

مقاله پژوهشی

تعیین میزان آب کاربردی و بهره‌وری آب در کانون‌های تولید لیموشیرین در کشور

محمدعلی شاهرخ‌نیا^{۱*}، فریبرز عباسی^۲، ابوالفضل ناصری^۳، سید ابراهیم دهقان‌یان^۴، امیر اسلامی^۵ و اسحاق زارع مهرانی^۶

چکیده

لیموشیرین یکی از محصولات مهم باغی در جنوب کشور است. اطلاع از وضعیت آبیاری باغ‌های لیموشیرین می‌تواند به بهبود وضعیت آبیاری و بهره‌وری آب آبیاری در آن‌ها کمک کند. در این بررسی میدانی، حجم آب آبیاری و عملکرد لیموشیرین در ۶۷ باغ در استان‌های فارس و هرمزگان اندازه‌گیری شد. برای بررسی آماری عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب در تولید لیموشیرین از تحلیل واریانس استفاده شد. نتایج تحقیق نشان داد تفاوت عملکرد، حجم آب آبیاری و شاخص‌های بهره‌وری آب در استان‌های یادشده معنی‌دار است. میانگین وزنی عملکرد لیموشیرین در کشور ۲۲/۳ تن در هکتار و میانگین وزنی حجم آب آبیاری و حجم آب کاربردی به ترتیب ۱۴۱۹۲ و ۱۵۱۴۴ مترمکعب در هکتار به دست آمد. میانگین وزنی بهره‌وری آب آبیاری ۱/۷۰ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد شد. میانگین وزنی بهره‌وری آب کل (آبیاری + بارش مؤثر درازمدت) ۱/۴۷ کیلوگرم بر مترمکعب و بهره‌وری آب کل (آبیاری + بارش مؤثر سال جاری) ۱/۶۰ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد شد. به‌طور کلی عمق آب آبیاری لیموشیرین از نیاز آبی ناخالص یک‌ساله ۱ درصد کمتر و از نیاز آبی ناخالص بلندمدت در کشور ۱۷ درصد بیشتر بود. افزایش شوری آب آبیاری و خاک باعث افزایش میزان آب آبیاری و کاهش عملکرد و بهره‌وری آب شده است. افزایش سطح سواد و پیشرو بودن باغداران باعث افزایش عملکرد و بهره‌وری آب شده است. باغات لیموشیرین دارای خاک با بافت سبک، عملکرد و بهره‌وری آب بیشتر و آب آبیاری کمتری داشته‌اند.

واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای، حجم آب آبیاری، عملکرد لیموشیرین

ارجاع: شاهرخ‌نیا م.ع. عباسی ف. ناصری ا. دهقان‌یان ا. اسلامی ا. و زارع مهرانی ا. ۱۴۰۳ تعیین میزان آب کاربردی و بهره‌وری آب در کانون‌های تولید لیموشیرین در کشور. مجله پژوهش آب ایران. ۵۳: ۹۵-۱۰۵. <https://dx.doi.org/10.22034/IWRJ.2024.14732.2594>

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.
۲- استاد پژوهش موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۳- دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران.

۴- مربی 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.
۵- استادیار 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.
۶- کارشناس ارشد، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران.

* نویسنده مسئول: mashahrokhi@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۱۴

مقدمه

به‌منظور برنامه‌ریزی و افزایش بهره‌وری آب در بخش کشاورزی، باید از میزان آب کاربردی در محصولات مختلف اطلاعات کافی داشت. آب کاربردی را می‌توان مجموع آب آبیاری و بارندگی مؤثر دانست. باتوجه به اهمیت محصول لیموشیرین در کشور و بررسی‌های اندک انجام‌شده در زمینه آبیاری این محصول، تعیین آب کاربردی و بهره‌وری آن در کانون‌های تولید این محصول، می‌تواند به ارتقای مدیریت آبیاری آن کمک کند.

براساس اطلاعات سازمان خواربار و کشاورزی جهانی (فائو)، سطح زیرکشت مرکبات در جهان ۹/۳ میلیون هکتار و تولید سالیانه آن ۱۳۲ میلیون تن است. ایران دارای رتبه نهم جهانی تولید لیمو است (Faostat, 2019). سطح زیرکشت لیموشیرین در سال ۱۳۹۰ حدود ۱۸۰۰۰ هکتار بوده که تا سال ۱۳۹۵ حالت افزایشی داشته و به حدود ۱۹۰۰۰ هکتار رسیده است. از سال ۱۳۹۶ به بعد روند کاهشی داشته تا اینکه در سال ۱۳۹۹ به ۱۷۵۰۰ هکتار رسیده است. میزان عملکرد محصول لیموشیرین در کشور در ده سال اخیر روند افزایشی داشته و از حدود ۲۴ به حدود ۳۷ تن در هکتار رسیده است. از دلایل این افزایش عملکرد می‌توان به افزایش آموزش و ترویج، و آشنایی باغداران با روش‌های داشت و تغذیه درختان اشاره کرد. در همین مدت، میزان تولید محصول لیموشیرین از ۴۳۵ هزار تن به ۶۵۰ هزار تن رسیده و از سال ۱۳۹۵ تاکنون تقریباً ثابت بوده است (Ahmadi et al., 2021).

استفاده از سامانه‌های آبیاری سطحی، بارانی و قطره‌ای برای آبیاری درختان لیمو نشان داد که در روش آبیاری قطره‌ای، نسبت به روش آبیاری سطحی و بارانی، به‌ترتیب به میزان ۳۰ و ۱۰ درصد آب کمتری مصرف می‌شود. همچنین بررسی‌ها نشان داد که باید برای لیموشیرین ضریب ۷۵ درصد تبخیر از تشک کلاس A در نظر گرفته شود (Rastegar and Shahrokhnia, 1998). بررسی‌هایی برای تعیین نیاز آبی درختان لیموشیرین براساس میزان تبخیر از تشک کلاس A در منطقه جهرم منتج به تهیه جداول تعیین نیاز آبی برای این درختان شد (Daneshnia et al., 1992). همچنین میزان تبخیر-تعرق، ضریب گیاهی و رابطه تبخیر-تعرق با اختلاف دمای پوشش سبز گیاه و دمای هوا برای لیموشیرین در منطقه

جهرم ارائه شده است (Sepaskhah and Kashefipour, 1995). میزان حجم تعرق درختان لیمو در دره اردن در دو سال پیاپی، ۵۱۷۰ و ۵۹۱۰ مترمکعب در هکتار گزارش شده است (Abu-Awwad, 2001). میزان آب خالص مورد نیاز درختان لیمو در جنوب اسپانیا حدود ۵۵۷۰ مترمکعب در هکتار و بهره‌وری آب ۸ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد شده است. با کاهش میزان آب آبیاری به ۲۹۹۰ و ۳۳۷۰ مترمکعب در هکتار، میزان بهره‌وری آب به‌ترتیب به ۱۴/۶ و ۱۰/۴ کیلوگرم بر مترمکعب رسید (Perez-Perez et al., 2012). در اسپانیا Robles et al. (2016) آب آبیاری درختان لیمو را براساس ۸۰ درصد رطوبت در دسترس گیاه تعیین و اعمال کردند. میزان بهره‌وری آب در دو سال پیاپی در سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ۱۰ و ۱۱/۲ کیلوگرم بر مترمکعب و در سامانه قطره‌ای سطحی ۷/۹ و ۱۰ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمد. دو روش آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی توسط Martinez-Gimeno et al. (2017) برای مرکبات در اسپانیا بررسی و به این نتیجه رسیدند که آبیاری قطره‌ای زیرسطحی باعث صرفه‌جویی در مصرف آب به میزان ۱۴ تا ۱۱/۵ درصد نسبت به روش قطره‌ای سطحی می‌شود. حد بحرانی شوری آب آبیاری برای مرکبات ۱۲۰۰ تا ۱۳۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر بوده و در شوری‌های بالاتر دچار آسیب و افت عملکرد کمی و کیفی خواهد شد. با توجه به پارامترهای مختلف اقلیمی، تغذیه‌ای و آبیاری باغ‌ها و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها، آب‌های با شوری بیش از ۱۸۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر نباید برای آبیاری این باغ‌ها استفاده شود (Sarhaddi and Sharif, 2017). میزان آب آبیاری باغ‌های مرکبات مناطق جنوبی کشور بین ۸۰۰۰ تا ۱۱۰۰۰ مترمکعب در هکتار گزارش شده است (Ahmadpur an Soleimani, 2017). کم‌آبیاری مرکبات به اندازه ۸۰ درصد نیاز آبی در کرمان سبب ۱۷ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب بدون کاهش عملکرد شد. در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، علاوه بر ۱۰ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب، اندازه میوه و بهره‌وری آب، نسبت به آبیاری قطره‌ای سطحی، بیشتر شد (Moghbeli-Damaneh et al., 2017). نتایج تحقیق روی مرکبات در جنوب استان کرمان نشان داد که کم‌آبیاری براساس ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه همراه با آبیاری

بررسی تحقیقات گذشته نشان می‌دهد در دنیا اطلاعات زیادی در خصوص آبیاری مرکبات منتشر شده است، اما درخصوص آبیاری درختان لیمو و به‌ویژه لیموشیرین تحت مدیریت بهره‌برداران، تحقیقات اندکی در دسترس است. در ایران نیز بررسی‌ها در خصوص مدیریت آبیاری باغات لیموشیرین کم است؛ بنابراین اندازه‌گیری و بررسی حجم آب کاربردی و بهره‌وری آب درختان لیموشیرین در کانون‌های تولید آن در کشور، برای برنامه‌ریزی‌های استانی و ملی تولید این محصول ضروری است.

مواد و روش‌ها

در این بررسی، بهره‌وری آب، حجم آب کاربردی و حجم آب آبیاری داده‌شده توسط باغداران لیموشیرین برای تولید محصول طی یک سال اندازه‌گیری شد. حجم آب کاربردی از مجموع حجم آب آبیاری و بارندگی مؤثر به‌دست می‌آید. در این تحقیق ابتدا براساس آخرین آمارنامه منتشرشده در وزارت جهاد کشاورزی، استان‌هایی که بیشترین سطح زیرکشت لیموشیرین در کشور را داشتند (فارس و هرمزگان) به‌عنوان مناطق اجرای پژوهش انتخاب شدند. دو استان انتخابی حدود ۹۱ درصد سطح زیر کشت باغ‌های لیموشیرین بارور کشور را دربرمی‌گیرند. در استان هرمزگان شهرستان‌های رودان و میناب و در استان فارس شهرستان‌های جهرم، قیروکارزین، لارستان، داراب، کازرون، فراهیند و مهر انتخاب شدند.

شرایط باغ‌های انتخابی در هر استان در جدول ۱ آورده شده است. باغ‌های موردنظر در شهرستان‌ها با کمک کارشناسان جهاد کشاورزی شناسایی و انتخاب شدند. باغ‌ها به گونه‌ای انتخاب شدند که تنوع در عوامل مختلف از جمله روش آبیاری، بافت خاک و کیفیت آب آبیاری را پوشش دهند. باغ‌های لیموشیرین منتخب در یک سال (۱۳۹۹-۱۴۰۰) از نظر آبیاری پایش شدند. عملکرد محصول در سه سال متوالی اخذ و از میانگین آن‌ها در تجزیه و تحلیل‌ها استفاده شد. برخی دیگر از مشخصات عمومی باغ‌ها مانند مساحت، موقعیت دقیق جغرافیایی، روش آبیاری و مشخصات بهره‌برداران یادداشت‌برداری شد. دامنه مساحت باغ‌های انتخابی ۰/۴ تا ۳۰ هکتار و

زیرسطحی عمقی، علاوه بر ۳۴ درصد کاهش مصرف آب، از لحاظ خصوصیات رویشی و عملکرد محصول نیز اختلاف معنی‌داری با آبیاری کامل تحت سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی نداشت؛ اما کم‌آبیاری در شرایط آبیاری قطره‌ای سطحی به دلیل تلفات بیشتر آب، گیاه را با تنش مواجه کرده و سبب کاهش عملکرد محصول شد. آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در عمق ۵۰ سانتی‌متری با جلوگیری از تبخیر آب و توزیع مناسب رطوبت در محیط ریشه با ۲۰ درصد سطح سایه‌انداز بیشتر و ۲۸ درصد عملکرد محصول بیشتر، نسبت به روش آبیاری قطره‌ای سطحی، بیشترین عملکرد مرکبات را نشان داد (Moghbali-Damaneh et al., 2018). نیاز آبی مرکبات در منطقه میناب براساس روش پنمن مانیتیت حدود ۱۰۷۵ میلی‌متر گزارش شد. میزان مصرف آب درختان لیمو تحت سامانه آبیاری قطره‌ای در شهرستان میناب حدود ۱۳۸۰۰ مترمکعب در هکتار برآورد شد. میزان بهره‌وری آب درختان لیمو حدود ۰/۴ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد شد که با کاهش ۵۰ درصدی در مصرف آب، میزان بهره‌وری آب تا حدود ۰/۷۳ کیلوگرم بر مترمکعب قابل‌افزایش است (Karami, 2020). در تحقیقی مقادیر آب کاربردی و بهره‌وری آب باغات لیموترش در کشور بررسی و میانگین حجم آب آبیاری و حجم آب کاربردی به ترتیب ۱۱۹۳۸ و ۱۲۹۹۳ مترمکعب در هکتار و میانگین بهره‌وری آب آبیاری ۱/۹۴ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شد. میانگین عمق آب آبیاری لیموترش در کشور به ترتیب ۱۷ و ۱ درصد از نیاز آبی ناخالص در سال انجام تحقیق و در بلندمدت کمتر بود (Shahrokhnia et al., 2022). در باغات لیموشیرین استان فارس با افزایش سن درختان، میزان عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب افزایش یافته است. با افزایش شوری آب، عملکرد و حجم آب آبیاری تغییر محسوسی نداشته، اما بهره‌وری آب کاهش یافته است. همچنین شهرستان داراب و قیر و کارزین به ترتیب با ۱۷۰۰۰ و ۱۳۰۰۰ مترمکعب در هکتار، بیشترین و کمترین میزان آب آبیاری را داشته‌اند. بیشترین و کمترین میزان بهره‌وری آب آبیاری مربوط به شهرستان‌های لار و کازرون با ۱/۷۲ و ۰/۹۸ کیلوگرم بر مترمکعب بوده است (Shahrokhnia et al., 2023).

همه باغ‌های انتخابی مجهز به سامانه آبیاری قطره‌ای بودند.

جدول ۱- مساحت و تعداد باغ‌های انتخابی لیموشیرین در

استان‌های مختلف			
استان	تعداد باغ‌های انتخابی	دامنه مساحت باغ‌ها (هکتار)	میانگین مساحت باغ‌ها (هکتار)
فارس	۵۲	۰/۴ تا ۳۰	۳/۶
هرمزگان	۱۵	۱ تا ۷	۲/۷

در هر یک از باغ‌های منتخب، به دلیل احتمال تغییرات دبی آب در فصل آبیاری و افزایش دقت اندازه‌گیری، مقدار دبی سه مرتبه با کنتور واسنجی‌شده اندازه‌گیری شد. پس از تعیین دبی آب ورودی به باغ، با پایش دقیق برنامه آبیاری (زمان آبیاری، دور آبیاری، تعداد دفعات آبیاری در دوره رشد) و همچنین اندازه‌گیری سطح زیرکشت محصول و حجم آب آبیاری درختان لیموشیرین در هریک از باغ‌ها اندازه‌گیری شد. با توجه به احتمال تغییر عملکرد محصول در سال‌های مختلف، از میانگین عملکرد در ۳ سال اخیر در تجزیه و تحلیل‌ها استفاده شد. با ضرب دبی در مدت زمان کل آبیاری در طول فصل، حجم آب آبیاری به دست آمد. در هریک از باغ‌ها مواردی مانند بافت خاک، هدایت الکتریکی آب آبیاری و خاک نیز در عمق‌های صفر تا ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری خاک در سطح سایه‌انداز درختان اندازه‌گیری شد.

میزان تبخیر-تعرق در باغ‌های لیموشیرین هر منطقه با استفاده از داده‌های هواشناسی نزدیک‌ترین ایستگاه به منطقه اجرای تحقیق، در دوره ۱۰ ساله اخیر (۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰) و سال اجرای تحقیق (۱۳۹۹-۱۴۰۰) با استفاده از روش پنمن مانیتث محاسبه شد. نتایج به دست آمده با نیاز خالص آبیاری محاسبه شده و مقادیر ارائه شده در سند ملی آب (نرم‌افزار NETWAT) مقایسه شد. درصد آب مورد نیاز برای آبخوبی باغ‌های مورد مطالعه براساس نشریه فائو ۲۶ برای آبیاری قطره‌ای از رابطه (۱) تعیین شد.

$$LR = 100 \left(\frac{ECw}{2MaxECe} \right) \quad (1)$$

که در آن، ECw هدایت الکتریکی آب آبیاری، ECe آستانه تحمل محصول که برای مرکبات ۱/۷ دسی‌زیمنس بر متر و $MaxECe$ شوری با عملکرد صفر است که برای مرکبات ۸ دسی‌زیمنس بر متر است (Farshi et al., 2003). برای مقایسه عملکرد، حجم آب آبیاری و شاخص بهره‌وری آب در تولید لیموشیرین در مناطق مورد نظر از تحلیل واریانس استفاده و نظر به ماهیت اندازه‌گیری‌ها، هر باغ به عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد. محدوده سنی باغ‌های انتخابی بین ۴ تا ۱۵ سال بود. برای بررسی کفایت تعداد باغ‌ها برای اندازه‌گیری حجم آب آبیاری و عملکرد لیمو از رابطه (۲) استفاده شد (Sarmad et al., 2019).

$$n = \frac{z^2 \sigma^2}{(\bar{x} - \mu)^2} \quad (2)$$

که در آن: n تعداد اندازه‌گیری‌های لازم برای تحلیل واریانس عملکرد و حجم آب آبیاری در تولید لیموشیرین در استان‌ها؛ z برای سطح اعتماد ۹۵ درصد برابر با ۱/۹۶ در نظر گرفته شد؛ σ^2 واریانس جمعیت؛ و $\bar{x}$ میانگین اندازه‌گیری‌هاست. شاخص بهره‌وری آب از نسبت مقدار عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار) به حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار) طبق رابطه (۳) به دست آمد:

$$WP = \frac{CY}{CW} \quad (3)$$

که در آن WP بهره‌وری آب در تولید لیموشیرین (کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری در فصل رشد)، CY عملکرد لیموشیرین (کیلوگرم در هکتار در سال)، و CW حجم آب آبیاری در تولید لیموشیرین (مترمکعب در هکتار در سال) است.

برای برآورد شاخص بهره‌وری آب و بارش مؤثر، از نسبت مقدار عملکرد لیموشیرین (کیلوگرم در هکتار) به حجم آب آبیاری + بارش مؤثر (مترمکعب در هکتار) استفاده شد. میزان بارش مؤثر نیز به روش سرویس حفاظت خاک اداره کشاورزی آمریکا از رابطه‌های (۴) و (۵) برآورد شد (Farshi et al., 2003). در این رابطه‌ها R_e و R به ترتیب باران مؤثر و باران به میلی‌متر هستند.

موضوع، برای هر عامل، ارقام عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب آبیاری به‌صورت نزولی مرتب و گروه‌بندی شدند. پس از آن میانگین مقادیر عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب آبیاری در هر گروه محاسبه و بررسی شد.

نتایج و بحث

خلاصه شاخص‌های آماری اندازه‌گیری‌ها شامل: میانگین، انحراف معیار و تعداد داده‌های لازم و اندازه‌گیری‌شده برای حجم آب کاربردی و عملکرد لیموشیرین در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به اینکه تنوع در اقلیم، مدیریت زراعی، بافت خاک، نیاز آبی و... موجب افزایش واریانس داده‌های اندازه‌گیری می‌شود، در این تحقیق انتظار می‌رفت ضریب تغییرات و واریانس داده‌ها زیاد باشد؛ بنابراین سعی شد تعداد اندازه‌گیری‌های عملکرد، حجم آب آبیاری تا حد امکان زیاد باشد تا نتایج قابلیت اعتماد باشند. تعداد اندازه‌گیری‌های انجام‌شده در این پژوهش خیلی بیشتر از تعداد اندازه‌گیری‌های لازم بود (جدول ۲). تحلیل واریانس عملکرد محصول لیموشیرین در استان‌های مورد نظر نشان داد که تفاوت عملکرد محصول در استان‌های یادشده در سطح ۱ درصد معنی‌دار است.

جدول ۲- میانگین، انحراف معیار و کفایت اندازه‌گیری‌ها در باغات تولید لیموشیرین

شاخص آماری	عملکرد لیموشیرین (تن در هکتار)	حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)	حجم آب کاربردی (مترمکعب در هکتار)
میانگین (حسابی)	۲۲/۸	۱۴۰۰۲	۱۴۹۰۸
انحراف معیار	۸/۰	۳۲۸۷	۳۴۴۰
تعداد اندازه‌گیری لازم	۴۸	۲۱	۲۰
تعداد اندازه‌گیری‌های انجام‌شده	۶۱	۶۶	۶۶

جدول ۳ میانگین عملکرد لیموشیرین، حجم آب آبیاری و حجم آب کاربردی در دو استان اصلی تولید این محصول را نشان می‌دهد. میانگین عملکرد در استان فارس ۲۰/۱ تن در هکتار و در استان هرمزگان ۳۴/۱ تن در هکتار بود.

$$Re = R \frac{(125-0.2R)}{125} \quad R < 250 \text{ mm} \quad (۴)$$

$$Re = 125 + 0.1R \quad R > 250 \text{ mm} \quad (۵)$$

از اطلاعات هواشناسی شامل متوسط روزانه مقادیر دمای حداکثر و حداقل هوا، رطوبت نسبی حداکثر و حداقل هوا، سرعت باد (متر بر ثانیه) و تعداد ساعات آفتابی در شبانه‌روز در دوره آماری ۱۰ ساله اخیر برای برآورد تبخیر-تعرق مرجع استفاده شد. تبخیر-تعرق گیاه مرجع (ET_o) با استفاده از نرم‌افزار ET_o-Calculator در مناطق به روش پنمن مانیتث فائو برآورد شد. عمق تبخیر-تعرق پتانسیل درخت لیمو (ET_c) در مناطق منتخب با استفاده از رابطه (۶) برآورد شد. مقادیر ضریب گیاهی (K_c) برای هر مرحله رشد براساس نشریه فائو ۵۶ انتخاب شد (Allen et al., 1998).

$$ET_c = K_c \times ET_o \quad (۶)$$

برای تأمین نیاز آبی گیاه، حجم آب آبیاری باید در حد نیاز آبی ناخالص باشد. اگر میزان آب آبیاری از نیاز آبی ناخالص بیشتر باشد، اتلاف آب یا آبیاری بیش از اندازه به‌وقوع پیوسته است. اگر میزان آب آبیاری از نیاز آبی ناخالص کمتر باشد، مزرعه یا باغ کم‌آبیاری شده که ممکن است باعث کاهش کمی و کیفی محصول تولیدی شود. به‌منظور مقایسه بین میزان آب داده‌شده توسط باغداران و نیاز آبیاری باغ‌های لیموشیرین انتخابی، ابتدا نیاز خالص آبیاری باغ‌ها (ET_c) با استفاده از سند ملی و داده‌های هواشناسی ده ساله اخیر و در سال اجرای تحقیق برای هر منطقه محاسبه و پس از آن با تقسیم نیاز آبیاری خالص بر راندمان آبیاری، میزان نیاز ناخالص آبیاری برای هر استان تعیین شد. در این بررسی با توجه به توصیه‌ها و تحقیقات مشابه قبلی، راندمان سامانه‌های آبیاری قطره‌ای به میزان ۹۰ درصد در نظر گرفته شد (Bjornberg, 2013; Shahrokhnia et al., 2022; Shahrokhnia et al., 2023). بعضی از عوامل مانند شوری آب، شوری عصاره خاک، سن درختان، بافت خاک، سطح سواد کشاورزان و نوع بهره‌بردار (پیشرو بودن یا معمولی بودن) ممکن است بر میزان عملکرد، حجم آب آبیاری و درنهایت بهره‌وری آب تأثیرگذار باشد. در این پژوهش، برای بررسی این

تفاوت بهره‌وری کل آب یک‌ساله نیز در استان‌های یادشده در سطح احتمال کمتر از یک درصد معنی‌دار بود. میانگین بهره‌وری کل آب یک‌ساله (براساس اطلاعات بارندگی در سال انجام پروژه) در تولید لیموشیرین استان‌های هرمزگان و فارس به‌ترتیب ۳/۱۱ و ۱/۳۰ کیلوگرم بر مترمکعب بود. میانگین حسابی و وزنی بهره‌وری کل آب یک‌ساله باغ‌های لیموشیرین کشور به‌ترتیب ۱/۶۶ و ۱/۶۰ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمد. بهره‌وری مصرف کل آب بلندمدت (براساس آمار بارندگی ده‌ساله) در تولید لیموشیرین استان‌های هرمزگان و فارس به‌ترتیب ۲/۷۵ و ۱/۲۱ کیلوگرم بر مترمکعب بود. تفاوت بهره‌وری کل آب بلندمدت در استان‌های یادشده در سطح احتمال کمتر از یک درصد معنی‌دار بود. میانگین حسابی و وزنی بهره‌وری کل آب بلندمدت باغ‌های لیموشیرین به‌ترتیب ۱/۵۲ و ۱/۴۷ کیلوگرم بر مترمکعب بود. به‌طورکلی در استان هرمزگان به‌دلیل حجم آب آبیاری کمتر و میزان عملکرد بیشتر، بهره‌وری آب در تولید لیموشیرین از استان فارس بیشتر بوده است. بالعکس، استان فارس حجم آب آبیاری بیشتر و عملکرد نسبتاً کمتری داشته که در نتیجه بهره‌وری آب کمتری نیز داشته است.

جدول ۴- میانگین بهره‌وری آب باغات لیموشیرین (کیلوگرم بر مترمکعب)

خوشه	استان	بهره‌وری آب آبیاری	بهره‌وری آب کل یکساله	بهره‌وری آب کل بلندمدت
اول	فارس	۱/۴۰	۱/۳۰	۱/۲۱
دوم	هرمزگان	۳/۲۱	۳/۱۱	۲/۷۵

با توجه به میانگین‌های حجم آب آبیاری استان‌های منتخب و نیز سطح زیرکشت باغات لیموشیرین در هر استان، کل حجم آب مورد نیاز در هر استان و در کل کشور مطابق با جدول ۵ برآورد شد. در این بررسی از متوسط وزنی حجم آب آبیاری کشوری برای محصول لیموشیرین (۱۴۱۹۲ مترمکعب در هکتار) به‌عنوان میانگین حجم آب آبیاری سایر استان‌ها استفاده شد. مطابق با جدول استان فارس با کاربرد حدود ۲۱۰ میلیون مترمکعب، بیشترین حجم آب آبیاری را برای تولید لیموشیرین به خود اختصاص داده است؛ بنابراین

با توجه به تفاوت معنی‌دار عملکرد در این دو استان، این دو استان در دو رتبه مقایسه‌ای متفاوت قرار می‌گیرند. میانگین حسابی و وزنی عملکرد باغ‌ها در دو استان به‌ترتیب ۲۲/۸ و ۲۲/۳ تُن در هکتار بود. نتایج تحلیل واریانس حجم آب آبیاری نشان داد تفاوت آب آبیاری در استان‌های یادشده در سطح احتمال کم‌تر از یک درصد معنی‌دار بود. میانگین حجم آب آبیاری در استان هرمزگان ۱۱۵۹۰ مترمکعب در هکتار و در استان فارس ۱۴۷۱۲ مترمکعب در هکتار بود. میانگین حسابی و وزنی حجم آب آبیاری باغات انتخابی به‌ترتیب ۱۴۰۰۲ و ۱۴۱۹۲ مترمکعب در هکتار بود. نوع سامانه آبیاری در همه باغ‌های لیموشیرین انتخابی در دو استان فارس و هرمزگان از نوع آبیاری قطره‌ای بود. تحلیل واریانس نشان می‌دهد تفاوت آب کاربردی در استان‌های انتخابی در سطح احتمال کمتر از یک درصد معنی‌دار است. میانگین آب کاربردی در لیموشیرین در باغ‌های استان هرمزگان ۱۱۹۱۱ مترمکعب در هکتار، و در استان فارس ۱۵۷۹۰ مترمکعب در هکتار بود. میانگین حسابی و وزنی حجم آب کاربردی باغات لیموشیرین به‌ترتیب ۱۴۹۰۸ و ۱۵۱۴۴ مترمکعب در هکتار به‌دست آمد.

جدول ۳- میانگین عملکرد، حجم آب آبیاری و کاربردی برای تولید لیموشیرین در باغات استان‌های منتخب کشور

استان	میانگین عملکرد (تُن در هکتار)	میانگین آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)	میانگین آب کاربردی (مترمکعب در هکتار)
هرمزگان	۳۴/۱	۱۱۵۹۰	۱۱۹۱۱
فارس	۲۰/۱	۱۴۷۱۲	۱۵۷۹۰

جدول ۴ میانگین مقادیر بهره‌وری آب آبیاری، بهره‌وری آب کل یکساله و بهره‌وری آب کل بلندمدت در تولید لیموشیرین در دو استان مورد بررسی نشان می‌دهد. میانگین بهره‌وری آب آبیاری باغات لیموشیرین در دو استان فارس و هرمزگان به‌ترتیب ۱/۴۰ و ۳/۲۱ کیلوگرم بر مترمکعب بوده که این تفاوت‌ها در سطح احتمال ۱ درصد از نظر آماری معنی‌دار بود. میانگین حسابی و وزنی بهره‌وری آب آبیاری باغ‌های لیموشیرین در کشور به‌ترتیب ۱/۷۶ و ۱/۷۰ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد شد.

جدول ۵- برآورد حجم آب آبیاری باغ‌های لیموشیرین در استان‌های منتخب و کل کشور

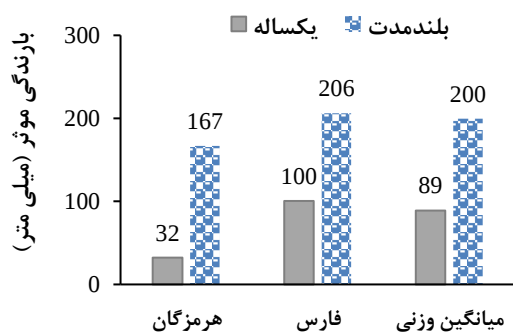
نام استان	متوسط حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)	متوسط حجم آب باران مؤثر (مترمکعب در هکتار)	سطح زیر کشت (هکتار)	حجم کل آب آبیاری (میلیون متر مکعب)
فارس	۱۴۷۱۲	۲۰۶۱	۱۴۲۸۳	۲۱۰/۱۳
هرمزگان	۱۱۵۸۹	۱۶۷۰	۴۳۱۴	۵۰/۰۰
سایر استان‌ها	۱۴۱۹۲	۱۸۶۶	۲۳۳۰	۳۳/۰۷
میانگین وزنی آب آبیاری لیموشیرین در کل کشور (مترمکعب در هکتار)				
				۱۴۱۹۲
جمع کل آب آبیاری لیموشیرین در کشور (میلیون مترمکعب در سال)				
				۲۹۳
جمع کل آب (آبیاری+بارندگی) لیموشیرین در کشور (میلیون مترمکعب در سال)				
				۳۳۴

متوسط عمق آب آبیاری باغ‌های لیموشیرین در هرمزگان از نیاز آبی ناخالص یک‌ساله کمتر و در استان فارس بیشتر از نیاز آبی ناخالص یک‌ساله بود. به‌طور میانگین عمق آب آبیاری باغ‌های لیموشیرین (۱۴۱۹ میلی‌متر) نزدیک به نیاز آبی ناخالص یک‌ساله (۱۴۳۸ میلی‌متر) و ۳۵۲ میلی‌متر بیشتر از نیاز ناخالص سند ملی (۱۰۶۷ میلی‌متر) و ۲۰۹ میلی‌متر بیشتر از نیاز آبی ناخالص بلندمدت (۱۲۱۰ میلی‌متر) بوده است. میانگین تفاوت عمق آب آبیاری لیموشیرین با نیاز آبی ناخالص بلندمدت در هرمزگان و فارس به‌ترتیب ۱۴- و ۲۳+ درصد و به‌طور میانگین ۱۷ درصد بود. میانگین تفاوت عمق آب آبیاری لیموشیرین با نیاز آبی ناخالص یک‌ساله در هرمزگان و فارس به‌ترتیب ۲۵- و ۶ درصد و به‌طور میانگین ۱- درصد است.

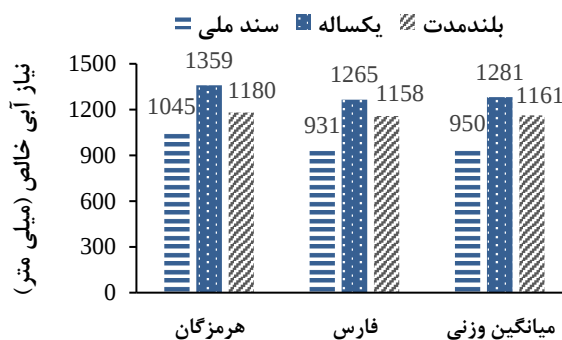
براساس داده‌های ارائه‌شده، سالانه حدود ۲۹۳ میلیون مترمکعب از منابع آبی کشور برای کشت و تولید لیموشیرین اختصاص یافته است.

شکل ۱ مقادیر نیاز آبی خالص باغ‌های لیموشیرین را در مناطق مورد بررسی نشان می‌دهد. نتایج بررسی‌ها نیز نشان می‌دهد که نیاز خالص آبی لیموشیرین در سال انجام تحقیق در استان‌های هرمزگان و فارس به‌ترتیب ۱۳۵۹ و ۱۲۶۵ میلی‌متر و به‌طور میانگین ۱۲۸۱ میلی‌متر بوده است. نیاز آبی خالص بلندمدت این دو منطقه به‌ترتیب ۱۱۸۰ و ۱۱۵۸ میلی‌متر و به‌طور متوسط ۱۱۶۱ میلی‌متر است. در مطالعات قبلی نیاز آبی مرکبات در هرمزگان ۱۰۷۵ میلی‌متر گزارش شده بود که ۸۶ میلی‌متر کمتر از نیاز آبی برآورد شده در تحقیق حاضر است (Karami, 2020). نیاز آبی خالص لیموشیرین براساس سند ملی آب برای دو استان مذکور به‌ترتیب ۱۰۴۵ و ۹۳۱ و به‌طور میانگین ۹۵۰ میلی‌متر به‌دست آمده است. دیده می‌شود که تفاوت نیاز آبی خالص یک‌ساله و بلندمدت به‌طور متوسط ۱۲۰ میلی‌متر است. یکی از علل این تفاوت، کاهش قابل‌توجه در میزان بارندگی در سال اجرای تحقیق (۱۳۹۹-۱۴۰۰) نسبت به بارندگی بلندمدت در بیشتر مناطق مورد بررسی بوده است. کم‌شدن بارندگی باعث افزایش نیاز آبی خالص می‌شود.

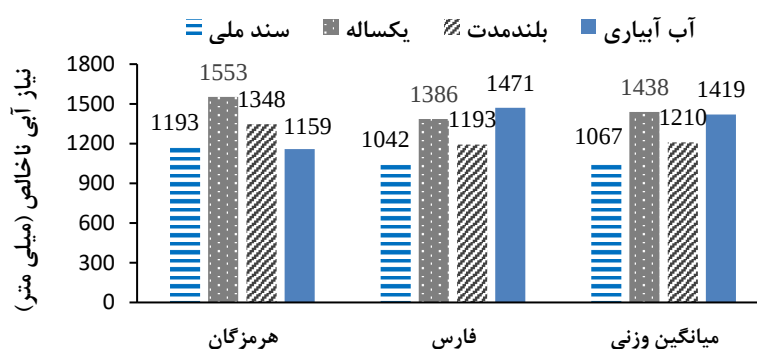
مقایسه بین میزان بارش مؤثر یک‌ساله و بلندمدت در مناطق مورد بررسی در شکل ۲ نمایش داده شده است. دیده می‌شود که در هر دو منطقه مورد مطالعه، میزان بارندگی در سال اجرای تحقیق کمتر از میزان بارندگی بلندمدت بوده است. میانگین وزنی بارندگی مؤثر یک‌ساله و بلندمدت به‌ترتیب ۸۹ و ۲۰۰ میلی‌متر است. در شکل ۳ نیاز آبی ناخالص و عمق آب آبیاری باغ‌های لیموشیرین در استان‌های مورد نظر مقایسه شده است. مشاهده می‌شود که به‌طور کلی نیاز آبی ناخالص یک‌ساله نیز از نیاز آبی ناخالص بلندمدت بیشتر شده که دلیل اصلی آن کاهش بارندگی در سال اجرای تحقیق بود.



شکل ۲- مقایسه بارندگی مؤثر یکساله و بلندمدت در مناطق مختلف



شکل ۱- مقایسه نیاز آبی خالص لیموشیرین در استان‌های مختلف



شکل ۳- مقایسه نیاز آبی ناخالص و عمق آب آبیاری باغ‌های لیموشیرین در مناطق مختلف

بر متمرکب رسیده است. با افزایش سطح سواد کشاورزان از زیر دیپلم به تحصیلات بالای دیپلم، میزان عملکرد از ۲۲/۳ به ۲۶/۶ تن در هکتار افزایش یافته است. میزان آب آبیاری در باغ‌های باغداران دارای تحصیلات بالاتر از دیپلم افزایش داشته است. به‌طور کلی میزان بهره‌وری آب از حدود ۱/۷ کیلوگرم بر مترمکعب، در سطح سواد دیپلم و پایین‌تر، به حدود ۲/۰ کیلوگرم بر مترمکعب در سطح سواد بالاتر از دیپلم رسیده است. شوری آب آبیاری بر شوری خاک و عملکرد محصول تأثیر می‌گذارد و می‌تواند باعث کاهش بازده اقتصادی باغ‌ها و مزارع شود؛ بنابراین نیاز است در صورت لزوم مقداری آب بیشتر از نیاز خالص به‌عنوان آبیاری در نظر گرفته شود. مطابق با تحقیقات قبلی، درختان مرکبات در شوری‌های خاک کمتر از ۱/۸ دسی‌زیمنس بر متر کاهش محصول نشان نمی‌دهند و بالاتر از این حد به‌تدریج دچار کاهش محصول می‌شوند (Farshi et al., 2003). نتایج این تحقیق نشان می‌دهد با افزایش شوری آب آبیاری و شوری خاک، میزان عملکرد محصول باغ‌های لیموشیرین در کشور کاهش محسوسی

جدول ۶ نتایج تأثیر عوامل مختلف بر عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب باغ‌های لیموشیرین را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که بیشترین میزان عملکرد باغ‌ها در گروه سنی بیشتر از ۱۰ سال به‌دست آمده است (۲۸/۷ تن در هکتار) و از این گروه سنی به قبل، میزان عملکرد کاهش نشان می‌دهد. با افزایش سن درختان، میزان حجم آب آبیاری در هکتار افزایش یافته است. بهره‌وری آب آبیاری باغ‌های لیموشیرین با افزایش سن درختان افزایش یافته و در سنین ۱۰ سال به بالا به حدود ۲/۲ کیلوگرم بر مترمکعب رسیده است. در باغ‌هایی که تحت مدیریت باغداران پیشرو هستند، میزان عملکرد محصول به‌طور متوسط به ۲۳ تن در هکتار رسیده است که ۰/۴ تن در هکتار نسبت به میزان عملکرد باغداران معمولی افزایش نشان می‌دهد. متوسط حجم آب آبیاری داده‌شده توسط باغداران پیشرو و معمولی با هم برابر بوده است. در نتیجه میزان بهره‌وری آب به‌دست‌آمده در باغ‌های تحت مدیریت کشاورزان پیشرو به طور میانگین ۰/۱ کیلوگرم بر مترمکعب بیشتر شده و به ۱/۷ کیلوگرم

۱/۵ کیلوگرم بر مترمکعب در شوری‌های آب بیشتر از ۲ دسی‌زیمنس بر متر می‌رسد. بهره‌وری آب در شوری‌های خاک بالاتر از ۴ و کمتر از ۲ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب ۱/۶ و ۲/۶ کیلوگرم بر مترمکعب است که کاهش قابل توجهی را نشان می‌دهد؛ بنابراین، می‌توان گفت اگرچه با افزایش شوری آب آبیاری و خاک، حجم آب آبیاری باغ‌های لیموشیرین افزایش یافته، اما میزان محصول و بهره‌وری آب کاهش یافته است؛ یعنی افزایش میزان آب آبیاری به عنوان آیشویی به اندازه‌ای نبوده است تا بتواند اثرهای منفی افزایش شوری را خنثی کند. بیشترین میزان عملکرد لیموشیرین (۲۸/۶ تن در هکتار) و بهره‌وری آب (۲/۷ کیلوگرم بر مترمکعب) در خاک‌های با بافت سبک به دست آمده است. کمترین میزان حجم آب (۱۱۸۰۰ مترمکعب در هکتار) در بافت خاک سبک و بیشترین حجم آب آبیاری در خاک با بافت سنگین (۱۷۱۰۰ مترمکعب در هکتار) دیده می‌شود. پس از بافت خاک سبک، باغ‌های با بافت خاک متوسط از لحاظ مصرف آب و خاک‌های با بافت سنگین از لحاظ عملکرد وضعیت بهتری داشتند.

پیدا می‌کند. با افزایش شوری آب آبیاری به بالاتر از ۲ دسی‌زیمنس بر متر، میزان محصول تولیدی حدود ۵ تن در هکتار نسبت به شوری آب کمتر از ۱ دسی‌زیمنس بر متر کمتر می‌شود. با افزایش شوری خاک به بیش از ۴ دسی‌زیمنس بر متر، میزان محصول تولیدی نسبت به شوری‌های خاک کمتر از ۲ دسی‌زیمنس بر متر نیز حدود ۴ تن در هکتار کاهش نشان می‌دهد. بررسی‌ها همچنین نشان می‌دهد باغداران لیموشیرین کشور، در شرایطی که آب یا خاک شور بودند، حجم آب آبیاری را افزایش داده‌اند. با افزایش شوری آب آبیاری به بالاتر از ۲ دسی‌زیمنس بر متر، حجم آب آبیاری از حدود ۱۴۱۰۰ مترمکعب در هکتار به بیش از ۱۵۲۰۰ مترمکعب در هکتار می‌رسد که افزایشی معادل ۱۱۰۰ مترمکعب در هکتار را نشان می‌دهد. همچنین، با افزایش شوری خاک به بالاتر از ۴ دسی‌زیمنس بر متر، حجم آب آبیاری از ۱۲۸۰۰ به ۱۴۹۰۰ مترمکعب در هکتار می‌رسد که ۲۱۰۰ مترمکعب در هکتار افزایش دارد. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که با افزایش شوری آب، بهره‌وری آب از ۲/۰ در شوری‌های آب کمتر از ۱ دسی‌زیمنس بر متر به

جدول ۶- نتایج تأثیر عوامل مختلف بر عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب باغ‌های لیموشیرین

عامل	محدوده	حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)	عملکرد (تن در هکتار)	بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم بر مترمکعب)	درصد فراوانی
سن درختان	کمتر از ۵ سال	۱۳۸۰۰	۲۱/۸	۱/۷	۱۹
	۶ تا ۱۰ سال	۱۳۹۰۰	۲۲/۷	۱/۷	۶۷
	بیشتر از ۱۰ سال	۱۴۷۰۰	۲۸/۷	۲/۲	۱۴
سطح سواد	پایین‌تر از دیپلم	۱۳۸۰۰	۲۲/۳	۱/۷	۵۱
	دیپلم	۱۳۸۰۰	۲۱/۵	۱/۷	۳۰
	بالاتر از دیپلم	۱۴۹۰۰	۲۶/۶	۲/۰	۱۹
شوری آب	کمتر از ۱ دسی‌زیمنس بر متر	۱۴۱۰۰	۲۵/۳	۲/۰	۲۸
	۱ تا ۲ دسی‌زیمنس بر متر	۱۳۶۰۰	۲۲/۲	۱/۷	۵۸
	بیشتر از ۲ دسی‌زیمنس بر متر	۱۵۲۰۰	۲۰/۲	۱/۵	۱۴
شوری خاک	بیشتر از ۴ دسی‌زیمنس بر متر	۱۴۹۰۰	۲۱/۶	۱/۶	۲۱
	۲ تا ۴ دسی‌زیمنس بر متر	۱۴۳۰۰	۲۲/۰	۱/۶	۵۱
	کمتر از ۲ دسی‌زیمنس بر متر	۱۲۸۰۰	۲۵/۳	۲/۲	۲۸
بافت خاک	سبک	۱۱۸۰۰	۲۸/۶	۲/۷	۴۵
	متوسط	۱۴۷۰۰	۲۰/۳	۱/۴	۴۱
	سنگین	۱۷۱۰۰	۲۳/۰	۱/۴	۱۴
نوع کشاورز	معمولی	۱۴۰۰۰	۲۲/۶	۱/۷	۶۹
	پیشرو	۱۴۰۰۰	۲۳/۰	۱/۸	۳۱

نتیجه‌گیری

این تحقیق در ۶۷ باغ لیموشیرین در استان‌های فارس و هرمزگان به مدت یک سال اجرا شد. نتایج بررسی‌های گذشته نشان می‌دهد که درختان لیمو نسبت به کم‌آبی، سرما و شوری حساس هستند (Sarhaddi and Sharif, 2017). میزان عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب گزارش شده در نقاط مختلف دنیا و ایران نیز متفاوت و دامنه تغییرات آن زیاد است. در این تحقیق، میانگین وزنی عملکرد لیموشیرین در کشور ۲۲/۳ تن در هکتار به دست آمد. میانگین حجم آب آبیاری باغ‌های لیموشیرین در کشور ۱۴۱۹۲ مترمکعب در هکتار برآورد شد. در استان فارس و هرمزگان، حجم آب آبیاری باغ‌های لیموشیرین به ترتیب بیشتر و کمتر از نیاز آبی ناخالص در سال انجام تحقیق در این استان‌ها بود؛ اما به طور متوسط میزان حجم آب آبیاری داده شده بسیار نزدیک به متوسط نیاز آبی ناخالص یکساله است. میانگین حجم آب آبیاری باغ‌های لیموشیرین در دو استان مورد بررسی بیشتر از نیاز آبی ناخالص بلندمدت بوده است. بهره‌وری آب آبیاری باغ‌های لیموشیرین در کشور به طور متوسط به ۱/۷۰ کیلوگرم بر مترمکعب رسیده است.

گروه‌بندی مقادیر شوری نشان می‌دهد با افزایش شوری آب آبیاری و شوری خاک، میزان عملکرد محصول و بهره‌وری آب باغ‌های لیموشیرین در کشور کاهش محسوسی داشته و افزایش میزان آب آبیاری برای کاهش اثرهای شوری به اندازه کافی نبوده است. با افزایش سطح سواد کشاورزان از زیر دیپلم به تحصیلات بالای دیپلم، میزان عملکرد و بهره‌وری آب افزایش یافته است. بیشترین میزان عملکرد باغ‌ها در گروه سنی بیش از ۱۰ سال به دست آمد. با افزایش سن درختان، میزان حجم آب آبیاری در هکتار افزایش و بهره‌وری آب آبیاری نیز افزایش می‌یابد. بیشترین میزان عملکرد و بهره‌وری آب در بافت خاک سبک به دست آمد؛ بنابراین می‌توان گفت باغ‌هایی با بافت خاک سبک برای پرورش لیموشیرین در کشور مناسب‌تر است.

تعیین دقیق نیاز آبی گیاه و استفاده از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای می‌تواند در مصرف به اندازه آب آبیاری و افزایش بهره‌وری آب مؤثر باشد. افزون بر این دو عامل، رعایت برنامه‌ریزی آبیاری در باغ‌های لیموشیرین می‌تواند باعث

استفاده بهینه از آب شود. در احداث یا نوسازی باغ‌های لیموشیرین باید ارقامی کشت شوند که مقاوم به سرما و شوری باشند و قابلیت صادرات نیز داشته باشند و در عین حال افزایش سطح زیر کشت متناسب با منابع آبی باشد.

سیاسگزاری

نویسندگان این مقاله از همکاری معاونت آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان‌های جهاد کشاورزی استان‌های فارس و هرمزگان و همکاران مراکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان‌های مذکور در اجرای این پژوهش قدردانی می‌کنند.

منابع

1. Abu-awwad, A.M., 2001. Influence of different water quantities and qualities on lemon trees and soil salt distribution at the Jordan valley. *Agricultural Water Management*, 52: 53-71.
2. Ahmadi, K., Ebadzadeh, H.R., Hatami, F., Mohammadnia Afrouzi, S., Yari, S. and Kalantari, M., 2021. Agricultural Statistics of 1399. Vol. 3: Horticultural Products, Ministry of Jihad Agriculture, Deputy of Planning and Economy, Information and Communication Technology Center. [In Persian].
3. Ahmadpur, A. and Soleimani, M., 2017. A Review of the Orange Booklet, Office of Tropical and Semi-Tropical Fruits, Deputy Minister of Horticulture, Ministry of Jihad Agriculture. [In Persian].
4. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M., 1998. Crop Evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements. FAO.
5. Bjorneberg, D.L., 2013. Irrigation methods. USDA Agricultural Research Service, Kimberly, ID, USA.
6. Daneshnia, A., Rastegar, H., Shahrokhnia, A. and Mehdizadeh, Y., 1992. Irrigation scheduling of Jahrom lemon orchards under drip irrigation method. *Proceedings of Soil and Water, Soil and Water Research Institute*, 5(2). [In Persian].
7. FAOSTAT., 2019. FAOSTAT crops. Available at <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>.
8. Farshi, A.A., Kheyrahi, J., Siadat, H., Mirlatifei, M., Darbandi, S., Salamat, A.R. and Entesari, M.R., 2003. On-farm irrigation water management. Iranian National Committee on

- Province Agricultural Organization. [In Persian].
15. Robles, J.M., Botia, P. and Perez-Perez, J.G., 2016. Subsurface drip irrigation effects trunk diameter fluctuations in lemon trees, in comparison with surface drip irrigation. *Agricultural Water Management*, 165: 11-21.
 16. Sarhaddi, J. and Sharif, M., 2017. The importance of water quality in citrus irrigation in the south of Kerman province. *Extension Journal, Agricultural and Natural Resources Research and Training Center in the South of Kerman Province*. [In Persian].
 17. Sarmad, Z., Bazargan, A. and Hejazi, A., 2019. Research Methods in Behavioral Sciences. *Agah Pubs.*, 406pp. [In Persian].
 18. Sepaskhah, A.R. and Kashefipour, S.M., 1995. Evapotranspiration and crop coefficient of sweet lime under drip irrigation. *Agricultural Water Management*, 27: 331-340.
 19. Shahrokhnia, M.A., Dehghanian, S.E., Eslami, A. and Abbasi, F., 2023. Investigating the Volume of Applied Water and Water Productivity in Sweet Lime Orchards of Fars Province. *Water Management in Agriculture*, 10(1): 1-14 [In Persian].
 20. Shahrokhnia, M.A., Abbasi, F., Naseri, A., Dehghanian, S.E., Eslami, A., Salamati, N., Moghbeli-Damaneh, E. and Zare-Mehrani, E., 2022. Determination of Applied Water and water productivity of lemon orchards in Iran. *Irrigation and Drainage Structures Engineering Research*, 23(87): 1-20. [In Persian].
 9. Karami, Y., 2020. The most suitable water use range in lime tree (*Citrus aurantifolia*) with drip irrigation method in Minab city. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 50(4): 779-790. [In Persian].
 10. Martinez-Gimeno, M., Provenzano, G., Bonet, L., Intrigliolo, D.S., Badal, E. and Ballestrer, C., 2017. Assessing the performance of surface and subsurface drip systems on irrigation water use efficiency of citrus orchards in Spain. *Geophysical Research Abstracts*, 19: 415-423.
 11. Moghbeli Damaneh, E., Fattahi, R., Ghorbani, B., Rabiee, G. and Esfandiari, S., 2017. Impacts of deficit irrigation on vegetative growth, yield, and water use efficiency of sweet orange (*Citrus sinensis* var. Mars Early) in the south of Kerman. *Crops Improvement*, 20(3): 707-718. [In Persian].
 12. Moghbeli Damaneh, E., Fattahi, R., Ghorbani, B., Rabiee, G. and Esfandiari, S., 2018. Assessment of Effect of deficit irrigation under surface and subsurface irrigation conditions on vegetative development and yield of Citrus. *Journal of Plant Production*, 25(3): 69-82. [In Persian].
 13. Perez-Perez, J.G., Dodd, I.C. and Botia, P., 2012. Partial root zone drying increases water-use efficiency of lemon Fino 49 trees independently of root-to-shoot ABA signalling. *Functional Plant Biology*, 39: 366-378.
 14. Rastegar, H. and Shahrokhnia, A., 1998. Citrus research findings in Fars province. *Fars Irrigation and Drainage (IRNCID)*, No.76. [In Persian].

