2021, Vol.8, No.3, Pages 55 to 62
Journal of Water and Sustainable Development

سال هشتم، شماره ۳، ۱۴۰۰، صفحات ۵۵ تا ۶۲
نشریه آب و توسعه پایدار

Article Type: Technical

نوع مقاله: فنی و ترویجی

Comparison and Analysis of the Main Factors Improving Wheat Water Productivity of Surface and Drip Irrigation Methods (Case study: Yazd Province)

M.H. Rahimian[1*], G.H. Ranjbar[1], H. Gholami[2], M. Nikkhah[3], M. Shiran Tafti[3], N. Besharat[3]

1-Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran. 2-MSc Student, Department of Water Science and Engineering, Ardakan University, Ardakan, Iran. 3- Researcher, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran.

*(Corresponding Author Email: mhrahimian@gmail.com)

Received: 24-04-2021 Revised: 17-05-2021
Accepted: 17-05-2021 Available Online: 06-12-2021

مقایسه و تحلیل عوامل اصلی ارتقاءدهنده شاخص بهره‌وری آب گندم در دو روش غرقابی و موضعی (مطالعه موردی: استان یزد)

محمدحسن رحیمیان[1*]، غلامحسن رنجبر[1]، حسن غلامی[2]، مجید نیکخواه[3]، مهدی شیران تفتی[3]، نادیا بشارت[3]

۱- استادیار، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران. ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه اردکان، ایران. ۳- کارشناس مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.

*(نویسنده مسئول، E-Mail: mhrahimian@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۰۴ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۲/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۷ تاریخ انتشار: ۱۴۰۰/۰۹/۱۵

Abstract

Considering that wheat fields are mainly irrigated by surface (basin) and localized (drip) methods, this study aimed to investigate, compare and analyze the effects of total applied water and yield factors on wheat Water Use Efficiency (WUE) of each irrigation system in Yazd province. In this way, the priority of addressing each of these factors in the two irrigation systems can be determined. The results showed that in the surface irrigation method, reducing the volume of applied water has played a more important role in improving the WUE than increasing the yield. In other words, to increase the wheat WUE of surface methods, implementation of water use optimization solutions are more prioritized compared to crop yield enhancement practices. In contrast, in the case of the drip irrigation method, the crop yield enhancement solutions have played a more decisive role in improving wheat WUE. In these fields, wheat agronomic practices such as proper planting date and density, selecting suitable and high yielding varieties, proper irrigation cycle, proper fertilizer application, and pest and disease control have had a significant role in WUE of wheat, which requires high attention by the farmers to these issues. It was also observed that despite the possible reduction of applied water in drip irrigation compared to the surface method and consequent quantitative enhancement of WUE, but there may be the possibility of low and unacceptable wheat performance. This can cause economic inefficiency of the drip irrigation system for wheat. So, it is highly recommended to consider and implement the above-mentioned agronomic practices in wheat drip irrigated fields.

Keywords: Water Use Efficiency, Yield, Applied Water, Salinity, Yield Function.

چکیده

با توجه به اینکه مزارع گندم عمدتاً به دو روش سطحی (غرقابی) و موضعی (تیپ) آبیاری می‌شوند، این پژوهش بر آن شد تا اثر فاکتورهای عملکرد و آب مصرفی بر شاخص بهره‌وری آب (WUE) این دو سامانه را در استان یزد بررسی، مقایسه و تحلیل نماید تا از این طریق، اولویت پرداختن به این فاکتورها به تفکیک نوع سامانه مشخص شود. نتایج نشان داد که در روش غرقابی، کاهش حجم آب مصرفی بیشتر از افزایش عملکرد محصول در ارتقای WUE، نقش داشته است. به عبارتی دیگر برای افزایش WUE گندم در روش‌های غرقابی باید بیشتر سراغ راهکارهای بهینه‌سازی و کاهش مصرف آب در مزرعه رفت و پرداختن به روش‌های افزایش عملکرد محصول در جایگاه بعدی قرار دارند. اما در مورد آبیاری موضعی، شرایط بر عکس بوده و فاکتور عملکرد نقش تعیین‌کننده‌تری در ارتقای WUE ایفا کرده است. در این سامانه مسایل به‌نژادی و به‌زراعی گندم نظیر انتخاب ارقام مناسب، تاریخ و تراکم مناسب کاشت، رعایت دور آبیاری‌ها، عملیات مناسب تغذیه، کنترل آفات و بیماری‌ها نقش قابل توجهی در WUE داشته و مستلزم توجه زیادی از جانب کشاورزان است. همچنین مشاهده شد که علی‌رغم کاهش محتمل حجم آب مصرفی گندم در آبیاری تیپ نسبت به غرقابی و ارتقای عددی WUE، امکان عدم دستیابی بهره‌برداران به عملکرد قابل قبول محصول در واحد سطح وجود دارد که همین مسأله می‌تواند موجب عدم صرفهٔ اقتصادی این سامانه در مزارع گندم و در نتیجه، نارضایتی بهره‌برداران شود. حل این مسأله در گرو توجه ویژه به نکات مدیریتی و به‌زراعی در آبیاری موضعی گندم خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: کارایی مصرف آب، عملکرد محصول، آب مصرفی، شوری، تابع تولید.

How to cite this article: Rahimian M., Ranjbar G., Gholami H., Nikkhah M., Shiran Tafti M. and Besharat N. 2021. Comparison and Analysis of the Main Factors Improving Wheat Water Productivity of Surface and Drip Irrigation Methods (Case study: Yazd Province). Journal of Water and Sustainable Development, 8(3): 55-62. doi: 10.22067/jwsd.v8i3.2104.1041

مقدمه

رشد جمعیت، بهبود سطح رفاه و بهداشت عمومی جوامع و تغییر الگوهای زندگی از عوامل اصلی افزایش نیاز جهانی به تأمین غذای بیشتر می‌باشد. در مسیر رسیدن به امنیت غذایی از طریق افزایش تولید در بخش کشاورزی، مسأله محدودیت کیفی و کمی منابع آب به عنوان یکی از مهمترین عوامل محدودکنندهٔ این بخش شناخته می‌شود. اهمیت این مسأله در حدی است که علاوه بر بروز مشکلات برای نسل فعلی، می‌تواند امنیت غذایی نسل‌های آینده را نیز به خطر بیندازد. کشور ایران به دلیل قرارگیری در یکی از خشک‌ترین مناطق دنیا و با حدود یك سوم میانگین بارندگی سالانه جهانی (دهقانی‌سانیج و نخجوانی‌مقدم، ۱۳۸۵)، از این موضوع مستثنی نبوده و به‌ویژه در دهه‌های اخیر، با خشکسالی‌های متعددی مواجه شده و مشکلات کم‌آبی، بحران آبی و افت کیفی و کمی منابع آبی را به خوبی تجربه کرده است. یکی از مهمترین راه‌حل‌هایی که برای غلبه بر مشکلات کم‌آبی و بحران آب در بخش کشاورزی تأکید می‌شود، توجه به افزایش شاخص بهره‌وری آب (WP)[1] است. به‌طور عمومی، ارتقای بهره‌وری آب به استفادهٔ بهینه‌تر از منابع آبی موجود اطلاق می‌شود و می‌توان نقش هر واحد آب در تولید ناخالص ملی و یا داخلی را در همین شاخص جستجو کرد (حیدری، ۱۳۹۴). تعریف این شاخص وابسته به مقیاس و محدوده‌ای است که به آن پرداخته می‌شود و اجزای آن در مقیاس‌هایی نظیر ناحیه ریشه گیاه، مزرعه، محدوده تحت آبیاری (شبکه آبیاری) و یا حوضه‌آبریز می‌تواند متفاوت باشد. به‌عنوان مثال، در مقیاس مزرعه، این شاخص را می‌توان از تقسیم میزان محصول تولیدی (کیلوگرم بر هکتار) به حجم آب مصرفی (مترمکعب بر هکتار) بدست آورد. در چنین شرایطی، این شاخص تحت عنوان شاخص بهره‌وری آب، بهره‌وری فیزیکی آب (WPp)[2] و یا شاخص کارایی مصرف آب (WUE)[3] نیز نام‌گذاری شده است. این شاخص نشان‌دهندهٔ عملکرد محصول در ازای واحد حجم آبیاری مصرفی در مزرعه در واحد هکتار است. البته اجزای تشکیل‌دهندهٔ این شاخص (عملکرد و آب مصرفی) از دیدگاه متخصصان مختلف نظیر آبیاری، زراعت، فیزیولوژی، اقتصاد و ...، گاهاً متفاوت از هم عنوان شده است (انتصاری و همکاران، ۱۳۸۶). به‌عنوان مثال، عملکرد محصول می‌تواند بیوماس، عملکرد خشک یا تر، پروتئین تولیدی، کالری ایجاد شده، درآمد محصول و غیره باشد. آب مصرفی نیز می‌تواند حجم آب تبخیر و تعرق شده از خاك و گیاه، حجم آب تعرق یافته از گیاه، حجم آب خالص ورودی به مزرعه با احتساب تلفات انتقال و توزیع آب در مزرعه و یا حجم آب ناخالص مصرفی در یك مزرعه باشد (حیدری، ۱۳۸۸). طبق تحقیقات انجام شده توسط عباسی و همکاران (۱۳۹۴)، اصطلاح کارایی مصرف آب برای اولین بار توسط ویتس در سال ۱۹۶۶ مطرح و از تقسیم عملکرد محصول بر تبخیر و تعرق بدست آمده است (Kijne و همکاران، ۲۰۰۳) و پس از آن نیز به شکل‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. در حال حاضر، یکی از متداول‌ترین روش‌های محاسبهٔ شاخص بهره‌وری آب در یك مزرعه، اندازه‌گیری حجم ناخالص آب مصرفی مزرعه در طول فصل رشد گیاه، اندازه‌گیری عملکرد برداشت شده از گیاه بر اساس شاخص غالب گیاه مورد نظر (مانند عملکرد دانه، عملکرد میوه، عملکرد تر محصول، عملکرد علوفه خشك و ...) و تقسیم این دو معیار بر همدیگر می‌باشد. به‌عنوان مثال، میانگین این شاخص برای محصولات گندم، یونجه، پسته و انار در سطح استان یزد به ترتیب برابر با ۰/۶۵، ۱/۴۸، ۰/۱۴ و ۱/۹۹ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شده است (رحیمیان و همکاران، ۱۳۹۶). برآوردهای صورت گرفته از میانگین این شاخص طی سال‌های ۹۲-۱۳۸۲ در کشور بیانگر مقادیر ۰/۹۴ تا ۱/۲۹ و به‌طور متوسط ۱/۰۷ کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد (عباسی و همکاران، ۱۳۹۴). اگرچه این شاخص دارای نقایصی نظیر عدم امکان جمع‌پذیری یا میانگین‌گیری از محصولات الگوی کشت منطقه به منظور ارزیابی و مقایسه دو ناحیه مختلف اقلیمی با همدیگر می‌باشد، اما برای مقایسه یك محصول خاص (مثلاً گندم) در دو مزرعهٔ واقع در یك منطقه اقلیمی و بررسی تأثیر مدیریت‌های مختلف آبیاری و عملیات زراعی انجام شده بر روی هر مزرعه، مناسب و کاربردی می‌باشد.

با توجه به تعریف شاخص بهره‌وری فیزیکی آب (کارایی مصرف آب) که در بخش فوق بیان شد، راهکارهای کلی ارتقای این شاخص، شامل کاهش میزان آب مصرفی به ازای تولید محصول در سطح کنونی و افزایش عملکرد به ازای واحد آب مصرفی است. بدین معنی که میزان محصول تولیدی، با حفظ منابع آبی موجود افزایش داده شود. البته در دهه‌های اخیر مسائلی نظیر کاهش نزولات جوی همراه با افت کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی و سایر مسائل مرتبط با بحران آب در سراسر کشور مشاهده شده است. لذا بخش اعظم جهت‌گیری‌ها و تصمیمات مدیریت منابع آب کشور به سمت صرفه‌جویی و کاهش برداشت از منابع با هدف جبران کسری مخازن آب به‌ویژه آب‌های زیرزمینی کشور گرایش پیدا کرده است. در چنین شرایطی، انتظار است که راهکارهای ارتقای شاخص بهره‌وری آب در مزرعه علاوه بر عدم تأثیر جدی بر افت تولید، به کاهش واقعی مصرف آب و کاهش برداشت از منبع هم منجر شوند و تنها در افزایش تولید محصول به ازای حجم آب مصرفی خلاصه نگردند. تحقیقات متعددی در زمینهٔ ارائه راهکارهای افزایش شاخص کارایی مصرف آب در مزرعه انجام شده است. به‌عنوان مثال Keshavarz و همکاران (۲۰۰۵) راهکارهای افزایش کارایی مصرف آب را در سه گروه فنی، مدیریتی و زراعی خلاصه کرده و اذعان داشته‌اند

که به‌دلیل تنوع عوامل مدیریتی و محیطی موثر بر عملکرد محصول، این شاخص به سادگی قابل کنترل نبوده و ارتقای آن امری پیچیده و هزینه‌بر می‌باشد. مأمن‌پوش و همکاران (۱۳۸۰)، حیدری (۱۳۹۴)، رنجبر و همکاران (۱۳۹۹) و نیکخواه و همکاران (۱۳۹۴)، افزایش این شاخص در مزرعه را هم از طریق بهبود عملیات زراعی (نظیر اصلاح نباتات و انتخاب ارقام متحمل به خشکی و شوری، تراکم و تاریخ مناسب کاشت، انتخاب الگوی مناسب کشت، کاربرد کودها و...) و هم از طریق بهبود مدیریت آبیاری و زهکشی (افزایش راندمان آبیاری، کاربرد روش‌های کم‌آبیاری مدیریت شده، ایجاد تناسب بین توزیع آب و نیاز آبی گیاه، انجام آبیاری تکمیلی، احداث زهکش‌های مزرعه‌ای و غیره) امکان‌پذیر دانسته‌اند. همچنین، بر اثرات مثبت تسطیح مناسب زمین و استفاده از تسطیح لیزری بر افزایش شاخص کارایی مصرف آب مزارع گندم در منطقه خوزستان تأکید شده است (انصاری‌دوست و همکاران، ۱۳۹۲). در تحقیق دیگری، حیدری و همکاران (۱۳۹۶) فاکتور مدیریت زراعی را به‌عنوان مهمترین فاکتور در بالابردن کارایی مصرف آب شناسایی کرده‌اند. آنها همچنین بر نقش مهارت و دانش فنی کشاورزی تأکید ویژه‌ای داشته و گفته‌اند که در شرایط عدم وجود مهارت و دانش کافی کشاورزی، استفاده از سیستم‌های مدرن آبیاری نیز نمی‌تواند مقدار این شاخص را نسبت به سیستم‌های آبیاری سطحی به‌طور موثر بهبود ببخشد. در مورد سامانه‌های سنتی آبیاری سطحی و تأثیر اصلاح و بهینه‌سازی آنها بر ارتقای شاخص کارایی مصرف آب محصولات زراعی، مطالعات دیگری در دست است که نتایج آن‌ها بیانگر امکان ارتقای شاخص کارایی مصرف آب از طریق اصلاح و بهینه‌سازی ابعاد کرت‌های آبیاری سطحی و همچنین توجه به مسائل به‌زراعی آن‌ها است (نیکخواه و همکاران ۱۳۹۴، رنجبر و همکاران، ۱۳۹۹). این پژوهش در نظر دارد تا اثر فاکتورهای عملکرد و حجم آب مصرفی بر شاخص بهره‌وری فیزیکی آب در دو سامانه غرقابی و موضعی اجرا شده در تعدادی از مزارع گندم استان یزد را بررسی نموده و آنها را با همدیگر مقایسه و تحلیل نماید تا از این طریق، نقش هر فاکتور در ارتقای شاخص بهره‌وری آب و ارجح بودن یك فاکتور بر دیگری را به تفکیك نوع سامانه آبیاری مشخص نماید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش بر اساس تجزیه و تحلیل داده‌های مزارع گندم تحت آبیاری به دو روش غرقابی (کرتی و یا نواری) و موضعی (آبیاری قطره‌ای به روش نوارهای تیپ) در استان یزد انجام شده است. داده‌های مورد استفاده در دو مقیاس مختلف شامل مزارع تحقیقاتی و مزارع کشاورزان تهیه گردید. این داده‌ها شامل حجم آب مصرفی (بر حسب مترمکعب در هکتار) و عملکرد محصول (بر حسب کیلوگرم در هکتار) به تفکیک نوع سامانه آبیاری می‌باشد. تعداد مزارع تحقیقاتی (اعم از تیمارهای مختلف شوری آب آبیاری، حجم آب مصرفی و تکرار آن‌ها در سال‌های مختلف) شامل ۲۷ مزرعه به روش آبیاری تیپ و ۹ مزرعه به روش غرقابی و تعداد مزارع بهره‌برداران شامل ۸ مزرعه به روش تیپ و ۱۲ مزرعه به روش غرقابی بوده است. نتایج تجزیه شیمیایی آب آبیاری تعدادی از مزارع مورد مطالعه در جدول (۱) ارائه شده است.

در مقیاس تحقیقاتی، اندازه‌گیری حجم آب مصرفی برای دو روش آبیاری غرقابی و قطره‌ای نواری (تیپ) از طریق کنتور حجمی نصب شده در ابتدای هر کرت و قرائت کنتورها قبل و بعد از آبیاری‌ها و ثبت مقادیر تجمعی آن‌ها بر حسب مترمکعب بر هکتار برای هر تیمار به‌صورت جداگانه بوده است که طی سال‌های زراعی ۹۷-۱۳۹۶، ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ و در مزرعه تحقیقات شوری صدوق (ردیف‌های ۱ تا ۳ جدول ۱) انجام شده است. در مقیاس مزارع بهره‌برداران، اندازه‌گیری حجم آب مصرفی از طریق نصب کنتور حجمی در تعدادی از این مزارع و همچنین برآوردهای حجم تخلیه از استخر ذخیره آب مزرعه، اندازه‌گیری دبی سر مزرعه و در نظر گرفتن دفعات آبیاری در طول فصل و یا ساعات کارکرد سیستم آبیاری بوده است که طی سال‌های زراعی ۹۰-۱۳۸۹ و ۹۵-۱۳۹۴ در شهرستان‌های ابرکوه، خاتم و بهاباد انجام شده است. در مزارع تحقیقاتی، سعی گردیده است که تاریخ‌های آبیاری و مقادیر آب داده شده به مزرعه تابعی از تغییرات نیاز آبی گیاه در طول فصل رشد باشند. اما در مزارع بهره‌برداران، تنظیم تاریخ‌های آبیاری و حجم آب داده شده به مزرعه بر اساس تجارب کشاورزان و عرف هر منطقه بوده است. پس از برداشت محصول، عملکرد دانه در هر مزرعه اندازه‌گیری و به واحد کیلوگرم بر هکتار تبدیل گردیدند. با توجه به عملکرد دانه و حجم آب مصرفی در هر یک از تیمارهای تحقیقاتی و همچنین مزارع تحت بررسی، شاخص بهره‌وری یا کارایی مصرف آب گندم (WUE) از تقسیم عملکرد دانه بر حجم آب مصرفی محاسبه گردید:

$$WUE=Y/AW \quad (۱)$$

که در آن، Y عملکرد دانه گندم بر حسب کیلوگرم بر هکتار و AW حجم آب مصرفی بر حسب مترمکعب بر هکتار است. سپس ارتباط بین WUE با اجزای تشکیل‌دهندهٔ این شاخص (عملکرد و حجم آب مصرفی) در دو سیستم آبیاری غرقابی و تیپ از طریق رگرسیون خطی مورد بررسی، مقایسه و تحلیل قرار گرفت. در مورد هر یک از پارامترهای مذکور، ضریب تغییرات (CV) از تقسیم انحراف معیار بر میانگین نمونه‌ها بدست آمد و در تجزیه و تحلیل‌های مذکور استفاده شد:

$$CV=\sigma/\mu \quad (۲)$$

که در آن σ انحراف معیار و μ میانگین داده‌ها می‌باشد.

جدول ۱- ویژگی‌های شیمیایی آب آبیاری در تعدادی از مزارع مورد مطالعه

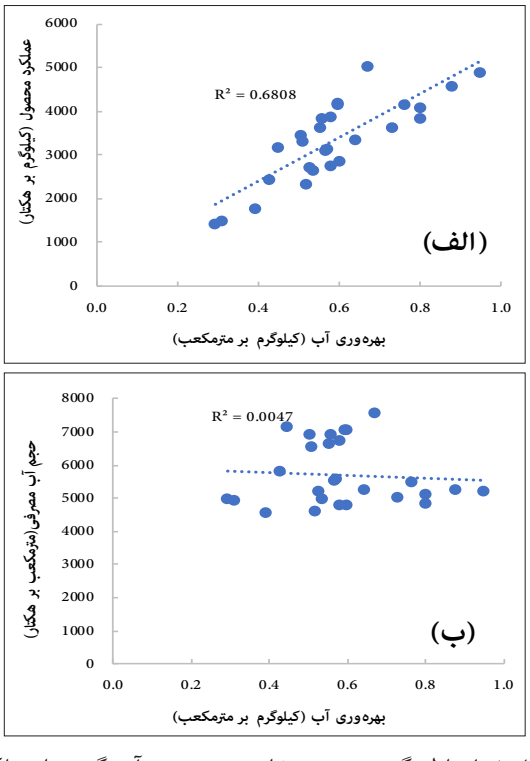
شهرستان	نوع سامانه	بهره‌بردار	EC	pH	Ca^{2+}	Mg^{2+}	HCO_3^-	Na^+	Cl^-	S.A.R
			(µmho/cm)		(.meq./lit)					-
یزد	قطره‌ای و غرقابی	مزرعه‌تحقیقاتی	۳۱۱۰	۸/۳۹	۴/۷	۵/۹۹	۱/۵۳	۱۸/۳۵	۲۲/۷۸	۷/۹۴
یزد	قطره‌ای و غرقابی	مزرعه‌تحقیقاتی	۵۰۰۰	۸/۳۵	۵/۸۴	۹/۳۵	۱/۵۳	۳۴/۰۸	۳۴/۷۳	۱۲/۳۷
یزد	قطره‌ای و غرقابی	مزرعه‌تحقیقاتی	۸۱۴۰	۸/۲۳	۷/۷۲	۱۵/۲۴	۱/۸۳	۵۵/۲۹	۶۷/۲۴	۱۶/۳۲
ابرکوه	قطره‌ای	فلاح‌زاده	۱۳۰۵	۶/۹	۴/۳۱	۲/۵۲	۴/۹۲	۶/۶۹	۴/۸۱	۳/۶۲
ابرکوه	قطره‌ای	زارع	۱۳۷۹	۷/۳۴	۲/۱۸	۴/۵۱	۳/۸	۷/۲۱	۷/۷۷	۳/۹۴
ابرکوه	قطره‌ای	حسام‌آباد	۷۹۰۰	۷/۴۲	۱۶/۵۵	۲۳/۳	۵/۹	۴۱/۷۵	۵۶/۷	۹/۳۵
ابرکوه	قطره‌ای	دهقان	۱۴۰۰	-	-	-	-	-	-	-
ابرکوه	قطره‌ای	کرم‌نژاد	۱۳۵۰	-	-	-	-	-	-	-
ابرکوه	قطره‌ای	مولودپور	۱۱۸۰	-	-	-	-	-	-	-
ابرکوه	غرقابی	صالحی	۱۶۷۳	-	-	-	-	-	-	-
ابرکوه	غرقابی	غلامپور	۱۴۶۰	۷/۴۲	۳/۶۴	۴/۳۷	۴/۶۵	۷/۳۸	۶/۵۱	۳/۶۹
ابرکوه	غرقابی	ابراهیمی	۲۳۷۰	۷/۳۵	۳/۷۴	۳/۹۶	۴/۹	۱۶/۲۱	۱۳/۰۹	۸/۲۶
ابرکوه	غرقابی	جلال‌زاده	۱۸۱۰	۷/۳۱	۴/۶۷	۴/۷۳	۳/۴	۸/۱۳	۱۱/۰۶	۳/۷۵
خاتم	قطره‌ای	زارع	۳۵۰۰	۶/۶۲	۱۰/۳۵	۷/۱	۲/۵۸	۱۷/۳۷	۲۰/۷۶	۵/۸۸
خاتم	قطره‌ای	بابری	۱۶۹۹	۷/۱۶	۴/۶۵	۳/۱۴	۳/۷۵	۹/۱۴	۷/۰۴	۴/۶۳
خاتم	قطره‌ای	رسولی	۳۰۷۰	۸/۰۵	۴/۰۶	۶/۶۹	۴/۴۵	۲۰/۷۱	۱۲/۷۲	۸/۹۳
خاتم	قطره‌ای	سلطانی	۳۸۰۰	-	-	-	-	-	-	-
خاتم	غرقابی	هنرستان	۱۰۸۹	۸/۲۶	۳/۲۷	۲/۸	۴/۵۵	۶/۲۴	۳/۲۵	۳/۵۸
خاتم	غرقابی	فتحی	۲۰۲۰	۷/۵۱	۵/۳	۲/۲	۲/۳۵	۱۱/۲۱	۶/۱	۵/۷۹
خاتم	غرقابی	زارع	۳۴۸۰	۶/۷۶	۱۰/۸	۶	۷/۴۴	۱۶/۱۴	۲۲/۴	۵/۵۷
بهاباد	غرقابی	صادقی	۴۱۵۰	۷/۳۲	-	-	۳/۳۵	۶/۴۵	۱۹/۶	-
بهاباد	غرقابی	عبدالهی	۵۴۷۰	۷/۵۲	۹/۲	۱۰/۸	۲/۹	۳۶/۹	۳۰/۷	۱۱/۶۶

نتایج و بحث

الف- آبیاری موضعی (تیپ)

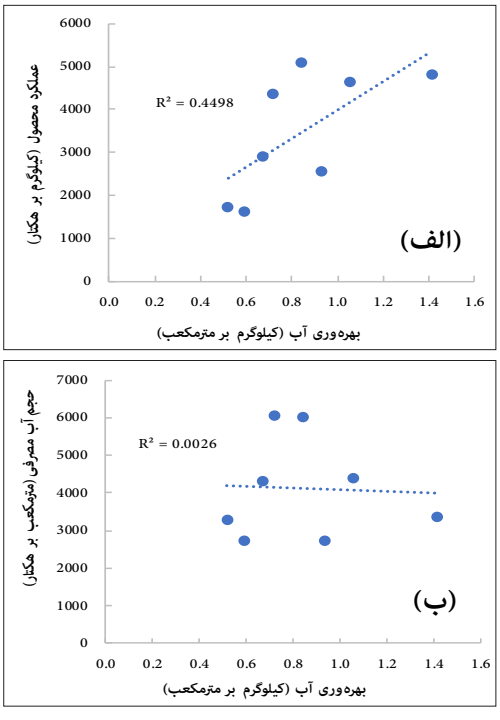
در شکل (۱- الف) ارتباط بین شاخص بهره‌وری آب با مقادیر عملکرد محصول گندم و حجم آب مصرفی سامانه آبیاری تیپ در مزرعه تحقیقاتی نشان داده شده است. بر این اساس، ضریب تبیین (R^2) بین شاخص بهره‌وری آب و عملکرد گندم ۰/۶۸ بوده، در حالی که همبستگی قابل توجهی بین شاخص بهره‌وری و حجم آب مصرفی گندم در این تیمارها دیده نمی‌شود (شکل ۱- ب). این موضوع بیانگر تأثیر قابل توجه عملکرد محصول بر شاخص WUE و نقش کمتر حجم آب مصرفی بر این شاخص در روش آبیاری تیپ است. در این تیمارها، به‌دلیل اینکه حجم آب مصرفی مزرعه توسط سامانه آبیاری تیپ به یک مقدار کنترل شده و نسبتاً ثابتی رسیده است، لذا تغییرات WUE تقریباً مستقل از حجم آب مصرفی گندم و عمدتاً وابسته به تغییرات عملکرد محصول گندم بوده است؛ بطوری‌که در یك شرایط نسبتاً مشابه از نظر حجم آب مصرفی در همه تیمارها، با افزایش عملکرد محصول، شاخص WUE ارتقاء یافته و بالعکس. ضریب تغییرات حجم آب مصرفی و عملکرد گندم در مزارع تحت بررسی، به ترتیب ۰/۱۷ و ۰/۲۸ بدست آمده که نشان‌دهندهٔ کمتر بودن دامنه تغییرات حجم آب مصرفی نسبت به دامنه تغییرات عملکرد محصول در مزارع مذکور است. حجم آب مصرفی گندم در تیمارهای تحت بررسی بین ۴۵۶۵ تا ۷۵۳۱ مترمکعب بر هکتار و عملکرد محصول بین ۱۴۵۰ تا ۵۰۴۲ کیلوگرم بر هکتار بوده است. یکی از قابلیت‌های سامانه آبیاری موضعی تیپ در مزارع گندم، کاهش حجم آب مصرفی مزرعه از طریق کاهش هدررفت عمقی و سطحی آب و در نهایت، نزدیک‌تر شدن مقادیر حجم آب مصرفی مزرعه به نیاز آبی گندم است. به همین دلیل است که در صورت مدیریت مناسب آبیاری مزارع گندم در روش تیپ، دامنه تغییرات مقادیر آب مصرفی سامانه موضعی تیپ در مقایسه با روش‌های غرقابی،

کمتر بوده و مقادیر مصرف آب در مزارع مختلف (بر خلاف مقادیر عملکرد) نسبتاً به هم نزدیك خواهند بود. این موضوع به خصوصیت ذاتی سامانه آبیاری موضعی تیپ برمی‌گردد که در آن، آب به‌صورت کنترل شده و مهار شده در سطح زمین توزیع می‌شود و امکان هدررفت و مصرف بی‌رویه آب کمتر از روش‌های آبیاری سطحی (غرقابی) می‌باشد. در واقع پس از جایگزینی روش آبیاری غرقابی با تیپ در مزارع گندم، نگرانی‌ها بابت مصرف بی‌رویه آب و توجه به میزان آب مصرفی در واحد سطح مزرعه کمتر می‌گردد. ولی در مقابل، مسائل به‌نژادی و مدیریت‌های زراعی گندم نظیر تاریخ و تراکم مناسب کاشت، انتخاب ارقام مناسب و پربازده، رعایت تعداد و دور آبیاری‌ها، عملیات مناسب تغذیه و کوددهی، کنترل آفات و بیماری‌ها نقش قابل توجهی در عملکرد محصول و نهایتاً افزایش WUE خواهد داشت. با توجه به رابطه مستقیم عملکرد محصول با میزان درآمد بهره‌بردار، بدیهی است که افزایش صرفهٔ اقتصادی استفاده از تیپ برای گندم در گرو توجه به این موارد خواهد بود. لذا رعایت این نکات از جانب بهره‌برداران سامانه آبیاری تیپ، بسیار ضروری و پراهمیت خواهد بود.



شکل ۱- ارتباط رگرسیونی بین شاخص بهره‌وری آب گندم با عملکرد محصول (شکل الف) و حجم آب مصرفی (شکل ب) در سامانه آبیاری تیپ مزارع تحقیقاتی طی سال‌های ۹۹-۱۳۹۶

ارتباط بین شاخص بهره‌وری آب با مقادیر عملکرد محصول گندم و حجم آب مصرفی در تعدادی از مزارع کشاورزان استان یزد که از روش آبیاری تیپ برای زراعت گندم استفاده می‌نمایند نیز بررسی شد (شکل ۲). بر این اساس، ضریب تبیین (R^2) بین شاخص بهره‌وری آب و عملکرد گندم ۰/۴۵ بوده (شکل ۲ - الف)، در حالی که همبستگی قابل توجهی بین شاخص بهره‌وری آب و حجم آب مصرفی گندم (شکل ۲ – ب) در این مزارع دیده نمی‌شود. ضریب تغییرات (CV) حجم آب مصرفی و عملکرد گندم در مزارع تحت بررسی به ترتیب ۰/۳۳ و ۰/۴۱ بدست آمده که نشان‌دهندهٔ کمتر بودن دامنه تغییرات حجم آب مصرفی نسبت به دامنه تغییرات عملکرد محصول در این مزارع و تأثیرات کمتر این پارامتر بر شاخص WUE بوده است. بایستی به این نکته هم اشاره شود که در مقایسه با نتایج تیمارهای تحقیقاتی (شکل ۱)، دامنه تغییرات حجم آب مصرفی به روش تیپ در مزارع کشاورزان (یعنی ۰/۳۳) بیشتر از تیمارهای تحقیقاتی (یعنی ۰/۱۷) بوده که نشان می‌دهد با بهبود مدیریت آبیاری مزرعه، امکان کاهش ضریب تغییرات در مزارع کشاورزان به مقادیر پایین‌تر از ۰/۳۳ نیز محتمل و ممکن خواهد بود. نتایج نشان می‌دهد که در مزارع کشاورزان صرفه‌جویی قابل توجهی در آب کاربردی از طریق سامانه تیپ صورت گرفته و باعث ارتقای شاخص کارایی مصرف آب تا مرز ۱/۴۱ کیلوگرم بر هکتار شده است. اما وقوع این مسأله در حالی بوده که در برخی از مزارع، کاهش جدی عملکرد در واحد سطح مشاهده شده و حتی منجر به عدم برداشت محصول با کمباین به‌دلیل عدم صرفه اقتصادی برای بهره‌بردار گردیده است. در واقع، برتری سیستم آبیاری موضعی تیپ نسبت به روش‌های آبیاری سنتی از نظر صرفه‌جویی در مصرف آب، نتوانسته کشاورزان را از نظر عملکرد محصول در واحد سطح اقناع نماید و نارضایتی‌هایی را نیز به‌دنبال داشته است. بنابراین، نکته بسیار مهم در این گونه مزارع، ضرورت توجه بیشتر بهره‌برداران به پارامتر عملکرد محصول و تلاش برای تولید مناسب و اقتصادی و همچنین کمتر کردن دامنه تغییرات این پارامتر در سطح مزارع تیپ است؛ به نحوی که بهره‌برداران با اطمینان و اعتماد کافی بتوانند یك عملکرد قابل قبول و مطمئن در روش تیپ (همانند روش‌های غرقابی) داشته باشند. تجارب قبلی در این زمینه نشان داده است که علی‌رغم کاهش محتمل آب مصرفی گندم در آبیاری تیپ نسبت به غرقابی و ارتقای شاخص WUE، امکان عدم دستیابی بهره‌برداران به عملکرد مطمئن و قابل توجه در واحد سطح وجود دارد که همین مسأله می‌تواند موجب عدم موفقیت اجرای این سامانه در مزارع گندم و نارضایتی بهره‌برداران شود (رحیمیان، ۱۳۹۶). بنابراین پس از اجرای سامانه آبیاری موضعی در مزارع گندم، توجه ویژه به مسائل به‌نژادی و به‌زراعی گندم از جانب بهره‌برداران و مروجین بخش کشاورزی و توصیه راهکارهای حفظ و ارتقای عملکرد گندم در شرایط آبیاری موضعی (مانند توجه به رقم بذر، تاریخ کاشت، تراکم کاشت بذر، تغذیه و ...) بسیار ضروری بوده و مورد تأکید می‌باشد.

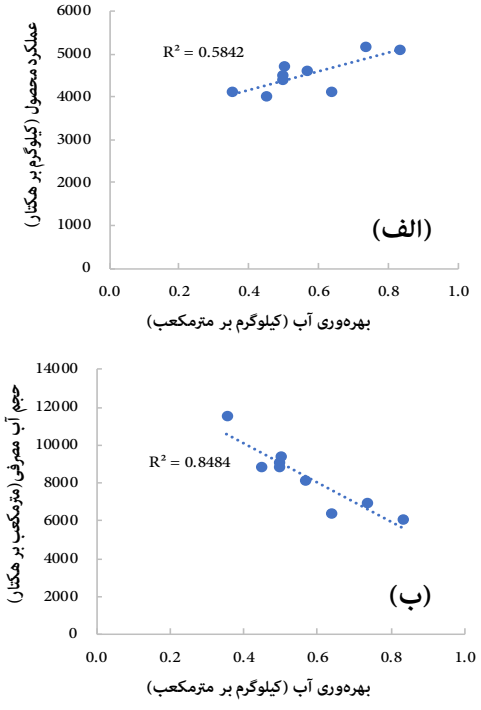


شکل ۲- ارتباط رگرسیونی بین شاخص بهره‌وری آب گندم با عملکرد محصول (شکل الف) و حجم آب مصرفی (شکل ب) در سامانه‌های آبیاری تیپ مزارع کشاورزان طی فصل زراعی ۹۵-۱۳۹۴

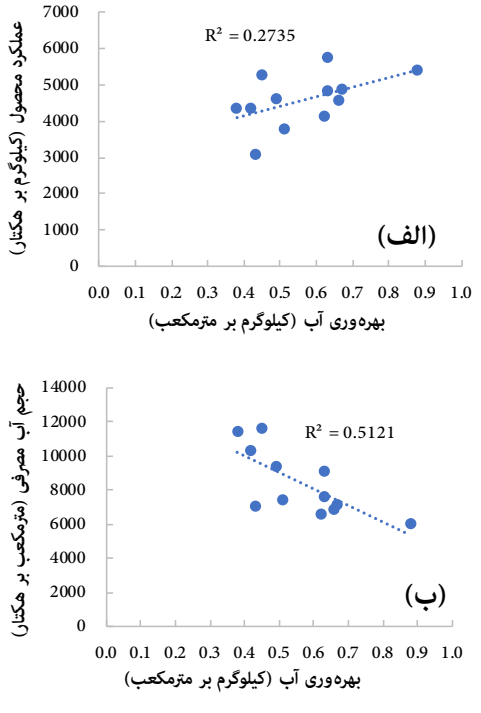
ب- آبیاری غرقابی

در شکل (۳) ارتباط بین شاخص بهره‌وری آب با مقادیر عملکرد گندم و حجم آب مصرفی در سامانه آبیاری غرقابی اجرا شده در مزرعه تحقیقاتی نشان داده شده است. بر این اساس، ضریب تبیین (R^2) بین شاخص بهره‌وری آب و عملکرد گندم ۰/۵۸ (شکل ۳-الف) و بین شاخص بهره‌وری آب و حجم آب مصرفی گندم در حدود ۰/۸۵ (شکل ۳-ب) بدست آمده است. این موضوع بیانگر تأثیرپذیری بیشتر شاخص WUE از پارامتر آب مصرفی در روش‌های غرقابی و نقش کم‌رنگ‌تر عملکرد محصول بر روی WUE در این شیوه آبیاری است. حجم آب مصرفی در تیمارهای مورد مطالعه بین ۶۱۲۶ تا ۱۱۵۶۸ متر مکعب بر هکتار و ضریب تغییرات آن برابر با ۰/۲۰ است. این در حالی است که عملکرد گندم بین ۴۵۲۱ تا ۵۱۴۵ کیلوگرم بر هکتار و ضریب تغییرات آن برابر با ۰/۰۹ بوده است. بنابراین، ارتقای شاخص بهره‌وری آب در سامانه آبیاری غرقابی، مستلزم توجه بیشتر به پارامتر حجم آب مصرفی و اجرای راهکارهای کاهش هدررفت آب و بهینه‌سازی این شیوه آبیاری خواهد بود. پس از آن، مسائل زراعی و به‌نژادی گندم در درجه بعدی اهمیت و تأثیر بر ارتقای WUE، قرار خواهند داشت.

ارتباط بین شاخص بهره‌وری آب (WUE) با عملکرد گندم و حجم آب مصرفی در مزارع کشاورزانی که از سامانه غرقابی استفاده کرده‌اند، نیز بررسی گردید (شکل ۴). بر این اساس، ضریب تبیین (R^2) بین شاخص بهره‌وری آب و عملکرد گندم ۰/۲۷ (شکل ۴-الف) و بین شاخص بهره‌وری آب و حجم آب مصرفی گندم در حدود ۰/۵۱ (شکل ۴-ب) بدست آمده است. در مزارع گندم تحت مطالعه، ضریب تغییرات حجم آب مصرفی و عملکرد گندم به ترتیب برابر با ۰/۲۳ و ۰/۱۶ بوده است. به‌عبارتی دیگر، تنوع اعداد و ارقام حجم آب مصرفی بیشتر از تنوع اعداد و ارقام عملکرد محصول در مزارع تحت مطالعه بوده است. بطور عمومی، بهره‌برداران مزارع گندم در این قبیل سامانه‌ها از عملکرد محصول مزرعه خود تا حدودی مطمئن بوده و دستیابی به عملکردهای قابل قبول را سهل‌الوصول و ممکن می‌بینند. سابقه طولانی مدیریت مزارع گندم به روش غرقابی در کشور و تجارب و دانش بهره‌برداران در زمینه عملیات مدیریتی و تغذیه‌ای گیاه در شرایط غرقابی از دلایل اصلی این موضوع است. البته، بخشی از تفاوت‌های حجم آب مصرفی مزارع مختلف می‌تواند ناشی از تفاوت در اقلیم، کیفیت آب آبیاری و نهایتاً نیاز آبی مزرعه باشد، اما در حقیقت بخش زیادی از این تفاوت‌ها به تنوع در دانش، تجارب و سلیقه بهره‌برداران در مدیریت آبیاری و همچنین، تنوع در میزان فراهمی آب هر مزرعه وابسته است. تفسیر نتایج این مزارع بیانگر این نکته است که حتی در صورت توجه به راهکارهای افزایش تولید در یک مزرعه گندم، در اثر بی‌تفاوتی و بی‌توجهی بهره‌برداران نسبت به حجم آب مصرفی مزرعه خود، احتمال مصرف بی‌رویه آب در مزارع غرقابی و در نهایت، افت شدید شاخص WUE وجود دارد. اصلاح موارد اخیر از طریق فرهنگ‌سازی و آموزش بهره‌برداران با هدف جایگزینی سلیقه و سنن بهره‌برداران با اصول علمی و مدیریت صحیح آبیاری، امری ممکن می‌باشد. در این مزارع، اقدامات بهینه‌سازی مصرف آب می‌بایست در اولویت اقدامات بهره‌برداران و تصمیم‌گیران مربوطه برای ارتقای شاخص WUE قرار بگیرد. تسطیح دقیق اراضی، بهینه‌سازی ابعاد کرت‌های آبیاری سنتی با توجه به پارامترهای دبی، شیب زمین و بافت خاك، کنترل و تنظیم دبی آب ورودی به کرت‌ها به منظور افزایش راندمان کاربرد آب در مزرعه، مدیریت زمان قطع جریان آب به منظور بهینه‌سازی عمق آبیاری و جلوگیری از هدررفت عمقی در حین پیشروی آب در کرت‌ها و راهکارهایی از این قبیل، مورد تأکید و توصیه می‌باشند. عمدهٔ این راهکارها نوعاً هزینه‌بر و پیچیده نیستند و پس از آموزش بهره‌برداران توسط مروجین و کارشناسان، دارای قابلیت اجرا و پیاده‌سازی در عرصه، توسط بهره‌برداران هستند.



شکل ۳- ارتباط رگرسیونی بین شاخص بهره‌وری آب گندم با مقادیر عملکرد محصول و حجم آب مصرفی سامانه آبیاری غرقابی اجرا شده در مزارع تحقیقاتی طی سال‌های ۹۹-۱۳۹۶



شکل ۴- ارتباط رگرسیونی بین شاخص بهره‌وری آب گندم با مقادیر عملکرد محصول و حجم آب مصرفی در تعدادی از سامانه آبیاری غرقابی اجرا شده در مزارع کشاورزان استان یزد طی سال‌های ۹۵-۱۳۹۴

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش که در منطقهٔ یزد انجام شده است، نشان داد که در روش آبیاری سطحی (غرقابی)، هم کاهش حجم آب مصرفی و هم افزایش عملکرد بر ارتقای WUE گندم نقش داشته که از این دو، اولویت پرداختن به مقوله کاهش آب مصرفی بالاتر از مقولهٔ افزایش عملکرد محصول بوده است. به‌عبارتی دیگر برای افزایش WUE گندم در روش‌های غرقابی باید بیشتر سراغ راهکارهای بهبود و مدیریت مصرف آب در مزرعه (نظیر تسطیح دقیق زمین، بهینه‌سازی ابعاد کرت‌ها، تنظیم دبی ورودی به کرت‌ها، مدیریت زمان قطع جریان آب و...) را گرفت و راهکارهای افزایش عملکرد در واحد سطح (نظیر مدیریت‌های زراعی و اقدامات به‌نژادی گندم) نقش کم‌رنگ‌تری در ارتقای WUE این گونه مزارع ایفا می‌کنند. بطور عمومی، بهره‌برداران مزارع گندم در سامانه‌های آبیاری سطحی با تکیه بر دانش و تجارب قبلی، از نظر عملکرد محصول مزرعه خود تا حدودی مطمئن بوده و دستیابی به عملکردهای قابل قبول را سهل‌الوصول و ممکن می‌بینند. در حالی که در اثر بی‌توجهی و مغفول ماندن کشاورزان از مسأله حجم آب مصرفی در این مزارع، امکان افت شدید شاخص WUE وجود دارد. اما در مورد آبیاری موضعی گندم به روش قطره‌ای (تیپ)، شرایط به شکل دیگری است. بطوری‌که فاکتور عملکرد محصول نقش اساسی و تعیین‌کننده‌تری در شاخص بهره‌وری آب گندم ایفا کرده و نقش مقوله آب مصرفی کمرنگ‌تر و ناچیزتر بوده است. در این گونه مزارع، به‌دلیل خصوصیت ذاتی سامانه آبیاری تیپ، آب به‌صورت کنترل شده و مهار شده در مزرعه، مصرف می‌شود. بنابراین، بهره‌برداران نسبت به مصرف بهینه و کاهش حجم آب مصرفی مزرعه خود تقریباً اطمینان دارند و مهمترین دغدغهٔ آن‌ها، امکان افت محصول تحت شرایط آبیاری تیپ است. لذا باید بیشتر به مسائل به‌نژادی و عملیات زراعی گندم در این مزارع توجه شود. انتخاب ارقام مناسب و پربازده، توجه به تاریخ و تراکم مناسب کاشت، رعایت تعداد و دور آبیاری‌ها، عملیات مناسب تغذیه و کوددهی، کنترل آفات و بیماری‌ها می‌تواند در افزایش WUE مزارع تیپ بسیار تعیین‌کننده و اثربخش باشد. اهمیت این مسأله در حدی بوده که در برخی مزارع گندم آبیاری شده با روش تیپ در استان یزد، علی‌رغم کاهش قابل توجه حجم آب مصرفی و ارتقای کمّی شاخص WUE، به دلیل افت عملکرد محصول در واحد سطح و کاهش درآمد بهره‌بردار، اجرای سامانه تیپ در مزارع گندم با چالش و وقفه اساسی مواجه شده است. علت افت تولید در این گونه مزارع، مغفول‌ماندن بهره‌برداران سامانه تیپ از مسائل مدیریتی موثر بر عملکرد محصول در واحد سطح بوده است.

پی‌نوشت

1-Water Productivity
2-Physical Water Productivity
3-Water Use Efficiency

منابع

انتصاری، م.ر.، حیدری، ن.، خیرابی، ج.، علایی، م.، فرشی، ع.ا.، وزیری، ژ.، دهقانی‌سانیج، ح.، سادات‌میری، م. ح.، کاظمی، پ. و میرلطیفی، م. ۱۳۸۶. کارایی مصرف آب در کشت گلخانه‌ای. انتشارات گروه کار استفاده پایدار از منابع آب برای تولید محصولات کشاورزی. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

انصاری‌دوست، ش.، اسکندری، ح.ا. و چگنی، م. ۱۳۹۲. اثر نوع تسطیح‌کننده بر شاخص‌های تسطیح زمین، عملکرد دانه و کارایی -مصرف آب گندم درمنطقه خوزستان، نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۳(۲): ۷۷-۸۵.

حیدری، ن. ۱۳۸۸. مسائل، چالش‌ها و راهبردهای ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی در ایران. مجموعه مقالات دوازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران (مدیریت آبیاری در ایران، چالش‌ها و چشم‌اندازها). تهران.

حیدری، ن. ۱۳۹۴. مسائل و راهکارهای افزایش کارایی مصرف آب در مزارع کشور. نشریه مدیریت آب در کشاورزی، ۲(۱): ۳۳-۴۸.

حیدری، ن.، دهقانی‌سانیج، ح. و علایی‌تفتی، م. ۱۳۹۶. مدیریت تقاضا و مصرف آب کشاورزی در ایران. نشر تهران، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

دهقانی‌سانیج، ح. و نخجوانی مقدم، م.م. ۱۳۸۵. کاربرد شاخص کارایی مصرف آب و تابع عملکرد در تعیین الگوی کشت با هدف افزایش کارایی مصرف آب. دومین کنفرانس مدیریت منابع آب. اصفهان.

رحیمیان، م.ح. ۱۳۹۶. ارزیابی فنی و اقتصادی سیستم آبیاری تیپ بر روی گندم و مقایسه با روش‌های غرقابی در استان یزد، گزارش علمی فنی مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.

رحیمیان، م.ح.، حاجی‌حسینی، ع.، اسپرس، ر. و بیرامی، ح. ۱۳۹۶. تدوین سند بهره‌وری آب کشاورزی در استان یزد، گزارش علمی فنی به شماره ثبت ۵۳۲۹۸، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.

رنجبر غ.ح.، رحیمیان م.ح.، هاشمی‌نژاد، ی.، شیران‌تفتی، م. و ساکی‌حسینی، ع. ۱۳۹۹. بهبود عملکرد و کارآیی مصرف آب گندم در اراضی پایین دست حوزه کرخه، نشریه دانش آب و خاک، ۳۰(۱): ۱۵ -۲۸.

عباسی، ف.، ناصری، ا.، سهراب، ف.، باغانی، ج.، عباسی، ن. و اکبری، م. ۱۳۹۴. ارتقای بهره وری مصرف آب، گزارش تحلیلی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

مأمن‌پوش، ع. ر.، عباسی، ف. و موسوی، س .ف. ۱۳۸۰. ارزیابی بازده کاربرد آب در روش‌های آبیاری سطحی در برخی مزارع استان اصفهان. مجله تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ۲(۹): ۴۳-۵۸.

نیکخواه، م.، رحیمیان، م.ح.، روستا، م.ج. و رزاقیان، ح. ۱۳۹۴. ارزیابی برخی راهکارهای مدیریتی افزایش شاخص کارایی مصرف آب گندم در شرایط شور (مطالعه موردی: منطقه ابرکوه در استان یزد). نشریه آب و توسعه پایدار، ۱(۳): ۵۳-۵۸.

Keshavarz A., Ashrafi S., Hydari N., Pouran M. and Farzaneh E. 2005. Water allocation and pricing in agriculture of Iran. In Water conservation, reuse, and recycling: proceeding of an Iranian American workshop, The National Academies Press: Washington, DC (pp. 153-172).

Kijne J. W., Toung T. P., Bennett J., Bouman B. and Oweis T. 2003. Ensuring food security via improvement in crop water productivity. CGIAR challenge program on water and food (CP), Analytical Report, ICARDA, Jordan.