نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۵، مرداد - شهریور ۱۴۰۰، ص. ۶۷۸-۶۶۵

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 15, Aug.-Sep. 2021, p. 665-678

مقاله علمی - پژوهشی

ارزیابی مزرعه‌ای بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در تولید گندم (مطالعه موردی در شهرستان‌های اهواز و دشت آزادگان)

پیمان ورجاوند[۱*]، جواد باغانی[۲]، فریبرز عباسی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۳۱

چکیده

محدودیت منابع آب کشور و لزوم اعمال مدیریت بهتر اهمیت تعیین دقیق آب آبیاری محصولات زراعی و باغی را نشان می‌دهد. در مطالعه حاضر، با انجام مطالعات میدانی در مزارع گندم شهرستان‌های اهواز و دشت آزادگان در استان خوزستان، حجم آب آبیاری و بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی گندم ارزیابی شد. بدین منظور حجم آب ورودی به مزرعه در هر نوبت آبیاری با استفاده از فلومهای WSC اندازه‌گیری و با توجه به تعداد نوبت‌های آبیاری، زمان هر نوبت آبیاری و سطح آبیاری شده، حجم آب آبیاری در طول فصل کشت گندم در سطح مزرعه تعیین شد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد، میانگین حجم آب آبیاری مزارع انتخابی در شهرستان‌های اهواز و دشت آزادگان به ترتیب ۴۸۳۷ و ۵۶۰۵ مترمکعب در هکتار است. با توجه به عملکرد مزارع، متوسط بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری در این دو شهرستان به ترتیب ۱/۰۶ و ۰/۸۹ کیلوگرم در مترمکعب به‌دست آمد. بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری برای شهرستان اهواز بصورت خالص ۷۴۵۶ و برای دشت آزادگان این مقدار ۵۳۷۷ ریال به ازای هر مترمکعب آب آبیاری محاسبه شد. نتایج نشان داد، در مزارعی که دارای پمپ شخصی هستند، با توجه به هزینه راه‌اندازی و بهره‌برداری از پمپ که باعث بیشتر شدن هزینه عملیات آبیاری نسبت به مزارع زیر شبکه شده است، تعداد دفعات آبیاری کمتر و با عمق بیشتر بوده حال آنکه بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی ناخالص و خالص به ترتیب ۱۵/۷، ۲۸/۵ و ۶۷/۶ درصد افزایش نشان داده است.

واژه‌های کلیدی: آب تحویلی، آبیاری نواری، درصد کمبود تخصیص آب، درصد مازاد تخصیص آب

مقدمه

با توجه به کمبود آب در دهه‌های اخیر در جهان، در حال حاضر ۲۶ کشور با جمعیتی بالغ بر ۳۰۰ میلیون نفر، دچار کمبود آب شده‌اند. طبق پیش‌بینی‌های به عمل آمده تا سال ۲۰۵۰ این تعداد به ۶۶ کشور با جمعیتی حدود دو سوم جمعیت کل جهان خواهد رسید. حال با توجه به نرخ جاری رشد جمعیت و سرمایه‌گذاری اندک در مسائل زیربنایی آب، انتظار می‌رود شرایط بحرانی تشدید شود. گرچه برای کنترل بحران آب و جلوگیری از فروافتادن بیشتر آب‌های زیرزمینی راه‌حلی بجزء کاهش برداشت‌ها نیست، اما در پاسخ به تقاضای روز افزون آب (در شرایط کمبود آب) بایستی میزان مصارف آب در بخش‌های مختلف بهینه گردند (داوری، ۱۳۹۳).

شاخص بهره‌وری آب در ابتدای برنامه توسعه چهارم بین ۰/۸ تا ۰/۹ کیلوگرم بر متر مکعب بوده و در برنامه چشم انداز ۲۰ ساله نیز این شاخص ۱/۶ کیلوگرم بر متر مکعب هدف‌گذاری شده است. البته بهره‌وری آب یک نیاز و یک گام اولیه است و هرگز نمی‌تواند پایان پایش محسوب شود. شاخص بهره‌وری آب، اگرچه معیار بسیار مهمی در تصمیم‌گیری و تعیین مزیت کشت محسوب می‌شود، اما گاهی قیودات حاکم بر ساختار کشاورزی، مثل کیفیت آب، جنبه‌های زیست محیطی، ریسک تولید و بازار، فرآوری و حتی مسائل اجتماعی و

۱- استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران
۲- استادیار پژوهش مؤسسهٔ تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۳- استاد پژوهش مؤسسهٔ تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
(*-نویسنده مسئول: (Email: pvarjavand@yahoo.com
DOR: 20.1001.1.20087942.1400.15.3.15.9

سیاسی، سبب می‌شود که تصمیمات مدیریتی متناسب با شرایط گرفته شود. شاخص بهره‌وری آب صرفاً متأثر از برنامه و سامانه آبیاری نبوده و عوامل مهم و فراوانی از جمله کیفیت و کمیت آب، منبع آب، نظام و روش آبیاری، نیاز آبی گیاه، برنامه آبیاری، نوسانات سطح ایستابی و زهکشی، مدیریت زراعی، اقلیم و پارامترهای اقلیمی، استحصال و جمع‌آوری آب باران، تغذیه، آفات و بیماری‌ها، علف‌های هرز، اقتصاد و بازار، فرآوری و بسته‌بندی و الگوی کشت در آن دخالت دارد (عباسی و همکاران، ۱۳۹۵)

در زمینه تعیین آب آبیاری محصولات زراعی و مقدار بهره‌وری آن در سطح ایران و جهان تحقیقات گسترده‌ای انجام شده است. غالب این تحقیقات به خصوص در سطح ایران در مزارع آزمایشی بوده و یا با استفاده از آمارنامه‌های کشاورزی انجام شده است و کمتر پژوهشی در مزارع کشاورز و با روش اندازه‌گیری مستقیم به تعیین آب آبیاری محصولات کشاورزی پرداخته است. در مطالعه حیدری (۱۳۹۰) متوسط بهره‌وری آب در مناطق کرمان، همدان، مغان، گلستان و خوزستان برای محصولات گندم، چغندرقند، سیب‌زمینی، ذرت علوفه‌ای، پنبه، یونجه، جو، نخود آبی و نیشکر به ترتیب ۰/۷۳، ۴/۵۶، ۲/۱۸، ۵/۵۸، ۰/۷۱، ۱/۴۶، ۰/۵۶، ۰/۱۸، ۲/۹۴ کیلوگرم در مترمکعب آب برآورد شد. با استفاده از آمار سطح زیرکشت محصولات انتخابی زراعی در مناطق مختلف و ارقام متوسط بهره‌وری آب، متوسط وزنی شاخص بهره‌وری آب کشور ۱/۳۸ کیلوگرم در مترمکعب حاصل شد. دهقان و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی ۳ مزرعه در بخش‌های مختلف دشت نیشابور در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷، متوسط شاخص‌های بهره‌وری تحت عبارات WP_T (نسبت عملکرد به تعرق واقعی)، ۱/۲۸ کیلوگرم در مترمکعب، WP_{ET} (نسبت عملکرد به تبخیر- تعرق واقعی)، ۰/۹۹ کیلوگرم در مترمکعب، WP_{ETQ} (نسبت عملکرد به مجموع تبخیر و تعرق واقعی گیاه به اضافه نفوذعمقی)، ۰/۶۰ کیلوگرم در مترمکعب و WP_{Irr} (نسبت عملکرد به مجموع آب کاربردی)، ۰/۸۸ کیلوگرم در مترمکعب گزارش دادند. در حال حاضر بهره‌وری آب کشاورزی در کشور نزدیک به ۱/۴۵ کیلوگرم به ازای مترمکعب مصرف آب است که براساس برنامه‌ریزی بلندمدت باید تا سال ۱۴۰۴ به ۱/۶ کیلوگرم در مترمکعب افزایش یابد (عباسی و همکاران، ۱۳۹۸). در پژوهشی دیگر به بررسی تأثیر کاهش تعداد دفعات آبیاری برروی بهره‌وری گندم پرداخته شد. در این تحقیق با انجام ۳ و ۴ نوبت آبیاری به ترتیب برای قطعات شاهد و تیمار، مقدار آب آبیاری ۴۸۷۵ و ۴۳۲۰ مترمکعب بدست آمد که با احتساب بارندگی در آن سال میزان آب دریافتی مزرعه را به ترتیب ۵۶۵۵ و ۵۱۰۰ مترمکعب در هکتار نتیجه شد (کمال‌الدین و دهان‌زاده، ۱۳۹۳). میزان بهره‌وری آب در مزارع شرکت‌های تحت نظارت آستان قدس توسط ایزدی و داوری بررسی شد. نتایج نشان داد که محصول ذرت با امتیاز ۱/۴۲ برای مجتمع مزرعه نمونه مشهد، پسته با امتیاز ۱/۶۱ برای کشت و صنعت سرخس، گندم با امتیاز ۲/۲۷ برای کشت و صنعت اسفراین، جو و پسته با امتیاز ۰/۵ برای کشت و صنعت بردسکن، ذرت علوفه‌ای با امتیاز ۲/۲۷ برای مجتمع کشاورزی تربت حیدریه و پسته با امتیاز ۰/۷۴ برای مجتمع موقوفات و کشاورزی گناباد، بهترین وضعیت را از نظر بهره‌وری آب دارند (ایزدی و داوری، ۱۳۹۴). نتایج یک تحقیق با انتخاب پنج مزرعه گندم در دشت‌های همدان-بهار و رزن-قهاوند در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ نشان داد که با آموزش و برنامه‌ریزی صحیح مصرف آب، عملکرد محصول گندم به مقدار قابل ملاحظه ۲۱/۶ درصد افزایش داشته و مقدار آب آبیاری مزارع ۲۳/۱ درصد کاهش داشته است. در نتیجه این تغییرات، مقدار بهره وری آب نیز ۵۵٪ افزایش نشان داده است. بهره وری آب برای محصول گندم در دو تیمار مورد مطالعه ۱/۸۳ و ۱/۱۸ کیلوگرم در مترمکعب بدست آمد. میانگین آب آبیاری گندم نیز برای این دو تیمار ۳۷۱۵ و ۵۰۰۷ مترمکعب در هکتار حاصل شد (قاسمی‌نژاد رائینی و همکاران، ۱۳۹۴). نتیجه بررسی بهره‌وری آب آبیاری در شهرستان‌های چناران، تربت حیدریه و تربت جام نشان داد که کارائی مصرف آب به ترتیب ۰/۳۸، ۰/۷۶ و ۰/۴۴ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب بوده که در مقایسه با چغندرقند که به ترتیب ۱/۸، ۳/۵ و ۱/۹ می‌باشد از مقدار کمتری برخوردار است (نی‌ریزی و حلمی‌فخرداود، ۱۳۸۲). در سطح کشور و جهان تحقیقات زیادی در زمینه تعیین کارائی مصرف آب در تولید گندم انجام شده است که به‌طور خلاصه می‌توان به آنها اشاره نمود. سلامتی و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی میدانی ۲۱ مزرعه گندم دارای روش‌های آبیاری بارانی و سطحی در شهرستان بهبهان به‌منظور تعیین بهره‌وری مصرف آب پرداختند. نتایج پژوهش آنها نشان داد راندمان کاربرد آب در این مزارع از ۲۲/۷ تا ۹۹/۷ درصد نوسان داشته است. همچنین میانگین بهره‌وری مصرف آب گندم مزارع آبیاری بارانی و سطحی ۰/۹۲ که این مقدار از ۰/۳۹ تا ۱/۲۹ کیلوگرم بر مترمکعب متغییر بوده است. در پژوهشی دیگر فرحزا و همکاران (۱۳۹۹) به ارزیابی بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی محصولات زراعی در دشت مغان پرداختند. این مطالعه میدانی برای محصولات گندم، کلزا، سویا، برنج، ذرت علوفه‌ای، ذرت دانه‌ای، خربزه، یونجه، گوجه فرنگی، جو، شلیل، هندوانه، خیار و چغندرقند بوده که بهره‌وری فیزیکی محصولات مذکور را به ترتیب ۱/۲۷، ۰/۵۰، ۰/۶۷، ۰/۰۷، ۴/۵۰، ۰/۴۵، ۳/۲۰، ۰/۲۵، ۳/۴۶، ۱/۱۹، ۰/۵۵، ۳/۱۰، ۰/۴۳، ۵/۵۰ کیلوگرم بر مترمکعی و همچنین بهره‌وری اقتصادی را به ترتیب ۱۰۹۸، ۵۷۲، ۷۰۲، ۳۱۳، ۵۴۲، ۲۲۸۶، ۳۲۲، ۹۷، ۸۳۲، ۶۸۵، ۵۴۷، ۲۷۹، ۲۶۷ و ۱۱۱۱ تومان بر مترمکعب نتیجه شد. در یک بررسی، مقادیر بهره وری آب ۱۰ محصول زراعی انتخابی با استفاده از نتایج طرح‌های تحقیقاتی انجام شده در ایستگاه‌های تحقیقاتی ۱۳ استان کشور متوسط بهره وری آب گندم، جو، برنج، چغندرقند، ذرت، پنبه (بذر)، یونجه، سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی و کنجد به ترتیب ۱/۶۲، ۲/۳۷، ۰/۴۲،

۰/۵۳، ۱/۱۷، ۰/۶۱، ۰/۸۹، ۲/۷۴، ۶/۷۷ و ۰/۱۱ کیلوگرم برمترمکعب حاصل شد (Montazar and Kosari, 2007). میانگین آب مصرفی تعدیل شده در بخش کشاورزی با در نظر گرفتن تلفات در دوره هفت ساله بابر با ۶±۷۵ میلیارد متر مکعب معادل حدود ۷۱ درصد آب تجدیدپذیر، محاسبه شده است (ناصری و همکاران، ۱۳۹۶). مطالعه ۸۴ منبع تحقیقاتی در سال‌های ۲۰۰۴-۱۹۷۹ میلادی در سطح جهان نشان داد که متوسط شاخص بهره وری آب محصولات گندم، برنج، پنبه (دانه)، پنبه (تولید وش) و ذرت به ترتیب ۱/۰۹، ۱/۰۹، ۰/۶۵، ۰/۲۳ و ۱/۸ کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری بوده است. دامنه شاخص بهره‌وری محصولات فوق وسیع بوده که برای گندم، برنج، پنبه (دانه)، پنبه (تولید وش) و ذرت به ترتیب ۱/۷-۰/۶، ۱/۶-۰/۶، ۰/۹۵-۰/۴۱، ۰/۳۳-۰/۱۴ و ۲/۷-۱/۱ کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری بوده است (Zwart and Bastiaansen, 2004). در تحقیقی دیگر کارائی مصرف آب در مزارع کشاورز به روش‌های کم آبیاری، آبیاری کامل و آبیاری تحت مدیریت کشاورز برای سیستم آبیاری سطحی بررسی شد. این مطالعه در دلتای رودخانه نیل در کشور مصر و در سال‌های ۲۰۰۷-۲۰۰۵ میلادی انجام شده است. نتایج در مورد ذرت نشان داد که کاربرد آبیاری کامل با فرض ۲۰ درصد کسر آبشویی، در مقایسه با آبیاری با مدیریت کشاورز، مقدار آب استفاده شده را از ۷۱۴۰ به ۶۵۶۹ مترمکعب در هکتار کاهش داده و مقدار تولید محصول را نیز ۷ و ۸ درصد در فصل‌های زراعی اول و دوم کاهش داده است. کم آبیاری نیز باعث کاهش ۱۶۰۰ مترمکعب در هکتار آب برای ذرت و ۱۵۰۰ مترمکعب در هکتار آب برای گندم شده است. صرفه‌جویی آب ناشی از کم آبیاری باعث کاهش ۸/۸ درصدی محصول ذرت شده، در حالیکه تاثیری برروی محصول گندم نشان نداده است. در نهایت این تحقیق بیان نمود که به طور متوسط در روش‌های مدیریت آبیاری با کشاورز، آبیاری کامل و کم آبیاری مقدار کارائی مصرف آب در مزارع گندم به ترتیب ۱/۳۰، ۱/۳۸ و ۱/۸۶ کیلوگرم در مترمکعب و برای مزارع ذرت به ترتیب ۱/۵۳، ۱/۶۶ و ۱/۸۳ کیلوگرم در مترمکعب بوده است (Karrou et al., 2012). نتایج یک تحقیقی که در مزرعه آزمایشی تولید و بهره وری آب محصول گندم در کشور مصر انجام شد، نشان داد که حداکثر بهره وری آب ۱/۴۱ کیلوگرم در مترمکعب و بیشترین عملکرد گندم در مزرعه ۷۱۰۴ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (Salama et al., 2017). در پژوهشی دیگر ایالت کانزاس آمریکا، به بررسی تأثیر کاربرد دو سطح نیتروژن و ۵ سطح آبیاری برروی بهره‌وری گندم زمستانه پرداخته شد. نتایج نشان داد با پذیرفتن ۱۶-۵ درصد کاهش عملکرد، کاهش ۵۰ درصدی آب کاربردی مزرعه را بدست آورد به نحویکه در نهایت بهره‌وری آب مصرفی را می‌توان از ۱/۰۶-۰/۶۰ کیلوگرم بر مترمکعب به مقدار ۱/۶۰-۰/۹۸ افزایش داد (Araya et al., 2019). تغییر روش کشت و تأثیر آن برروی بهره‌وری نیز از دیگر تکنیک‌های افزایش بهره‌وری آب در مزارع گندم است به نحویکه در پژوهشی در کشور مصر به بررسی تأثیر کشت گندم به روش کشت برروی پشته برروی بهره‌وری پرداخته شد. در این تحقیق ۳ تیمار آبیاری و ۳ تیمار روش کشت آزموده شد. نتایج نشان داد بیشترین بهره‌وری آب معادل ۱/۶۱ و ۱/۵۴ کیلوگرم بر مترمکعب از تیمار ابیاری ۸۰ درصد نیاز آبی و تیمار کشت برروی پشته به ترتیب با عرض‌خای ۶۰ و ۱۲۰ سانتیمتر حاصل شده است (Rady et al., 2021).

با توجه به مطالب بیان شده و پویا بودن میزان آب آبیاری در محصولات کشاورزی مختلف، نیاز به انجام مطالعه مستمر و دقیق و در عین حال میدانی (و نه صرفاً در سطح مزارع آزمایشی) برای تعیین مقدار آب آبیاری و بهره‌وری آب در محصولات مختلف زراعی و باغی و در سطح کشور بیش از پیش احساس می‌شود. در این راستا، در تحقیق حاضر به ارزیابی آب آبیاری و بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی گندم در شهرستان‌های دشت آزادگان و اهواز استان خوزستان پرداخته شده است. در تحقیق حاضر هدف بررسی مزارع منتخب گندم در دو شهرستان خوزستان، به‌منظور تعیین کاربردی مزارع، تأثیر نوع منبع آب برروی تقسیم‌بندی آب در مزرعه توسط کشاورز و تعیین بهره‌وری اقتصادی و فیزیکی آب در محصول گندم می‌باشد. این اهداف با اندازه‌گیری میدانی آب کاربردی مزارع و همچنین تکمیل پرسشنامه توسط کشاورز تعیین شده است.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در سال آبی ۹۷-۱۳۹۶ در سطح مزارع شهرستان اهواز و دشت آزادگان در استان خوزستان انجام شد. انتخاب مزارع به نحوی بود که موقعیت‌های جغرافیایی مختلف و در نتیجه آن فرهنگ‌های مختلف مدیریت کشاورز در مزرعه در انتخاب مزارع هر شهرستان دیده شود. منابع آبی عمده در شهرستان‌های مورد مطالعه شبکه‌های آبیاری و یا استفاده از پمپ شخصی برای برداشت از رودخانه‌های کرخه و کارون برای شهرستان‌های دشت آزادگان و اهواز بودند. لذا سعی شد مزارع به نحوی انتخاب شوند که این منابع آبی را در برداشته و در عین حال برای مزارع تحت شبکه نیز فواصل مختلف از کانال اصلی شبکه در مزارع دیده شود. جدول ۱ مشخصات عمومی شهرستان‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات عمومی شهرستان‌های مورد مطالعه (سالنامه آماری استان خوزستان، ۱۳۹۷)

شهرستان	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا	متوسط بارندگی سالانه	متوسط دما	سطح زیر کشت مزارع گندم شهرستان	متوسط عملکرد مزارع گندم شهرستان
			متر	میلی‌متر	درجه سانتیگراد	هکتار	کیلوگرم در هکتار
اهواز	۱' - ۴۹° ۱۸' ۴۸°	۵۳' - ۳۱° ۴۶' ۳۰°	۱۷/۵	۲۱۰/۵	۲۶/۳	۳۷۹۹۱	۴۳۰۰
دشت آزادگان	۴۲' - ۴۸° ۲۸' ۴۷°	۲۴' -۳۲° ۵۷' ۳۱°	۷/۸	۱۹۳/۳	۲۴/۸	۲۷۸۰۹	۲۹۳۰

از دیگر عوامل تاثیرگذار در مقدار آب آبیاری مزرعه گندم، روش آبیاری و شرایط خاک منطقه مورد مطالعه می‌باشد (فرشی و همکاران، ۱۳۸۲). روش آبیاری در غالب مزارع گندم در دو شهرستان مورد نظر بصورت نواری انتها بسته بود و بافت خاک‌های آن‌ها غالباً سنگین بودند. لذا در این پژوهش عامل تفاوت در مصرف آب را می‌توان فرهنگ کشاورز، نوع منبع آبی و فاصله از آن دانست. در سطح دو شهرستان اهواز و دشت آزادگان، برای هر شهرستان در گام اول ۹ مزرعه انتخاب شد و در نهایت با توجه به تمایل کم بهره‌برداران به همکاری، داده‌برداری کامل در ۶ مزرعه انجام شد.

پس از انتخاب مزارع، قبل از شروع کشت، به هر مزرعه مراجعه و اطلاعات عمومی آن مزرعه مانند مشخصات کشاورز، مشخصات عمومی مزرعه و منبع آبی، رقم گندم، تاریخ کاشت و برداشت، سطح زیر کشت، عملکرد سال گذشته، فاصله منبع آب (پمپ یا کانال اصلی شبکه) از مزرعه، روش آبیاری و اطلاعات جغرافیایی مزرعه مورد نظر برداشت شد. سپس با هماهنگی مداوم و مستمر با کشاورز، در هر نوبت آبیاری به مزرعه مورد نظر مراجعه و میزان آب ورودی به قطعه در حال آبیاری اندازه‌گیری گردید. در نهایت اطلاعات مربوط به عملکرد محصول و تاریخ برداشت نیز برای هر مزرعه تعیین شد. در جدول ۲ مشخصات عمومی مزارع مورد مطالعه در تحقیق حاضر را می‌توان مشاهده نمود.

جدول ۲- مشخصات عمومی مزارع مورد مطالعه

تحصیلات کشاورز	شهرستان	سطح زیر کشت	تراکم	رقم	تاریخ کاشت	تاریخ برداشت	شماره مزرعه
		هکتار	کیلوگرم در هکتار				
سیکل	اهواز	۱۵۰	۲۰۰	چمران ۲	۹۵/۰۹/۰۶	۹۶/۰۲/۱۸	A1
سیکل		۴۰	۲۰۰	چمران ۲	۹۵/۰۸/۲۰	۹۶/۰۲/۰۹	A2
سیکل		۵۰	۲۲۰	چمران	۹۵/۰۸/۱۵	۹۶/۰۲/۰۲	A3
سیکل		۸۰	۲۲۰	چمران ۲	۹۵/۰۸/۱۵	۹۶/۰۲/۱۸	A4
کارشناسی		۸۰	۲۰۰	مهرگان	۹۵/۰۸/۲۰	۹۶/۰۲/۰۵	A5
سیکل		۱۸۷	۲۰۰	چمران ۲	۹۵/۰۸/۰۵	۹۶/۰۲/۰۸	A6
دیپلم	دشت آزادگان	۴۰	۲۲۰	چمران ۲	۹۵/۰۸/۱۱	۹۶/۰۲/۰۷	D1
دیپلم		۱۸	۲۲۰	چمران ۲	۹۵/۰۸/۱۸	۹۶/۰۲/۰۹	D2
دیپلم		۴۳	۲۲۰	چمران ۲	۹۵/۰۸/۱۸	۹۶/۰۲/۱۲	D3
سیکل		۲۵	۲۲۰	چمران	۹۵/۰۸/۱۷	۹۶/۰۲/۰۷	D4
سیکل		۲۵	۲۵۰	چمران ۲	۹۵/۰۸/۱۸	۹۶/۰۲/۱۳	D5
سیکل		۱۵	۲۰۰	چمران ۲	۹۵/۰۸/۱۴	۹۶/۰۲/۱۵	D6

اطلاعات مربوط به موقعیت مزارع، شرایط آبیاری و مشخصات منبع آبی هر مزرعه در جدول ۳ آورده شده است. در هر مزرعه نمونه خاک ترکیبی قبل از کشت از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر برداشت شده و به‌منظور تعیین بافت خاک و شوری عصاره اشباع به آزمایشگاه بخش خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان تحویل داده شد. در هر نوبت آبیاری شوری آب آبیاری با استفاده از دستگاه شوری‌سنج پرتابل مدل WTW/LF95 اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری آب ورودی به مزارع در هر نوبت آبیاری با توجه به شرایط مزارع مورد مطالعه و دبی ورودی به هر قطعه در حال آبیاری از فلوم W.S.C تیپ ۴ استفاده گردید.

نیار آبی دوره کشت گندم در مزارع مورد مطالعه به چهار طریق تعیین شد که عبارتند از: استفاده از کتاب نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی (فرشی و همکاران، ۱۳۷۶). استفاده از سند ملی آب، استفاده از میانگین اطلاعات هواشناسی دوره ۱۰ ساله و استفاده از اطلاعات هواشناسی فصل کشت. نیاز آبی با استفاده از نرم‌افزار ETоCalculator 3.2 محاسبه گردید. نیاز آبشویی نیز با استفاده از رابطه ۲ تعیین شد (Mostafazadeh-Fard et al., 2009).

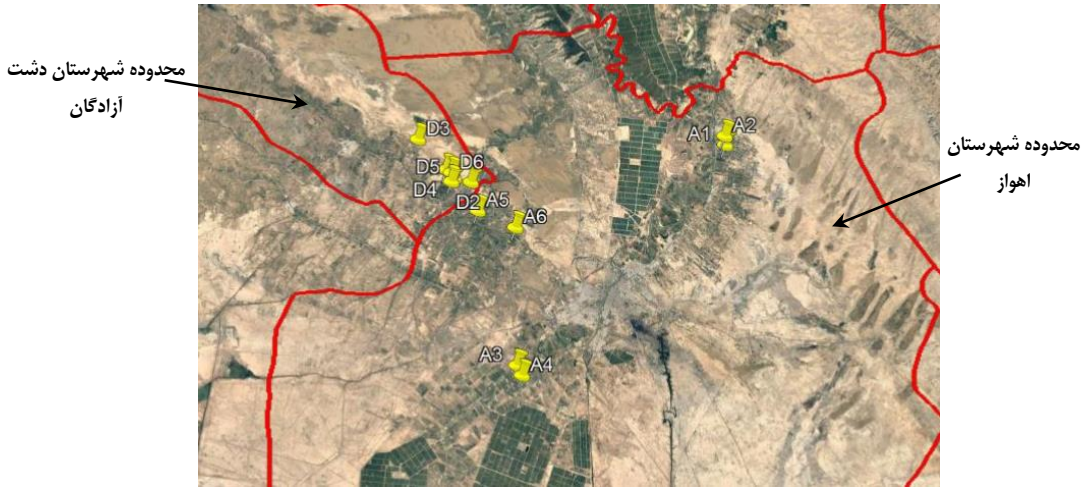
$$LR = \frac{EC_W}{5(EC_e)-EC_W} \quad (۱)$$

که در آن، LR مقدار آبشویی، EC_W هدایت الکتریکی آب آبیاری و EC_e هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک هست، در تحقیق حاضر از شوری عصاره اشباع خاک باهدف رسیدن به ۹۰ درصد عملکرد پتانسیل در محاسبه نیاز آبشویی استفاده شده است.

به‌منظوربه‌منظور مشخص شدن پراکنش مزارع مورد مطالعه در دو شهرستان، موقعیت جغرافیایی این مزارع در شکل ۱ ارائه شده است. موقعیت مزارع منتخب نشان از پراکنش مناسب آن‌ها در سطح شهرستان دارد.

جدول ۳- مشخصات موقعیت و منبع آب مزارع موردمطالعه

شماره مزرعه	مختصات مزرعه		عرض نوار	طول نوار	منبع آبی	روش انتقال آب	تعداد نوار آبیاری شده
	عرض	طول					
	(درجه)		متر				
A1	۳۱/۵۳۸	۴۸/۸۹۲	۸	۶۰۰	موتور پمپ شخصی	نهر خاکی	۱۶
A2	۳۱/۵۵۲	۴۸/۸۹۱	۱۱	۴۵۳	شبکه آبیاری	کانال	۳
A3	۳۱/۱۸۴	۴۸/۴۹۷	۲۲	۲۳۰	موتور پمپ شخصی	نهر خاکی	۸
A4	۳۱/۱۶۸	۴۸/۵۰۷	۱۸	۳۰۷	موتور پمپ شخصی	نهر خاکی	۶
A5	۳۱/۴۳۳	۴۸/۴۲۴	۱۲	۳۰۰	شبکه آبیاری	کانال	۴
A6	۳۱/۴۰۶	۴۸/۴۹۵	۱۲	۴۰۰	شبکه آبیاری	کانال	۸
D1	۳۱/۴۹۹	۴۸/۳۶۴	۷	۲۱۰	شبکه آبیاری	کانال	۶
D2	۳۱/۴۷۹	۴۸/۴۱۱	۹/۵	۲۳۰	موتور پمپ شخصی	نهر خاکی	۱
D3	۳۱/۵۴۸	۴۸/۳۱۱	۱۸	۳۲۰	شبکه آبیاری	کانال	۲
D4	۳۱/۴۸	۴۸/۳۷۴	۸/۸	۲۰۳	موتور پمپ شخصی	نهر خاکی	۳
D5	۳۱/۴۸۶	۴۸/۳۷۹	۱۱	۲۷۸	موتور پمپ شخصی	نهر خاکی	۲
D6	۳۱/۴۹۴	۴۸/۳۷۴	۱۱/۵	۱۰۰	موتور پمپ شخصی	نهر خاکی	۴



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی مزارع مورد مطالعه

به‌منظوربه‌منظور تعیین باران مؤثر بر اساس اطلاعات هواشناسی ۱۰ سال گذشته از روابط ۲ و ۳ استفاده شد. این رابطه توسط فائو بر اساس آمار مناطق خشک و نیمه‌خشک با سطح احتمال وقوع ۸۰ درصد استخراج شده است که در این روابط R مقدار بارندگی تجمعی برای ماه مورد نظر است (فرشی و همکاران، ۱۳۸۲):

$$P_e = 0.6R - 10 \quad (۲)$$ اگر R<70 mm باشد:

(۳) $P_e = 0.8R - 24$ اگر R>70 mm باشد:

به‌منظوربه‌منظور محاسبه بارندگی مؤثر در طول فصل کشت، با توجه به اینکه عمق و تاریخ هر واقعه بارندگی با استفاده از اطلاعات هواشناسی ثبت گردیده و از سوی دیگر تاریخ هر نوبت آبیاری برای مزارع مشخص است، مقدار بارندگی مؤثر بر اساس رصد این اطلاعات تعیین شد.

به‌منظوربه‌منظور ارزیابی کفایت آب تحویلی به مزرعه، مقدار نیاز آبیاری خالص مزرعه (I_r) برای جبران نیاز آبی گیاه و نیاز آبشویی با استفاده از اطلاعات هواشناسی و لحاظ نحوه مدیریت مزرعه به‌ویژه برنامه آبیاری محاسبه گردید (رابطه ۴).

(۴) $I_r = \frac{ET_{ca} - P_e}{1 - LR}$

که در آن، ET_{ca} تبخیر و تعرق گیاه (در شرایط عملکرد ۹۰ درصد پتانسیل) است (رابطه ۵).

(۵) $\frac{Y_a}{Y_p} = 1 - K_y * (1 - \frac{ET_{ca}}{ET_{cp}})$

که در آن، Y_a عملکرد در شرایط مورد انتظار (عملکرد ۹۰ درصد پتانسیل)، Y_p عملکرد پتانسیل گندم، K_y ضریب واکنش گندم، ET_{cp} تبخیر و تعرق پتانسیل گندم به‌منظوربه‌منظور رسیدن به عملکرد پتانسیل است. به‌منظوربه‌منظور محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل با استفاده از اطلاعات هواشناسی (میانگین ۱۰ ساله و سال زراعی کشت) از ضرایب گیاهی پیشنهادی نشریه FAO 56 استفاده شده است. حال با مقایسه آب ورودی به مزرعه با آب خالص مورد نیاز مزرعه، می‌توان در مورد میزان کمبود و یا مازاد تخصیص آب هر مزرعه در طول فصل کشت قضاوت نمود. درصورتی‌که مزرعه مازاد تخصیص آب داشته باشد، از رابطه ۶ و درصورتی‌که دارای کمبود تخصیص آب باشد رابطه ۷ برای محاسبه استفاده می‌شود.

(۶) $A_s = 100 * (\frac{I_i - I_r}{I_r})$

(۷) $A_s = 100 * (\frac{I_r - I_i}{I_r})$

در این روابط، A_s درصد کمبود و یا مازاد تخصیص آب به واحد زراعی و I_i مقدار آب دریافتی واحد زراعی در طول فصل کشت است.

بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری با استفاده از رابطه ۸ محاسبه می‌شود.

(۸) $WP_p = \frac{Y}{I+P}$

که در آن WPp شاخص فیزیکی بهره‌وری آب برحسب کیلوگرم در مترمکعب، Y عملکرد دانه برحسب کیلوگرم در هکتار، I و P به ترتیب حجم آب آبیاری و باران برحسب مترمکعب در هکتار است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۴).

مفهوم بهره‌وری اقتصادی آب به‌صورت خیلی ساده این است که بهره‌بردار به ازای مقدار آبی که مصرف می‌کند، چقدر درآمد کسب می‌نماید. به‌عبارت دیگر تنها مقدار تولید نباید معیار ارزش آب آبیاری قرار گیرد، بلکه باید به ارزش گیاه علاوه بر مقدار فیزیکی آن نیز توجه نمود. برای تعیین این شاخص در صورت کسر رابطه ۸، بجای تولید مقدار سود ناخالص و یا خالص دریافتی (تفاوت ناشی از درآمد محصول و هزینه‌ها) جایگزین می‌شود که در نتیجه آن مشابه با رابطه های ۹ و ۱۰ بهره‌وری اقتصادی خالص و ناخالص آب محاسبه می شود.

(۹) $WP_n = \frac{I_n}{I+P}$

(۱۰) $WP_g = \frac{I_g}{I+P}$

که در آن، WP_n و WP_g به ترتیب بهره‌وری اقتصادی خاص و ناخالص آب (ریال برمترمکعب) و I_n و I_g درآمد خالص و ناخالص کشت مورد نظر (ریال) می‌باشد. در تحقیق حاضر بهره‌وری آب بر اساس آب تحویلی از شبکه آبیاری محاسبه شده و حجم آب باران در آن دیده نشده است. در تمامی مزارع به‌جز مزرعه شماره D5، مقدار بهره‌وری فیزیکی خالص و ناخالص با استفاده از اطلاعات آمارنامه کشاورزی در زمینه آورد هزینه تولید محصولات مختلف زراعی انجام شده است. در مزرعه D5 با توجه به اطلاعات دقیق کشاورز از هزینه های تولید، مقادیر بهره‌وری با استفاده از اظهارات وی محاسبه شده است. مبنای محاسبه درآمد در مزارع مورد مطالعه، قیمت خرید تضمینی گندم در سال زراعی انجام تحقیق است.

نتایج و بحث

در جدول ۴ نتایج کیفی آب و خاک و همچنین کسر آبشویی و تبخیر و تعرق واقعی با توجه به منابع مختلف ارائه شده است. مشاهده می‌شود که مقادیر محاسبه شده تبخیر و تعرق در سند ملی آب کمتر از بقیه منابع است و مقادیر محاسبه شده در طول فصل رشد بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است. همچنین بیشترین قرابت و نزدیکی را می‌توان به مقادیر محاسبه شده با استفاده از میانگین ۱۰ ساله آمار هواشناسی و کتاب نیاز آبی نسبت داد. با توجه به این جدول مشخص است که نیاز آبی مزارع در سند ملی آب به مقدار قابل توجهی نسبت به نیاز آبی برآورد شده در فصل کشت با استفاده از اطلاعات هواشناسی کمتر تخمین زده شده است. این نکته حائز اهمیت است که در برآورد نیاز آبی با استفاده از اطلاعات هواشناسی، عملکرد ۹۰ درصد پتانسیل (مشابه با برآورد کسر آبشویی مزرعه) مدنظر بوده است. در این میان به دلیل خاص بودن شرایط آب و هوایی در سال زراعی انجام تحقیق، نیاز آبی محاسبه شده با استفاده از اطلاعات فصل کشت حدود ۳۷ درصد به‌طور میانگین بیشتر از نیاز آبی محاسبه شده با استفاده از میانگین ۱۰ ساله اطلاعات هواشناسی (که معمولاً معیار طراحی شبکه‌های آبیاری و زهکشی می‌باشد) است.

جدول ٤- نتایج کیفی آب و خاک و نیاز خالص آبی مزارع مورد مطالعه

شماره مزرعه	بافت خاک	نیاز خالص آبی مزرعه				کسر آبشویی	شوری آب	شوری خاک
		آمار هواشناسی فصل کشت	میانگین اطلاعات هواشناسی ۱۰ ساله	کتاب نیاز آبی (فرشی و همکاران، ۱۳۷٦)	سند ملی آب			
		میلی‌متر				درصد	دسی‌زیمنس در متر	
A1	رسی	۸۳۵	۴۰۲	۵۴۹	۳۵۱	۴/۲	۱/۵	۲/۲
A2	رسی	۷۶۸	۴۷۹	۵۱۳	۳۶۶	۵/۱	۱/۸	۴/۵
A3	سیلتی	۷۰۵	۵۰۵	۴۷۲	۴۰۹	۳/۶	۱/۳	۵/۹
A4	سیلتی	۸۹۱	۵۲۳	۵۷۶	۴۴۸	۳/۶	۱/۳	۴/۸
A5	لوم-رسی	۷۱۹	۴۷۵	۴۸۵	۴۰۴	۳/۹	۱/۴	۲/۸
A6	رسی-سیلتی	۷۸۸	۵۸۶	۵۲۸	۴۴۷	۳/۹	۱/۴	۲/۳
D1	رسی	۶۶۱	۶۰۶	۴۹۵	۳۳۷	۳/۹	۱/۴	۵/۵
D2	لوم-رسی	۶۶۲	۵۵۶	۵۰۰	۳۲۸	۴/۵	۱/۶	۷/۶
D3	رسی	۶۹۲	۵۵۹	۵۲۰	۳۳۳	۳/۹	۱/۴	۶/۵
D4	لوم-رسی	۶۴۵	۵۶۳	۴۸۶	۳۲۶	۳/۹	۱/۴	۶/۳
D5	رسی-سیلتی	۷۰۳	۵۵۹	۵۲۶	۳۳۵	۴/۵	۱/۶	۲/۹
D6	سیلتی	۷۳۷	۵۹۵	۵۴۴	۳۴۷	۵/۱	۱/۸	۵/۱

جدول‌های ۵ و ۶ نیاز آبیاری مزارع مورد مطالعه بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۴ و با در نظرگیری باران مؤثر و کسر آبشویی با استفاده از رابطه ۵ را نشان می‌دهد. در این جدول مازاد و کمبود تخصیص آب (نسبت به نیاز آبی محاسبه شده) نیز دیده می‌شود. در این شرایط هدف از تعریف این پارامتر بررسی و مقایسه مقدار توزیع عادلانه آب در سطح مزارع زیر شبکه آبیاری و مزارع دارای پمپ شخصی از رودخانه بوده است. این پارامتر بیان می‌دارد که مستقل از راندمان مصرف آب در سطح مزرعه، شرایط توزیع عادلانه آب در سطح مزارع در مناطق مورد مطالعه به چه نحو بوده است. می‌توان بیان داشت که مزارع مورد مطالعه نسبت به نیاز آبی بر اساس اطلاعات هواشناسی فصل کشت به‌طور متوسط ۳۸ درصد مازاد تخصیص آب داشته‌اند که در این شرایط مزرعه A5 با مازاد تخصیص آب ۷۲ درصدی و مزرعه D3 با کمبود تخصیص آب ۱۰ درصدی اعداد شاخص هستند. این اعداد برای نیاز آبی فصل کشت مزارع به ترتیب ۳۱ درصد کمبود تخصیص آب، ۷ درصد مازاد و ۵۱ درصد کمبود تخصیص بوده است. در این میان مزارعی که با استفاده از پمپ شخصی از رودخانه‌های کارون و کرخه آب برداشت می‌کنند، ۵۷ درصد مازاد تخصیص آب نسبت به نیاز آبی ۱۰ ساله (به تعداد ۶ مزرعه) و ۵۱ درصد کمبود تخصیص آب نسبت به نیاز آبی فصل کشت (به تعداد ۵ مزرعه) داشته‌اند. این اعداد برای مزارع با منبع آب شبکه آبیاری به ترتیب ۷۲ و ۳۸ درصد بوده است.

با توجه به نتایج متوسط عمق آب آبیاری در هر نوبت برای شهرستان اهواز ۹۳/۹ میلی‌متر در ۵ نوبت آبیاری و برای شهرستان دشت آزادگان این مقادیر به ترتیب ۱۱۸/۶ میلی‌متر در ۵ نوبت آبیاری بوده است. مزارع دارای منبع آب پمپ شخصی دارای عمق متوسط آبیاری ۱۱۳ میلی‌متر و تعداد دفعات ۵ نوبت آبیاری بود. این اعداد برای مزارع دارای منبع آب شبکه آبیاری به ترتیب ۹۶ و ۵ بوده است. با در نظرگیری بافت خاک در مزارع مورد مطالعه و ظرفیت نگهداری آب در خاک (با فرض بهینه بودن رطوبت خاک قبل از آبیاری و عمق توسعه ریشه حداکثر) می‌توان بیان نمود میانگین عمق هر نوبت آبیاری برای تمامی مزارع مورد مطالعه بیشتر از ظرفیت نگهداری آب در خاک و همچنین کسر آبشویی موردنیاز است که این مهم موجب کاهش راندمان آبیاری در سطح مزرعه در هر نوبت آبیاری خواهد شد، لذا افزایش تعداد دفعات آبیاری و کاهش عمق هر نوبت آبیاری به مقدار حدود ۸۰ میلی‌متر به‌منظوربه‌منظور نزدیک شده به شرایط بهینه مدیریت آبیاری، ضروری است که البته این مهم باید در نتیجه تقبل هزینه راه‌اندازی بیشتر سیستم پمپاژ کشاورز توسط ایشان در مزارع دارای منبع آب پمپ شخصی و همکاری بیشتر مدیریت شبکه آبیاری در مزارع دارای منبع آب شبکه آبیاری باشد. با فرض راندمان پتانسیل آبیاری سطحی، ۶۰ درصد (عباسی و همکاران، ۱۳۹۵؛ Baudin et al., 2013) و چشم‌پوشی از کسر آبشویی (در نتیجه تأمین آن ناشی از نفوذ عمقی) می‌توان بیان داشت در کل آب آبیاری مزارع مورد مطالعه

نسبت به نیاز آبی متوسط ۱۰ ساله، تقریباً دارای شرایط خوبی هستند زیرا در مجموع دارای ۳۸ درصد مازاد تخصیص آب می‌باشند. حال آنکه در شرایط بررسی بر اساس نیاز آبی فصل کشت، این روند کاملاً برعکس شده و مزارع به‌طور متوسط حدود ۳۱ درصد کمبود تخصیص آب را تجربه نموده‌اند.

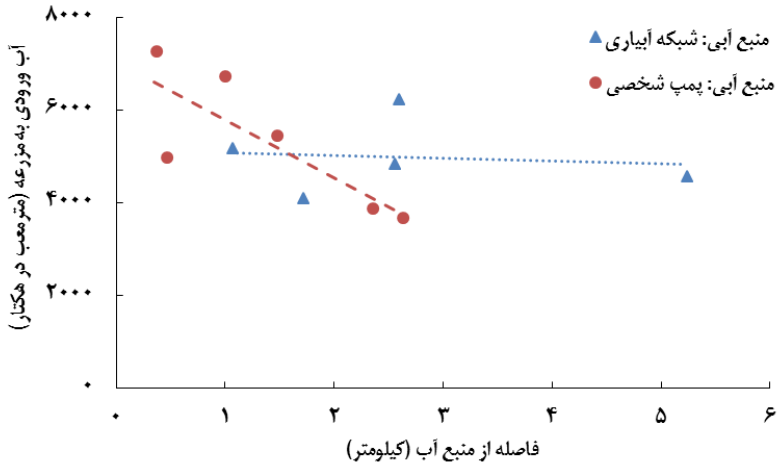
جدول ۵- نیاز ناخالص آبیاری مزارع و درصد کمبود یا مازاد تخصیص آب بر اساس میانگین اطلاعات هواشناسی ۱۰ سال گذشته

شماره مزرعه	باران مؤثر	نیاز ناخالص آبیاری	حجم آب تحویلی	کمبود تخصیص آب	مازاد تخصیص آب
	میلی‌متر	مترمکعب در هکتار	مترمکعب در هکتار	درصد	
A1	۱۲۷/۳	۲۸۶۸	۳۸۸۰		۳۵
A2	۱۲۷/۳	۳۷۰۵	۵۱۸۴		۴۰
A3	۱۲۷/۳	۳۹۱۷	۳۶۷۲	۶	
A4	۱۲۷/۳	۴۱۰۷	۵۴۵۴		۳۳
A5	۱۲۷/۳	۳۶۲۳	۶۲۴۰		۷۲
A6	۱۲۷/۳	۴۷۷۷	۴۵۹۰	۴	
D1	۱۱۷/۰	۵۰۹۴	۴۸۵۰	۵	
D2	۱۱۷/۰	۴۶۰۰	۶۷۳۲		۴۶
D3	۱۱۷/۰	۴۵۹۹	۴۱۲۰	۱۰	
D4	۱۱۷/۰	۴۶۳۹	۴۹۹۲		۸
D5	۱۱۷/۰	۴۶۳۱	۷۲۷۲		۵۷
D6	۱۱۷/۰	۵۰۳۷	۵۶۶۵		۱۲

جدول ٦- نیاز ناخالص آبیاری مزارع و درصد کمبود یا مازاد تخصیص آب بر اساس میانگین اطلاعات هواشناسی فصل کشت

شماره مزرعه	باران مؤثر	نیاز ناخالص آبیاری	حجم آب تحویلی	کمبود تخصیص آب	مازاد تخصیص آب
	میلی‌متر	مترمکعب در هکتار	مترمکعب در هکتار	درصد	
A1	۷۵/۹	۷۹۲۵	۳۸۸۰	۵۱	
A2	۷۵/۹	۷۲۹۴	۵۱۸۴	۲۹	
A3	۷۵/۹	۶۵۲۷	۳۶۷۲	۴۴	
A4	۷۵/۹	۸۴۵۷	۵۴۵۴	۳۶	
A5	۷۵/۹	۶۶۹۶	۶۲۴۰	۷	
A6	۷۵/۹	۷۴۱۳	۴۵۹۰	۳۸	
D1	۵۵/۰	۶۳۱۲	۴۸۵۰	۲۳	
D2	۵۵/۰	۶۳۵۲	۶۷۳۲		۶
D3	۵۵/۰	۶۶۳۵	۴۱۲۰	۳۸	
D4	۵۵/۰	۶۱۴۲	۴۹۹۲	۱۹	
D5	۵۵/۰	۶۷۹۱	۷۲۷۲		۷
D6	۵۵/۰	۷۱۹۲	۵۶۶۵	۲۱	

در شکل ۲ تغییرات مقدار آب تحویلی به مزارع نسبت به فاصله از منبع آبی با توجه به دو نوع منبع آبی مشاهده می‌شود. با توجه به شکل مشخص می‌شود که در مزارع زیر شبکه آبیاری، فاصله تأثیر چندانی بر روی میزان آب تحویلی به مزارع نداشته است. حال آنکه در مورد مزارعی که پمپ از رودخانه آبگیری می‌نماید، انتقال آب تا مزرعه با کانال و نهر خاکی انجام شده و تلفات آب در آن مشهود است. دلیل این امر آن است که ماهیت کانال‌های بتنی شبکه باعث کاهش تلفات طولی نسبت به نهرهای خاکی منتقل‌کننده آب از پمپ تا مزرعه شده و در نتیجه آن با فاصله گرفتن مزرعه از کانال درجه ۱، مقدار آب دریافتی این مزرعه کاهش نشان نداده است.



شکل ۲- تأثیر فاصله از منبع آبی بر روی حجم آب تحویلی به مزرعه

جدول ۷ مقادیر بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب را برای مزارع مورد مطالعه نشان می‌دهد. بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری در این مزارع با توجه به آمارنامه‌های کشاورزی محاسبه شده است. با توجه به جدول ۵ مشخص است که بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری بین ۱/۴۲-۰/۵۶ کیلوگرم در مترمکعب است. بهره‌وری اقتصادی خالص و ناخالص به ترتیب بین ۱۸۴۱۰-۷۳۲۹ و ۱۰۹۳۵-۲۳۸۲ ریال بر متر مکعب آب نتیجه شده است. می‌توان بیان نمود که افزایش مصرف آب لزوماً باعث افزایش بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی نخواهد شد. متوسط ۵ ساله (از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۵) عملکرد گندم در دشت‌های "گاماسیاب، قره‌سو، کاشان، سیمره و کرخه جنوبی به ترتیب ۳۹۶۲، ۴۳۹۳، ۲۵۶۲، ۳۳۳۸ و ۳۴۸۱ کیلوگرم در هکتار بوده است که مقدار بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری در آن‌ها به ترتیب ۰/۹۲، ۱/۲۶، ۰/۸۱، ۰/۹۳ و ۱/۳۰ کیلوگرم در مترمکعب بوده است. بهره‌وری اقتصادی ناخالص آب در دشت‌های گاماسیاب، قره‌سو، کاشان، سیمره و کرخه جنوبی به ترتیب ۵/۲۹۲، ۶/۸۰۴، ۵/۶۷۰، ۳/۷۸۰ و ۶/۸۰۴ ریال به ازای هر مترمکعب آب و بهره‌وری اقتصادی خالص آب به ترتیب ۳/۷۸۰، ۵/۶۷۰، ۴/۱۵۸، ۲/۶۴۶ و ۵/۲۹۲ ریال به ازای هر مترمکعب آب برای سال ۲۰۰۵ گزارش شده است (Qureshi et al., 2013). با توجه به اینکه شهرستان دشت آزادگان در منطقه کرخه جنوبی قرار دارد به نظر می‌رسد از سال ۲۰۰۵ تا کنون، به‌رغم تمامی تلاش‌ها به‌منظور افزایش بهره‌وری آب و راندمان آبیاری در منطقه، متوسط بهره‌وری اقتصادی خالص آب در آن افزایش چشمگیری نداشته است. متوسط بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری در تولید گندم در جهان در سال ۲۰۰۴، ۰/۶ تا ۱/۷ کیلوگرم در مترمکعب بوده است (Zwart and Bastiaansen, 2004). نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد مقدار بهره‌وری آب در این دو شهرستان در محدوده میانه مقدار متوسط جهانی است. در مطالعه‌ای که در دلتای نیل در سال ۲۰۱۲ انجام شد (Karrou et al., 2012)، نشان داد که مقدار بهره‌وری آب در آن منطقه در تولید گندم حدود ۱/۳۰ کیلوگرم در مترمکعب است که از متوسط تحقیق حاضر بالاتر است. همچنین در مطالعه‌ای که در سال ۱۳۹۳ در سطح ۱۴ مزرعه در شهرستان دشت آزادگان انجام شده است (حیدری و آبسالان، ۱۳۹۳)، نتایج نشان داد که متوسط بهره‌وری آب در این منطقه بین ۱/۲-۰/۱ کیلوگرم در هکتار است. از طرف دیگر با توجه به نتایج حاصل از ارزیابی کفایت تخصیص آب (که در جدول ۵) آورده شده است، می‌توان بیان نمود که در تمامی مزارع مورد مطالعه میزان آب ورودی به مزرعه از نیاز آن کمتر بوده است، لذا افزایش بهره‌وری آب (فیزیکی و اقتصادی) بیشتر در گرو انجام عملیات به‌زراعی در بخش‌های مختلف دیگر به‌منظوربه‌منظور افزایش عملکرد و همچنین استفاده از آب ورودی به مزرعه با راندمان کاربرد بهتر است. میانگین بهره‌وری فیزیکی، اقتصادی ناخالص و اقتصادی خالص به‌طور میانگین برای شهرستان اهواز به ترتیب ۱/۰۶ کیلوگرم در مترمکعب، ۱۳۳۳۱ و ۷۴۵۶ ریال در مترمکعب نتیجه شد. این مقادیر برای شهرستان دشت آزادگان به ترتیب ۰/۸۹، ۱۰۴۶۲ و ۵۳۷۷ نتیجه گردید. با بررسی نتایج جدول ۴ به تفکیک نوع منبع آبی مشخص است که میانگین بهره‌وری فیزیکی، اقتصادی ناخالص و اقتصادی خالص به‌طور میانگین برای مزارع با منبع آبی پمپ شخصی به ترتیب ۱/۰۳ کیلوگرم در مترمکعب، ۱۳۱۰۹ و ۷۷۱۳ ریال در مترمکعب حاصل شده است. حال این پارامترها برای مزارع تحت پوشش شبکه آبیاری به ترتیب ۰/۸۹، ۱۰۲۰۰ و ۴۹۹۷ نتیجه شد. با مقایسه مقادیر بهره‌وری با یکدیگر و با میزان آب ورودی می‌توان دریافت که کشاورزهایی که از پمپ شخصی برای برداشت آب استفاده می‌نمایند، با توجه به اینکه راه‌اندازی هر مرتبه سیستم پمپ و مدت زمان کارکرد آب تأثیر مستقیم بر روی هزینه دارد، دقت بیشتری به عملیات به‌زراعی نموده و در نتیجه آن با وجود مصرف آب بیشتر بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی بیشتری نسبت به مزارع تحت شبکه داشته‌اند. با مقایسه دو شهرستان با یکدیگر مشخص است بهره‌وری

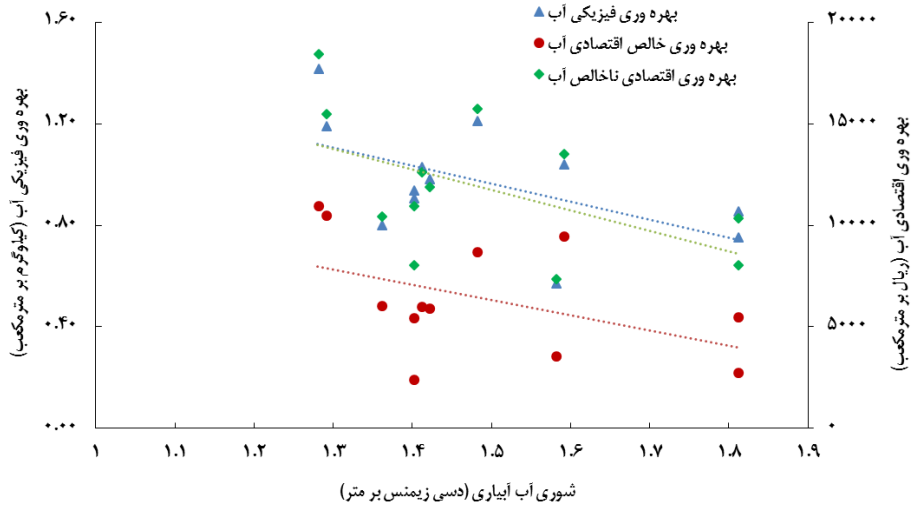
فیزیکی و اقتصادی آب در شهرستان اهواز نسبت به دشت آزادگان بهتر بوده که در نتیجه فرهنگ عمومی و کشاورزی بهتر در این منطقه است. از سوی دیگر در مزارع دارای پمپ شخصی ۵۸ درصد بهره‌وری ناخالص به بهره‌وری خالص اختصاص داشته و در مورد مزارع دارای منبع آب کانال، این پارامتر ۴۴ درصد نتیجه شده است. در شهرستان دشت آزادگان ۵۰ درصد بهره‌وری ناخالص به بهره‌وری خالص و برای شهرستان اهواز ۵۴ درصد بهره‌وری ناخالص به بهره‌وری خالص اختصاص داشته است.

در شکل ۳، میزان تغییرات بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در مقابل تغییرات شوری آب آبیاری مشاهده می‌شود. با توجه به شکل مشاهده می‌شود که با افزایش شوری آب ورودی به مزارع، از مقدار بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب کاسته شده است. مشاهده می‌شود که نرخ کاهش بهره‌وری در ازای افزایش شوری برای هر سه پارامتر تقریباً مشابه بوده است.

جدول ۷- بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در مزارع مورد مطالعه

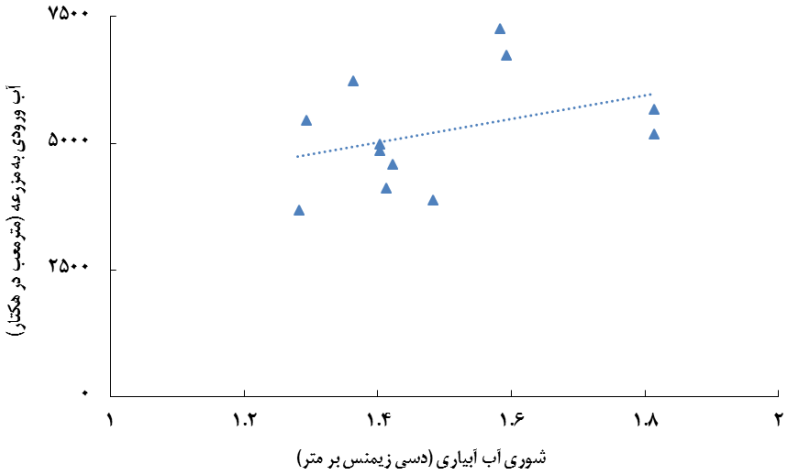
شماره مزرعه	حجم آب ورودی به مزرعه (مترمکعب در هکتار)	بهره وری فیزیکی آب (کیلوگرم در مترمکعب)	بهره‌وری اقتصادی ناخالص (ریال در مترمکعب)	بهره‌وری اقتصادی خالص (ریال در مترمکعب)
A1	۳۸۸۰	۱/۲۱	۱۵۷۴۷	۸۶۷۴
A2	۵۱۸۴	۰/۷۵	۸۰۲۵	۲۷۳۰
A3	۳۶۷۲	۱/۴۲	۱۸۴۱۰	۱۰۹۳۵
A4	۵۴۵۴	۱/۱۹	۱۵۴۹۳	۱۰۴۶۱
A5	۶۲۴۰	۰/۸۰	۱۰۴۱۷	۶۰۱۸
A6	۴۵۹۰	۰/۹۸	۱۱۸۹۵	۵۹۱۶
D1	۴۸۵۰	۰/۹۱	۸۰۴۱	۲۳۸۲
D2	۶۷۳۲	۱/۰۴	۱۳۵۱۸	۹۴۴۱
D3	۴۱۲۰	۱/۰۳	۱۲۶۲۱	۵۹۶۰
D4	۴۹۹۲	۰/۹۴	۱۰۹۳۸	۵۴۴۰
D5*	۷۲۷۲	۰/۵۷	۷۳۲۹	۳۵۵۵
D6	۵۶۶۵	۰/۸۵	۱۰۳۲۷	۵۴۸۲

*در مزرعه شماره D5 با توجه به تمایل کشاورز به همکاری و مطلع بودن ایشان از هزینه‌ها، بهره‌وری با استفاده از اطلاعات کشاورز محاسبه گردید.



شکل ۳- تأثیر شوری آب آبیاری بر بهره‌وری آب

کاهش بهره‌وری می‌تواند ناشی از افزایش آب آبیاری، کاهش تولید و یا هر دو عامل باشد. با توجه به شکل ۴ مشاهده می‌شود که با افزایش شوری، آب ورودی به مزارع مورد مطالعه نیز افزایش یافته است ولی نرخ این افزایش کمتر از نرخ کاهش بهره‌وری آب بوده که مؤید این نکته است افزایش شوری عملکرد را نیز کاهش داده است.



شکل ٤- تغییرات حجم آب ورودی به مزرعه نسبت به شوری آب آبیاری

نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر آب آبیاری مزارع گندم و بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در تعدادی از مزارع شهرستان‌های اهواز و دشت آزادگان ارزیابی و تأثیر نوع منبع آبی بر بهره‌وری آب تحلیل شد. با توجه به در دسترس بودن آب در شبکه در فصل زمستان و آسودگی کشاورز از تأمین آب در زمان آبیاری، در مزارع زیر شبکه نسبت به مزارع دارای پمپ شخصی (که این کشاورزها به‌منظور صرفه‌جویی در هزینه راه‌اندازی پمپ) عمق آب آبیاری در هر نوبت حدود ۱۵٪ کاهش داشته، تعداد دفعات انجام آبیاری حدود ۷٪ افزایش داشته و در نهایت حجم آب آبیاری حدود ۷٪ کاهش داشته است. این روند با توجه به اینکه باعث کاهش مصرف آب و درعین‌حال کاهش عمق آب در هر نوبت آبیاری شده است (با توجه به پتانسیل خاک‌های منطقه که مستعد به شوری هستند) مطلوب است. البته نتایج بهره‌وری نشان داد که باوجود مدیریت بهتر آبیاری در مزارع زیر شبکه آبیاری، نسبت به مزارع دارای پمپ شخصی، میزان بهره‌وری فیزیکی، اقتصادی ناخالص و خالص در مزارع دارای پمپ شخصی نسبت به مزارع زیر شبکه به ترتیب ۱۵/۷، ۲۸/۵ و ۶۷/۶ درصد افزایش داشته که این مسئله در نتیجه به‌کارگیری روش‌های به‌زراعی بهتر و دقیق‌تر توسط کشاورزهایی است که دارای پمپ هستند؛ زیرا هزینه انجام آبیاری برای این کشاورزها بیشتر بوده و در نتیجه آن توجه آن‌ها به درآمدزایی بیشتر شده است. در این شرایط نزدیک کردن قیمت آب به ارزش حقیقی آن به مرور زمان می‌تواند در افزایش بهره‌وری آب تأثیر مثبت داشته باشد. در کل می‌توان بیان داشت با توجه به اینکه مطالعات طراحی شبکه‌های آبیاری و تخمین آب مورد نیاز حوضه آبی معمولاً بر اساس اطلاعات هواشناسی ۱۰ ساله صورت می‌گیرد، نتایج تحقیق حاضر با فرض راندمان پتانسیل ۶۰ درصد برای آبیاری نواری، نشان داد که مزارع در مقیاس زمانی یک فصل کشت، آب کافی دریافت می‌کنند (فارغ از کیفیت توزیع آب در هر نوبت آبیاری در مزرعه)، ولی با بررسی دقیق‌تر و تعیین نیاز آبی در طول فصل کشت، این روند کاملاً برعکس شده است و مزارع دارای کمبود تخصیص خواهد بود. البته این تغییر رفتار با توجه به تغییرات شرایط آب و هوایی در منطقه طی سال‌های مختلف بدور از انتظار نیست ولی آنچه حائز اهمیت است آن است که سیاست‌گذاری در امر پژوهش‌های کاربردی و ترویج علوم و فنون کشاورزی، در تمامی تخصص‌های مرتبط با آن باید با فرض کمبود آب در مزرعه (مدیریت‌های زراعی و آبی مزرعه بر اساس کم‌آبیاری) صورت پذیرد تا بتوان تنش ناشی از آن بر گیاه و تأثیر آن بر عملکرد مزرعه به حداقل رساند.

منابع

ایزدی، ع.ا. و داوری، ک. ۱۳۹۴. ارزیابی شاخص‌های بهره‌وری آب در شرکت‌های تحت نظارت آستان قدس رضوی. نشریه آب و توسعه پایدار. ۲(۲): ۱۴-۹.

حیدری، ن. ۱۳۹۰. تعیین و ارزیابی شاخص کارایی مصرف آب محصولات زراعی تحت مدیریت کشاورزان در کشور. مجله مدیریت آب و آبیاری. ۱(۲): ۵۷-۴۳.

حیدری، ن. و آبسالان، ش. ۱۳۹۳. محدودیت‌ها و راهکارهای زراعی افزایش کارایی مصرف آب گندم در اراضی دشت آزادگان در استان خوزستان. مجله مدیریت آب در کشاورزی. ۱(۲): ۵۴-۳۹.

داوری، ک. و سالاریان، م. ۱۳۹۳. میانی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی (بهره‌برداری و نگهداری). انتشارات جهاد دانشگاه مشهد، ۳۵۰ صفحه.

دهقان، ه.، علیزاده، ا.، انصاری، ح. و حقایقی‌مقدم، س.ا. ۱۳۹۰. بررسی شاخص‌های بهره‌وری آب در مزارع تحت آبیاری گندم (مطالعه موردی: دشت نیشابور). نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۲(۵): ۲۷۵-۲۶۳.

سالنامه آماری استان خوزستان. ۱۳۹۷. جلد اول: سرزمین، آب و هوا. جلد پنجم: کشاورزی، جنگلداری و شیلات. انتشارات سازمان برنامه و بودجه استان خوزستان.

سلامتی، ن.، باغانی، ج. و عباسی، ف. ۱۳۹۷. تعیین بهره‌وری مصرف آب در سامانه‌های آبیاری سطحی و بارانی گندم (مطالعه موردی بهبهان). مجله تحقیقات آب و خاک ایران. ۴۹(۴): ۸۳۰-۸۲۱.

عباسی، ف.، عباسی، ن. و ناصری، ا. ۱۳۹۸. آثار فنی- اقتصادی انتقال دانش و فناوری بر ارتقای بهره‌وری آب در عرصه‌های تولید. مجله بازتاب تات. ۲(۳).

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

عباسی، ف.، ناصری، ا.، فرحناز، س.، باغانی، ج.، عباسی، ن. و اکبری، م. ۱۳۹۴. ارتقای بهره‌وری مصرف آب. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

فرحزا، م.ن.، نظری، ب.، اکبری، م.ر.، سادات‌نائینی، م. و لیاقت، ع.ا. ۱۳۹۹. ارزیاب بهره‌وری آب فیزیکی و اقتصادی محصولات زراعی در دشت مغان و تحلیل رابطه بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب. نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری ایران. ۱۱(۴۲): ۱۷۹-۱۶۶.

فرشی، ع.ا.، سیادت، ح.، دربندی، ص.، انتصاری، م.ر.، خیرابی، ج.، میرلطیفی، م.، سلامت، ع. و سادات‌میرئی، م.ح. ۱۳۸۲. مدیریت آب آبیاری در مزرعه. انتظارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۱۷۸ صفحه.

فرشی، ع.ا.، شریعتی، م.ر.، جاراللهی، ر.، قائمی، م.ر.، شهابی‌فر، م. و تولائی، م. ۱۳۷۶. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور (جلد اول: گیاهان زراعی). نشر آزمون کشاورزی.

قاسمی‌نژاد رائینی، م.ر.، معروفی، ص.، زارع‌کهن، م.و ملکی، ع. ۱۳۹۴. بررسی شاخص بهره‌وری آب و مقایسه آن با شرایط فعلی مزارع گندم. مجله علوم و مهندسی آبیاری. ۳۸(۱): ۷۷-۷۱.

کمال‌الدین، ح. و دهان‌زاده، ب. ۱۳۹۳. بررسی میزان صرفه‌جویی آب آبیاری در زراعت گندم شهرستان اهواز. فصلنامه علمی تخصصی مهندسی آب. ۲(۱): ۸۶-۷۵.

ناصری، ا.، عباسی، ف. و اکبری، م. ۱۳۹۶. برآورد آب مصرفی در بخش کشاورزی به روش بیلان آبی. مجله تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی. ۱۸(۶۸): ۳۲-۱۷.

نی‌ریزی، س. و حلمی‌فخرداود، ر. ۱۳۸۲. مقایسه کارائی مصرف آب در چند نقطه خراسان. یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ۲۵ آبان‌ماه، تهران، ایران. ۴۰۳-۳۹۱.

Araya, A., Prasad, P. V. V., Gowda, P.H., Kisekka, I. and Foster, A.J. 2019. Yield and water productivity of winter wheat under various irrigation capacities. JAWRA Journal of the American Water Resources Association. 55(1): 24-37.

Baudoin, W., Nono-Womdim, R., Lutaladio, N., Hodder, A., Castilla, N., Leonardi, C. and Duffy, R. 2013. Good agricultural practices for greenhouse vegetable crops: principles for mediterranean climate areas. Fao. 616 pages.

Karrou, M., Oweis, T., Enein, R. A. E. and Sherif, M. 2012. Yield and water productivity of maize & wheat under deficit and raised bed irrigation practices in Egypt. African Journal of Agricultural Research. 7(11): 1755-1760.

Montazar, A. and 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, 14-17 Feb, Valenzano, Italy. 109-120.

Mostafazadeh-Fard, B., Mansouri, H., Mousavi, S. F. and Feizi M. 2009. Effects of different levels of irrigation water salinity and leaching on yield and yield components of wheat in an arid region. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 135(1), 32-38.

Qureshi, M. E., Hanjra, M. A. and Ward, J. 2013. Impact of water scarcity in Australia on global food security in an era of climate change. Journal of Food Policy. 38: 136-145.

Rady, M. O., Semida, W. M., Howladar, S.M. and Abd El-Mageed, T. A. 2021. Raised beds modulate physiological responses, yield and water use efficiency of wheat (Triticum aestivum L) under

deficit irrigation. Journal of Agricultural Water Management. 245: 106629.

Salama, M. A., Mostafa, A. Z. and Yousef, K. H. 2017. Water use efficiency of wheat crop under two water application methods. Arab Journal of Nuclear Science and Applications. 50(3): 77-84.

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

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 15, Aug.-Sep. 2021, p. 665-678

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۵، مرداد - شهریور ۱۴۰۰، ص. ۶۷۸-۶۶۵

Field Evaluation of Physical and Economical Water Productivity of Wheat (case study in Ahwaz and Dasht-e-Azadegan)

P. Varjavand[1*], J. Baghani[2], F. Abbasi[3]
Recived: Mar.08, 2021 Accepted: Apr.21, 2021

Abstract

Limited water resources and the need for better water management indicate the importance of precisely determining the applied water of crops and orchards. In this study, applied irrigation water and physical and economical water productivity of wheat were evaluated in Ahwaz and Dasht-e-Azadegan in Khuzestan province. Discharge of flow was measured in each irrigation event using WSC flumes in the randomly selected farms with blocked-end border irrigation method. Results showed that the average applied water in selected farms in Ahwaz and Dasht-e Azadegan were 4837 and 5605 m3/ha, respectively. According to wheat yield for each studied farm in these two regions, the average of water productivity was 1.06 and 0.89 kg/m3, respectively. Net economic water productivity for Ahwaz and Dasht-e-Azadegan were 4756 and 5377 IRR/m3, respectively. Due to setting up and operating costs of the pump, which increases the cost of irrigation operations in farms equipped with pump stations on river water resources, the number of irrigation rounds and irrigation depth in each irrigation round decreased and increased, respectively, relative to farms irrigation canal water resources. Comparing physical, gross, and net economic water productivity showed 15.7, 28.5, and 67.6 percent increase in pump station farms relative to canal farms.

Keywords: Border irrigation, Deliverable water, Water allocation shortage, Water allocation excess, Wheat

1- Research Assistant Professor of Agricultural Engineering Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Ahwaz, Iran
2- Research Assistant Professor of Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
3- Research Professor of Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
(*-Corresponding Author Email: pvarjavand@yahoo.com)