مدیریت آب و آبیاری
(نشریه علمی)
دوره ۱۱ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۴۰۰
صفحه‌های ۶۵۸-۶۴۳
DOI: 10.22059/jwim.2021.330311.917

مقاله پژوهشی:

اثر شیوه بهره‌برداری از منابع آبی بر شاخص‌های بهره‌وری مصرف آب محصول زیتون

فرشید محمدی[۱]، حسن اوجاقلو[۲*]، محمد قربانیان[۳]
۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.
۲. استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.
۳. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.
تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۶/۱۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۸/۰۶

چکیده
مطالعه میدانی عوامل مؤثر بر بهره‌وری مصرف آب، یکی از راه‌کارهای مهم در رسیدن به کشاورزی پایدار می‌باشد. در این پژوهش اثر روش بهره‌برداری از منابع آب بر شاخص‌های فیزیکی و اقتصادی بهره‌وری مصرف آب محصول زیتون موردبررسی قرار گرفت. برای این منظور تعداد ۳۰ باغ زیتون شامل ۱۶ باغ با منبع آب از نوع چاه شخصی و ۱۴ باغ از نوع مشاعی در شهرستان طارم واقع در استان زنجان انتخاب شد. به‌منظور محاسبه شاخص‌های بهره‌وری مصرف آب، پارامترهای آبیاری نظیر دبی ورودی و برنامه آبیاری در سه نوبت زمانی مختلف در طول فصل، عملکرد محصول، هزینه‌های تولید و درآمد حاصل از فروش محصول تعیین شد. میانگین حجم آب مصرفی در باغات تحت مدیریت چاه شخصی و مشاعی به‌ترتیب ۹۸۰۰ و ۱۲۶۸۰ مترمکعب در هکتار برآورد شد. میانگین شاخص‌های بهره‌وری CPD، BPD و NBPD در باغات تحت مدیریت چاه شخصی به‌ترتیب برابر با ۰/۴۰ کیلوگرم بر مترمکعب، ۴۶/۹ و ۲۴/۴ هزار ریال بر مترمکعب و در باغات تحت مدیریت چاه مشاعی به‌ترتیب برابر با ۰/۳۰ کیلوگرم بر مترمکعب، ۳۶/۴ و ۱۵/۲ هزار ریال بر مترمکعب برآورد شد. نتایج آزمون معنی‌داری به‌روش T مستقل نشان داد اختلاف معنی‌داری بین شاخص‌های مذکور در دو نوع روش بهره‌برداری وجود ندارد. عدم کنترل و نظارت بر بهره‌برداری از منابع آب، دانش کم کشاورزان در مدیریت آب و آبیاری و عدم تناسب حقابه‌ها با نیاز آبی به‌ویژه در باغات با چاه مشاعی به‌عنوان مهم‌ترین دلایل پایین‌بودن بهره‌وری در برخی باغات منطقه شناخته شد.

کلیدواژه‌ها: بهره‌وری، چاه شخصی، زیتون، مشاعی.

Effect of Water Resources Utilization Methods on Olive Water Use Efficiency

Farshid Mohammadi[1], Hassan Ojaghlou[2*], Mohammad Ghorbanian[3]
1. Graduated M. Sc. Student, Water Science and Engineering Department, Collage of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
2. Assistant Professor, Water Science and Engineering Department, Collage of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
3. M. Sc. Student, Water Science and Engineering Department, Collage of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
Received: September 08, 2021 Accepted: October 28, 2021

Abstract
Field study of factors affecting crop water productivity is one of the most important strategies to achieve sustainable agriculture. In this study, the effect of water resources utilization methods on physical and economic indicators of water use efficiency was investigated. To achieve this goal, 30 olive groves including 16 groves under personal ownership and 14 groves under collective ownership wells were selected in Tarom located in Zanjan province. In order to calculate the water use efficiency indicators, irrigation parameters such as water consumption volume, irrigation schedule, crop yield, as well as production costs and sales revenue were determined. The average of water consumption in groves under the personal and collective ownership wells were obtained at 9800 and 12680 m^3/ha, respectively. The average of CPD, BPD and NBPD indices in groves under the personal ownership wells were calculated 0.4 kg/m^3, 46.9 and 24.4 thousand Rials/m^3 and in groves under the collective ownership wells were 0.3 kg/m^3, 36.4 and 15.2 thousand Rials/m^3. The results of the independent T-test showed that there is no significant difference between the mentioned indicators in the two types of exploitation methods. Lack of control and supervision on water resources utilization, low knowledge of farmers in irrigation management and the incompatibility of water allowance with the crop water requirement, especially in groves with collective ownership wells were recognized as the most significant reasons for reducing the water use efficiency in some olive groves of study region.

Keywords: Collective, Olive, Personal Well, Productivity.

* نویسنده مسئول Email: ojaghlou@znu.ac.ir

مقدمه

رشد سریع جمعیت و نیاز به تولید مواد غذایی بیش‌تر، سبب شده است که بخش کشاورزی تقاضای بیش‌تری را برای مصرف آب داشته باشد. در این راستا ضرورت توجه به امنیت غذایی و محدودیت منابع آبی در کشور باعث گردیده که مهم‌ترین چالش این بخش در شرایط کنونی، تولید غذای بیش‌تر از آب کم‌تر باشد. این هدف تنها در صورتی تحقق می‌یابد که راه‌کارهای مناسبی برای استفاده مؤثرتر از منابع آبی در بخش کشاورزی به‌کار گرفته شود (Ghaseminejad Raeini *et al*., 2014). مهم‌ترین راه‌کار عملی در این خصوص، ارتقای بهره‌وری مصرف آب کشاورزی می‌باشد. مفهوم اصلی بهره‌وری آب درک این مطلب است که به چه صورت می‌توان با سیستم‌های مختلف تولید کشاورزی موجود در یک منطقه (با توجه به کمبود آب) به شکلی مؤثرتر از آب استفاده نمود (Kjine *et al*., 2003). بهره‌وری مصرف آب در واقع بیان‌کننده مقدار محصول یا سود به‌دست‌آمده از مصرف آب است و شامل جنبه‌های مختلف مدیریتی آب می‌باشد. همچنین بهره‌وری آب شاخص مناسبی برای ارزیابی منابع آب به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد (Molden *et al*., 2001; Singh *et al*., 2006; Vazifedoust *et al*., 2008a). متأسفانه بهره‌وری آب کشاورزی در ایران در وضعیت مطلوبی قرار ندارد. با این وجود میزان بهره‌وری مصرف آب طی سال‌های ۱۳۸٤ تا ۱۳۹٤ از ۰/۸۷ تا ۱/۳۲ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش یافته است و مقدار آن تا سال ۱٤۰٤ در حدود ۱/٦ کیلوگرم بر مترمکعب هدف‌گذاری شده است (Abbasi *et al*., 2017). عوامل اثرگذار بر بهره‌وری آب در بخش کشاورزی شامل نوع محصول، مصرف آب، تکنولوژی آبیاری، واریته گیاه، فاکتورهای اقتصادی و فاکتورهای خاک می‌باشند (Ali & Talukder, 2008). لذا ضروری است اثر هر کدام از عوامل یادشده بر مقدار این شاخص به‌صورت میدانی مورد ارزیابی قرار گیرد. مطالعات متعددی به‌منظور پایش بهره‌وری مصرف آب و راه‌کارهای افزایش آن در محصولات مختلف زراعی و باغی در داخل و خارج از کشور انجام شده است (Keshavarz & Dehghanisanij, 2012; Liu *et al*., 2008; Vazifedoust *et al*., 2008; Verdinejad *et al*., 2009; Montazer & Kosari, 2007; Sepahvand *et al*., 2009; Kaviani *et al*., 2011; Fan *et al*., 2014; Gholami *et al*., 2009; Karimi & Jalini, 2017). میزان اثرگذاری فرایندهای مؤثر بر ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی متفاوت بوده، با این وجود تمامی فرایندها اثر مثبت و قوی دارند. در بین دو فرایند محوری (فرایند اصلاحی محصول کشاورزی) با ضریب ۰/۹۳۸، در بین چهار فرایند اصلی، فرایند (اصلاح تولید محصول کشاورزی) با ضریب ۰/۸۸۵ و در بین فرایندهای شاخص نیز دو فرایند (فرآوری محصولات کشاورزی) با ضریب مسیر ۰/۷۸٦ و (مصرف مجدد آب کشاورزی) با ضریب مسیر ۰/۷۸۵ بیش‌ترین تأثیر را در ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی کشور دارند (Morsali *et al*., 2017). حجم آب مصرفی و عملکرد محصول به‌عنوان دو عامل قابل بهبود در سطح مزرعه به‌منظور افزایش بهره‌وری فیزیکی شناخته می‌شوند. افزایش بهره‌وری و یا کارایی مصرف آب اصولاً از دو طریق امکان‌پذیر است؛ اول ثابت نگه‌داشتن میزان تولید محصول در سطح کنونی و کاهش آب مصرفی و دوم افزایش عملکرد محصول به‌ازای واحد آب مصرفی ثابت. بدین معنی که با حفظ منابع آبی موجود، میزان محصول تولیدی افزایش داده شود (Zwart & Bastiaanssen, 2004). تجهیز مزارع و باغات به سامانه‌های نوین آبیاری راه‌کار مؤثر بر کاهش آب مصرفی شناخته می‌شود. بررسی‌های مختلفی در خصوص اثر نوع سامانه‌های آبیاری بر کاهش

مصرف آب و به تبع آن افزایش بهره‌وری مصرف آب کشاورزی صورت گرفته است (Jafari *et al*., 2005; Kaki *et al*., 2016; Khorramian *et al*., 2012; Mazandarani & Ardakani, 2013; Dashti Jorni & Ahmadali, 2013; Nematzadeh *et al*., 2011; Nikanfar & Rezaei, 2015; Dashti Jorni *et al*., 2014; Ghadami Firoozabadi *et al*., 2020; Playan & Mateos,2006; Burt & Stuart, 1996; Ye *et al*., 2019; Chen *et al*., 2018). براساس نتایج پژوهش Zamani *et al.* (2014) شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در شیوه‌های نوین آبیاری به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از روش آبیاری سنتی گزارش شده است. بهبود راندمان در سیستم‌های آبیاری بارانی نسبت به سیستم‌های آبیاری سنتی، منجر به افزایش شاخص کارایی مصرف آب و هم‌چنین کاهش مصرف انرژی می‌شود (Rodrigues *et al*., 2010). ضروری است بهره‌وری مصرف آب کشاورزی در شرایط مختلف نظیر نوع الگوی کشت مورد پایش میدانی قرار گیرد. مطالعات جامعی در خصوص بهره‌وری برخی محصولات زراعی و باغی انجام گرفته است. با این وجود در برخی محصولات، مطالعات به صورت موردی بوده و در سطح گسترده انجام نشده است.

زیتون یکی از محصولات شاخص با بهره‌وری اقتصادی بالا است که در مناطقی از کشور از جمله شهرستان طارم واقع در استان زنجان کشت می‌شود. شهرستان طارم به‌عنوان یکی از قطب‌های تولید محصول زیتون در سطح کشور مطرح می‌باشد. مطالعات محدودی در زمینه بهره‌وری مصرف آب محصول زیتون در داخل و خارج از کشور انجام شده است. عمده مطالعات به‌صورت نقطه‌ای و متمرکز بر اثرات تیمارهای مختلف مدیریت آبیاری و تغذیه‌ای بوده است (Nikbakht & Taheri, 2011; Gholami & Arji, 2018; Gholami *et al*., 2019; Hijazi *et al*., 2014; Asik *et al*., 2014; Berenguer *et al.*, 2006; Rosecrance *et al*., 2015; Motilva *et al*., 2000). Lambarraa *et al*. (2007) تابع تولیدی برای محصول زیتون با استفاده از داده‌های مزرعه‌ای برداشت‌شده ارائه نمودند. ایشان بیان داشتند، محل مزرعه، سن، مدیریت، هم‌چنین ترکیب نیروی کار و تکنیک‌های کشاورزی سطح بهره‌وری را تحت تأثیر قرار می دهد. هم‌چنین تغییر کارایی و راندمان تخصیص را به‌عنوان راه‌کارهای مهم ارتقای بهره‌وری معرفی نمودند. Martinez & Reca (2014) در مطالعه‌ای کارایی مصرف آب را در دو سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی در محصول زیتون، در استان ارمنیای کشور اسپانیا موردمطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی جایگزین بهتری برای آبیاری قطره‌ای سطحی، به‌دلیل عملکرد بالای محصول و راندمان بالای مصرف آب، می‌باشد. Gholami & Zahedi (2019) پژوهشی به‌منظور اثر مالچ‌پاشی و کم‌آبیاری بر میزان تولید زیتون و هم‌چنین شاخص کارایی مصرف آب این محصول انجام دادند. نتایج ایشان نشان داد، اعمال مدیریت کم آبیاری هم‌زمان با استفاده از مالچ سبب کاهش محصول نمی‌شود و در نهایت منجر به بالارفتن شاخص کارایی مصرف آب در باغات زیتون می‌شود. Rajaei & Ketabian (2014) مطالعه‌ای با هدف بررسی بهره‌وری عوامل تولید درکاشت محصول زیتون شهرستان طارم استان زنجان روی تعداد ۱۸۱ نمونه انجام دادند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد، شاخص بهره‌وری متوسط نهاده درختان بارور، نیروی کار، ماشین آلات، آب و سم پسیل مثبت می‌باشد. هم‌چنین، شاخص بهره‌وری نهایی ماشین‌آلات و سم پسیل منفی و شاخص بهره‌وری نهایی درختان بارور، نیروی کار و آب مثبت می‌باشد. رودخانه قزل اوزن به‌عنوان منبع اصلی تأمین‌کننده آب موردنیاز باغات زیتون در شهرستان طارم

محسوب می‌شود. شیوه‌های استحصال آب در این منطقه متفاوت می‌باشد. چاه‌های شخصی و مشاعی که عمدتاً از نوع چاه‌های سطحی واقع در حاشیه رودخانه می‌باشند، دو نوع رایج از این شیوه‌های بهره‌برداری می‌باشند. در چاه‌های شخصی مدیریت بهره‌برداری به‌طور کامل در اختیار کشاورز می‌باشد، درحالی‌که در چاه‌های مشاعی، حجم آب مشخص در یک برنامه زمان‌بندی تعیین‌شده و به‌صورت حجمی تحویل بهره‌بردار می‌شود. به‌نظر می‌رسد شیوه و الگوی بهره‌برداری از منابع آبی می‌تواند به‌عنوان یک عامل اثرگذار بر مقدار آب قابل‌دسترس و به‌دنبال آن بهره‌وری آب کشاورزی مطرح شود. رابطه بین میزان تخصیص و نوع مدیریت‌های دقیق آبیاری توسط پژوهش‌گران مختلف موردبررسی قرار گرفته است (Liang *et al.*, 2020). با این وجود مطالعه‌ای در خصوص مقایسه و بررسی اثر نوع و الگوی بهره‌برداری از منابع آبی بر بهره‌وری مصرف آب کشاورزی در محصول زیتون انجام نشده است. لذا هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثر نوع بهره‌برداری از منابع آبی و به‌طور مشخص چاه‌های شخصی و مشاعی بر شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی مصرف آب کشاورزی در باغات زیتون شهرستان طارم می‌باشد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه موردمطالعه

منطقه موردمطالعه در این تحقیق، شهرستان طارم یکی از شهرستان‌های استان زنجان می‌باشد که در شمال استان واقع شده است. شهرستان طارم دارای مساحتی بالغ بر ۲۲۳۵ کیلومترمربع می‌باشد. این منطقه دارای ناهمواری‌های بسیار بوده و رودخانه قزل‌اوزن دره عمیقی را در آن ایجاد نموده که ارتفاع کف این رودخانه در خروجی این منطقه (گیلوان) به کم‌تر از ٤٠٠ متر از سطح دریا می‌رسد و در اطراف این دره رشته‌کوه‌هایی قرار گرفته‌اند، که ارتفاع برخی از قلل آن به بیش از ۲۸۰۰ متر بالغ می‌شود. میانگین دمای محدوده مطالعاتی براساس داده‌های ایستگاه سینوپتیک آببر ۱۷/۹ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. میانگین بارندگی سالیانه ثبت‌شده در این ایستگاه از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۰ برابر با ۲٤۸ میلی‌متر گزارش شده است. هم‌چنین میانگین رطوبت نسبی ثبت‌شده در ایستگاه آب‌بر در حدود ۵۵ درصد می‌باشد. اراضی کشاورزی و به‌طور عمده باغات زیتون منطقه در تراس‌های با ارتفاع ۳۰۰ تا ۷۰۰ متر قرار گرفته‌اند. به‌جز از رودخانه قزل‌اوزن تعداد ۲۲ رشته رودخانه از کوه‌های اطراف سرچشمه گرفته و به رودخانه قزل‌اوزن می‌پیوندند. میانگین درازمدت دبی رودخانه قزل اوزن در ایستگاه گیلوان (خروجی منطقه) در حدود ۱۰٤/۸ مترمکعب بر ثانیه و میانگین حجم عبوری از آن ۳/۳ میلیارد مترمکعب در سال می‌باشد. در سال‌های اخیر و با توجه به برداشت‌های بی‌رویه و کاهش بارندگی‌ها، حجم کل جریان عبوری از ایستگاه گیلوان (خروجی منطقه) به ۱/٤ میلیارد مترمکعب در سال کاهش یافته است که نسبت به دوره بلندمدت، جریان خروجی از این ایستگاه کاهش ۵۷ درصدی را نشان می‌دهد (Iran Water Resources Management Company, 2017). توسعه باغات زیتون در منطقه به‌عنوان یکی از عوامل کاهش جریان سطحی رودخانه قزل اوزن مطرح می‌باشد. شکل (۱) موقعیت منطقه موردمطالعه را نمایش می‌دهد. شهرستان طارم قطب اصلی تولید زیتون در کشور محسوب می‌شود. براساس آخرین آمار مساحت باغات زیتون منطقه حدود ۲۰۱۵٦ هکتار می‌باشد (شامل ۱۵۰۱۱ هکتار بارور و ۵۱٤۵ هکتار غیربارور) که به‌طور متوسط حدود ۲۷ درصد زیتون کل کشور در این منطقه تولید می‌شود (Iran Ministry of Agriculture-Jahad, 2019). رودخانه قزل‌اوزن به‌عنوان منبع اصلی تأمین‌کننده آب موردنیاز باغات زیتون محسوب می‌شود.

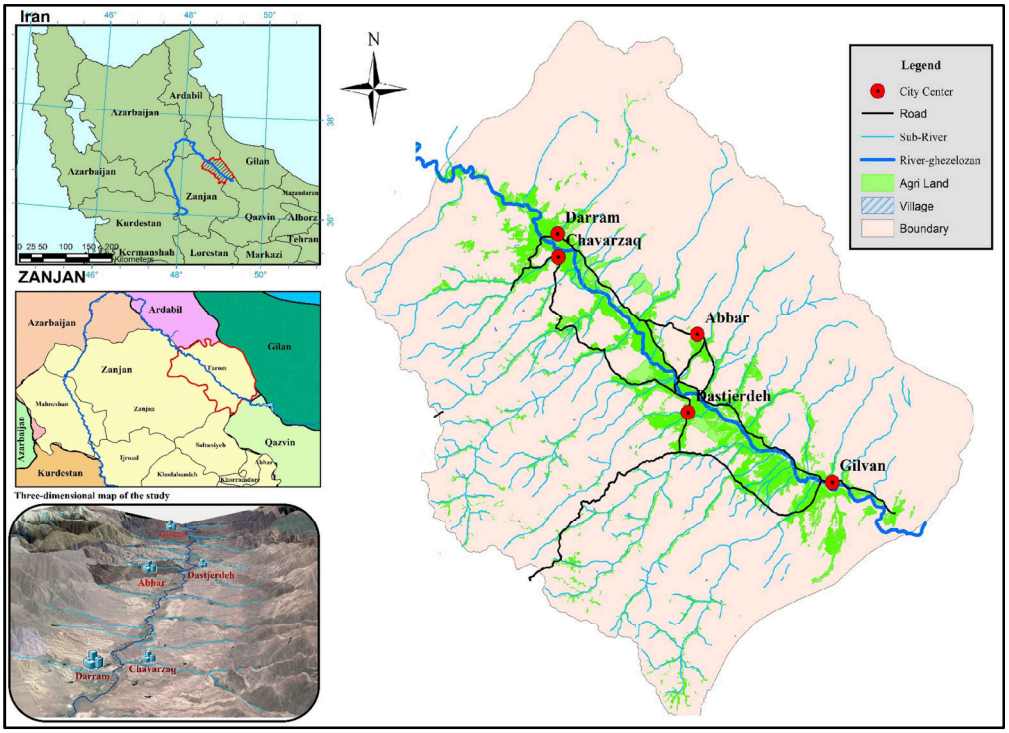

Figure 1. Location of the study area

استفاده از چاه به‌عنوان مهم‌ترین روش استحصال آب از این رودخانه محسوب می‌شود. براساس نتایج آماربرداری دور سوم، حدود ۱۸۰۰ حلقه چاه فعال در این منطقه وجود دارد. چاه‌ها به‌طور عمده سطحی، کم‌عمق و در حاشیه رودخانه حفر شده‌اند. متوسط عمق چاه‌های حفرشده در منطقه ۲۲ متر و میانگین ساعت کارکرد چاه‌ها براساس آمار استعلامی از اداره برق در حدود ۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰ ساعت در سال می‌باشد. ساعات کارکرد چاه‌ها براساس اطلاعات مربوط به توان مصرفی ثبت‌شده در کنتورهای برق و قدرت الکتروموتورهای نصب‌شده تعیین شد. آبدهی چاه‌ها در تابستان به‌دلیل کاهش آب رودخانه قزل‌اوزن با کاهش جدی روبه‌رو می‌شود. چاه‌ها به‌طور عمده در دو نوع مالکیت شخصی و مشاعی بهره‌برداری می‌شوند که در چاه‌های شخصی مدیریت چاه به‌طور کامل در اختیار بهره‌بردار بوده و معمولاً کنترل و نظارت خاصی هم بر شیوه و مدیریت بهره‌برداری اعمال‌شده از سوی بهره‌بردار صورت نمی‌گیرد. در چاه‌های مشاعی براساس حقابه از قبل تعیین‌شده در یک دوره زمانی مشخص و به میزان ساعات مشخص آب تحویل بهره‌بردار می‌شود و مدیریت توزیع آب نیز معمولاً برعهده یک میراب می‌باشد.

مشخصات باغات آزمایشی

در این پژوهش تعداد ۳۰ باغ زیتون با رقم زرد به‌صورت تصادفی از محدوده روستاهای دستجرده، الزین، ونیسر و پاوه‌رود انتخاب شد. باغات زیتون انتخابی از نوع سنتی، سن باغ بین ۲۰ تا ۲۵ سال و با میانگین تراکم حدود ۲۰۰ اصله درخت در هر هکتار بود. در انتخاب باغات نوع بهره‌برداری از چاه‌ها شامل چاه‌های شخصی و مشاعی و هم‌چنین نوع سامانه آبیاری (روش غرقابی و قطره‌ای) لحاظ شد. مشخصات باغات زیتون انتخابی در جدول‌های (۱) و (۲) ارائه شده است.

Table 1. Characteristics of the olive groves with wells under personal ownership

Code	Name of location	Location	Area (ha)	Number of trees	Cultivar	Inflow rate (lit/s)	Irrigation method
1	Dastjerdeh	(319767, 4080594)	3	350	Green	6	Basin
2	Dastjerdeh	(318347, 4081590)	3	600	Green	6	Basin
3	Dastjerdeh	(317519, 4082014)	5	1000	Green	6	Trickle
4	Dastjerdeh	(318677, 4081221)	8	1480	Green	11	Basin
5	Dastjerdeh	(318078, 4082021)	6	1200	Green	11.5	Trickle
6	Dastjerdeh	(320791, 4079733)	6	1200	Green	6	Basin
7	Dastjerdeh	(320653, 4079909)	12.5	2500	Green	22	Basin
8	Dastjerdeh	(319426, 4080588)	15	1830	Green	10	Trickle
9	Dastjerdeh	(320337, 4080209)	10	2000	Green	10	Trickle
10	Dastjerdeh	(315636, 4082387)	25	3125	Green	10	Trickle
11	Alzin	(321309, 4079368)	4	600	Green	6	Basin
12	Vanisar	(313475, 4083097)	25	4000	Green	6	Trickle
13	Alzin	(321243, 4079412)	2	150	Green	6	Basin
14	Pavehrod	(297889, 4103100)	2	500	Green	7	Basin
15	Pavehrod	(296340, 4104303)	20	4000	Green	11	Basin
16	Pavehrod	(295035, 4104066)	3	860	Green	3	Basin

Table 2. Characteristics of the olive groves with wells under collective ownership

Code	Name of location	Location	Area (ha)	Number of trees	Cultivar	Inflow rate (lit/s)	Irrigation method
17	Pavehrod	(295463, 4103895)	2.8	450	Green	11	Basin
18	Pavehrod	(295463, 4103895)	2	250	Green	11	Basin
19	Pavehrod	(298738, 4102774)	2	300	Green	11	Basin
20	Pavehrod	(296041, 4103482)	2	400	Green	11	Basin
21	Pavehrod	(299599, 4102208)	1.2	235	Green	11	Basin
22	Pavehrod	(299728, 4053380)	2	380	Green	11	Basin
23	Pavehrod	(297961, 4102172)	3	400	Green	11	Trickle
24	Pavehrod	(296340, 4104303)	5	780	Green	11	Trickle
25	Pavehrod	(295447, 4103914)	5	780	Green	11	Trickle
26	Pavehrod	(295182, 4104022)	2.2	280	Green	8	Basin
27	Pavehrod	(297778, 4103100)	4	700	Green	11	Basin
28	Pavehrod	(295447, 4103914)	3.5	700	Green	11	Trickle
29	Pavehrod	(299193, 4102280)	2	400	Green	10	Basin
30	Pavehrod	(295182, 4104022)	1.5	200	Green	11	Basin

شاخص‌های بهره‌وری مصرف آب

در پژوهش حاضر، بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در باغات زیتون مورد پایش قرار گرفت. به‌منظور مقایسه اثر نوع بهره‌برداری از منابع آبی بر شاخص‌های بهره‌وری مصرف آب، یک شاخص بهره‌وری فیزیکی و دو شاخص بهره‌وری اقتصادی مطابق روابط زیر محاسبه شد:

بهره‌وری فیزیکی آب کاربردی (CPD)[1] از طریق رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

$$CPD(Ir)=\frac{Tp}{Tw(Ir)} \quad (۱)$$

در رابطه فوق، Tp مقدار محصول تولیدشده (کیلوگرم در هکتار) و Tw(Ir) حجم آب کاربردی (مترمکعب در هکتار) است. بهره‌وری آب آبیاری و بارش مؤثر نیز از طریق رابطه (۲) محاسبه شده است:

$$CPD(Ir+P)=\frac{Tp}{Tw(Ir+P)} \quad (۲)$$

در رابطه (۲)، P حجم بارش مفید (مترمکعب) در طول فصل آبیاری می‌باشد. به‌منظور تعیین بهره‌وری اقتصادی آب با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده، دو شاخص[2] (BPD) و (NBPD)[3] محاسبه شد.

شاخص سود ناخالص یا درآمد به‌ازای هر واحد حجم آب (BPD) که براساس نسبت سود ناخالص به‌ازای هر واحد حجم آب کاربردی تعریف می‌شود، از طریق رابطه (۳) محاسبه شد.

$$BPD=\frac{TR}{Tw_c} \quad (۳)$$

در رابطه فوق، TR کل درآمد حاصل از محصول به‌ازای هر واحد آب مصرفی و Tw_c حجم آب کاربردی (مترمکعب در هکتار) است. شاخص سود خالص به‌ازای هر واحد حجم آب مصرفی (NBPD) نیز از طریق رابطه (٤) محاسبه شد:

$$NBPD=\frac{NB}{Tw_c} \quad (٤)$$

در رابطه بالا، NB سود خالص محصول می‌باشد.

به‌منظور برآورد حجم آب مصرفی در طول فصل آبیاری، دبی ورودی به هر باغ در سه نوبت زمانی مختلف در طول فصل آبیاری اندازه‌گیری شد (در مجموع ۹۰ نوبت اندازه‌گیری دبی در باغات). دبی آب پمپاژشده از چاه‌ها در طول فصل آبیاری از نوسانات کمی در ماه‌های مرداد و شهریور برخوردار بود و به‌طور میانگین تغییرات دبی در سه نوبت اندازه‌گیری کم‌تر از ۱۰ درصد بود. هم‌چنین تعداد ساعات آبیاری از دو طریق مصاحبه با بهره‌برداران و هم‌چنین استعلام از اداره برق برآورد شد. با توجه به این‌که مقادیر به‌دست‌آمده از روش دوم دقیق‌تر بود، لذا تعداد ساعات برآوردشده از آمار استعلامی از اداره برق به‌عنوان مبنای محاسبات حجم آب آبیاری قرار گرفت. در این روش، ساعات آبیاری از طریق توان مصرفی ثبت‌شده در کنتورهای هوشمند برق و هم‌چنین قدرت موتور پمپ‌های شناور چاه-ها برآورد می‌شود. هزینه‌های تولید شامل هزینه‌های آماده-سازی، هرس، تغذیه، مبارزه با آفات، برداشت و حمل و نقل به‌صورت مجزا برای هر باغ از طریق مصاحبه با کشاورزان تعیین شد. میزان عملکرد محصول باغات نیز به‌صورت میانگین دو سال متوالی بارآوری و کم‌بارآوری لحاظ شد. قیمت فروش محصول زیتون نیز در این پژوهش براساس قیمت فروش در سال ۱۳۹۹ در نظر گرفته شده است.

نتایج و بحث

اجزای بهره‌وری

مقادیر حجم آب مصرفی، عملکرد و درآمد حاصل از فروش محصول زیتون به‌ترتیب برای باغات تحت مالکیت چاه شخصی و مشاع در جدول‌های (۳) و (٤) ارائه شده است. براساس اطلاعات حاصل از جدول‌های (۳) و (٤) ملاحظه می‌شود که در باغات تحت مالکیت چاه شخصی، کم‌ترین و بیش‌ترین حجم آب مصرفی به‌ترتیب برابر با ۳۲۰۰ و ۱٤۰۰۰ مترمکعب در هکتار برآورد شد. میانگین حجم آب مصرفی نیز ۹۸۰۰ مترمکعب در هکتار تعیین شد. مهم‌ترین دلایل تفاوت احجام آب مصرفی در بین باغات پایش‌شده را می‌توان به‌ترتیب حجم آب قابل‌دسترس بهره‌برداران (میزان دبی مجاز قابل برداشت)، میزان سطح باغات و تناسب آن با مقدار دبی پروانه بهره‌برداری، نوع سیستم آبیاری و برنامه آبیاری متناسب با شرایط موجود باغ بیان داشت. میانگین حجم آب مصرفی در باغات تحت مالکیت چاه شخصی و با روش آبیاری غرقابی ۱۱۹۸۳ و در باغات مجهز به سامانه آبیاری قطره‌ای حدود ٦۱۳۸ مترمکعب در هکتار برآورد شد. ملاحظه می‌شود که تغییر سامانه آبیاری از غرقابی به قطره‌ای منجر به کاهش ۵۱ درصدی مصرف آب شده است. با توجه به این‌که بیش‌تر باغات زیتون در مناطق شیب‌دار احداث شده است، لذا تلفات رواناب در سامانه‌های آبیاری سنتی قابل توجه بوده و کشاورزان توانایی و مهارت کافی به‌منظور کنترل و مدیریت جریان آب سطحی را در سامانه‌های آبیاری غرقابی ندارند. در باغات آبخور چاه‌های مشاعی، کم‌ترین و بیش‌ترین حجم آب مصرفی به‌ترتیب برابر با ٥٤۰۰ و ۲۲۰۰۰ و به‌طور میانگین برابر با ۱۲٦۸۰ مترمکعب در هکتار برآورد شد.

در این نوع باغات، میانگین حجم آب مصرفی در سامانه‌های آبیاری غرقابی و قطره‌ای به‌ترتیب ۱٤٥۷۵ و ۷۹۵۵ مترمکعب در هکتار تعیین شد. نتایج نشان داد، حجم آب مصرفی در باغات با چاه شخصی به‌طور متوسط حدود ۲۲/۷ درصد کم‌تر از باغات با چاه مشاعی می‌باشد. عدم تناسب حقابه‌ها با سطح زیرکشت و نیاز آبی محصول زیتون در باغات با نوع بهره‌برداری از چاه‌های مشاعی مهم‌ترین عامل اختلاف به‌وجود آمده می‌باشد. مطابق جدول (۳)، در باغات تحت مالکیت چاه شخصی، کم‌ترین و بیش‌ترین میزان تولید محصول ۱/۰۸ و ۷/۵ و به‌طور متوسط ۳/۲ تن در هکتار به‌دست آمد.

Table 3. Amounts of water consumption, total product, costs, gross revenue and net income in olive groves with wells under personal ownership

Code	Water consumption (m^3/ha)	Total product (ton/ha)	Costs (million Rials/ha)	Gross revenue (million Rials l/ha)	Net income (million Rials /ha)
1	12000	2.8	120	336	216
2	10300	5.8	208	696	488
3	3200	2.1	112	240	128
4	13120	2.0	100	240	140
5	14000	1.1	192	132	-60
6	12000	1.2	60	144	84
7	13760	1.7	64	204	140
8	5930	3.1	216	360	144
9	4300	1.8	84	216	132
10	4480	2.8	200	336	136
11	13000	3.5	200	420	220
12	4920	4.8	256	576	320
13	12000	4.0	208	480	272
14	13000	7.5	384	900	516
15	12650	4.5	200	540	340
16	8000	2.6	268	312	44

Table 4. Amounts of water consumption, total product, costs, gross revenue and net income in olive groves with wells under collective ownership

Code	Water consumption (m^3/ha)	Total product (ton/ha)	Costs (million Rials/ha)	Gross revenue (million Rials l/ha)	Net income (million Rials /ha)
17	13500	4.3	252	516	264
18	13500	3.3	208	396	188
19	22000	3.0	268	360	92
20	22000	2.5	220	300	80
21	10000	2.5	256	300	44
22	12000	6.7	360	804	444
23	9000	3.6	216	432	216
24	6000	2.6	216	312	96
25	5400	3.0	224	360	136
26	10000	2.6	248	312	64
27	13750	2.1	96	240	144
28	11420	3.4	272	408	136
29	15000	6.1	348	720	372
30	14000	2.0	68	240	172

مقادیر مذکور برای باغات تحت مالکیت چاه مشاعی نیز به‌ترتیب ۲ و ٦/٧٥ تن و به‌طور متوسط ٣/٤ تن در هکتار تعیین شد. اختلاف زیادی بین مقادیر میانگین عملکرد زیتون در باغات پایش‌شده با بهره‌برداری از نوع چاه شخصی و مشاعی مشاهده نمی‌شود. در یک سطح مشخص حجم آب مصرفی، تولید محصول زیتون بیش‌تر تحت تأثیر سایر عوامل نظیر مدیریت تغذیه، اصلاح باغ و اقداماتی نظیر مبارزه با آفات و بیماری‌ها می‌باشد. البته لازم به ذکر است کنترل تمامی عوامل اشاره‌شده امکان‌پذیر نبود، با این وجود در انتخاب باغات آزمایشی سعی شد مدیریت‌های اشاره‌شده از جمله تغذیه و مبارزه با آفات و بیماری‌ها در شرایط تقریباً نزدیک به هم باشند. کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار درآمد خالص در باغات تحت مالکیت چاه شخصی به‌ترتیب ٦٠- و ٥١٦ و به‌طور میانگین ٢٠٣/٧٥ میلیون‌ریال در هکتار برآورد شد. مقادیر مذکور برای باغات با چاه مشاعی به‌ترتیب ٤٤، ٤٤٢ و به‌طور میانگین ١٧٥ میلیون‌ریال در هکتار محاسبه شد. یکی از عوامل مؤثر بر حجم آب مصرفی در باغات پایش‌شده، برنامه آبیاری اعمال‌شده از سوی بهره‌برداران بود. برنامه‌ریزی آبیاری در بیش‌تر باغات شامل باغات تحت پوشش چاه‌های شخصی و مشاعی به‌دلیل دانش کم بهره‌برداران صحیح و متناسب با نیاز آبی نبود. شکل (٢) مقادیر عمق آب آبیاری را در مقایسه با نیاز خالص آبیاری در چهار باغ به‌عنوان نمونه نشان می‌دهد. مقادیر نیاز خالص آبیاری براساس نیاز آبی محصول زیتون و لحاظ‌نمودن مقدار بارش مؤثر برآورد شد. در بیش‌تر باغات موردبررسی، عمق آب کاربردی بیش‌تر از مقدار آب خالص

موردنیاز بود. در تعداد کمی از باغات نیز به‌دلیل عدم دسترسی بهره‌بردار به حجم آب موردنیاز باغ، کم‌آبیاری مشاهده شد به‌طوری‌که نیاز آبی خالص گیاه به‌طور کامل تأمین نمی‌شد. برنامه اعمال شده از سوی بهره‌برداران در طول فصل آبیاری تغییرات کم‌تری داشته و به‌طورکلی در برابر تغییرات نیاز آبی از انعطاف‌پذیری مناسب و منطقی برخوردار نبود. این موضوع در نهایت منجر به بالا رفتن تلفات آب و در بعضی مواقع نیز منجر به کم‌آبیاری شده بود.

بهره‌وری فیزیکی

مقادیر شاخص بهره‌وری فیزیکی مصرف آب کشاورزی (CPD) در شکل‌های (۳) و (٤) و به‌ترتیب برای باغات با بهره‌برداری از نوع چاه‌های شخصی و مشاعی ارائه شده است. مطابق شکل (۳) ملاحظه می‌شود، کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار شاخص بهره‌وری فیزیکی مصرف آب کشاورزی (CPD) در باغات تحت مالکیت چاه‌های شخصی ۰/۰۸ و ۰/۹۸ کیلوگرم بر مترمکعب و به‌طور میانگین ۰/٤۰ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمد. مقادیر مذکور در باغات تحت مالکیت چاه مشاعی به‌ترتیب ۰/۱۱ و ۰/٥٦ کیلوگرم بر مترمکعب بود. میانگین شاخص (CPD) نیز در این باغات ۰/۳۰ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. نتایج نشان داد، مقدار شاخص بهره‌وری فیزیکی مصرف آب در باغات آبخور چاه شخصی حدود ۳۳ درصد بیش‌تر از باغات آبخور چاه مشاعی می‌باشد. با توجه به این‌که باغات انتخاب شده در دو گروه موردبررسی، مقادیر تولید محصول نزدیک به هم داشتند و از سوی دیگر براساس مشاهدات میدانی و مقادیر ثبت‌شده از مدیریت‌های اعمال‌شده نظیر تغذیه و هم‌چنین کیفیت آب و خاک، می‌توان اذعان داشت که این اختلاف به‌وجودآمده به‌طور عمده مربوط به حجم آب مصرفی و به بیان دیگر شیوه بهره‌برداری از منابع آبی می‌باشد.

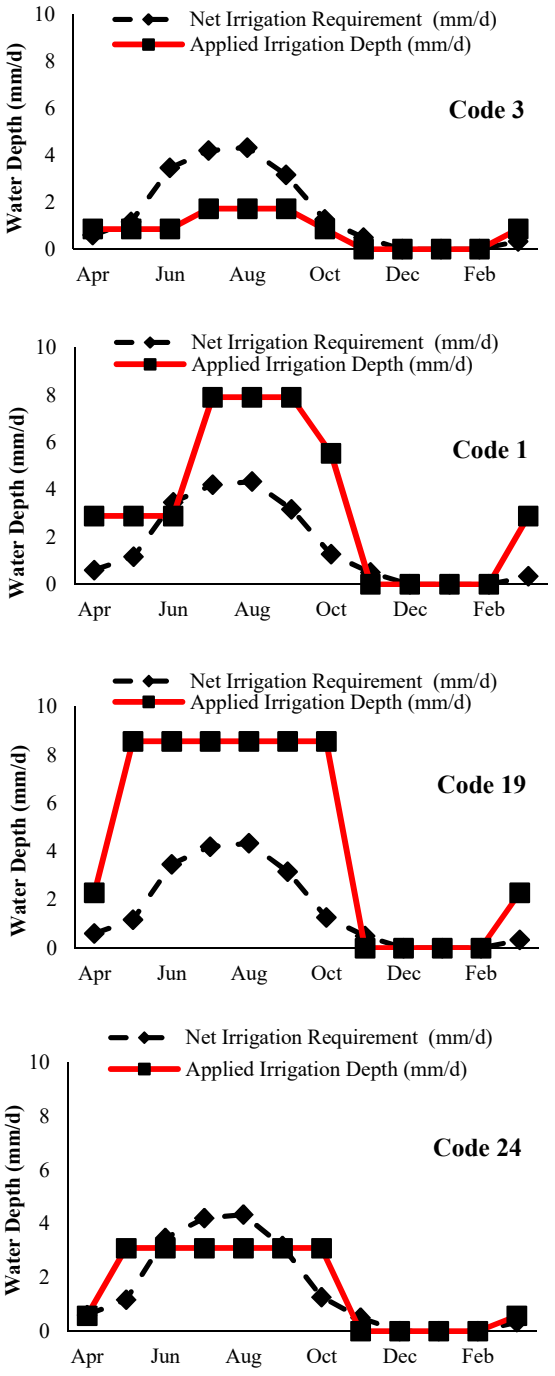

Figure 2. Comparison of applied water depth and net irrigation requirement

به‌منظور بررسی اثر نوع سامانه آبیاری بر مقدار شاخص بهره‌وری فیزیکی مصرف آب زیتون، مقادیر محاسبه‌شده براساس نوع روش آبیاری تفکیک و مورد

تحلیل و بررسی قرار گرفت. کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار شاخص (CPD) در باغات با روش آبیاری غرقابی به‌ترتیب ۰/۱ و ۰/۵۸ کیلوگرم بر مترمکعب (به‌طور میانگین ۰/۲۸ کیلوگرم بر مترمکعب) و در باغات مجهز به سیستم آبیاری قطره‌ای به‌ترتیب ۰/۰۸ و ۰/۹۸ کیلوگرم بر مترمکعب (به‌طور میانگین ۰/٤۹ کیلوگرم بر مترمکعب) برآورد شد. مقادیر به‌دست‌آمده برای شاخص بهره‌وری فیزیکی محصول زیتون در باغات پایش‌شده قابل مقایسه با نتایج گزارش شده توسط پژوهش‌گران قبلی می‌باشد. Asik *et al.* (2014) مقدار شاخص CPD را برای محصول زیتون در سطوح مختلف آبیاری ۰/٤۷ تا ۰/٦۳ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش نمودند و بیان داشتند اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد بین سطوح آبیاری در تولید زیتون وجود نداشت. Trentacoste *et al.* (2015) ضمن بررسی اثر تراکم و مدیریت آبیاری بر شاخص‌های عملکرد و بهره‌وری مصرف آب، مقدار شاخص CPD را در تراکم‌های ۲۳۸، ۳۱۷ و ٤۷٦ درخت در هکتار را به‌ترتیب ۰/۰۸، ۰/۱٦ و ۰/۲ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش نمودند.

ملاحظه می‌شود مقدار شاخص (CPD) در باغات مجهز به سامانه‌های آبیاری قطره‌ای در حدود ۷۵ درصد بیش‌تر از باغات زیتون با روش آبیاری سنتی می‌باشد.

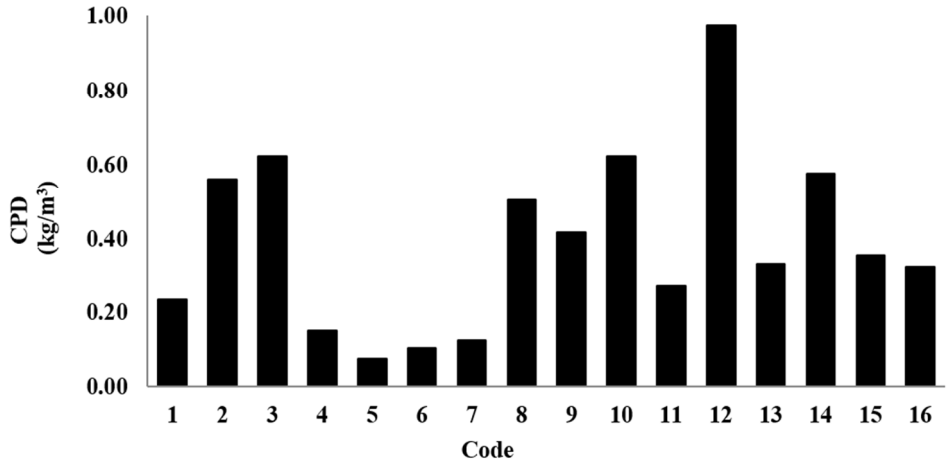

Figure 3. The values of CPD indicator in olive groves with wells under personal ownership

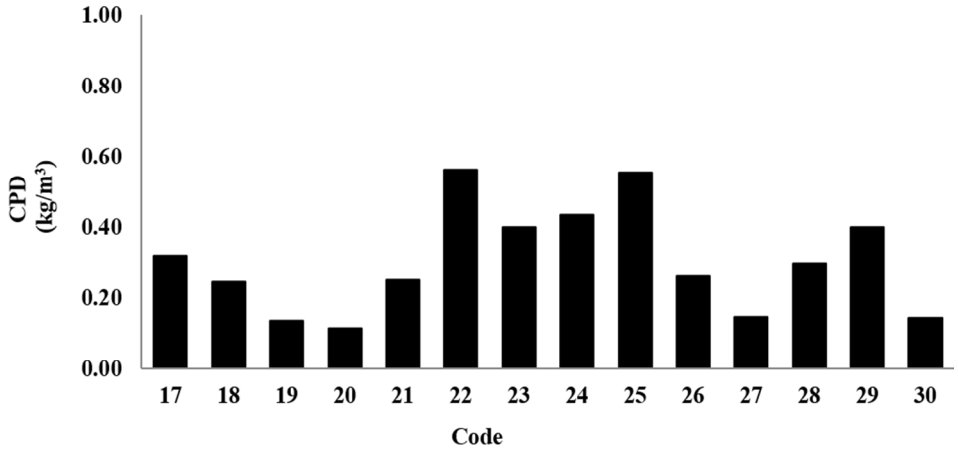

Figure 4. The values of CPD indicator in olive groves with wells under collective ownership

بهره‌وری اقتصادی

در شکل‌های (۵) و (٦) مقادیر شاخص سود ناخالص یا درآمد به‌ازای هر واحد حجم آب (BPD)، به‌ترتیب برای باغات تحت مدیریت چاه‌های شخصی و مشاعی ارائه شده است. کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار شاخص (BPD) در باغات با چاه شخصی ۹/٤ و ۱۱۷/۱ و میانگین این شاخص نیز در این نوع باغات ٤٦/۹ هزارریال بر مترمکعب به‌دست آمد. کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار شاخص (BPD) در باغات تحت مالکیت چاه مشاعی به‌ترتیب ۱۳/٦ و ٦۷/۰ هزارریال بر مترمکعب و میانگین شاخص (BPD) نیز در این باغات ۳٦/٤ هزار ریال بر مترمکعب برآورد شد. شایان ذکر است، کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار شاخص (BPD) در باغات با روش آبیاری غرقابی به‌ترتیب ۱۲/۰ و ٦۹/۲ هزار ریال بر مترمکعب (به‌طور میانگین ۳۳/٦ هزار ریال بر مترمکعب) و در باغات مجهز به سیستم آبیاری قطره‌ای به‌ترتیب ۹/٤ و ۱۱۷/۱ هزارریال بر مترمکعب (به‌طور میانگین ۵۸/۹ هزارریال بر مترمکعب) برآورد شد. در شکل‌های (۷) و (۸) مقادیر شاخص سود خالص یا درآمد به‌ازای هر واحد حجم آب مصرفی (NBPD) به‌ترتیب برای باغات تحت مدیریت چاه‌های شخصی و مشاعی ارائه شده است. کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار شاخص سود خالص به‌ازای هر واحد حجم آب مصرفی (NBPD) در باغات تحت پوشش چاه‌های شخصی ٤/۲- و ٦۵/۱ و در باغات با چاه مشاعی به‌ترتیب ۳/٦ و ۳۷/۰ هزارریال بر مترمکعب حاصل شد. مقدار میانگین شاخص مذکور در باغات آبخور چاه شخصی و مشاعی به‌ترتیب ۲٤/٤ و ۱۵/۲ هزارریال بر مترمکعب برآورد شد. هم‌چنین میانگین شاخص (NBPD) در باغات با روش آبیاری غرقابی و قطره‌ای به‌ترتیب ۱۷/۱ و ۲٦/۳ هزارریال بر مترمکعب تعیین شد. مطابق نتایج به‌دست‌آمده ملاحظه می‌شود، از نظر شاخص‌های بهره‌وری اقتصادی مصرف آب نیز باغات تحت پوشش چاه‌های شخصی در وضعیت مناسب‌تری نسبت به چاه‌های مشاعی قرار دارند. تجهیز باغات زیتون به سامانه‌های آبیاری نوین منجر به افزایش حدود ۵۳ درصدی شاخص سودخالص به‌ازای حجم آب مصرفی شده است. کاهش حجم آب مصرفی در روش آبیاری قطره‌ای مهم‌ترین عامل اثرگذار بر بهبود بهره‌وری اقتصادی مصرف آب در باغات زیتون به‌ویژه در باغات تحت پوشش چاه‌های شخصی شناخته شد. با این وجود در برخی باغات تحت پوشش چاه مشاعی مجهز به سامانه آبیاری قطره‌ای، مصرف بالای آب به دلیل حقابه بیش‌تر کشاورز نسبت به نیاز آبی واقعی زیتون مشاهده شد. در باغات با چاه شخصی امکان و انگیزه کاهش مصرف آب به‌طور عمده با هدف افزایش سطح کشت و تأمین نیاز آبی سایر کشت‌های زراعی در کنار باغات زیتون فراهم می‌باشد. ولی در برخی باغات تحت پوشش چاه‌های مشاعی که به‌طور عمده در قالب سیستم‌های انتقال و توزیع آب یکپارچه قرار دارند، این امکان میسر نبود و ازآنجایی‌که توزیع آب نیز براساس حقابه‌های به ارث‌رسیده از گذشته انجام می‌شد، لذا حجم آب تحویلی به کشاورز به‌طور عمده به باغات موجود اختصاص داده می‌شد. به‌طورکلی، بررسی‌های میدانی نشان‌دهنده عدم تخصیص بهینه و متناسب با سطح زیرکشت به‌ویژه در اراضی تحت پوشش چاه‌های مشاعی بود.

آزمون معنی‌داری

آزمون معنی‌داری بین مقادیر شاخص‌های بهره‌وری برآوردشده برای باغات تحت پوشش چاه‌های شخصی و مشاعی و هم‌چنین روش‌های آبیاری سنتی و قطره‌ای، با استفاده از روش آزمون T مستقل انجام پذیرفت. نتایج آزمون‌های معنی‌داری در جدول‌های (۵) و (٦)

ارائه شده است. ملاحظه می‌شود که اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد بین مقادیر شاخص‌های حجم آب مصرفی، CPD، BPD و NBPD در دو گروه باغات تحت پوشش چاه‌های شخصی و مشاعی به لحاظ آماری وجود ندارد. با این‌حال نتایج آزمون معنی‌داری بین روش‌های آبیاری سنتی و قطره‌ای نشان داد در سطح ۹۵ درصد بین مقادیر شاخص‌های حجم آب مصرفی، CPD، BPD اختلاف معنی‌داری وجود دارد، اما برای شاخص NBPD در سطح ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

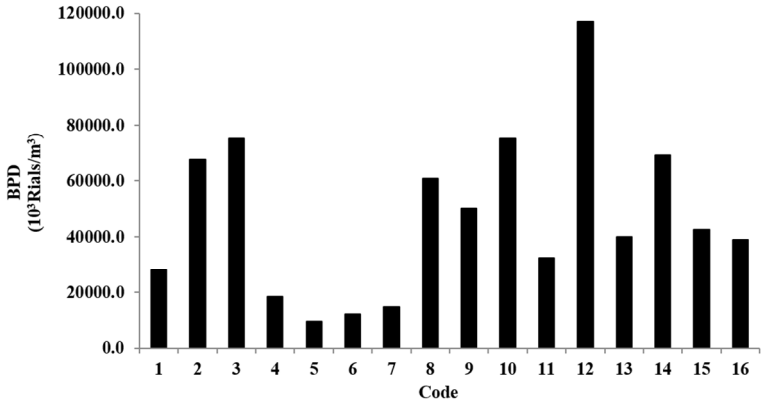

Figure 5. The values of BPD indicator in olive groves with wells under personal ownership

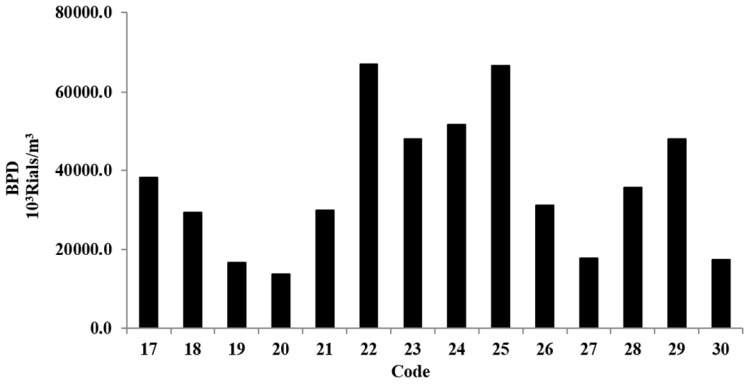

Figure 6. The values of BPD indicator in olive groves with wells under collective ownership

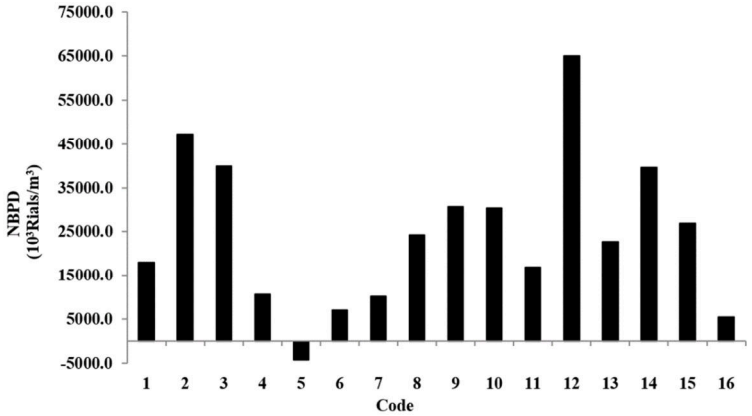

Figure 7. The values of NBPD indicator in olive groves with wells under personal ownership

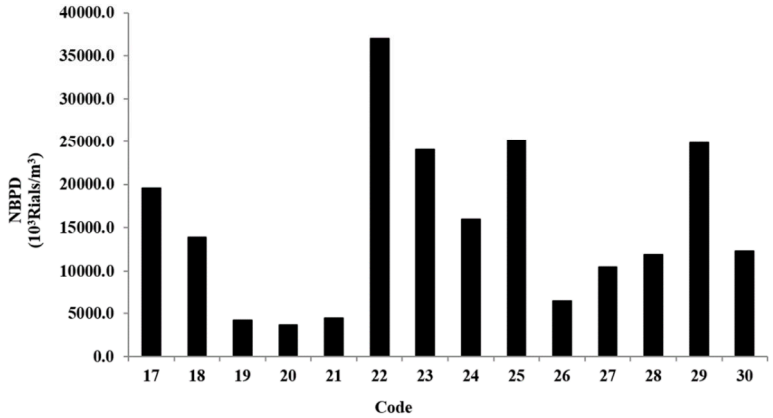

Figure 8. The values of NBPD indicator in olive groves with wells under collective ownership

Table 5. Results of significance test between the values of water use efficiency indicators

Indicator	Mean		Standard deviation		Degrees of freedom	Significance
	Personal wells	Collective wells	Personal wells	Collective wells		
Water consumption (10^3m^3/ha)	9.8	12.7	3.9	4.9	28	0.083^{ns}
CPD (kg/m^3)	0.39	0.30	0.25	0.17	28	0.243^{ns}
BPD (10^3Rial/m^3)	46.9	36.5	29.2	17.8	28	0.254^{ns}
NBPD (10^3Rial/m^3)	24.4	15.2	17.7	9.8	28	0.097^{ns}

^{ns} No statistically significant difference, * Significance at 95% level, and ** Significance at the 99% level.

Table 6. Results of significance test between Basin and Trickle irrigation methods

Indicator	Mean		Standard deviation		Degrees of freedom	Significance
	Basin irrigation	Trickle irrigation	Basin irrigation	Trickle irrigation		
Water consumption (10^3m^3/ha)	13.28	6.86	3.41	3.49	28	0.001^{*}
CPD (kg/m^3)	0.28	0.49	0.15	0.24	28	0.006^{*}
BPD (10^3Rial/m^3)	33.6	53.9	18.2	28.3	28	0.006^{*}
NBPD (10^3Rial/m^3)	17.1	26.3	12.7	18.2	28	0.115^{ns}

^{ns} No statistically significant difference, * Significance at 95% level, and ** Significance at the 99% level.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش اثر دو نوع الگوی رایج بهره‌برداری از منابع آبی بر شاخص‌های فیزیکی و اقتصادی بهره‌وری مصرف آب موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد، در یک منطقه و الگوی کشت مشخص حجم آب مصرفی وابسته نوع روش استحصال آب و هم‌چنین مدیریت آبیاری اعمال‌شده از سوی بهره‌بردار می‌باشد. شاخص‌های بهره‌وری مصرف آب در باغات زیتون تحت پوشش چاه‌های شخصی نسبت به چاه‌های مشاعی از وضعیت نسبتاً بهتری برخوردار بود. علاوه بر این تجهیز باغات به سامانه‌های آبیاری قطره‌ای منجر به بهبود بهره‌وری مصرف آب شده بود. انتظار می‌رود با تجمیع مصارف آبی به‌ویژه چاه‌ها، مدیریت بهره‌برداری یکپارچه و متناسب با نیاز آبی و با راندمان بالا انجام پذیرد. متأسفانه نتایج اندازه‌گیری‌های میدانی نشان داد، با وجود پتانسیل‌های نهفته در بهره‌برداری به شیوه مشاعی، در صورتی که بسترهای موردنیاز و به‌ویژه مسائل حقوقی و اجتماعی حقابه‌بران مورد مطالعه و بررسی دقیق قرار نگیرد، تضمینی در مدیریت بهینه مصرف آب و در نهایت کسب نتیجه موردانتظار در این الگوی بهره‌برداری وجود نخواهد داشت. رودخانه قزل‌اوزن به‌عنوان مهم‌ترین منبع آبی منطقه موردمطالعه محسوب می‌شود و در سال‌های اخیر به‌دلیل توسعه اراضی و افزایش برداشت‌ها با کاهش قابل‌ملاحظه‌ای روبرو شده است، لذا راه‌کارهایی نظیر

به‌کارگرفتن روش‌های مناسب بهره‌برداری از منابع آبی با اولویت یکپارچه‌سازی و اصلاح حقابه‌ها و از سوی دیگر ارتقای دانش بهره‌برداران در مدیریت آب و آبیاری باید به‌صورت جدی مورد توجه قرار گیرد.

دسترسی به داده‌ها

farshidmohammadi52@gmail.com

پی‌نوشت

1. Crop per drop
2. Benefit per drop
3. Net benefit per drop

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

منابع

Abasi, F., Abbasi, N., & Tavakoli, A.R. (2017). Water productivity in agriculture; Challenges and prospects. *Journal of Water and Sustainable Development,* 4(1), 141-144. (In Persian).

Ali, M.H., & Talukder, M.S.U. (2008). Increasing water productivity in crop production– A synthesis. *Journal of Agricultural Water Management,* 95(11), 1201-1213.

Asik, S., Kaya, U., Camoglu, G., Akkuzu, E., Ataol Olmez, H., & Avci, M. (2014). Effect of different irrigation levels on the yield and traits of memecik olive trees (*Olea europaea* L.) in the Aegean Coastal Region of Turkey. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering,* 140(8), 1-8.

Berenguer, M.M.J., Gratten, S., Connell, J., Polito, V., & Vossen, P. (2006). Tree irrigation levels for optimum chemical and sensory properties of olive oil. *Hortscience*, 41(2), 427-432.

Burt, C., & Stuart, W.S. (1996). *Buried drip irrigation on pistachios: Research report*. Irrigation Training and Research Center, California Polytechnic State University, website: http://www.itrc.org

Chen, R., Huang, Y., Ji, X., Xu, Y., Xue, X., & Wang, J. (2018). Effects of different irrigation methods growth, Fruit quality and yield of apple trees. *Asian Agricultural Research*, 10(7), 54-57, 67.

Dashti Jorni, K., Ahmadali, J. (2013). Measurement of water productivity in drip irrigation system and its comparison with surface irrigation system in apple orchards (Case study of Urmia city). In: Proceeding of *4th National Conference on Irrigation and Drainage Networks Management*, 25 February, Shahid Chamran University, Ahwaz, Khuzestan, IRAN, 481-488. (In Persian).

Dashti Jorni, K., Arsalanbod, M.R., & Anvieh Tekieh, L. (2014). Economic analysis of conversion of flood irrigation to drip irrigation in apple gardens: A case study of Urmia city. *Journal of Agricultural Economics*, 7(2), 93-106. (In Persian).

Fan, Y., Wang, C., & Nan, Z. (2014). Comparative evaluation of crop water use efficiency, economic analysis and net household profit simulation in arid Northwest China. *Agricultural Water Management*, 146, 335-345.

Ghadami Firoozabadi, A., Seyedan, S.M., & Zare Abiane, H. (2020). Determination and evaluation of functional water and physical and economic productivity of water in vineyards and walnut gardens of Malayer region of Hamadan. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 14(6), 1908-1919. (In Persian).

Ghaseminejad Raeini, M.R., Maroufi, S., Zare Kohan, M., & Malaki, A. (2014). Investigating the water productivity index and comparing it with the current conditions of wheat fields. *Irrigation Science and Engineering (Agricultural Scientific Journal),* 38(1), 71-78. (In Persian).

Gholami, M., Mazloumi, M., & Ghaderpor, L. (2009). The importance of water productivity in agriculture Case study: Marvdasht-Ramjard plain. In: Proceeding of *National Conference on Water Crisis Management*, February, Islamic Azad University, Marvdasht, Fars, IRAN, 1-12. (In Persian).

Gholami, R., & Zahedi, S.M. (2019). Reproductive behavior and water use efficiency of olive trees (Olea europaea L. cv Konservolia) Under deficit irrigation and mulching. *Springer Journal,* 61(4), 331-336.

Gholami, R.A., & Arji, A. (2018). Investigation of the effect of regulated irrigation on vegetative characteristics, yield and oil content and water use efficiency of yellow olive cultivars. *Journal of Horticultural Sciences (Agricultural Sciences and Industries),* 32(4), 605-614. (In Persian).

Gholami, R.A., Haji Amiri, A., & Najafi, M. (2019). Effect of adjusted irrigation regimes on vegetative, pomological and functional characteristics of canned olives in field conditions. *Journal of Plant Production*, 42(4), 575-585. (In Persian).

Hijazi, A., Doghoze, M., Jouni, N., Nangia, V., Karrou, M., & Oweis, T. (2014). Water requirement and water-use efficiency for olive trees under different irrigation systems. In: Proceeding of *7th International Conference on Water Resources in the Mediterranean Basin*, 10-12 october, Marrakech, Morocco.

Iran Ministry of Agriculture-Jahad. (2019). *Agriculture statistical yearbook.* Retrieved from https://zanjan.maj.ir/.

Iran Water Resources Management Company. (2017). Monitoring the exploitation of water resources in Sefidroud basin. (In Persian).

Jafari, A.M., Bahramlo, R., & Rezvani, S.M.A. (2005). Measuring water efficiency in pressurized irrigation systems in Iran: A case study in Hamadan province. In: Proceeding of *5th Biennial Conference on Agricultural Economics*, 29 August, University of Zahedan, Sistan & Balochestan, IRAN, 1-10. (In Persian).

Kaki, S., Zia Tabar Ahmadi, M.Kh., & Karimi, V.A. (2016). Comparison of water use efficiency in classical semi-mobile irrigation and surface irrigation for wheat crop (Case study of Bukan city). In: Proceeding of *3th National Congress of Biology and Natural Sciences*, Mehr Arvand Higher Education Institute, Tehran, IRAN, 1-10. (In Persian).

Karimi, M., & Jalini, M. (2017). Investigation of agricultural productivity indices in important crops, case study: mashhad plain (Technical Note). *Journal of Water and Sustainable Development*, 4(1), 133-138. (In Persian).

Kaviani, A., Sohrabi, T., & Araste, P. (2011). Application of SEBAL algorithm in estimating the actual evapotranspiration of agricultural water in Qazvin plain and comparing its results with lysimeter data. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 5(2), 165-175. (In Persian).

Keshavarz, A., & Dehghanisanij, H. (2012). Water productivity index and the future strategy of the country. *Journal of Economic Strategy,* 1(1), 199-233. (In Persian).

Khorramian, M., Dezfoli, A., & Asareh, A. (2012). Investigation of the effect of pulley sprinkler irrigation on forage yield and water use efficiency of alfalfa in Khuzestan. *Journal of Crop Physiology*, 4(15), 87-97. (In Persian).

Kjine, J.W., Barker, R., & Molden, D. (2003). Water Productivity in Agriculture. Colombo, Sri Lanka: Cabi press.

Lambarraa, F., Serra, T., Gil, R. & Joes, M. (2007). Technical efficiency analysis and decomposition of productivity growth of Spanish olive farms. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 5(3), 259-270.

Liang, Z., Liu, X., Xiong, J. & Xiao, J. (2020). Water allocation and integrative management of precision irrigation: A systematic review. *Water Journal*, 12, 1-23.

Liu, J., Zehnder, A. J. B., & Yang, H. (2008). Drops for crops: modelling crop water productivity on a global scale. *Global Nest Journal*, 10(3), 295-300.

Martinez, J., & Reca, J. (2014). Water use efficiency of surface drip irrigation versus an alternative subsurface drip irrigation method. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 140(10), 1-8.

Mazandarani, N., & Ardakani, Z. (2013). Calculation of water efficiency in pressurized irrigation systems in Iran: A case study in Golestan province. In: Proceeding of *The Second National Conference on Modern Management Sciences*, 5 September, Hakim Jorjani Non-Profit Higher Education Institute, Gorgan, Golestan, IRAN, 1-12. (In Persian).

Molden, D., Murray-Rust, H., Sakthivadivel, R., & Makin, I. (2001). A water productivity framework for understsnding and action. *Workshop on water productivity*, 12-13 November Wadduwa, Sri Lanka.

Montazar, A., & Kosari, H. (2007). Water productivity analysis of some irrigated crops in Iran. In: Proceeding of *the International Conference of Water Saving in Mediterranean Agriculture and Future Needs*. Valenzano, Italy. Series B, 56(1), 109-120.

Morsali, A., Heydari, N., Zare, A., & Hatami, H. (2017). Investigating the role of processes in promoting agricultural water productivity in Iran. *Journal of Water Research in Agriculture*, 31(2), 163-180. (In Persian).

Motilva, M.J., Tovar, M.J., Romero, M.P., Alegre, S., & Girona, J. (2000). Influence of regulated deficit irrigation strategies applied to olive trees (Arbequina cultivar) on oil yield and oil composition during the fruit-ripening period. *Journal of Agricultural and food Chemistry*, 80(14), 2037-2043.

Nematzadeh, F., Atefi, J., & Dehghani, H. (2011). Comparison of different irrigation systems in walnut gardens. *Research project of Seed and Plant Breeding Research Institute*, Registration number 90/831. (In Persian).

Nikanfar, R., & Rezaei, R. (2015). Reaction of old grape trees to change of surface irrigation method to drip or babbler. *Iranian Journal of Irrigation Science and Technology*, 16(2), 161-170. (In Persian).

Nikbakht, J., & Taheri, M. (2011). Deficiency of olive irrigation is an effective solution to reduce water withdrawal from Ghezel Ozan river in Tarom region of Zanjan. In: Proceeding of *the Second National Conference on Applied Research in Iranian Water Resources*, Zanjan Regional Water Company, Zanjan, IRAN. (In Persian).

Playan, E., & Mateos, L. (2006). Modernization and optimization of irrigation systems to increase water produvtivity. *Agricultural Water Management*, 80(1-3), 100-116.

Rajaei, Y., & Ketabian, Sh. (2014). Estimation of production function and productivity study of olive production factors in Zanjan province (Case study: Tarom city). *Journal of Applied Economics*, 13(4), 25-35. (In Persian).

Rodrigues, G.C., Carualoh, S., Paredes, P., Silva, F.G., & Pereira, L.S. (2010). Relating energy performance and water productivity of sprinkler irrigation maize, wheat and sunflower under limited water availability. *Bio Systems Engineering*, 106, 195-204.

Rosecrance, R.C., Krueger, W.H., Milliron, L., Bloese, J., Garcia, C., & Mori, B. (2015). Moderate regulated deficit irrigation can increase olive oil yields and decrease tree growth in super high-density Arequipa olive orchards. *Scientia Horticulturae*, 190, 75-82.

Sepahvand, M. (2009). Comparing water need, water productivity and its economic productivity for wheat and canola in western Iran for rainy years. *Iranian journal of water research, 3(4), 63-68.*

Singh, R., Van Dam, J.C., & Feddes, R.A. (2006). Water Productivity analysis of irrigated crops in Sirsa district, India. *Agricultural Water Management*, 82, 253-278.

Trentacoste, E.R, Puertas, C.M., & Sadras, V.O. (2015). Effect of irrigation and tree density on vegetative growth, oil yield and water use efficiency in young olive orchard under arid conditions in Mendoza, Argentina. *Irrigation Science*, 33, 429-440.

Vazifedoust, M., Van Dam, J.C., Feddes, R.A. & Feizi, M. (2008a). Increasing water productivity of irrigated crops under limited water supply at field scale. *Agricultural Water Management*, 95, 89-102.

Vazifedoust, M., Alizadeh, A., Kameli, Gh. & Feizi, M. (2008b). Increasing agricultural water productivity in irrigated farms in Barkhoar region of Isfahan. *Journal of Water and Soil (Agricultural Sciences and Industries),* 22(2), 484-495. (In Persian).

Verdinejad, V., Sohrabi, T., Heydari, N., Araghinejad, Sh., & Mamanpoush, A. (2009). Investigation of supply and demand and estimation of agricultural water productivity in Zayandehrood catchment area (Case study of irrigation network on the right side of the Abshar). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 2(3), 88-98. (In Persian).

Ye, S., Han, J., & Liu, T. (2019). Determination of optimumirrigation strategies and effect of drip irrigation system on growth and water use efficiency of pear jujube in Loess Hilly region of northern Shaanxi. *PLOSONE*, 14(8), 1-13.

Zamani, A., Mortazavi, S., & Belali, H. (2014). Economical water productivity of agricultural products in Bahar Plain, Hamadan. *Journal of Water Research in Agriculture*, 22(1), 51-62. (In Persian).

Zwart, S.J., & Bastiaanssen, W.G. M. (2004). Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. *Agricultural Water Management*, 69(2), 115-133.