

تعیین میزان آب کاربردی و بهره‌وری آب باغ‌های لیموترش در کشور

محمدعلی شاهرخ نیا^۱، فریبرز عباسی^۲، ابوالفضل ناصری^۳، سید ابراهیم دهقانان^۴، امیر اسلامی^۵، نادر سلامتی^۶، اسماعیل مقبلی دامنه^۷ و اسحاق زارع مهرانی^۸

۱، ۴ و ۵- به ترتیب: دانشیار پژوهشی؛ مربی پژوهشی؛ و 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
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- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.
۷- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت، ایران.
۸- 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.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۳/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۴/۲۲

چکیده

لیموترش یکی از محصولات مهم باغی در جنوب کشور است. اطلاع از وضعیت آبیاری باغ‌های لیموترش می‌تواند به افزایش بهره‌وری آنها کمک کند. در این تحقیق میدانی، حجم آب آبیاری و عملکرد لیموترش در ۱۴۸ باغ در استان‌های فارس، هرمزگان، کهگیلویه و بویراحمد و کرمان (منطقه جنوب کرمان) اندازه‌گیری شد. برای بررسی تفاوت احتمالی عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب در تولید لیموترش از تحلیل واریانس استفاده شد. نتایج تحقیق نشان داد تفاوت عملکرد، حجم آب آبیاری، و شاخص‌های بهره‌وری آب در استان‌های یاد شده معنی‌دار است. میانگین وزنی عملکرد لیموترش در کشور ۲۱/۷ تن در هکتار و میانگین وزنی حجم آب آبیاری و حجم آب کاربردی به ترتیب ۱۱۹۳۸ و ۱۲۹۹۳ مترمکعب در هکتار به دست آمد. میانگین وزنی بهره‌وری آب آبیاری ۱/۹۴ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد شد. میانگین وزنی بهره‌وری آب کل (آبیاری + بارش موثر دراز مدت) ۱/۵۹ کیلوگرم بر مترمکعب و بهره‌وری آب کل (آبیاری + بارش موثر سال جاری) ۱/۷۵ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد شد. تناسب حجم آب آبیاری باغ‌های لیموترش با نیاز آبی ناخالص در استان‌های منتخب تقریباً مشابه هم بود. به طور کلی عمق آب آبیاری لیموترش از نیاز آبی ناخالص یک‌ساله و بلندمدت در کشور به ترتیب ۱۷ و ۱ درصد کمتر بود. در باغ‌های تحت سامانه آبیاری قطره‌ای، نسبت به آبیاری سطحی، به میزان ۴۳ درصد عملکرد و ۸۹ درصد بهره‌وری آب آبیاری افزایش و ۲۰ درصد حجم آب آبیاری کاهش داشت.

واژه‌های کلیدی

سامانه آبیاری، عملکرد لیموترش، حجم آب آبیاری

مقدمه

آب در بخش کشاورزی، به عنوان بزرگترین مصرف‌کننده منابع آبی کشور، اهمیت ویژه‌ای دارد. به منظور برنامه‌ریزی و مدیریت بهتر منابع آبی در

بیشتر مناطق کشور ایران جزو مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود. مدیریت مصرف

بارانی و قطره‌ای مشخص گردید که در روش قطره‌ای، نسبت به روش سطحی و بارانی، به ترتیب به میزان ۳۰ و ۱۰ درصد آب کمتری مصرف می‌شود (Shahrokhnia & Rastegar, 1988).

احمدپور و سلیمانی (Ahmadpour & Soleimani, 2017) میزان آب آبیاری باغ‌های مرکبات مناطق جنوبی کشور را بین ۸۰۰۰ تا ۱۱۰۰۰ مترمکعب در هکتار گزارش کرده‌اند. نتایج بررسی‌ها در کرمان نشان می‌دهد کم‌آبایی مرکبات به اندازه ۸۰ درصد نیاز آبی سبب ۱۷ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب بدون کاهش عملکرد می‌شود. نتایج بررسی‌ها همچنین نشان می‌دهد در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، ضمن ۱۰ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب، اندازه میوه و بهره‌وری آب، نسبت به آبیاری قطره‌ای سطحی، بیشتر است (Moghbeli Damaneh et al., 2017). نتایج تحقیق روی مرکبات در جنوب استان کرمان نشان داده‌است کم‌آبایی کنترل شده بر اساس ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه همراه با آبیاری زیرسطحی عمقی علاوه بر ۳۴ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب، از لحاظ خصوصیات رویشی و عملکرد محصول نیز اختلاف معنی‌داری با آبیاری کامل تحت سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی ندارد. اما کم‌آبایی در شرایط آبیاری قطره‌ای سطحی به دلیل تلفات بیشتر آب گیاه را با تنش مواجه می‌کند و سبب کاهش عملکرد محصول می‌شود. کم‌آبایی و آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در افزایش بهره‌وری آب و صرفه‌جویی در مصرف آب بسیار مؤثرند. آبیاری قطره‌ای زیرسطحی عمقی (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

بخش کشاورزی، باید از میزان آب آبیاری و کاربردی در محصولات مختلف اطلاعات کافی داشت. آب کاربردی مجموع آب آبیاری و بارندگی موثر است. باتوجه به اهمیت محصول لیموترش در کشور و تحقیقات اندک روی این محصول، تعیین آب کاربردی آن در کشور می‌تواند برای برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری‌های کلان کشور مفید باشد.

بر اساس اطلاعات سازمان خواربار و کشاورزی جهانی (فائو)، سطح زیر کشت مرکبات در جهان ۹/۳ میلیون هکتار و تولید سالانه آن ۱۳۲ میلیون تن است. ایران دارای رتبه نهم جهانی تولید لیموترش است. تولید جهانی لیموترش سالانه حدود ۲۱ میلیون تن است. کشورهای اصلی تولیدکننده لیموترش در دنیا به ترتیب اهمیت هند، مکزیک، چین، آرژانتین، برزیل، اسپانیا، ترکیه، آمریکا، ایران، و ایتالیا هستند (Faostat, 2019). براساس آمار سال ۱۳۹۹ کل سطح زیرکشت لیموترش در ایران حدود ۴۰ هزار هکتار با تولید بیش از ۷۱۵ هزار تن است. فارس، هرمزگان، کرمان و کهگیلویه و بویراحمد از استان‌های اصلی تولیدکننده لیموترش هستند (Ahmadi et al., 2021).

در سال‌های گذشته بررسی‌هایی برای تعیین نیاز آبی درختان نارنگی، پرتقال، لیمو شیرین و لیموترش بر اساس میزان تبخیر از تشتک کلاس A در منطقه جهرم منتج به تهیه جداول تعیین نیاز آبی برای این درختان گردید (Daneshnia et al., 1992). بررسی‌ها نشان می‌دهد که باید برای لیموشیرین و لیموترش ضریب ۷۵ درصد و برای پرتقال و نارنگی ضریب ۷۰ درصد تبخیر از تشتک کلاس A در نظر گرفته شود (Rastegar et al., 1998). در مقایسه بین روش‌های آبیاری سطحی،

بر مترمکعب رسید. روبلز و همکاران (Robles *et al.*, 2016) آب آبیاری درختان لیموترش در اسپانیا را بر اساس ۸۰ درصد رطوبت در دسترس گیاه برآورد و میزان بهره‌وری آب در دو سال پیاپی را برای قطره‌ای زیرسطحی ۱۰ و ۱۱/۲ کیلوگرم بر متر مکعب و برای قطره‌ای سطحی ۷/۹ و ۱۰ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش کردند. مارتینز و همکاران (Martinez-Gimeno *et al.*, 2017) در تحقیقی دو روش آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی را در مرکبات اسپانیا بررسی و گزارش کردند که آبیاری قطره‌ای زیرسطحی باعث صرفه‌جویی در مصرف آب به میزان ۱۴-۱۱/۵ درصد نسبت به روش قطره‌ای سطحی می‌شود.

بررسی تحقیقات گذشته نشان می‌دهد که در دنیا اطلاعات زیادی در خصوص نیاز آبی و تاثیر روش‌های مختلف آبیاری بر عملکرد مرکبات جمع‌آوری شده است. اما در خصوص آبیاری درختان لیمو تحت مدیریت بهره‌برداران تحقیقات اندک است. در ایران نیز تحقیقات در خصوص مدیریت آبیاری لیموترش کم است. بنابراین، اندازه‌گیری و بررسی حجم آب کاربردی و بهره‌وری آب درختان لیموترش در کشور برای برنامه‌ریزی‌های استانی و ملی بااهمیت است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، بهره‌وری آب، حجم آب کاربردی و حجم آب آبیاری داده‌شده توسط باغداران برای تولید محصول لیموترش طی یک سال، بدون ارائه توصیه‌های فنی یا کارشناسی به باغداران، اندازه‌گیری شد. حجم آب کاربردی، مجموع حجم آب آبیاری و بارندگی موثر است. ابتدا بر اساس آخرین آمارنامه منتشر شده در

بیشتر، نسبت به روش آبیاری قطره‌ای سطحی، بهترین عملکرد را از خود نشان داده‌است (Moghbeli Damaneh *et al.*, 2018). نیاز آبی مرکبات در منطقه میناب بر اساس روش پنمن مانیتینگ حدود ۱۰۷۵ میلی‌متر است. میزان مصرف آب درختان لیموترش تحت سامانه آبیاری قطره‌ای در شهرستان میناب حدود ۱۳۸۰۰ مترمکعب در هکتار برآورد شده‌است. میزان بهره‌وری آب درختان لیموترش با این میزان مصرف آب حدود ۰/۴ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد می‌شود که با کاهش ۵۰ درصد در مصرف آب، میزان بهره‌وری آب تا حدود ۰/۷۳ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش می‌یابد (Karami, 2020). حد بحرانی شوری آب آبیاری برای مرکبات ۱۲۰۰ تا ۱۳۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر است. درختان مرکبات در شوری‌های بالاتر دچار آسیب و افت عملکرد کمی و کیفی خواهد شد. با توجه به اقلیم منطقه و پارامترهای مرتبط با آن، مدیریت تغذیه و آبیاری باغ و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها، آب‌های با شوری بیش از ۱۸۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر نباید برای آبیاری باغ‌های مرکبات استفاده شود (Sarhaddi & Sharif, 2017).

ابو‌اوواد (Abu-awwad, 2001) میزان حجم تعرق درختان لیموترش در دره اردن را در دو سال پیاپی ۵۱۷۰ و ۵۹۱۰ مترمکعب در هکتار برآورد کردند. پرزپرز و همکاران (Perez-perez *et al.*, 2012) میزان آب خالص مورد نیاز درختان لیموترش در جنوب اسپانیا را حدود ۵۵۷۰ مترمکعب در هکتار و بهره‌وری آب را ۸ کیلوگرم بر متر مکعب برآورد کردند. با کاهش میزان آب آبیاری به ۲۹۹۰ و ۳۳۷۰ مترمکعب در هکتار، میزان بهره‌وری به ترتیب به ۱۴/۶ و ۱۰/۴ کیلوگرم

وزارت جهاد کشاورزی، استان‌هایی که بیشترین سطح زیر کشت لیموترش را در کشور داشتند (فارس، هرمزگان، کهگیلویه و بویراحمد و کرمان) به عنوان مناطق اجرای پروژه انتخاب شدند. استان‌های انتخابی حدود ۸۳ درصد سطح زیر کشت باغ‌های لیموترش کشور را در بر می‌گیرند. پس از تعیین استان‌های برتر تولیدکننده لیموترش در کشور، در هر استان شهرستان‌های برتر از نظر سطح زیر کشت محصول مشخص و در هر شهرستان باغ‌هایی مطابق جدول ۱ برای داده‌برداری و پایش انتخاب شدند. باغ‌های مورد نظر در شهرستان‌ها با کمک کارشناسان سازمان‌های جهاد کشاورزی استان‌ها، شناسایی و انتخاب شدند.

باغ‌های لیمو برای مطالعه به گونه‌ای انتخاب شدند که تنوع در عوامل مختلف از جمله روش آبیاری، بافت خاک و کیفیت آب آبیاری را پوشش دهند. باغ‌های منتخب در یک سال (۱۳۹۹-۱۴۰۰) از نظر آبیاری پایش و یادداشت‌برداری 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 مکانی با GPS، روش آبیاری، و مشخصات بهره‌برداران یادداشت برداری شد. دامنه مساحت باغ‌های انتخابی ۰/۴ تا ۱۶ هکتار و سهم سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و سطحی (سنتی) در باغ‌های انتخابی به ترتیب ۹۲ و ۸ درصد بود.

جدول ۱- مناطق و تعداد باغ‌های پایلوت لیموترش در استان‌های مختلف

Table 1- Regions and number of lemon pilot gardens in different provinces

میانگین مساحت باغ‌های	دامنه مساحت باغ‌های	تعداد باغ‌های انتخابی	مناطق انتخابی	درصد سطح زیر کشت	استان
Average area of gardends(ha)	Area range of gardens (ha)	Number of selected gardens	Selected regions	Cultivated area (%)	Province
2.3	0.4-11.5	65	جهرم، قیروکارزین، لارستان، داراب، کازرون، فرشبند، مهر Jahrom, Ghir-karzin, Larestan, Darab, Kazerun, Farashband, Mohr	34	فارس Fars
6.7	1.0-16.0	20	رودان، میناب Rudan, Minab	25	هرمزگان Hormozgan کهگیلویه و بویراحمد
2.7	1.0-7.0	39	باشت، گچساران، دهدشت Basht, Gachsaran, Dehdasht	11	کوهگیلویه و بویراحمد Kohgiluyeh-Buyerahmad
1.4	0.5-4.0	24	منوجان، عنبرآباد، کهنوج، فاریاب Manujan, Anbarabad, Kahnooj, Fariab	13	جنوب کرمان South of Kerman

در هر یک از باغ‌های منتخب، به دلیل احتمال تغییرات دبی در فصل آبیاری و افزایش دقت اندازه‌گیری، مقدار دبی ورودی به باغ سه مرتبه در سال با فلوم wsc تیپ ۴ (در آبیاری سطحی) یا کنتور واسنجی شده (در آبیاری قطره‌ای) اندازه‌گیری شد. پس از تعیین دبی آب

تعیین میزان آب کاربردی و بهره‌وری آب باغ‌های لیموترش در...

ECw = هدایت الکتریکی آب آبیاری؛
 ECE = آستانه تحمل محصول (۱/۷) دسی زیمنس
 بر متر) و $MaxECE$ = شوری با عملکرد صفر (۸
 دسی زیمنس بر متر).

برای مقایسه عملکرد، حجم آب آبیاری و
 شاخص بهره‌وری آب در تولید لیموترش در
 استان‌های مورد نظر از تحلیل واریانس استفاده و
 نظر به ماهیت اندازه‌گیری‌ها، هر باغ لیموترش
 به‌عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد. محدوده
 سنی باغ‌های انتخابی بین ۴ تا ۳۰ سال است. برای
 بررسی کفایت تعداد باغ‌ها برای اندازه‌گیری حجم
 آب آبیاری و عملکرد لیمو از رابطه (۳) استفاده
 گردید (Sarmad et al., 2019).

$$n = \frac{z^2 \sigma^2}{(\bar{X} - \mu)^2} \quad (3)$$

که در آن،

n = تعداد اندازه‌گیری‌های لازم برای تحلیل
 واریانس عملکرد و حجم آب آبیاری در تولید
 لیموترش در استان‌های منتخب؛ z = برای سطح
 اعتماد ۹۵ درصد، $z=1/96$ در نظر گرفته شد؛
 σ^2 = واریانس جمعیت؛ و \bar{X} = میانگین
 اندازه‌گیری‌ها.

شاخص بهره‌وری آب از نسبت مقدار عملکرد
 محصول (کیلوگرم در هکتار) به حجم آب آبیاری
 مترمکعب در هکتار) طبق رابطه (۴) به دست آمد:

$$WP = \frac{CY}{CW} \quad (4)$$

که در آن،

WP = بهره‌وری آب در تولید لیموترش (کیلوگرم بر
 مترمکعب آب آبیاری در فصل رشد)؛

ورودی به باغ با پایش دقیق برنامه آبیاری باغ
 (زمان آبیاری، دور آبیاری، تعداد دفعات آبیاری در
 دوره رشد) و همچنین اندازه‌گیری سطح زیرکشت
 محصول، حجم آب آبیاری مصرفی درختان
 لیموترش در هر یک از باغ‌ها اندازه‌گیری و با توجه
 به احتمال تغییرات عملکرد محصول در سال‌های
 مختلف، از میانگین عملکرد در ۳ سال اخیر در
 تجزیه و تحلیل‌ها استفاده شد. با ضرب کردن دبی
 در مدت زمان کل آبیاری در سراسر فصل، حجم
 آب آبیاری به دست آمد. در هر یک از باغ‌ها
 مواردی مانند بافت خاک، هدایت الکتریکی آب
 آبیاری و خاک نیز در عمق‌های صفر تا ۳۰ و
 ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری خاک در سایه انداز درختان
 اندازه‌گیری شد.

مقدار تبخیر و تعرق درخت لیموترش در هر
 منطقه با استفاده از داده‌های هواشناسی
 نزدیک‌ترین ایستگاه به منطقه اجرای طرح در دوره
 ۱۰ ساله اخیر (۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰) و سال اجرای
 تحقیق (۱۳۹۹-۱۴۰۰) با استفاده از روش پنمن
 مانیتث محاسبه و نتایج به‌دست آمده با نیاز خالص
 آبیاری محاسبه‌شده و مقادیر ارائه‌شده در سند ملی
 آب (NETWAT) مقایسه شد. درصد آب مورد نیاز
 برای آبشویی باغ‌های مورد مطالعه براساس نشریه
 فائو ۲۶ در آبیاری سطحی از رابطه (۱)، و درصد
 آبشویی مورد نیاز برای آبیاری قطره‌ای از رابطه (۲)
 تعیین گردید.

$$LR = 100 \left(\frac{ECw}{5ECe - ECw} \right) \quad (1)$$

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

که در آن،

آبیاری از نیاز آبی ناخالص بیشتر باشد، اتلاف آب یا آبیاری است و 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. به منظور مقایسه بین میزان آب داده‌شده توسط باغداران و نیاز آبیاری باغ‌های لیموترش در کشور، ابتدا نیاز خالص آبیاری باغ‌های منتخب (ETc) با استفاده از سندملی 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 نظر کارشناسان و شیوه آبیاری در باغ‌های مورد مطالعه، راندمان کاربرد آب آبیاری برای روش‌های قطره‌ای و سطحی مقادیر پتانسیل آنها یعنی به ترتیب به میزان ۹۰ و ۶۰ درصد در نظر گرفته شد (Bjorneberg, 2013). بعضی از عوامل مانند شوری آب، شوری عصاره خاک، سن درختان، بافت خاک، اقلیم منطقه، سطح سواد کشاورزان و نوع بهره بردار (پیشرو بودن یا معمولی بودن) ممکن است بر میزان عملکرد، حجم آب آبیاری و در نهایت بهره‌وری آب تاثیرگذار باشد. باغداران پیشرو را کارشناسان ترویج معرفی کردند. این باغداران معمولاً به توصیه‌های ترویجی توجه بیشتری می‌کنند، با مدیریت جهاد کشاورزی همکاری بهتری دارند و مسائل باغداری را بهتر رعایت می‌کنند. در این پژوهش، برای بررسی این موضوع، برای هر عامل، ارقام عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب آبیاری به صورت 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.

CY = عملکرد لیموترش (کیلوگرم در هکتار در سال)؛ و CW = حجم آب آبیاری در تولید لیموترش (مترمکعب در هکتار در سال) است. برای برآورد شاخص بهره‌وری آب و بارش موثر، از نسبت مقدار عملکرد لیموترش (کیلوگرم در هکتار) به حجم آب آبیاری و بارش موثر (مترمکعب در هکتار) استفاده گردید. میزان بارش موثر نیز به روش سرویس حفاظت خاک اداره کشاورزی آمریکا از رابطه‌های (۵) و (۶) برآورد شد. در این رابطه‌ها R_e و R به ترتیب باران موثر و باران به میلی‌متر هستند.

$$Re = R \frac{(125-0.2R)}{125} \quad R < 250 \text{mm} \quad (5)$$

$$Re = 125 + 0.1R \quad R > 250 \text{mm} \quad (6)$$

از اطلاعات هواشناسی مناطق منتخب 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-تغرق مرجع استفاده شد. تبخیر و تغرق گیاه مرجع (ETo) با استفاده از نرم افزار ETo-Calculator در مناطق به روش پنمن مانیتث فائو برآورد شد. عمق تبخیر و تغرق پتانسیل درخت لیمو (ETc) در مناطق منتخب با استفاده از رابطه (۷) برآورد گردید. مقادیر ضریب گیاهی (Kc) برای هر مرحله رشد بر اساس نشریه فائو ۵۶ انتخاب شد (Allen et al., 1998).

$$ETc = Kc \times ETo \quad (7)$$

از نظر علمی و اصولی، حجم آب آبیاری باید در حد نیاز آبی ناخالص گیاه باشد. اگر میزان آب

نتایج و بحث

بنابراین سعی شد تعداد اندازه‌گیری‌های عملکرد، حجم آب‌آبیاری تا حد امکان زیاد باشد تا نتیجه‌گیری‌ها قابلیت اعتماد بیشتری داشته باشند. تعداد اندازه‌گیری‌های حجم آب کاربردی برای تولید لیموترش در این پژوهش ۱۴۶ و خیلی بیشتر از تعداد اندازه‌گیری‌های لازم بود (جدول ۲). تحلیل واریانس عملکرد محصول لیموترش در استان‌های مورد نظر نشان داد که تفاوت عملکرد محصول در استان‌های یادشده در سطح ۱ درصد معنی‌دار است.

خلاصه شاخص‌های آماری اندازه‌گیری‌ها شامل میانگین، انحراف معیار و تعداد داده‌های لازم و اندازه‌گیری‌شده برای حجم آب کاربردی و عملکرد لیموترش در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به اینکه تنوع احتمالی اقلیمی، تنوع مدیریت زراعی، تنوع بافت خاک، نیازآبی و غیره موجب افزایش واریانس داده‌های اندازه‌گیری می‌شود، در این تحقیق نیز انتظار می‌رفت ضریب تغییرات و واریانس داده‌های اندازه‌گیری شده زیاد باشد.

جدول ۲- میانگین، انحراف معیار و کفایت اندازه‌گیری‌ها در باغ‌های لیموترش انتخابی

Table 2-Mean, standard deviation and adequacy of measurements in selected lemon orchards

حجم آب کاربردی Applied water volume	حجم آب آبیاری Irrigation water volume	عملکرد لیموترش Lemon yield	شاخص آماری Statistical index
12837(m ³ /ha)	11373(m ³ /ha)	19.5 (ton/ha)	میانگین حسابی Arithmetic average
3445	3688	7.3	انحراف معیار Standard Deviation
28	41	54	تعداد اندازه‌گیری لازم Number of measurements required
146	146	133	تعداد اندازه‌گیری‌های انجام‌شده Number of measurements taken

به سطح زیرکشت) عملکرد کل باغ‌های لیموترش کشور ۲۰/۷ تن در هکتار بود. از نظر نوع سامانه آبیاری، جز در جنوب کرمان، باغ‌های لیموترش سایر استان‌ها همگی به سامانه آبیاری قطره‌ای مجهزند، کمتر از ۸ درصد کل باغ‌های لیموترش انتخابی تحت آبیاری سطحی بودند. میانگین عملکرد محصول در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و سطحی به ترتیب ۲۰ و ۱۴ تن در هکتار برآورد شده است. بنابراین در باغ‌های تحت سامانه‌های آبیاری قطره‌ای، عملکرد ۴۳ درصد نسبت به آبیاری سطحی افزایش نشان می‌دهد.

جدول ۳ میانگین عملکرد لیموترش در استان‌های منتخب کشور را نشان می‌دهد. بر مبنای میانگین عملکرد، می‌توان باغ‌های استان‌های کشور را به سه خوشه تقسیم کرد. در خوشه اول عملکرد لیموترش در منطقه جنوب کرمان (۱۴/۳ تن در هکتار)، در خوشه دوم عملکرد لیموترش در استان‌های فارس (۱۸/۷ تن در هکتار) و کهگیلویه و بویراحمد (۲۰/۳ تن در هکتار)، و در خوشه سوم عملکرد لیموترش در استان هرمزگان (۲۷/۱ تن در هکتار) قرار دارد. حداقل و حداکثر آب کاربردی لیموترش به ترتیب از منطقه جنوب کرمان و استان هرمزگان به دست آمده است. میانگین وزنی (نسبت

جدول ۳- میانگین عملکرد لیموترش در باغ‌های استان‌های منتخب کشور

Table 3-Average yield of lemon in the gardens of selected provinces

رتبه مقایسه‌ای Rank	میانگین عملکرد Mean yield (ton/ha)	استان Province	خوشه Cluster
a	14.3	جنوب کرمان South of Kerman	1
b	18.7	فارس Fars	2
b	20.3	کهگیلویه و بویراحمد Kohgiluyeh-Buyerahmad	2
c	27.1	هرمزگان Hormozgan	3

آبیاری لیموترش به ترتیب در استان‌های کهگیلویه و بویراحمد و فارس به دست آمده است. کمترین و بیشترین حجم آب آبیاری به کار رفته در باغ‌های لیموترش کشور به ترتیب ۵۴۰۰ و ۲۱۰۰۰ مترمکعب در هکتار است.

میانگین وزنی حجم آب آبیاری باغ‌های لیموترش کشور ۱۱۹۳۸ مترمکعب در هکتار برآورد شده است. میانگین حجم آب آبیاری در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و سطحی به ترتیب ۱۱۱۰۸ و ۱۳۸۷۲ مترمکعب در هکتار است. می‌توان گفت حجم آب آبیاری کاربردی در سامانه آبیاری قطره‌ای ۲۰ درصد کمتر از حجم آب آبیاری کاربردی در سامانه آبیاری سطحی است.

تحلیل واریانس نتایج نشان می‌دهد تفاوت حجم آب آبیاری در استان‌های یادشده در سطح احتمال کم‌تر از یک درصد معنی‌دار است. میانگین حجم آب آبیاری لیموترش در استان‌های کشور در سطح احتمال مورد قبول مقایسه گردید. بر مبنای میانگین حجم آب آبیاری، می‌توان استان‌های کشور را به سه خوشه تقسیم کرد. در خوشه اول حجم آب آبیاری در استان کهگیلویه و بویراحمد (۸۳۹۰ مترمکعب در هکتار)، در خوشه دوم حجم آب آبیاری در منطقه جنوب کرمان (۱۰۰۲۴ مترمکعب در هکتار)، و در خوشه سوم حجم آب آبیاری در استان‌های هرمزگان (۱۲۳۶۲ مترمکعب در هکتار) و فارس (۱۳۳۶۷ مترمکعب در هکتار) قرار دارد (جدول ۴). حداقل و حداکثر حجم آب

جدول ۴- میانگین حجم آب آبیاری لیموترش در باغ‌های استان‌های انتخابی

Table 4- Average volume of irrigation water in the lemon gardens of selected provinces

رتبه مقایسه‌ای Rank	میانگین حجم آب آبیاری Average volume of irrigation water (m ³ /ha)	استان Province	خوشه Cluster
a	8390	کهگیلویه و بویراحمد Kohgiluyeh-Buyerahmad	1
b	10024	جنوب کرمان South of Kerman	2
c	12362	هرمزگان Hormozgan	3
c	13367	فارس Fars	3

تعیین میزان آب کاربردی و بهره‌وری آب باغ‌های لیموترش در...

مترمکعب در هکتار) قرار دارد. حداقل و حداکثر آب کاربردی لیموترش به ترتیب از منطقه جنوب کرمان و استان فارس به دست آمده است. میانگین وزنی حجم آب کاربردی لیموترش در کشور ۱۲۹۹۳ مترمکعب در هکتار است و بنابراین حدود ۸ درصد از کل آب کاربردی باغ‌های لیموترش با بارندگی و بقیه با آبیاری تامین می‌شود. حجم آب آبیاری به دست آمده در این پژوهش با مقادیر گزارش شده توسط احمدپور و سلیمانی (Ahmadpour & Soleimani, 2017) همخوانی دارد.

تحلیل واریانس نشان می‌دهد تفاوت آب کاربردی در استان‌های یادشده در سطح احتمال کمتر از یک درصد معنی‌دار است. بر مبنای میانگین آب کاربردی، می‌توان استان‌های کشور را به سه خوشه تقسیم کرد (جدول ۵). در خوشه اول آب کاربردی در منطقه جنوب کرمان (۱۰۸۰۱ مترمکعب در هکتار) و استان کهگیلویه و بویراحمد (۱۱۵۸۳ مترمکعب در هکتار)، در خوشه دوم آب کاربردی در تولید لیموترش در باغ‌های استان هرمزگان (۱۲۶۸۴ مترمکعب در هکتار)، و در خوشه سوم آب کاربردی در استان فارس (۱۴۳۸۲

جدول ۵- میانگین حجم آب کاربردی لیموترش در باغ‌های استان‌های انتخابی
Table 5- Average volume of applied water in the lemon gardens of selected provinces

رتبه مقایسه‌ای Rank	میانگین آب کاربردی Mean applied water(m ³ /ha)	استان Province	خوشه Cluster
a	10801	جنوب کرمان South of Kerman	1
b	11583	کهگیلویه و بویراحمد Kohgiluyeh-Buyerahmad	2
b	12684	هرمزگان Hormozgan	
c	14382	فارس Fars	3

بویراحمد (۲/۴۸ کیلوگرم بر مترمکعب) و هرمزگان (۲/۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب) قرار دارند. حداقل و حداکثر بهره‌وری آب در تولید لیموترش به ترتیب از استان‌های فارس و هرمزگان به دست آمده است. میانگین وزنی بهره‌وری آب باغ‌های لیموترش در کشور ۱/۹۴ کیلوگرم بر مترمکعب است. بهره‌وری آب آبیاری در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و سطحی به ترتیب ۲/۰۰ و ۱/۰۶ کیلوگرم بر مترمکعب است. میزان بهره‌وری آب آبیاری لیموترش در کشور اسپانیا خیلی بیشتر است تا در ایران. علت اصلی آن کاهش حجم آب آبیاری در باغ‌های آن کشور به

جدول ۶ میانگین مقادیر بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب کل را در استان‌های مورد بررسی نشان می‌دهد. تحلیل واریانس نشان می‌دهد تفاوت بهره‌وری آب آبیاری در استان‌های یادشده در سطح احتمال کمتر از یک درصد معنی‌دار است. بر مبنای میانگین بهره‌وری آب، می‌توان استان‌های کشور را به دو خوشه تقسیم کرد. در خوشه اول بهره‌وری آب در استان فارس (۱/۵۲ کیلوگرم بر مترمکعب) و منطقه جنوب کرمان (۱/۶۰ کیلوگرم بر مترمکعب) و در خوشه دوم بهره‌وری آب در تولید لیموترش از باغ‌های استان کهگیلویه و

بهره‌وری کل آب بلندمدت در استان‌های یادشده در سطح احتمال کمتر از یک درصد معنی‌دار است. در خوشه اول بهره‌وری کل آب بلندمدت در استان فارس (۱/۲۸ کیلوگرم بر مترمکعب) و منطقه جنوب کرمان (۱/۲۸ کیلوگرم بر مترمکعب) و در خوشه دوم بهره‌وری کل آب بلندمدت در تولید لیموترش از باغ‌های استان کهگیلویه و بویراحمد (۱/۷۹ کیلوگرم بر مترمکعب) و هرمزگان (۲/۱۳ کیلوگرم بر مترمکعب) قرار دارند. بنابراین، حداقل و حداکثر بهره‌وری کل آب بلندمدت در تولید لیموترش از استان‌های فارس و هرمزگان به‌دست آمده است. میانگین وزنی بهره‌وری کل آب بلندمدت در کشور ۱/۵۹ کیلوگرم بر مترمکعب است. بهره‌وری کل آب بلند مدت در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و سطحی به‌ترتیب ۱/۵۸ و ۰/۹۲ کیلوگرم بر مترمکعب است. به‌طور کلی در استان هرمزگان به دلیل حجم آب آبیاری کمتر و میزان عملکرد بیشتر، بهره‌وری آب از سایر استان‌ها بیشتر است. بالعکس، استان فارس حجم آب آبیاری بیشتر و عملکرد نسبتاً کمتری داشته که در نتیجه بهره‌وری آب کمتری نیز داشته است.

دلیل بیشتر بودن میزان بارندگی است (Perez-perez *et al.*, 2012, Robles *et al.*, 2016). تفاوت بهره‌وری کل آب یک‌ساله در استان‌های یادشده نیز در سطح احتمال کمتر از یک درصد معنی‌دار است. در خوشه اول بهره‌وری کل آب یک‌ساله در استان فارس (۱/۴۰ کیلوگرم بر مترمکعب) و منطقه جنوب کرمان (۱/۴۶ کیلوگرم بر مترمکعب) و استان کهگیلویه و بویراحمد (۱/۷۷ کیلوگرم بر مترمکعب) و در خوشه دوم بهره‌وری کل آب یک‌ساله در تولید لیموترش از باغ‌های هرمزگان (۲/۴۲ کیلوگرم بر مترمکعب) قرار دارد. بنابراین حداقل و حداکثر بهره‌وری کل آب یک‌ساله در تولید لیموترش از استان‌های فارس و هرمزگان به‌دست آمده است. میانگین وزنی بهره‌وری کل آب یک‌ساله ۱/۷۵ کیلوگرم بر مترمکعب است. میانگین بهره‌وری کل آب یک‌ساله در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و سطحی به‌ترتیب ۱/۶۹ و ۱/۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب است که نشان از افزایش قابل توجه مقدار بهره‌وری آب در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری سطحی دارد. نتایج تحلیل واریانس نشان می‌دهد تفاوت

جدول ۶- میانگین بهره‌وری آب لیموترش در باغ‌های استان‌های انتخابی

Table 6- Average water productivity in the lemon gardens of selected provinces

استان Province	میانگین بهره‌وری آب کل یک‌ساله Average total one-year water productivity (kg/m ³)	میانگین بهره‌وری آب کل بلندمدت Average total long term water productivity(kg/m ³)	میانگین بهره‌وری آب آبیاری Average irrigation water productivity(kg/m ³)
فارس Fars	1.40 a	1.28 a	1.52 a
منطقه جنوب کرمان South of Kerman	1.46 a	1.28 a	1.60 a
کهگیلویه و بویراحمد Kohgiluyeh-Buyerahmad	1.77 a	1.79 b	2.48 b
هرمزگان Hormozgan	2.42 b	2.13 b	2.50 b

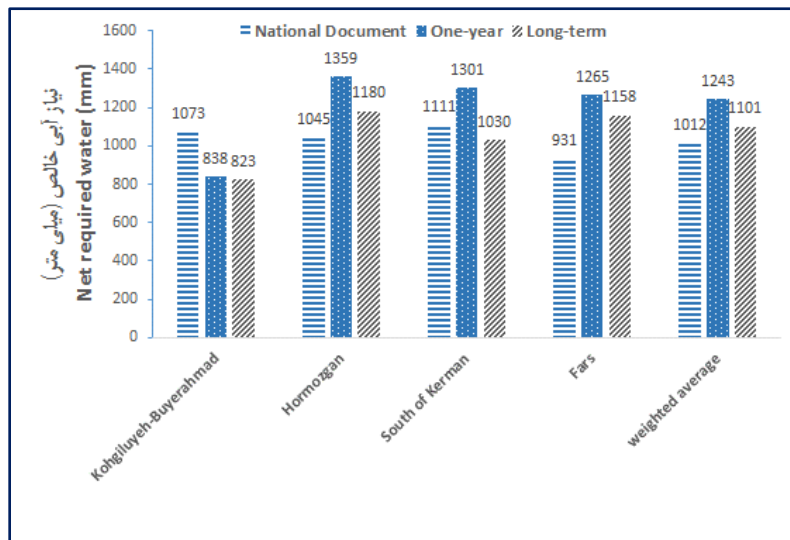
میزان نیاز آبی خالص بر اساس سند ملی آب به ترتیب متعلق به استان‌های فارس و جنوب کرمان است. بیشترین میزان نیاز آبی خالص یک‌ساله و بلندمدت متعلق به استان هرمزگان است. دیده می‌شود که تفاوت نیاز آبی خالص یک‌ساله و بلندمدت به طور متوسط ۱۴۲ میلی‌متر است. یکی از علل این تفاوت، کاهش حدود ۵۰ درصد در میزان بارندگی در سال اجرای تحقیق (۱۳۹۹-۱۴۰۰) نسبت به بارندگی بلندمدت در بیشتر مناطق مورد بررسی بوده است. کم شدن بارندگی باعث افزایش نیاز آبی خالص می‌شود. مقایسه بین میزان بارش موثر یک‌ساله و بلندمدت در مناطق مورد بررسی در شکل ۲ نمایش داده شده است. دیده می‌شود که جز در استان کهگیلویه و بویراحمد، در سایر استان‌ها میزان بارندگی در سال اجرای تحقیق کمتر از میزان بارندگی بلندمدت بوده است. میانگین وزنی بارندگی موثر یک‌ساله و بلندمدت به ترتیب ۱۰۵ و ۲۰۶ میلی‌متر است. در شکل ۳ نیاز آبی ناخالص و عمق آب آبیاری باغ‌های لیموترش در استان‌های مختلف مقایسه شده است. مشاهده می‌شود که به طور کلی نیاز آبی ناخالص یک‌ساله نیز از نیاز آبی ناخالص بلندمدت بیشتر است که دلیل اصلی آن کاهش بارندگی در سال اجرای تحقیق است. عمق آب آبیاری باغ‌های لیموترش در همه مناطق از نیاز آبی ناخالص یک‌ساله کمتر است. جز در استان فارس، در بقیه استان‌ها عمق آب آبیاری در باغ‌های لیموترش از نیاز آبی ناخالص بلندمدت کمتر است. به طور میانگین در کشور، عمق آب آبیاری باغ‌های لیموترش (۱۱۹۴ میلی‌متر) نزدیک به نیاز آبی ناخالص بلندمدت (۱۲۱۲ میلی‌متر) و سند ملی (۱۲۰۹ میلی‌متر) و ۲۵۱ میلی‌متر از نیاز آبی ناخالص یک‌ساله (۱۴۴۵ میلی‌متر) کمتر است. میانگین تفاوت عمق آب آبیاری لیموترش با نیاز

با توجه به میانگین حجم آب آبیاری استان‌های منتخب، و نیز سطح زیرکشت محصول لیموترش در هر استان، کل حجم آب مورد نیاز در هر استان و در کل کشور برآورد شد. استان فارس با کاربرد حدود ۲۲۴ میلیون مترمکعب، بیشترین حجم آب آبیاری را برای تولید لیموترش مصرف می‌کند. پس از فارس، به ترتیب استان‌های هرمزگان، کهگیلویه و بویراحمد و جنوب کرمان با ۱۲۸، ۴۹ و ۴۴ میلیون متر مکعب قرار می‌گیرند. بنابراین سالانه حدود ۵۲۸ میلیون مترمکعب از منابع آبی کشور به‌عنوان آب آبیاری برای تولید لیموترش اختصاص می‌یابد. مجموع آب آبیاری و آب بارندگی مورد نیاز ۶۲۲ میلیون مترمکعب در سال برآورد شده است.

شکل ۱ مقادیر نیاز آبی خالص باغ‌های مرکبات (لیموترش) را در مناطق مورد بررسی نشان می‌دهد. نتایج بررسی‌ها نیز نشان می‌دهد که نیاز خالص آبی لیموترش در سال تحقیق در استان‌های کهگیلویه و بویراحمد، هرمزگان، جنوب کرمان و فارس به ترتیب ۸۳۸، ۱۳۵۹، ۱۳۰۱ و ۱۲۶۵ میلی‌متر و به طور میانگین ۱۲۴۳ میلی‌متر بوده است. نیاز آبی خالص بلندمدت این چهار منطقه به ترتیب ۸۲۳، ۱۱۸۰، ۱۰۳۰ و ۱۱۵۸ میلی‌متر و به طور متوسط ۱۱۰۱ میلی‌متر است. در مطالعات قبلی نیاز آبی مرکبات در هرمزگان ۱۰۷۵ میلی‌متر گزارش شده بود که حدود ۱۰۰ میلی‌متر کمتر از نیاز آبی برآورد شده در تحقیق حاضر است (Karami, 2020). نیاز آبی خالص لیموترش بر اساس سند ملی آب برای چهار استان مذکور به ترتیب ۱۰۷۳، ۱۰۴۵، ۱۱۱۱، ۹۳۱ و به طور میانگین ۱۰۱۲ میلی‌متر به دست آمده است. از میان مناطق مورد بررسی، کمترین نیاز آبی خالص یک‌ساله و بلندمدت مربوط به استان‌های کهگیلویه و بویراحمد است. کمترین و بیشترین

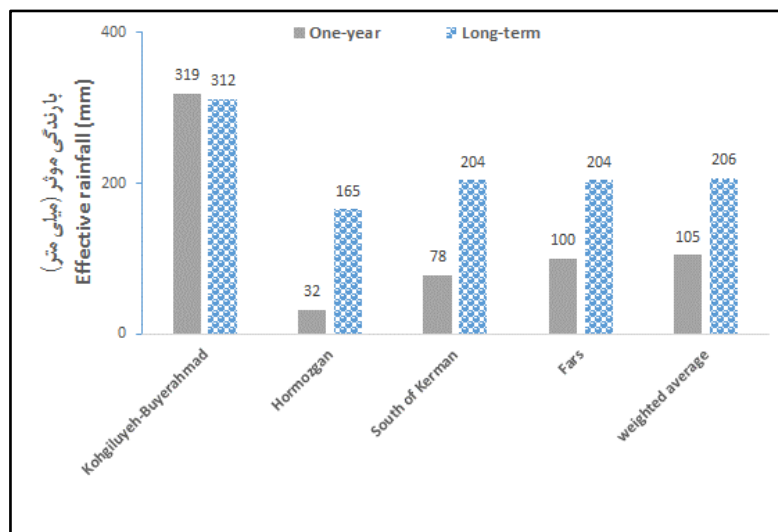
آبی ناخالص بلندمدت در مناطق مختلف از ۱۶- تا ۱۳+ درصد و در کشور ۱- درصد است. میانگین تفاوت عمق آب آبیاری لیموترش با نیاز آبی ناخالص یکساله در مناطق مختلف از ۲- تا ۴۳- درصد و در کشور ۱۷- درصد است. جدول ۷ مقادیر عمق نیاز آبی ناخالص آبیاری و عمق آب آبیاری را به تفکیک نوع سامانه آبیاری نشان می‌دهد. دیده می‌شود که میانگین عمق آب آبیاری در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و سطحی به ترتیب

۱۲۰۷ و ۱۳۸۷ میلی‌متر است. میانگین دور آبیاری در سامانه آبیاری قطره‌ای و سطحی به ترتیب ۲ و ۶ روز است. همچنین، نیاز آبی ناخالص یکساله در باغ‌های تحت این دو نوع سامانه آبیاری به ترتیب ۱۳۰۷ و ۲۰۹۰ میلی‌متر برآورد شده است. بنابراین استفاده از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای، در مقایسه با آبیاری سطحی، می‌تواند به میزان قابل توجهی در کاهش مصرف آب باغ‌های لیموی کشور مؤثر باشد.



شکل ۱- مقایسه نیاز آبی خالص مرکبات (لیموترش) در استان‌های مختلف

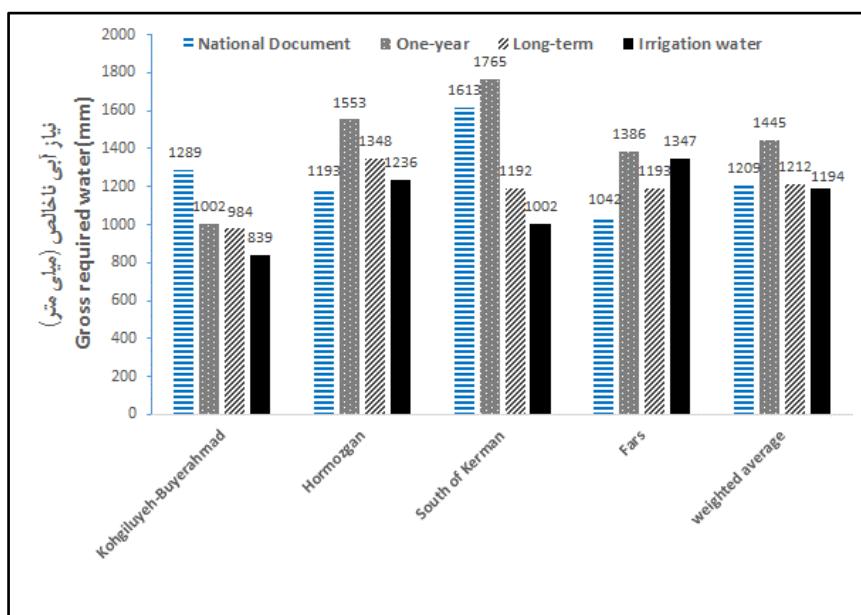
Figure 1- Comparison of net required water of citrus orchards(lemon) in different provinces



شکل ۲- مقایسه بارندگی موثر یکساله و بلندمدت در استان‌های مختلف

Figure 2 - Comparison of one-year and long-term effective rainfall in different provinces

تعیین میزان آب کاربردی و بهره‌وری آب باغ‌های لیموترش در...



شکل ۳- مقایسه نیاز آبی ناخالص و عمق آب آبیاری باغ‌های لیمو در استان‌های مختلف

Figure 3 - Comparison of gross water requirement and irrigation depth of lemon orchards in different provinces

جدول ۷- نیاز آبی ناخالص و عمق آبیاری در سامانه‌های آبیاری مختلف در باغ‌های لیموترش (میلی متر)

Table 9-Gross water requirement and irrigation depth in the irrigation systems of lemon orchards

کل سامانه های آبیاری All irrigation systems	آبیاری سطحی Surface irrigation	آبیاری قطره ای Drip irrigation	عمق آب Water depth (mm)
1209	1913	1124	نیاز آبی ناخالص سند ملی Gross water requirement from the National Document
1445	2090	1307	نیاز آبی ناخالص یکساله One-year gross water requirement
1212	1487	1134	نیاز آبی ناخالص بلندمدت Long-term gross water requirement
1194	1387	1207	آب آبیاری Irrigation water

میزان حجم آب آبیاری در هکتار کاهش یافته است. در نتیجه بهره‌روی آب آبیاری باغ‌های لیمو با افزایش سن درختان افزایش یافته و در سنین ۲۰ به بالا به حدود ۲/۵ کیلوگرم بر مترمکعب رسیده است. در باغ‌هایی که تحت مدیریت کشاورزان پیشرو هستند، میزان عملکرد محصول به طور متوسط به ۲۰/۴ تن در هکتار رسیده است که ۱/۲

جدول ۸ نتایج تأثیر عوامل مختلف بر عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب باغ‌های لیموترش را نشان می‌دهد. مشاهده می‌گردد که بیشترین میزان عملکرد باغ‌ها در گروه سنی ۱۱ تا ۲۰ سال به دست آمده است (۲۱/۴ تن در هکتار) و از این گروه سنی به قبل و بعد، میزان عملکرد کاهش نشان می‌دهد. با افزایش سن درختان،

از ۴ دسی زیمنس بر متر، میزان محصول تولیدی نسبت به شوری‌های خاک کمتر از ۲ دسی زیمنس بر متر نیز حدود ۵ تن در هکتار کاهش نشان می‌دهد. بررسی‌ها همچنین نشان می‌دهد باغداران لیموترش کشور، در شرایطی که آب یا خاک شور هستند، حجم آب آبیاری را افزایش می‌دهند. با افزایش شوری آب آبیاری به بالاتر از ۳ دسی زیمنس بر متر، حجم آب آبیاری از حدود ۱۱۲۰۰ مترمکعب در هکتار به حدود ۱۲۷۰۰ مترمکعب در هکتار می‌رسد که افزایشی معادل ۱۵۰۰ مترمکعب در هکتار را نشان می‌دهد. همچنین، با افزایش شوری خاک به بالاتر از ۴ دسی زیمنس بر متر، حجم آب آبیاری از ۱۰۲۰۰ به ۱۳۹۰۰ مترمکعب در هکتار می‌رسد که ۳۷۰۰ 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 دسی زیمنس بر متر به ۱/۳ کیلوگرم بر مترمکعب در شوری‌های آب بیشتر از ۳ دسی زیمنس بر متر می‌رسد. بهره‌وری آب در شوری‌های خاک بالاتر از ۴ و کمتر از ۲ دسی زیمنس بر متر به ترتیب ۱/۲ و ۲/۳ کیلوگرم بر مترمکعب است که کاهش قابل توجهی را نشان می‌دهد. بنابراین، می‌توان گفت که اگرچه با افزایش شوری آب آبیاری و خاک، حجم آب آبیاری باغ‌های لیمو افزایش می‌یابد، اما میزان محصول بهره‌وری آب پایین می‌آید. یعنی افزایش میزان آب آبیاری به‌عنوان آبشویی به اندازه‌ای نبوده‌است تا بتواند اثرهای منفی افزایش شوری را خنثی کند. بیشترین میزان عملکرد (۲۱/۴ تن در هکتار) در خاک با بافت متوسط و بیشترین بهره‌وری آب آبیاری (۲/۲ کیلوگرم بر مترمکعب) باغ‌های لیموترش در بافت خاک متوسط و سبک به دست

تن در هکتار نسبت به میزان عملکرد محصول باغ‌های کشاورزان معمولی افزایش یافته نشان می‌دهد. حجم آب آبیاری داده شده توسط کشاورزان پیشرو، نسبت کشاورزان معمولی، تفاوت زیادی ندارد. در نتیجه میزان بهره‌وری آب به دست‌آمده در باغ‌های تحت مدیریت کشاورزان پیشرو به طور میانگین ۰/۱۷ کیلوگرم بر مترمکعب بیشتر و به ۱/۸۴ کیلوگرم بر مترمکعب رسیده است. با افزایش سطح سواد کشاورزان از زیر دیپلم به تحصیلات بالای دیپلم، میزان عملکرد از ۱۸/۳ به ۲۱/۳ تن در هکتار افزایش یافته است. سطح سواد باغداران در میزان آب آبیاری تأثیری نداشته است. میزان بهره‌وری آب از حدود ۱/۸ کیلوگرم بر مترمکعب، در سطح سواد دیپلم و پایین‌تر، به حدود ۲/۳ کیلوگرم بر مترمکعب در سطح سوادی 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 گردد. بنابراین نیاز است در صورت لزوم مقداری آب بیشتر از نیاز خالص به‌عنوان آبشویی در نظر گرفته شود. طبق تحقیقات قبلی، درختان مرکبات در شوری‌های خاک کمتر از ۱/۸ دسی زیمنس بر متر کاهش محصول نشان نمی‌دهند و بالاتر از این حد به تدریج 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 لیمو در کشور کاهش محسوسی پیدا می‌کند. با افزایش شوری آب آبیاری به بالاتر از ۳ دسی زیمنس بر متر، میزان محصول تولیدی حدود ۵ تن در هکتار نسبت به شوری آب کمتر از ۱ دسی زیمنس بر متر کمتر می‌شود. با افزایش شوری خاک به بیش

سرد می‌توان دید. بیشترین و کمترین میزان حجم آب آبیاری به ترتیب متعلق به اقلیم سرد (۱۴۶۰۰ مترمکعب در هکتار) و معتدل (۹۷۰۰ مترمکعب در هکتار) است. در نتیجه کمترین و بیشترین میزان بهره‌وری آب به ترتیب ۱/۱۵ و ۲/۳۲ کیلوگرم بر مترمکعب در اقلیم‌های سرد و معتدل به دست آمد. اقلیم سرد متعلق به دو شهرستان کازرون و فراشبند در استان فارس است، هرچند تابستان‌های گرم دارند، و به دلیل پراب بودن معمولاً در آنها آبیاری بی‌رویه صورت می‌گیرد (به‌ویژه در شهرستان کازرون). به‌طور کلی مناطقی که در اقلیم معتدل قرار گرفته‌اند دارای عملکرد و بهره‌وری آب بیشتر و حجم آب آبیاری کمتری هستند.

آمده است. کمترین میزان حجم آب (۹۹۰۰ مترمکعب در هکتار) در بافت خاک سبک و بیشترین حجم آب آبیاری در خاک با بافت سنگین دیده می‌شود. باغ‌های با بافت خاک سبک عمدتاً در استان کهگیلویه و بویراحمد واقع‌اند و دلیل کمتر آبیاری شدن این باغ‌ها نیاز آبی کمتر در آن استان است. بنابراین می‌توان گفت بافت خاک متوسط برای پرورش لیمو در کشور مناسب‌تر از سایر بافت‌هاست. پس از بافت خاک متوسط، باغ‌های با بافت خاک سبک وضعیت بهتری دارند. بیشترین عملکرد (۲۱/۰ تن در هکتار) از باغ‌های واقع در اقلیم معتدل و پس از آن در اقلیم گرم (۱۸/۴ تن در هکتار) به دست آمده‌است. کمترین عملکرد (۱۶/۴ تن در هکتار) را در اقلیم

جدول ۸- نتایج تاثیر عوامل مختلف بر عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب باغ‌های لیموترش

Table 10-Effect of different factors on yield, irrigation water volume and water productivity of lemon orchards

درصد فراوانی Frequency (%)	بهره‌وری آب آبیاری Irrigation water productivity (kg/m ³)	عملکرد Yield (ton/ha)	حجم آب آبیاری Volume of irrigation water (m ³ /ha)	محدوده Range	عامل Factor
77	1.80	19.1	11923	کمتر از ۱۰ سال Below 10	سن درختان Age of trees (year)
21	2.35	21.4	9587	۱۱ تا ۲۰ سال 11-20	
2	2.52	18.8	7743	بیشتر از ۲۰ سال Above 20	
46	1.81	18.3	11404	پایینتر از دیپلم Below the diploma	سطح سواد Education level
30	1.82	19.9	12159	دیپلم Diploma	
24	2.31	21.3	10346	بالتر از دیپلم Above the diploma	
36	2.01	20.0	11200	کمتر از ۱ دسی‌زیمنس بر متر Below 1	شوری آب Water salinity (dS/m)
60	1.92	19.7	11401	۱ تا ۳ دسی‌زیمنس بر متر 1-3	
4	1.28	14.6	12701	بیشتر از ۳ دسی‌زیمنس بر متر Above 3	

ادامه جدول ۸- نتایج تاثیر عوامل مختلف بر عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب باغ‌های لیموترش

Table 10-Effect of different factors on yield, irrigation water volume and water productivity of lemon orchards

درصد فراوانی Frequency (%)	بهره‌وری آب آبیاری Irrigation water productivity (kg/m ³)	عملکرد Yield (ton/ha)	حجم آب آبیاری Volume of irrigation water (m ³ /ha)	محدوده Range	عامل Factor
20	1.23	15.9	13862	بیشتر از ۴ دسی زیمنس بر متر Above 4	شوری خاک Soil salinity(dS/ m)
37	1.87	19.8	11499	۲ تا ۴ دسی زیمنس بر متر 2-4	
43	2.27	20.9	10177	کمتر از ۲ دسی زیمنس بر متر Below 2	
12	2.18	19.7	9881	سبک Light (coarse)	بافت خاک Soil texture
34	2.24	21.4	10489	متوسط Medium	
54	1.64	18.1	12276	سنگین Heavy (fine)	
48	2.32	21.0	9718	معتدل	اقلیم مناطق Climate
40	1.60	18.4	12430	گرم	
12	1.15	16.4	14549	سرد	
72	1.67	19.2	11470	معمولی Normal	نوع بهره بردار Type of farmer
28	1.84	20.4	11125	پیشرو Progressive	

نتیجه‌گیری

حجم آب آبیاری باغ‌های لیموترش در کشور ۱۱۹۳۸ مترمکعب در هکتار است. حجم آب آبیاری کاربردی در سامانه آبیاری قطره‌ای حدود ۲۰ درصد کمتر از حجم آب آبیاری کاربردی در سامانه آبیاری سطحی است. تناسب حجم آب آبیاری باغ‌های لیموترش با نیاز آبی ناخالص در استان‌های منتخب تقریباً مشابه هم، یعنی کمتر از نیاز آبی ناخالص یک‌ساله است. به‌جز در استان فارس، در استان‌های هرمزگان، کرمان و کهگیلویه و بویراحمد حجم آب آبیاری باغ‌های لیموترش کمتر از نیاز آبی ناخالص بلندمدت است. به‌طور میانگین در کشور، عمق آب آبیاری باغ‌های لیموترش نزدیک به نیاز آبی ناخالص بلندمدت و

این بررسی در ۱۴۸ باغ لیموترش در استان‌های فارس، هرمزگان، کهگیلویه و بویراحمد و کرمان به مدت یک سال اجرا شد. نتایج بررسی‌های گذشته نشان می‌دهد که درختان لیموترش نسبت به کم آبی، سرما و شوری حساس هستند. میزان عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب گزارش شده در نقاط مختلف دنیا و ایران نیز متفاوت و دامنه تغییرات آن زیاد است. میانگین عملکرد لیموترش در کشور ۲۰/۷ تن در هکتار است. در باغ‌های لیموترش مجهز به سامانه‌های آبیاری قطره‌ای، عملکرد ۴۳ درصد نسبت به آبیاری سطحی افزایش نشان می‌دهد. میانگین

سن درختان، میزان حجم آب آبیاری در هکتار کاهش و بهره‌وری آب آبیاری افزایش می‌یابد. بیشترین میزان عملکرد و بهره‌وری آب در بافت خاک متوسط به دست آمده است. بنابراین می‌توان گفت باغ‌هایی با بافت خاک متوسط برای پرورش لیمو در کشور مناسب تر است تا سایر بافت‌ها. پس از بافت خاک متوسط، باغ‌های با بافت خاک سبک وضعیت بهتری دارند.

تعیین دقیق نیاز آبی گیاه و تبدیل سامانه‌های آبیاری سطحی به قطره‌ای می‌تواند در مصرف به-اندازه آب آبیاری و افزایش بهره‌وری آب بسیار مؤثر باشد. افزون بر این دو عامل، رعایت برنامه‌ریزی آبیاری در باغ‌های لیمو می‌تواند باعث تولید محصول حداکثر به ازای میزان آب تخصیص یافته شود. در احداث یا نوسازی باغ‌های لیمو باید ارقامی کشت شوند که مقاوم به سرما و شوری باشند و قابلیت صدور نیز داشته باشند و در عین حال افزایش سطح زیر کشت متناسب با منابع آبی باشد.

سندملی و ۱۷ درصد کمتر از نیاز آبی ناخالص یکساله است. بهره‌وری آب آبیاری باغ‌های لیموترش در کشور به طور متوسط ۱/۹۴ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شده است. بهره‌وری آب آبیاری باغ‌های لیموترش در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و سطحی به ترتیب ۲/۰۰ و ۱/۰۶ کیلوگرم بر مترمکعب است که نشان از افزایش ۸۹ درصد بهره‌وری آب در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای دارد.

گروه‌بندی مقادیر شوری نشان می‌دهد با افزایش شوری آب آبیاری و شوری خاک، میزان عملکرد محصول و بهره‌وری آب باغ‌های لیموترش در کشور کاهش محسوسی دارد 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 می‌یابد. بیشترین میزان عملکرد باغ‌ها در گروه سنی ۱۱ تا ۲۰ سال درختان لیموترش به دست آمده است. با افزایش

تشکر و قدردانی

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

مراجع

- 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.
- Ahmadi, K., Ebadzadeh, H.R., Hatami, F., Mohammadnia Afrouzi, S., Yari, S., 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.
- Ahmadpur, A., Soleimani, M. (2017). *A Review of the Orange Booklet*, Office of Tropical and Semi-Tropical Fruits, Deputy Minister of Horticulture, Ministry of Jihad Agriculture.

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., and Smith, M. (1998). Crop Evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. Fao, Rome, 300(9), D05109.
- Bjorneberg, D.L. (2013). Irrigation methods. USDA Agricultural Research Service, Kimberly, ID, USA.
- Daneshnia, A., Rastegar, H., Shahrokhnia, A., and Mehdizadeh, Y. (1992). Irrigation scheduling for tangerine and orange orchards under drip irrigation. Agricultural and Natural Resources Research Organization, Report No. 37.
- 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 Institut, Vol. 5, No. 2.
- FAOSTAT. (2019). FAOSTAT crops. Available at <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>
- Farshi, A.A., Kheyrabi, J., Siadat, H., Mirlatifei, M., Darbandi, S., Salamat, and A.R., Entesari, M.R. (2003). On-farm irrigation water management. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (IRNCID), No.76.
- 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.
- Martinez-Gimeno M. Provenzano G. Bonet L. Intrigliolo D.S. Badal E. 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.
- Moghbeli Damaneh, E. (2017). Comparison of subsurface and surface drip irrigation systems for deficit irrigation of citrus. Ph.D. Thesis, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
- Moghbeli Damaneh, E., Fattahi, R., Ghorbani, B., Rabiee, G., and Esfandiari, S. (2018). 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.
- 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.
- 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.
- Rastegar, H., and Shahrokhnia, A. (1998). Citrus research findings in Fars province. Fars Province Agricultural Organization.
- Robles, J.M., Botia, P., 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.
- 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.
- Sarmad, Z., BAZargan, A., and Hejazi, A. (2019). Research Methods in Behavioral Sciences. Agah Pubs., 406p.
- Shahrokhnia, A., and Rastegar, H. (1988). Comparison of drip, sprinkler and surface irrigation methods on Jahrom tangerine. Soil and Water Research Institute, Report No. 764.

Determination of Applied Water and water productivity of lemon orchards in Iran

M. A. Shahrokhnia*, F. Abbasi, A. Naseri, S. E. Dehghanian, A. Eslami, N. Salamati, E. Moghbeli-Damaneh, and E. Zare-Mehrani

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

Received: 6 June 2022, Accepted: 13 July 2022

Extended Abstract

Introduction

Most regions of Iran are considered as arid and semi-arid regions. Water management in the agricultural sector is very important as the largest consumer of water resources in the country. In order to better plan and manage water resources in the agricultural sector, it is necessary to have sufficient information about the amount of water used in different products. Given the importance of its lemon product in the country, and conducting little research on this issue, determining the applied water for lemon orchards in the country can be useful for planning and macro decisions in the country. A review of literature shows that a lot of information has been collected in the world about the required water and the effect of different irrigation methods on citrus fruit yield. However, little research has been done on irrigating lemon trees under the management of gardeners. In Iran, little research has been done on the management of lemon irrigation. Therefore, in this study, the volume of applied water and water productivity of lemon trees in the country have been measured and evaluated.

Methodology

In this field study, irrigation water volume and lemon yield in over 210 selected orchards in Fars, Hormozgan, Kohgiluyeh, Boyer-Ahmad and South Kerman provinces were measured directly. Fruit yield was obtained in three consecutive years and their mean was used in the analysis. Analysis of variance was used to investigate the possible differences in yield, irrigation water volume and water productivity in lemon production. After determining the inflow of water to the garden by carefully monitoring the garden irrigation program and measuring the area under cultivation, the volume of irrigation water applied by lemon trees in each garden was measured. Multiplying the flow rate during the total irrigation period during the season, the amount of irrigation water volume was obtained. In each of the gardens, items such as soil texture of the gardens, electrical conductivity of soil and irrigation water, etc. were also measured. The amount of evapotranspiration of the lemon tree in each region was calculated using meteorological data of the station closest to the project implementation area in the last 10 years and the year of the research using the Penman-Montieth method. The results were compared with the calculated net required irrigation water and the values presented in the National Water Document (NETWAT).

Results and Discussion

The results showed that the differences in yield, applied water volume, and indicators related to water productivity were significant in the mentioned provinces. The weighted average yield of lemon was 21.7 tons per hectare. The weighted average volume of irrigation water

and total applied water were 11938 and 12993 cubic meters per hectare, respectively. The weighted average irrigation water productivity was estimated to be 1.94 kg/m³. Weighted average water+long-term effective rainfall productivity was 1.59, kg/m³. Weighted average of water and current year effective rainfall productivity were 1.75 kg/m³, respectively. The proportion of irrigation water volume of lemon orchards with gross water requirement in selected provinces was similar. In general, the average difference between the depth of irrigation water and annual and long-term gross water requirement in the country was -17 and -1 percent, respectively. In the orchards under drip irrigation system compared to surface irrigation, fruit yield and water productivity increased 43 and 89 percent, while irrigation water volume decreased about 20 percent. Salinity of water and soil, age of trees, literacy level of gardeners, climate, soil texture was some of the factors that affected yield, water productivity and volume of irrigation water.

Conclusions

Accurate determination of plant required water and volumetric water delivery can be very effective in reducing irrigation water and increasing water productivity. In addition to these two factors, adhering to irrigation scheduling in lemon orchards can produce the maximum yield per allotted amount of water. In creating or renovating of lemon orchards, cultivars should be planted that are resistant to cold and salinity and have the ability to export, while increasing the area under cultivation in proportion to water resources.

Keywords: Irrigation system, lemon yield, Volume of irrigation water