده گردید.

به‌منظور مقایسه نیاز آبی ناخالص با حجم آب کاربردی، میانگین راندمان سامانه‌های آبیاری سطحی و قطره‌ای به ترتیب ۶۰ و ۹۰ درصد در نظر گرفته و نیاز آبی خالص به نیاز آبی ناخالص تبدیل شد (عباسی و همکاران، ۱۳۹۵، شاهرخ نیا و باغانی، ۱۴۰۰، شاهرخ نیا و همکاران، ۱۴۰۰).

نتایج و بحث

نتایج بر اساس منطقه موردبررسی

بر اساس جدول ۱، متوسط شوری آب و خاک در نخلستان‌ها به ترتیب ۳ و ۶/۸ دسی زیمنس بر متر و میانگین سن درختان باغات انتخابی ۲۷ سال بود. مساحت باغات انتخابی بین ۰/۵ تا ۱۳ هکتار و به‌طور متوسط ۴/۳ هکتار بود. دبی آب باغات نیز بین ۴ و ۳۰ و به‌طور متوسط حدود ۱۱ لیتر بر ثانیه به دست آمد. در جدول ۲ میزان عملکرد محصول، حجم آب آبیاری در طول یک سال و میزان بهره‌وری آب در مناطق موردبررسی آورده شده است.

حداقل، حداکثر و میانگین محصول تولیدی در شهرستان‌های موردبررسی به ترتیب ۶/۰، ۱۲/۵ و ۸/۹ تن در هکتار بود. از نظر عددی میانگین عملکرد شهرستان قیروکارزین با ۱۰/۴ تن در هکتار بیشترین و عملکرد چهارم با ۷/۷ تن در هکتار کمترین بود.

میانگین تعداد دفعات آبیاری باغات خرما در کل باغات مورد بررسی ۶۶ مرتبه در یک سال بود. میانگین نیاز آبتی باغات حدود ۱۱ درصد برآورد گردید. حجم آب آبیاری داده‌شده در باغات سه شهرستان چهارم، قیروکارزین و کازرون به ترتیب ۱۳۰۱۷، ۱۸۲۱۸ و ۱۴۸۰۸ مترمکعب در هکتار در یک سال که بیشترین آن متعلق به شهرستان قیروکارزین و کمترین آن در شهرستان چهارم بود. میانگین کل آب آبیاری باغات موردبررسی در سطح استان فارس ۱۵۱۱۸ مترمکعب در هکتار برآورد گردید. میانگین بهره‌وری آب آبیاری در سه شهرستان چهارم، قیروکارزین و کازرون به ترتیب ۰/۶۰، ۰/۵۹ و ۰/۶۰ کیلوگرم بر مترمکعب و به‌طور میانگین ۰/۶۰ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. مقادیر بهره‌وری آب در این تحقیق با نتایج فرزام نیا (۱۳۸۲) و نتایج نوروزی و زلفی باوریانی (۱۳۸۹) همخوانی دارد.

بر اساس تفاهم‌نامه سند بهره‌وری آب کشاورزی کشور (بی‌نام، ۱۳۹۷) متوسط میزان بهره‌وری آب باغات خرما کشور در سال ۱۳۹۵ برابر با ۰/۲۱ کیلوگرم بر مترمکعب بوده که تا سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۵ بایستی به ترتیب به میانگین ۰/۳۳ و ۰/۴۶

کیلوگرم بر مترمکعب برسد؛ بنابراین ملاحظه می‌گردد که ارقام بهره‌وری آب در تولید خرما در مناطق موردبررسی در این تحقیق بیشتر از ارقام ذکرشده در سند مذکور بوده و با توجه به اینکه این تحقیق در سال ۱۳۹۸-۱۳۹۷ انجام‌شده، بهره‌وری آب باغات خرما در فارس بیشتر از پیش‌بینی افزایش‌یافته است.

جدول ۳ نتایج بررسی آماری داده‌های عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب در مناطق موردبررسی را نشان می‌دهد. در این جدول نتایج بررسی تفاوت بین مناطق به‌صورت دوجه‌دو آورده شده است. از نظر آماری میزان تفاوت آب آبیاری در شهرستان چهارم و قیروکارزین که ۵۲۰۱ مترمکعب در هکتار بود، در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود.

تفاوت حجم آب آبیاری در شهرستان کازرون ۱۷۹۰ مترمکعب در هکتار بیشتر از شهرستان چهارم بود که البته این تفاوت از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار نشد. حجم آب آبیاری در شهرستان قیروکارزین ۳۴۱۱ مترمکعب در هکتار بیشتر از کازرون بود که این تفاوت در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار شد. از نظر عملکرد محصول، تفاوت عملکرد محصول شهرستان قیروکارزین با چهارم ۲/۷ تن بر هکتار و با کازرون ۱/۶ تن در هکتار بود که این تفاوت‌ها از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. تفاوت عملکرد در شهرستان کازرون و چهارم ۱/۱ تن بر هکتار بود که از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود ولی در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار بود. میانگین بهره‌وری آب در هر سه شهرستان تقریباً مساوی و حدود ۰/۶۰ کیلوگرم بر مترمکعب بود، بنابراین تفاوت هیچ‌کدام از شهرستان‌ها از نظر آماری در سطح ۱ درصد معنی‌دار نبود. علت برابری نسبی مقادیر بهره‌وری آب در سه شهرستان موردبررسی این است که به‌تناسب افزایش یا کاهش حجم آب آبیاری، میزان عملکرد محصول نیز افزایش یا کاهش یافته است. تغییرات عملکرد محصول و همچنین حجم آب آبیاری در باغات و مناطق مختلف به عوامل مختلف آب و هوایی، فنی، نوع سیستم آبیاری، کیفیت آب و خاک و حتی مسائل اجتماعی و فرهنگی هر منطقه مربوط می‌شود؛ بنابراین مشخص نمودن دلیل تفاوت پارامترها بین مناطق مختلف به‌سادگی

امکان‌پذیر نبوده و بایستی در تحقیقات آتی موردبررسی دقیق‌تر قرار گیرد.

بررسی مقادیر راندمان آبیاری در باغات انتخابی نشان داد که این کمترین و بیشترین مقدار این شاخص به ترتیب ۶۴ و ۱۰۰ درصد و به‌طور میانگین ۹۱ درصد بود. مقادیر شاخص کفایت آبیاری نیز بین مقادیر ۴۵ و ۱۰۰ درصد متغیر بود. میانگین شاخص کفایت آبیاری در باغات انتخابی ۸۶ درصد بود. در مناطق چهارم، کازرون و قیروکارزین مقدار متوسط راندمان آبیاری به ترتیب ۸۳، ۱۰۰ و ۸۹ درصد و مقدار متوسط کفایت آبیاری به ترتیب ۹۶، ۶۷ و ۹۹ درصد بود. علت اینکه در همه باغات انتخابی منطقه کازرون راندمان آبیاری ۱۰۰ درصد بوده این است که در تمام باغات انتخابی، مقدار آب آبیاری از مقدار آب موردنیاز ناخالص کمتر بوده است. به همین دلیل شاخص کفایت آبیاری در منطقه کازرون از دو منطقه دیگر کمتر شده است (۶۷ درصد).

می‌توان گفت باغ و یا منطقه‌ای از نظر آبیاری وضعیت مناسب‌تری دارد که در آن منطقه هر دو شاخص کفایت و راندمان آبیاری مقادیر بالایی داشته باشند؛ یعنی هم اتلاف آب کمتری اتفاق افتاده باشد و هم آب کافی دریافت شده باشد؛ بنابراین می‌توان به این نتیجه رسید که وضعیت آبیاری در باغات منطقه قیروکارزین بهتر و در منطقه کازرون بدتر از دو منطقه

دیگر بوده است.

در جدول ۲ ملاحظه می‌گردد که حداکثر کفایت و راندمان آبیاری در دو شهرستان چهارم و قیروکارزین ۱۰۰ درصد بوده است. لازم به توضیح است که حداکثر راندمان و کفایت آبیاری ۱۰۰ درصدی متعلق به یک باغ نبوده است. به‌عبارت‌دیگر در یک باغ کفایت آبیاری ۱۰۰ درصد و در باغ دیگر راندمان ۱۰۰ درصد به‌دست‌آمده است. با کنترل مدت‌زمان آبیاری تا حد مطلوبیت کفایت و راندمان نیاز آبی، می‌توان به افزایش راندمان کاربرد، کاهش تلفات عمقی در مزرعه و کفایت مطلوب رسید. نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق با نتایج حاصل از ارزیابی مطالعات انجام‌شده معروف پور و همکاران (۱۳۹۵)، عباسی و همکاران (۱۳۹۵)، شاهرخ نیا و علیان غیائی (۱۳۹۷)، شاهرخ نیا (۱۳۹۹)، کاغذچی و همکاران (۱۳۹۹) و دیگران (Molden and Gates, 1990) مطابقت دارد. در هر مزرعه دو سری فرم برای روش شاهد و به‌طور هم‌زمان برای تیمار تکمیل گردید. این فرم‌ها برای اخذ اطلاعاتی از جمله: مقدار و منبع آب مصرفی، روش آبیاری، طول دوره زراعی، نوع و زمان کار ماشین‌آلات زراعی در مراحل مختلف کاشت، داشت و برداشت، مقدار و نوع سموم مصرفی، مقدار و نوع کودهای مصرفی، اطلاعات مربوط به مقدار انرژی مصرفی برای بخش‌های مختلف و مقدار محصول تولیدی طراحی شدند (جدول ۳).

جدول ۲- پارامترهای آبیاری و بهره‌وری آب باغات خرما بر اساس منطقه

منطقه	پارامتر	تعداد آبیاری	حجم آب آبیاری مترمکعب در هکتار	نیاز آبخویی درصد	عملکرد تن در هکتار	بهره‌وری آب کیلوگرم بر مترمکعب	راندمان آبیاری درصد	کفایت آبیاری درصد
چهارم	حداقل	۵۲	۹۴۲۳	۱	۶/۶	۰/۴۰	۶۴	۸۴
	حداکثر	۱۳۸	۱۶۶۹۲	۷	۹/۶	۰/۸۱	۱۰۰	۱۰۰
	میانگین	۱۰۲	۱۳۰۱۷	۲	۷/۷	۰/۶۰	۸۳	۹۶
کازرون	حداقل	۸	۱۱۲۱۴	۶	۶/۰	۰/۴۳	۱۰۰	۴۵
	حداکثر	۵۸	۱۹۱۵۲	۳۵	۱۰/۹	۰/۷۲	۱۰۰	۹۷
	میانگین	۲۶	۱۴۸۰۸	۲۲	۸/۸	۰/۶۰	۱۰۰	۶۷
قیروکارزین	حداقل	۴۰	۱۴۵۸۰	۳	۹/۲	۰/۳۹	۸۱	۹۰
	حداکثر	۱۲۰	۲۶۸۴۹	۱۶	۱۲/۵	۰/۷۳	۱۰۰	۱۰۰
	میانگین	۷۲	۱۸۲۱۸	۹	۱۰/۴	۰/۵۹	۸۹	۹۹
کل باغات	میانگین	۶۶	۱۵۱۱۸	۱۱	۸/۹	۰/۶۰	۹۱	۸۶

جدول ۳- نتایج بررسی آماری عملکرد، آب آبیاری و بهره‌وری آب باغات خرما توسط آزمون t در مناطق انتخابی

پارامتر	منطقه	میانگین تفاوت	t بحرانی	مقدار t	سطح معنی‌داری
حجم آب آبیاری	کازرون-چهرم	۱۷۹۰	۲/۱۲	-۱/۵۲	۰/۱۴۷
	قیروکارزین-چهرم	۵۲۰۱	۲/۲۶	-۲/۸۸	۰/۰۱۸
	قیروکارزین-کازرون	۳۴۱۱	۲/۲۶	-۱/۸۷	۰/۰۹۴
عملکرد	کازرون-چهرم	۱/۱	۲/۱۵	-۱/۸۲	۰/۰۸۹
	قیروکارزین-چهرم	۲/۷	۲/۱۸	-۴/۸۹	۰/۰۰۰
	قیروکارزین-کازرون	۱/۶	۲/۱۵	-۲/۴۱	۰/۰۳۰
بهره‌وری آب	کازرون-چهرم	۰/۰۰	۲/۱۲	۰/۰۲	۰/۹۸۲
	قیروکارزین-چهرم	-۰/۰۱	۲/۱۶	۰/۲۱	۰/۸۳۸
	قیروکارزین-کازرون	-۰/۰۱	۲/۱۶	۰/۱۹	۰/۸۵۴

تأثیر نوع سامانه آبیاری

در جدول ۴ مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری شده مربوط به عملکرد، آبیاری و بهره‌وری آب در سامانه‌های مختلف آبیاری در شهرستان کازرون آورده شده است. از بین سه منطقه انتخابی، فقط در شهرستان کازرون از سامانه‌های آبیاری سطحی برای آبیاری نخلستان‌ها استفاده می‌شد. با توجه به جدول ۴ می‌توان دریافت که متوسط حجم آب آبیاری در سامانه‌های آبیاری قطره-ای (۱۳۷۵۶ مترمکعب در هکتار) به میزان حدود ۱۶۰۰ مترمکعب در هکتار کمتر از سامانه‌های آبیاری سطحی (۱۵۳۳۳ مترمکعب در هکتار) بوده است. میزان متوسط عملکرد در نخلستان‌های تحت سامانه آبیاری قطره‌ای و سطحی به ترتیب ۹/۵ و ۸/۴ تن در هکتار بود. افزایش عملکرد در نخلستان‌های تحت آبیاری قطره‌ای نسبت به سطحی حدود ۱/۱ تن در هکتار بود. یکی از علل افزایش عملکرد محصول در باغات خرما تحت سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری سطحی، کاهش شستشوی کودها و سایر مواد مغذی خاک می‌باشد. بهره‌وری آب آبیاری در سامانه آبیاری قطره‌ای ۰/۶۹ و در آبیاری سطحی ۰/۵۶ کیلوگرم بر مترمکعب بود که به‌طور متوسط ۰/۱۳ کیلوگرم بر مترمکعب تفاوت داشتند. علت افزایش بهره‌وری آب در باغات تحت

سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نسبت به سطحی، افزایش عملکرد محصول و کاهش حجم آب آبیاری در سامانه‌های آبیاری قطره-ای نسبت به آبیاری سطحی است. میانگین سن باغات تحت آبیاری قطره‌ای و سطحی به ترتیب ۳۰ و ۳۳ سال بوده که باغات تحت آبیاری قطره‌ای ۳ سال جوان‌تر از باغات تحت آبیاری سطحی بودند. در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای، تعداد دفعات آبیاری بیشتر و عمق آبیاری هر نوبت کمتر از آبیاری سطحی بود. همین تفاوت‌ها می‌تواند از علل تفاوت در حجم آب آبیاری، عملکرد و بهره‌وری آب در سامانه‌های مختلف آبیاری باشد. همان‌گونه که در جدول ۲ نیز به آن پرداخته شد، در کلیه باغات انتخابی در منطقه کازرون، چه تحت سامانه آبیاری قطره‌ای و چه سطحی، حجم آب آبیاری کمتر از آب موردنیاز بوده و به دلیل عدم اتلاف آب، راندمان آبیاری ۱۰۰ درصد شد؛ اما میانگین کفایت آبیاری کمتر از دو منطقه دیگر بود. میزان شاخص کفایت آبیاری در باغات تحت سامانه آبیاری قطره‌ای و سطحی در منطقه کازرون به ترتیب ۸۷ و ۵۷ درصد بود که حاکی از آن است که باغات تحت سامانه آبیاری قطره‌ای کفایت آبیاری بیشتری داشته‌اند.

جدول ۴- پارامترهای آبیاری و بهره‌وری آب باغات خرما بر اساس نوع سامانه آبیاری در کازرون

نوع سامانه آبیاری	پارامتر	سن درختان باغ سال	عمق آبیاری هر نوبت میلی‌متر	تعداد آبیاری	حجم آب آبیاری مترمکعب در هکتار	نیاز آبخوبی درصد	عملکرد کیلوگرم در هکتار	بهره‌وری آب کیلوگرم بر مترمکعب
	حداقل	۱۸	۵۰	۸	۱۱۲۱۴	۲۳	۶/۰	۰/۴۳
سطحی	حداکثر	۷۰	۱۷۴	۲۸	۱۹۱۵۲	۳۵	۱۰/۲	۰/۶۷
	میانگین	۳۳	۱۱۴	۱۶	۱۵۳۳۳	۲۸	۸/۴	۰/۵۶
	حداقل	۲۵	۲۴	۳۵	۱۲۰۳۸	۶	۷/۹	۰/۶۶
قطره‌ای	حداکثر	۴۰	۴۰	۵۸	۱۵۱۱۷	۱۰	۱۰/۹	۰/۷۲
	میانگین	۳۰	۳۰	۴۸	۱۳۷۵۶	۸	۹/۵	۰/۶۹

مقایسه آب آبیاری با نیاز آبی

قیروکارزین، چهارم و کازرون در سال انجام تحقیق به ترتیب ۴۰۳، ۳۳۹ و ۵۵۰ میلی‌متر بود و در بلند مدت به ترتیب ۲۹۲، ۲۶۵ و ۳۶۲ میلی‌متر است؛ بنابراین می‌توان علت بیشتر بودن نیاز آبی بلندمدت نسبت به یک‌ساله را به تفاوت در میزان بارندگی ربط داد. طبق این جدول، میزان نیاز آبی خالص از سند ملی کمتر از پنمن مانتیث یک‌ساله و ده ساله بوده است. مقادیر نیاز آبی برآورد شده در این تحقیق با نتایج علی حوری و تیشه زن (۱۳۹۲ و ۱۳۹۰)، قزل سفلی و عبدالحسینی (۱۳۹۶) و دانش نیا و رستگار (۱۳۷۸) همخوانی دارد.

در جدول ۵ مقادیر نیاز آبی خالص نخلستان‌ها در مناطق مورد مطالعه از روش‌های مختلف آورده شده است. دلیل اصلی تفاوت نیاز آبی خالص در شهرستان‌های مختلف، تفاوت در پارامترهای اقلیمی از قبیل دما و رطوبت هوا، سرعت باد، میزان بارندگی می‌باشد. در سال انجام تحقیق، میانگین نیاز آبی خالص در سه منطقه ۱۳۴۷۸ مترمکعب در هکتار بود که کمترین نیاز آبی مربوط شهرستان چهارم با ۶۳۱۱ مترمکعب در هکتار و بیشترین نیاز آبی متعلق به شهرستان قیروکارزین با ۲۰۷۷۴ مترمکعب در هکتار بود. میزان بارندگی شهرستان‌های

جدول ۵- مقادیر نیاز آبی خالص خرما در مناطق مورد مطالعه

منطقه	پارامتر	سند ملی	پنمن مانتیث یک‌ساله	پنمن مانتیث ده ساله
چهارم	حداقل	۴۴۷۱	۶۳۱۱	۶۷۹۵
	حداکثر	۱۱۵۰۰	۱۶۲۳۱	۱۷۴۷۷
	میانگین	۷۳۰۷	۱۰۳۱۴	۱۱۱۰۵
کازرون	حداقل	۶۳۱۵	۱۱۲۲۶	۱۱۳۹۴
	حداکثر	۱۰۵۲۶	۱۸۷۱۱	۱۸۹۹۱
	میانگین	۸۸۳۸	۱۵۷۱۱	۱۵۹۴۶
قیروکارزین	حداقل	۷۰۳۷	۱۰۶۴۴	۱۱۱۹۹
	حداکثر	۱۳۷۳۴	۲۰۷۷۴	۲۱۸۵۹
	میانگین	۹۷۰۱	۱۴۶۷۵	۱۵۴۴۱
کل باغات	میانگین	۸۵۲۹	۱۳۴۷۸	۱۴۰۶۲

تفاوت از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار نشد. میزان آب آبیاری به مقدار ۶۷۹ مترمکعب در هکتار از نیاز آبی ناخالص ده ساله کمتر بود که این تفاوت نیز در سطح ۵ درصد معنی‌دار نشد. در مقایسه با سند ملی، میزان آب داده‌شده ۴۸۹۸ مترمکعب در هکتار بیشتر از نیاز آبی ناخالص بود که این تفاوت از نظر آماری در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید.

در جدول ۶ نتیجه بررسی آماری تفاوت میزان آب آبیاری با نیاز آبی ناخالص نخلستان‌ها در مناطق موردبررسی را نشان می‌دهد. اعداد منفی در ستون میانگین تفاوت نشان دهنده این است که میزان آب آبیاری داده‌شده از میزان نیاز آبی ناخالص کمتر بوده است؛ بنابراین در دوره یک‌ساله انجام تحقیق، در شهرستان جهرم، میزان آب آبیاری داده‌شده به میزان ۱۵۸۸ مترمکعب در هکتار بیشتر از نیاز آبی ناخالص بوده که البته این

جدول ۶- نتایج بررسی تفاوت آب آبیاری و نیاز آبی ناخالص باغات خرما بر اساس منطقه

منطقه	پارامتر	میانگین تفاوت	t بحرانی	مقدار t	سطح معنی‌داری
جهرم	آب آبیاری-پنمن ماتیت یک‌ساله	۱۵۸۸	۲/۳۱	۱/۷۰	۰/۱۲۸
	آب آبیاری-پنمن ماتیت ده ساله	۶۷۹	۲/۳۱	۰/۶۸۲	۰/۵۱۵
	آب آبیاری-سندملی	۴۸۹۸	۲/۳۱	۷/۲۲	۰/۰۰۰
کازرون	آب آبیاری-پنمن ماتیت یک‌ساله	-۸۶۳۳	۲/۳۱	-۴/۶۳	۰/۰۰۲
	آب آبیاری-پنمن ماتیت ده ساله	-۹۰۱۴	۲/۳۱	-۴/۷۳	۰/۰۰۱
	آب آبیاری-سندملی	۱۶۰۴	۲/۳۱	۱/۶۸	۰/۱۳۲
قیروکارزین	آب آبیاری-پنمن ماتیت یک‌ساله	۱۹۳۱	۲/۴۵	۲/۵۹	۰/۰۴۱
	آب آبیاری-پنمن ماتیت ده ساله	۱۰۶۲	۲/۴۵	۱/۴۵	۰/۱۹۷
	آب آبیاری-سندملی	۷۴۳۹	۲/۴۵	۸/۰۷	۰/۰۰۰
مجموع شهرستان‌ها	آب آبیاری-پنمن ماتیت یک‌ساله	-۲۰۲۲	۲/۰۶	-۱/۶۰	۰/۱۲۲
	آب آبیاری-پنمن ماتیت ده ساله	-۲۷۰۴	۲/۰۶	-۲/۱۹	۰/۰۳۹
	آب آبیاری-سندملی	۴۴۲۴	۲/۰۶	۶/۵۷	۰/۰۰۰

درصد معنی‌دار نشد. مقایسه آماری کل داده‌های مربوط به آب آبیاری سه شهرستان با نیاز آبی ناخالص از سه روش مختلف نشان داد که به‌طور کلی در دوره یک‌ساله، میزان آب آبیاری حدود ۲۰۰۰ مترمکعب در هکتار کمتر از نیاز آبی ناخالص بوده که این تفاوت از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار نشد. نسبت به نیاز آبی ناخالص در دوره بلندمدت، میزان آب آبیاری حدود ۲۷۰۰ مترمکعب در هکتار کمتر بود که این تفاوت در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. میزان آب آبیاری از نیاز آبی سند ملی حدود ۴۴۰۰ مترمکعب در هکتار بیشتر بود که این تفاوت در

در شهرستان کازرون، در دوره یک‌ساله و بلندمدت، میزان آب آبیاری از نیاز آبی ناخالص، به ترتیب ۸۶۳۳ و ۹۰۱۴ مترمکعب در هکتار کمتر بود که این تفاوت‌ها در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. این تفاوت با استفاده از سند ملی ۱۶۰۴ مترمکعب در هکتار بود که در سطح ۵ درصد معنی‌دار نشد. در شهرستان قیروکارزین، در هر سه سناریوی نیاز آبی، میزان آب آبیاری از نیاز آبی ناخالص بیشتر بود که تفاوت آن با نیاز آبی ناخالص یک‌ساله و سند ملی به ترتیب در سطح ۵ و ۱ درصد معنی‌دار گردید؛ اما تفاوت حجم آب آبیاری با نیاز آبی ناخالص بلندمدت در سطح ۵

را می‌توان به عدم وجود برنامه‌ریزی آبیاری در باغات خرماي انتخای دانست. بررسی‌های محلی و مصاحبه با باغداران نشان داد که در آبیاری نخیلات از هیچ ملاک، شاخص یا برنامه خاصی برای شروع و اتمام آبیاری استفاده نشده و بیشتر بر اساس تجربه و میزان آن در دسترس بوده است. همچنین چون تحویل آب به صورت حجمی انجام نشده، در بعضی از نخلستان‌ها محدودیتی از لحاظ برداشت آب از منابع وجود نداشته است؛ بنابراین تحویل حجمی آب از طریق نصب کنتورهای هوشمند بر روی چاه‌ها، علاوه بر محدود کردن میزان آب در دسترس، می‌تواند باغداران را وادار به اعمال مدیریت و برنامه‌ریزی آبیاری و در نتیجه صرفه‌جویی در مصرف نماید. بالعکس، در نخلستان‌هایی که کم آبیاری صورت گرفته، با برنامه‌ریزی آبیاری می‌توان آب کافی را در زمان نیاز به درختان رسانید و در صورت ناکافی بودن منابع آبی، کم آبیاری را به صورت کنترل شده و با حداقل کاهش محصول انجام داد. در نخلستان‌هایی که با آبیاری سطحی آبیاری می‌شوند، استفاده از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای همراه با برنامه‌ریزی آبیاری می‌تواند بعلت کاهش نیاز آبی ناخالص، باعث کاهش اثر کمبود آب و افزایش عملکرد محصول گردد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این تحقیق میزان عملکرد، آب آبیاری و بهره‌وری آب نخلستان‌ها در سه شهرستان جهرم، قیروکارزین و کازرون که مناطق مهم تولید خرما در استان فارس میباشند، اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد که متوسط میزان بهره‌وری آب آبیاری در استان ۰/۶ کیلوگرم بر مترمکعب بود و از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری بین مناطق مختلف وجود نداشت؛ اما عملکرد و حجم آب آبیاری سه منطقه موردبررسی بعضاً باهم تفاوت معنی‌داری داشت. میانگین عملکرد و حجم آب آبیاری اندازه‌گیری شده در نخلستان‌ها به ترتیب ۸/۹ تن در هکتار و ۱۵۱۱۸ مترمکعب در هکتار بود. در منطقه کازرون که از هر دو سامانه آبیاری قطره‌ای و سطحی برای آبیاری نخلستان‌ها استفاده میشود، نتایج نشان داد در باغات تحت سامانه آبیاری قطره‌ای نسبت به سطحی، میزان آب آبیاری ۱۶۰۰ مترمکعب در هکتار کمتر، میزان عملکرد ۱/۱

سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید. در شهرستان کازرون که بعضی از نخلستان‌ها با آبیاری سطحی آبیاری می‌شدند، میانگین نیاز آبی ناخالص یک‌ساله در سامانه آبیاری قطره‌ای و سطحی به ترتیب ۱۶۲۸۵ و ۲۷۰۶۴ مترمکعب در هکتار بود. مقایسه این اعداد با میانگین حجم آب آبیاری داده شده در این سامانه‌ها (جدول ۴) نشان داد که به ترتیب حدود ۲۵۰۰ و ۱۱۷۰۰ مترمکعب (به ترتیب ۱۵ و ۴۳ درصد)، آبیاری کمتر از نیاز آبی ناخالص انجام شده که باعث شده میزان عملکرد در نخلستان‌های تحت آبیاری سطحی کمتر باشد. این نتایج با نتایج دائودی در تونس همخوانی دارد (Dhaouadi et al., 2021). بیشتر بودن میزان آب آبیاری از نیاز آبی ناخالص در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای (شهرستان‌های جهرم و قیروکارزین) نشان می‌دهد که اگرچه استفاده از این سامانه‌های موجب کاهش آب آبیاری نسبت به آبیاری سطحی شده است، لیکن در باغات تحت سامانه‌های آبیاری قطره‌ای، آب قابل توجهی تلف شده است. البته دلیل اصلی این آبیاری بیش‌ازحد را باید عدم برنامه‌ریزی آبیاری در باغات دانست و نباید مربوط به نوع سامانه آبیاری دانست. مقدار آب آبیاری از نیاز آبی ناخالص در باغاتی که به صورت سطحی آبیاری می‌شدند نیز نشان میدهد که نخلستان‌های تحت آبیاری سطحی در این بررسی، به میزان موردنیاز آب دریافت نموده‌اند. این کم آبیاری می‌تواند به دلیل عدم برنامه‌ریزی آبیاری و ناکافی بودن منابع آبی در دسترس باشد.

نتایج آزمون همبستگی بر روی عوامل مختلف نشان داد که نوع سامانه آبیاری با میزان دبی چاه همبستگی دارد؛ یعنی در باغاتی که دبی منبع آب بیشتر بوده، تمایل به استفاده از آبیاری سطحی بیشتر بوده و بالعکس. در باغات موردبررسی نوع سامانه آبیاری با نیاز آبتشویی نیز همبستگی داشته و در باغاتی از سامانه آبیاری قطره‌ای استفاده شده که نیاز به آبتشویی کمتری بوده است. دبی چاه یا منبع آب با عمق آبیاری همبستگی و با تعداد دفعات آبیاری همبستگی معکوس داشته است. حجم آب آبیاری با عملکرد، بهره‌وری و هر سه سناریوی نیاز آبی همبستگی داشته که البته همبستگی آن با بهره‌وری آب معکوس بوده است. به‌طور کلی دلیل اصلی تفاوت بین حجم آب آبیاری و نیاز آبی ناخالص

خرمای خوزستان. مؤسسه تحقیقات خرما و میوه‌های گرمسیری و حوزه ترویج و نظام بهره‌برداری سازمان جهاد کشاورزی خوزستان.

حسن‌اقلی، ع. و تیشه‌زن، پ. ۱۳۹۵. بررسی وضعیت منابع آب و خاک در نخیلات خوزستان در راستای تداوم بهره‌برداری مناسب و ارتقاء شاخص‌های زیست محیطی. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی مشترک بین‌المللی (در قالب همکاری با سازمان ملل متحد زیر برنامه UNCC). سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

دانش نیا، ع. و رستگار، ح. ۱۳۷۸. تعیین بهترین دور و عمق آبیاری با روش قطره‌ای بر روی نخل شاهانی. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، مرکز تحقیقات کشاورزی استان فارس. دیالمی، ح.، رهنما، ع.ا. و راه‌خدایی، ا. ۱۳۹۷. تأثیر مدیریت مصرف کود و آب بر عملکرد و کیفیت خرماي مجول. نشریه پژوهش‌های خاک، شماره ۳۲(۲): ۱۷۷-۱۸۸.

سرحدی، ج. ۱۳۹۲. نقش مدیریت مصرف آب بر عارضه خشکیدگی خوشه خرما. گزارش نهایی طرح پژوهشی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان.

سلامتی ن. و دهقانی‌سانبج، ح. ۱۳۹۶. اثر مقادیر مختلف آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بر عملکرد کمی و کیفی دو رقم خرماي کیکاب و زاهدی. تحقیقات آب‌و خاک ایران، ۴۸(۳): ۵۵۳-۵۴۳.

شاهرخ نیا، م.ع.، ناصری، ا. و عباسی، ف. ۱۴۰۰. تعیین میزان آب کاربردی و بهره‌وری آب در باغات سیب استان فارس. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۱۵(۴): ۹۳۱-۹۴۰. شاهرخ نیا، م.ع. و باغانی، ج. ۱۴۰۰. بررسی میزان آب کاربردی و بهره‌وری آب مزارع سیب‌زمینی در شرایط زارعین استان فارس. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۱۵(۳): ۶۲۴-۶۳۵.

تن در هکتار بیشتر و در نتیجه میزان بهره‌وری آب آبیاری نیز به میزان ۰/۱۳ کیلوگرم بر مترمکعب بیشتر بود. در بعضی از شهرستان‌ها تفاوت حجم آب آبیاری با هر یک از سه سناریوی نیاز آبی ناخالص یک‌ساله، بلندمدت و سند ملی آب معنی‌دار و در بعضی معنی‌دار نبود؛ اما تحلیل آماری مجموع باغات موردبررسی نشان داد که به‌طور متوسط حجم آب آبیاری داده‌شده از نیاز آبی ناخالص یک‌ساله حدود ۲۰۰۰ مترمکعب در هکتار کمتر بود که این تفاوت در سطح ۵ درصد معنی‌دار نشد. لیکن حجم آب آبیاری ۲۷۰۰ مترمکعب در هکتار کمتر از نیاز آبی ناخالص بلندمدت و ۴۴۰۰ مترمکعب در هکتار بیشتر از نیاز آبی ناخالص بر اساس سند ملی آب بودند که این تفاوت‌ها به ترتیب در سطح ۵ و ۱ درصد معنی‌دار شدند. بیشتر بودن نیاز آبی بلندمدت نسبت به نیاز آبی یک‌ساله به دلیل وقوع بارندگی بیشتر در سال انجام تحقیق بود. نتایج یکی از مناطق نشان داد که تفاوت قابل توجهی بین مقادیر عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و سطحی مشاهده گردید. البته تجهیز باغات به سامانه‌های نوین آبیاری به‌تنهایی کافی نیست. لذا پیشنهاد می‌گردد به‌منظور حصول بیشترین میزان محصول و بهره‌وری آب و همچنین حفظ منابع آب زیرزمینی، تحویل حجمی آب و برنامه‌ریزی آبیاری نخلستان‌ها توجه جدی شود. با توجه به تغییرات بارندگی در سالهای مختلف، بهتر است که برای به دست آوردن نتایج دقیق‌تر، پژوهش‌های مشابه در سالهای آتی انجام شود.

منابع

احمدی، ک.، عبادزاده، ح.، حاتمی، ف.، حسین‌پور، ر. و عبدشاه، ه. ۱۳۹۹. آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۸؛ جلد سوم: محصولات باغبانی. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. بی‌نام. ۱۳۹۷. تفاهم‌نامه سند بهره‌وری آب کشاورزی (افق ده-ساله). وزارت جهاد کشاورزی، اتاق بازرگانی. صنایع، معادن و کشاورزی ایران. پژمان، ح.، تراهی، ع. و نیکبخت، پ. ۱۳۸۶. اطلس مصور ارقام

سراسری محیط‌زیست، انرژی و منابع طبیعی پایدار. تهران. ۱۱

کاغذچی، ا.، هاشمی شاهدانی، س.م.، روزبهانی، ع. و بنی حبیب م.ا. ۱۳۹۹. ارزیابی عملکرد سامانه تحویل و توزیع آب کشاورزی از دیدگاه کفایت، راندمان و عدالت توزیع آب (مطالعه موردی: شبکه آبیاری رودشت اصفهان). مجله علوم آب‌و خاک. ۲۴ (۳): ۸۱-۶۵

محبی، ع. و علی‌حوری، م. ۱۳۹۲. اثر عمق و روش آبیاری بر میزان بهره‌وری، عملکرد و صفات رویشی نخل پیارم. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۲۷(۴): ۴۶۴ - ۴۵۵

مرادی دالینی، ا.، صالح، ج.، کرمی، ی. و مقیمی، ا. ۱۳۸۴. تعیین نیاز آبی خرما در منطقه حاجی‌آباد هرمزگان. خلاصه مقالات اولین جشنواره و همایش بین‌المللی خرما، ۲۹-۳۰ آبان‌ماه، بندرعباس. صفحات: ۵۵-۵۴

مستعان، ا.، لطیفیان، م.، تراهی، ع.، امانی، م.، محبی، ع. و علی‌حوری، م. ۱۳۹۶. راهنمای فنی کاشت، داشت و برداشت خرما. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، معاونت آموزش و تجهیز نیروی انسانی، نشر آموزش کشاورزی.

معروف پور، ع.، وطن‌خواه، ح. و یهزادی‌نسب، م. (۱۳۹۵). ارزیابی راندمان سیستم آبیاری نواری در برخی مزارع دشت زرينه‌رود میان‌دواب. نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران. ۱۷(۱): ۸۳-۹۶

نائینی، م.، لیاقت، ع. و نظری، ب. ۱۳۹۷. ارزیابی سامانه‌های آبیاری نخلستان‌های بوشهر و تعیین مناسب‌ترین سامانه با استفاده از روش AHP. مدیریت آب و آبیاری. ۸ (۲): ۲۱۱-۲۲۵

نوروزی، م. و زلفی باوریانی، م. ۱۳۸۹. تعیین آب موردنیاز خرما در روش آبیاری قطره‌ای در استان بوشهر. مجله پژوهش آب در کشاورزی. ۲۴(۱): ۳۰-۲۱

Abdul-Salam, M. and Al-Mazrooei, S. 2006. Crop water and irrigation water requirements of date palm in the loamy sand soil of Kuwait. P: 309-315, In: A. Zaid et al., (eds). Proceedings of the Third International Date Palm Conference, ActaHort 736, ISHS 2007.

شاهرخ نیا، م.ع. ۱۳۹۹. معرفی و بررسی شاخص مجموع عملکرد تحویل آب در شبکه آبیاری و زهکشی درودزن. مجله تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی، ۲۱(۷۹): ۱۰۹-۱۲۶

شاهرخ نیا، م.ع. و علیان غیائی، ا. ۱۳۹۷. بررسی عملکرد تحویل آب در شبکه آبیاری درودزن در دو نیاز آبی مختلف. مجله تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی. ۱۹(۷۰): ۱۲۷-۱۴۲

عباسی، ف.، سهراب، ف. و عباسی، ن. ۱۳۹۵. ارزیابی وضعیت راندمان آب آبیاری در ایران. مجله تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی. ۱۷ (۶۷): ۱۲۸-۱۱۳

علی‌حوری، م. و تیشه‌زن، پ. ۱۳۹۲. مدیریت مصرف آب و ارتقای راندمان آبیاری در نخلستان‌ها. نشریه ترویجی، مؤسسه تحقیقات خرما و میوه‌های گرمسیری کشور، اهواز.

علی‌حوری، م. و تیشه‌زن، پ. ۱۳۹۰. برنامه راهبردی بخش خرما در کشور (زیربرنامه آبیاری). انتشارات کردگار، اهواز. علیزاده، ا. ۱۳۸۷- الف. رابطه آب‌و خاک و گیاه (چاپ هشتم). دانشگاه امام رضا (ع)، مشهد.

علیزاده، ا. ۱۳۸۷- ب. زهکشی اراضی (چاپ هفتم). دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد.

غفاری‌نژاد، ع. و احسانی، ا. ۱۳۸۰. تعیین بهترین دور و عمق آبیاری نخل مضافتی به روش قطره‌ای. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، مرکز تحقیقات کشاورزی جیرفت و بم.

فرزام‌نیا، م. ۱۳۸۲. تأثیر کم‌آبیاری روی درختان مثمر خرماي مضافتی تحت روش آبیاری سطحی در منطقه بم. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

فرشی، ع.ا.، خیرابی، ج.، سیادت، ح.، میرلطیفی، م.، دربندی، ص.، سلامت، ع. ر.، انتصاری، م. ر. و سادات میرئی، م. ح. ۱۳۸۲. مدیریت آب آبیاری در مزرعه. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، شماره انتشار ۷۶.

قزل‌سفلی، ف. و عبدالحسینی، م. ۱۳۹۶. بررسی نیاز آبی و وضعیت کشت نخل خرما در جزیره قشم. هفتمین همایش

- Guidelines for design and operation of irrigation systems under saline and arid conditions. <http://www.wstw-gcc.org/includes/gwc-5th/paper/papers/B2-htm>.
- Hussein, F. and Hussein, F.A. 1983. Effect of irrigation on growth, yield and fruit quality of dry dates grown at Aswan. Proceeding of the First Symposium on the Date Palm in Saudi Arabia. Al-Hassa, Saudi Arabia, King Faisal University, pp 168-173.
- Mass, E.V. and Hoffman, G.J. 1977. Crop salt tolerance current assessment. Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE. 103: 115-134.
- Molden, D.J. and Gates, T.K. 1990. Performance measures for evaluation of irrigation- water-delivery system. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 116(6): 804-823.
- Zhen, J., Lazarovitch, N. and Tripler, E. 2020. Effects of fruit load intensity and irrigation level on fruit quality, water productivity and net profits of date palms. Agricultural Water Management. 241: 106385.
- Allen, R.G, Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirement. FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 56. FAO, Rome, Italy, 300 pp.
- Alnaim, M.A., Mohamed, M. S., Mohammed, M., and Munir, M. 2022. Effects of automated irrigation systems and water regimes on soil properties, water productivity, yield and fruit quality of date palm. Agriculture. 12: 343.
- Al-Rawi, A.A.H. and Al-Mohemdy, A.F. 2010. Effect of water quality on the growth and yield of date palm (*Phoenix dactylifera*. L.). <http://www.pubhort.org/datepalm/datepalm2/datepalm2-13.pdf>.
- Dhaouadi, L., Besser, H., Karbout, N., Al-Omran, A., Wassar, F., Wahba, M.S., Yaohu, K., Hamed, Y. 2021. Irrigation water management for sustainable cultivation of date palm. Applied Water Science. 11: 171.
- FAOSTAT. 2018. Agriculture data available on <http://apps.fao.org>.
- Hashim, M.A. and Abdulmalik, A.H. 2002.

Investigation of Irrigation Water Volume and Water Productivity of Date in Fars Province

M.A. Shahrokhnia^{*1} A. Hassanoghli² and F. Abbasi³

Abstract

Knowing the volume of irrigation water in the agricultural sector can lead to better management of water resources and increase water productivity in farms and gardens. So far, few scientific studies have been conducted on the irrigation situation of date palms in Iran, especially in Fars province, which is one of the important areas of date production in this country. In this study, fruit yield, irrigation water, water productivity and the difference between irrigation water and gross water requirement in a number of date palm trees in Fars province were measured and studied. This study was conducted in three main areas of date production in Fars province (Jahrom, Qhir-Karzin and Kazerun). 30 orchards were selected and yield, irrigation water, water productivity were measured during 2019-2020. The three scenarios of water requirement, National Water Document, water requirement by Penman-Montieth method in the year of research and water requirement by Penman-Montieth method were considered based on long-term meteorological data for selected orchards. Irrigation water of date palms was compared with gross water requirement by t-test in different regions. The results showed that the average yield, irrigation water volume and water productivity of the studied date palms during one year were 8.9 t/ha, 15118 m³/ha and 0.60 kg/m³, respectively. The difference in irrigation water productivity in the study areas was not statistically significant, but the difference in yield and volume of irrigation water in the study areas was significant. In general, the volume of irrigation water for date palms in the study areas was less than the annual and long-term gross water requirement and more than water requirement based on the National Water Document. The average irrigation efficiency and adequacy in the studied orchards were 91% and 86%, respectively.

Keywords: Crop water requirement, Date fruit yield, Irrigation adequacy, Irrigation efficiency, Irrigation system

¹Associate Professor, Agricultural Engineering Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran. (*Corresponding Author, Email: mashahrokh@yahoo.com)

²Associate Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

³Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Received: 12 Mar 2022

Accepted: 21 Jun 2022

