2019, Vol.6, No.1, Pages 1 to 8
Journal of Water and Sustainable Development

سال ششم، شماره ۱، ۱۳۹۸، صفحات ۱ تا ۸
نشریه آب و توسعه پایدار

Article Type: Case Study

نوع مقاله: مطالعه موردی

Determination of the Physical and Economic Water Productivity for Grain and Forage Corn under Modern and Traditional Irrigation Systems in Hamadan Province

S.M. Seyedan[1], M. Mottaghi[2*]

1-Research Assistance Professor, Economic, Social and Extension Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Centre, AREEO, Hamedan, Iran. 2- Research Assistance Professor, Horticulture Crops Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Centre, AREEO, Hamedan, Iran.

*(Corresponding Author Email: m.motaghi@areeo.ac.ir)

Received: 03-01-2018

Accepted: 15-09-2018

تعیین بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در زراعت ذرت دانه‌ای و علوفه‌ای تحت سامانه‌های آبیاری مدرن و سنتی در استان همدان

سید محسن سیدان[1]، مهدی متقی[2*]

۱- استادیار پژوهش بخش تحقیقات اقتصادی، اجتماعی و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان. ۲- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان.

*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: m.motaghi@areeo.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۱۳

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۶/۲۴

Abstract

The importance of water as the rarest input to agriculture has led to more attention to increasing the irrigation productivity in recent years. In this study, the compasrison of water productivity in traditional and modern irrigation systems for grain and forage corn in Hamadan province is conducted using three indices of physical and economic productivity of water including CPD, BPD, and NBPD. Firstly, appropriate operators were selected by random sampling and then the necessary data were collected through interviews and completion of the questionnaire. The average physical productivity of water under traditional and modern irrigation systems for grain corn was 0.82 and 1.08 kg/m3 of water, respectively, and for forage corn was 5.11 and 6.67 kg/m3 of water, respectively. The average economical water productivity under traditional and modern irrigation systems for grain corn was 2,849 and 3,665 rial/m3 of water, respectively, and for forage corn was 7,678 and 10,068 rial/m3 of water, respectively. Under modern irrigation systems, the highest amounts of physical and economic productivity of water for grain corn belonged to Asadabad and Nahavand, respectively. For forage corn, the highest amount of physical water productivity was for Nahavand and Tuyserkan and the highest economic water productivity was for Bahar and Nahavand. Based on the results, it can be claimed that traditional irrigation systems should be replaced by modern irrigation systems for grain and forage corn. Also, the cultivation of forage corn should be removed from the cultivation pattern in the Bahar region. These results, in addition to reducing the agricultural water consumption, entail economic benefits for farmers.

Keywords: Cropping pattern, Water resources, Economic benefits.

چکیده

با توجه به اهمیت فراوان آب به‌عنوان کمیاب‌ترین نهاده کشاورزی، در سال‌های اخیر افزایش بهره‌وری آبیاری مورد توجه قرار گرفته است. در تحقیق حاضر با استفاده از سه شاخص بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب شامل CPD، BPD و NBPD، در دو سامانه آبیاری سنتی و مدرن (کلاسیک) برای محصولات ذرت دانه‌ای و علوفه‌ای در استان همدان اندازه‌گیری و مقایسه بهره‌وری آبیاری انجام شده است. بنابراین ابتدا به روش نمونه‌گیری تصادفی بهره‌برداران انتخاب و سپس داده‌های لازم از طریق مصاحبه و تکمیل پرسشنامه جمع‌آوری شد. میانگین بهره‌وری فیزیکی آب برای ذرت دانه‌ای در سامانه آبیاری سنتی و مدرن به ترتیب ۰/۸۲ و ۱/۰۸ و برای ذرت علوفه‌ای به ترتیب ۵/۱۱ و ۶/۶۷ کیلوگرم بر هر مترمکعب آب حاصل شد. میانگین بهره‌وری اقتصادی آب برای ذرت دانه‌ای در سامانه آبیاری سنتی و مدرن به ترتیب برابر ۲۸۴۹ و ۳۶۶۵ و برای ذرت علوفه‌ای به ترتیب برابر ۷۶۷۸ و ۱۰۰۶۸ریال بر هر مترمکعب آب به دست آمد. در سامانه آبیاری مدرن، بالاترین بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب برای ذرت دانه‌ای در شهرستان‌های اسدآباد و نهاوند حاصل شد و بالاترین بهره‌وری فیزیکی برای ذرت علوفه‌ای در نهاوند و تویسرکان و بالاترین بهره‌وری اقتصادی در بهار و نهاوند مشاهده شد. با توجه به نتایج این تحقیق، می‌توان ادعا کرد استفاده از سامانه آبیاری مدرن باید جایگزین سامانه آبیاری سنتی برای کشت ذرت دانه‌ای و علوفه‌ای شود. همچنین در منطقه بهار باید کشت ذرت علوفه‌ای از الگوی کشت منطقه حذف شود. نتایج به‌دست‌آمده علاوه بر کاهش مصرف آب کشاورزی متضمن منافع اقتصادی برای کشاورزان نیز می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: الگوی کشت، منابع آبی، منافع اقتصادی.

DOI: 10.22067/jwsd.v6i1.69891

مقدمه

مطابق آمارهای رسمی میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی کشور در سال ۶۴-۱۳۶۳ معادل ۴۵ میلیون‌مترمکعب بوده و در سال ۹۴-۱۳۹۳ با رشد ۳۵ درصدی به ۶۱ میلیون‌مترمکعب رسیده است. درحالی‌که پیش‌بینی می‌شود تغییرات آب‌وهوایی تا سال‌های ۲۰۵۰-۲۰۴۰، ۱۵ تا ۱۹ درصد از مجموع منابع آب‌های تجدیدشونده ایران را کاهش خواهد داد و در آن زمان میزان نیاز سالانه آب ایران بیش از ۴۰ درصد فراتر از حجم منابع تجدیدشونده آب کشور خواهد بود (FAO، ۲۰۱۵).

از میان مصرف‌کنندگان منابع آبی کشور، بخش کشاورزی با بهره‌گیری بیش از ۷۰ درصد منابع آبی تجدیدپذیر کشور (حدود ۶۵ میلیاردمترمکعب) بیشترین سهم را در استفاده از این منابع دارد؛ درحالی‌که به دلایل مختلف و به‌خصوص استفاده از روش‌های آبیاری سنتی، بهره‌وری آب کشاورزی طی یک دهه گذشته به‌طور متوسط ۳۵ درصد بوده است (۱-۰/۷ کیلوگرم برای هر مترمکعب آب) (عباسی و همکاران، ۱۳۹۶). میزان بالای بهره‌وری آب کشاورزی در کشورهای توسعه یافته (۶۵ درصد معادل ۳ کیلوگرم برای هر مترمکعب آب) و حتی کشورهای درحال‌توسعه (۴۵ درصد معادل ۲ کیلوگرم برای هر مترمکعب آب) سبب شده است که در سال ۱۳۹۰ ایران از نظر میزان بهره‌وری آب در بین ۱۲۳ کشور دنیا در رتبه نازل ۱۰۲ قرار بگیرد (حیدری و همکاران، ۱۳۹۵). بهبود شیوه‌های مدیریتی آب و خاک در سال‌های اخیر باعث افزایش مقادیر بهره‌وری آب شده است. با توجه به بهبود مدیریت آبیاری در مزرعه کاربرد روش‌های جدید آبیاری از جمله آبیاری‌های بارانی و قطره‌ای بهره‌وری آب را افزایش داده و به میزان ۱/۱۹ کیلوگرم بر مترمکعب رسانده است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۶). مطابق هدف‌گذاری انجام‌گرفته براساس چشم‌انداز بیست‌ساله توسعه کشور بهره‌وری آب باید تا سال ۱۴۰۴ به ۶۰ درصد (۱/۷۰ کیلوگرم برای هر مترمکعب آب) برسد (حیدری و همکاران، ۱۳۹۵).

ذرت دانه‌ای و ذرت علوفه‌ای با سطح زیر کشت به ترتیب ۱۷۵ هزار هکتار و ۲۳۰ هزار هکتار و میزان تولید به ترتیب ۱/۴ میلیون تن دانه و ۵/۱۱ میلیون تن علوفه در مناطق وسیعی از کشور کشت می‌شوند (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۵). نیاز سالانه کشور به ذرت دانه‌ای حدود ۶ میلیون تن می‌باشد که واردات گسترده آن نیاز به افزایش میزان تولید این محصول را بیش از پیش نمایان می‌سازد. اگرچه افزایش سطح زیر کشت ذرت می‌تواند به‌عنوان راهکاری برای تولید بیشتر آن باشد اما بالا بودن نیاز آبی ذرت (متوسط آب مصرفی برای هر هکتار ذرت در کشور حدود دو تا سه برابر میزان جهانی آن است) سبب شده است که این راهکار عملی نباشد.

از میان استان‌های کشور استان همدان به سبب شرایط اقلیمی مساعد منطقه مناسبی برای کاشت ذرت می‌باشد. به‌طوری که سطح زیر کشت ذرت در این استان در سال زراعی ۹۴-۹۳ حدود ۵۰۳۳ هکتار گزارش شده است، از این مقدار ۳۴۳۰ هکتار به کشت ذرت دانه‌ای با ۳۶۸۵۰ تن محصول و ۱۹۰۳ هکتار به کشت ذرت علوفه‌ای با ۲۵۰۲۹۶ تن محصول اختصاص یافته است (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۵). درحالی‌که شرایط نامساعد آبی استان همدان به‌خصوص افت سطح آب‌های زیرزمینی به میزان ۱۲ متر و کاهش نزولات آسمانی به میزان ۵۵ درصد نسبت به یک دهه پیش (وزارت نیرو، ۱۳۹۴) افزایش یافته و حفظ میزان تولید ذرت در سطح کنونی را با مشکل مواجه کرده است.

یکی از راهکارهای مبتنی بر مدیریت تقاضا در سطح مزرعه افزایش راندمان آبیاری و بهبود بهره‌وری مصرف آب است. بهره‌وری نشان‌دهنده نحوه استفاده از منابع و عوامل تولید در طول زمان است و شامل آثار سه‌گانه تغییر فناوری، تغییر مقیاس و تغییر در راندمان استفاده از نهاده‌ها، یعنی حرکت به سمت تابع تولید مرزی از داخل می‌باشد (سلامی، ۱۳۷۶). هدف اصلی در بهبود بهره‌وری آب کشاورزی در جهان افزایش بیشتر تولید محصولات کشاورزی با مصرف آب کمتر است تا از این طریق امکان کاهش سهم آب بخش کشاورزی و تخصیص بیشتر آب به سایر مصارف و نیاز آبی محیط‌زیست فراهم آید.

در راستای تعیین میزان بهره‌وری مصرف آب در محصولات و مناطق مختلف تحت سامانه‌های مختلف آبیاری، پژوهش‌های بسیاری صورت گرفته شده است. جعفری و رضوانی (۱۳۸۳) در مزارع سیب‌زمینی استان همدان با محاسبه شاخص‌های اقتصادی آب، نحوه عملکرد سامانه‌های آبیاری تحت فشار و آبیاری نشتی را تحلیل کرده‌اند. آن‌ها عنوان کردند سامانه آبیاری تحت فشار با درآمد ۴۲۰۷ ریال بر مترمکعب آب، بهره‌وری بالاتری نسبت به روش آبیاری نشتی دارد. حیدری و حقایقی (۱۳۸۰) به بررسی کارایی مصرف آب در مورد چند محصول زراعی و صیفی در نقاط مختلف کشور پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که با روش آبیاری ثقلی دامنه بهره‌وری آب در سیب‌زمینی، جو، گوجه‌فرنگی، لوبیا، کاهو و ذرت دانه‌ای به ترتیب ۱/۹۱-۱/۲۷، ۱، ۳/۳، ۰/۹۱، ۴/۷۷ و ۰/۶۵ کیلوگرم بر مترمکعب بوده است. Montazar و Kosari (۲۰۰۷) بهره‌وری آب محصولات برنج، ذرت دانه‌ای، پنبه، یونجه و سیب‌زمینی را به ترتیب ۰/۴۲، ۱/۱۷، ۰/۶، ۰/۸۹ و ۲/۷۴ کیلوگرم بر مترمکعب در ایران گزارش کردند. Zwart و Bastiaanssen (۲۰۰۴) دریافتند متوسط شاخص بهره‌وری آب محصولات گندم، برنج، پنبه (تولید دانه)، پنبه (تولید وش) و ذرت دانه‌ای در جهان به ترتیب برابر ۱/۰۹، ۱/۰۹، ۰/۶۵، ۰/۲۳ و ۱/۸ کیلوگرم بر مترمکعب است. بهره‌وری آب گندم، برنج، پنبه و ذرت دانه‌ای در سال ۲۰۰۲ در کشور مصر به‌طور متوسط برابر با ۱/۰۳، ۰/۵۵، ۰/۲۸ و ۰/۶۳ کیلوگرم بر مترمکعب آب بوده است که مقدار آن در همان سال در ایران برابر با ۰/۵، ۰/۳۲، ۰/۱۶ و ۰/۴۹ گزارش شده است (FAO، ۲۰۰۳). طی سال‌های ۲۰۰۵، ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ در کمربند

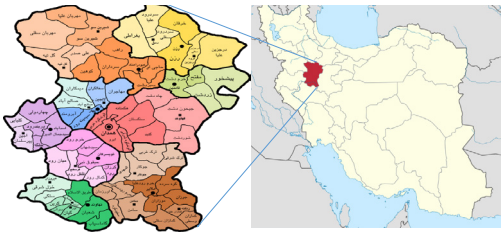
جنوبی ذرت در آمریکا متوسط عملکرد به ازای هر واحد آبیاری در شرایط تحت‌فشار ۴۴، ۶۲ و ۷۷ کیلوگرم دانه در هکتار بر میلی‌متر آب و در آبیاری ثقلی ۲۸، ۳۶ و ۴۲ کیلوگرم دانه در هکتار بر میلی‌متر آب گزارش شد و مزارع تحت آبیاری بارانی (سنترپیوت) ۱۳ درصد بیشتر بهره‌وری آب نسبت به مزارع تحت آبیاری ثقلی نشان دادند (Sadras و همکاران، ۲۰۱۱). Kledzik و همکاران (۲۰۱۷) در ارزیابی تأثیر اقتصادی آبیاری ذرت دانه‌ای به دو روش قطره‌ای و بارانی در لهستان طی سال‌های ۲۰۱۶-۲۰۰۵ کاهش هزینه‌ها در هر دو سامانه و افزایش سودآوری با افزایش سطح زیر کشت محصول و بیشتر بودن هزینه‌های آبیاری به روش قطره‌ای نسبت به بارانی در مزارع بزرگ نسبت به خرد (کوچک‌تر از ۵ هکتار) را نشان دادند. Liu و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی بهره‌وری فیزیکی آب در محصول ذرت دانه‌ای در ۱۲۴ کشور مختلف کشورهای آمریکا و چین را با بیش از ۱/۵ و کشورهای آفریقایی را با کمتر از ۱ کیلوگرم بر مترمکعب آب به ترتیب بیشترین و کمترین میزان بهره‌وری فیزیکی آب دانستند.

وظیفه‌دوست و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی بهره‌وری آب کشاورزی در منطقه برخوان اصفهان در سال زراعی ۸۴-۱۳۸۳ نشان دادند متوسط بهره‌وری آب کشاورزی برای محصولات چغندرقند، آفتابگردان، ذرت علوفه‌ای و گندم به ترتیب ۱/۴۱، ۰/۲۹، ۳/۰۳ و ۰/۸۷ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. کنعانی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی در مورد کارایی مصرف آب ذرت علوفه‌ای درروش آبیاری قطره‌ای سطحی در کرج، میزان بهره‌وری آب را حدود ۷ کیلوگرم در مترمکعب گزارش کردند. جوان و فال سلیمان (۱۳۸۷) به دلیل مقادیر اندک بهره‌وری آب و بازده اقتصادی محصولاتی مانند چغندرقند و یونجه در منطقه دشت بیرجند عنوان کردند این محصولات باید از الگوی کشت منطقه حذف شوند. آن‌ها پیشنهاد کردند کشت‌هایی مانند ذرت علوفه‌ای و یا تناوب یکساله ای از کشت‌های بومی مانند گندم و ارزن که موجب کاهش استحصال آب و متضمن منافع اقتصادی بالا برای کشاورزان می‌باشند جایگزین کشت‌های مذکور شوند. روستا (۱۳۸۹) با بررسی بهره‌وری آب کشاورزی در شهرستان مرودشت نتیجه گرفت که کشت‌هایی با مصرف آب بالا و بازده اقتصادی پایین مانند چغندرقند از الگوی کشت منطقه حذف و کشت‌هایی نظیر خیار و ذرت علوفه‌ای و یا تناوب یکساله‌ای و کشت‌های بومی همانند گندم و جو و صیفی‌جاتی مانند گوجه‌فرنگی جایگزین شود.

در اکثر مطالعات انجام‌شده در زمینه میزان بهره‌وری آب، تنها بهره‌وری فیزیکی بررسی شده و به بهره‌وری آب اقتصادی توجهی نشده است. در این تحقیق، محاسبه بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای و علوفه‌ای در شهرستان‌های مختلف استان همدان از نظر فیزیکی و اقتصادی توأم انجام شده که نقطه قوت این پژوهش محسوب می‌شود و امکان رتبه‌بندی شهرستان‌های مختلف را از نظر شاخص‌های مختلف بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی فراهم می‌آورد.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه شامل شهرستان‌های نهاوند، اسدآباد، تویسرکان (از نظر کشت ذرت دانه‌ای و علوفه‌ای) و بهار (کشت ذرت علوفه‌ای) در استان همدان طی سال ۱۳۹۶ است. شکل (۱) محدوده جغرافیایی استان همدان را نشان می‌دهد.



شکل ۱- نقشه استان همدان

جامعه آماری در این تحقیق شامل ۴۰۰۱۹ کشاورز است که ذرت دانه‌ای و علوفه‌ای در شهرستان‌های مذکور کشت می‌کنند. با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌ای[1] و رابطه (۱) جمعیت نمونه از این جامعه آماری انتخاب شده است.

$$n = \frac{N \times t^2 \times s^2}{N \times d^2 + t^2 \times s^2} \qquad (۱)$$

در رابطه (۱): n تعداد نمونه مورد نیاز، N تعداد بهره‌برداران در منطقه، t آماره تی‌استیودنت، S واریانس نمونه اولیه و d خطای مورد نظر در برآورد را نشان می‌دهد. به این منظور تعداد ۳۰ پرسشنامه انتخاب و واریانس سطح زیرکشت، ۰/۳۵ محاسبه شد. به این ترتیب با توجه به رابطه (۱) با خطای ۵ درصد، تعداد ۱۸۲ نمونه انتخاب شد.

برای محاسبه بهره‌وری اصولاً از دو روش اقتصادسنجی و روش غیرپارامتری استفاده می‌شود که در این تحقیق از روش ناپارامتری بهره گرفته شده است. شاخص‌های مختلف بهره‌وری آب توسط فائو و کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران معرفی شده است (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲). از جمله این شاخص‌ها که برای نهاده آب در کشاورزی استفاده می‌شوند، شاخص بهره‌وری فیزیکی آب (CPD)[2] است. در این شاخص از رابطه نسبت مقدار محصول تولید شده به مقدار حجم آب مصرفی استفاده می‌شود (رابطه ۲):

$$CPD = \frac{TP}{TW_c} \qquad (۲)$$

در این رابطه، TP میزان محصول تولید شده (کیلوگرم در هکتار) و TWC حجم آب مصرف شده در هکتار است. بنابراین CPD، بهره‌وری آب برحسب کیلوگرم بر مترمکعب است. بدیهی است هر چه میزان CPD در یک گیاه بیشتر باشد نشان‌دهنده مصرف

بهینه آب است. محاسبه این شاخص ساده بوده و مقایسه بیرونی یا بین منطقه‌ای (بین مزارع) و مقایسه درونی (روند زمانی) را میسر می‌سازد (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲).

نوع دیگری از شاخص‌های بهره‌وری جنبه مالی و اقتصادی بهره‌وری را شامل می‌شوند. مفهوم بهره‌وری اقتصادی آب "میزان درآمدی که بهره‌بردار به ازای مقدار آبی که مصرف می‌کند کسب می‌نماید" می‌باشد. به عبارت دیگر تنها مقدار تولید نباید معیار ارزش آب مصرفی قرار گیرد بلکه باید علاوه‌بر مقدار فیزیکی گیاه به ارزش آن نیز توجه کرد. در صورت کسر رابطه (۲) برای تعیین شاخص بهره‌وری اقتصادی آب به جای تولید، ارزش تولید جایگزین می‌شود. در این رابطه از دو شاخص زیر استفاده می‌شود. برای محاسبه شاخص بهره‌وری اقتصادی آب، لازم است ارزش ناخالص (کل) محصول محاسبه شود.

۱- شاخص ارزش ناخالص یا درآمد به ازای هر واحد حجم آب (BPD)[۳]: در این شاخص نسبت ارزش ناخالص به ازای هر واحد حجم آب مصرف‌شده محاسبه می‌شود (رابطه ۳).

$$BPD = \frac{TR}{TW_c} \qquad (۳)$$

در رابطه (۳)، TR کل درآمد حاصل از محصول به ازای هر واحد آب مصرفی است و از حاصلضرب میزان عملکرد در قیمت هر کیلوگرم محصول به دست می‌آید و TWC نیز حجم آب مصرف‌شده در هکتار است. بنابراین BPD، بهره‌وری آب برحسب ریال بر مترمکعب است. این شاخص یکی از معایب شاخص اول یعنی بی‌توجهی به ارزش محصول تولیدی را برطرف می‌کند و برای مقایسه محصولات مختلف می‌تواند استفاده شود؛ اما درنظرنگرفتن هزینه تولید محصول از معایب این شاخص می‌باشد (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲).

۲- ارزش خالص به ازای هر واحد حجم آب (NBPD)[۴]: در این شاخص در صورت کسر، ارزش خالص گنجانده می‌شود:

$$NBPD = \frac{NB}{TW_c} \qquad (۴)$$

در رابطه (۴)، NB ارزش خالص محصول و TWC حجم آب مصرف‌شده در هکتار است. ارزش خالص از تفاضل ارزش ناخالص و هزینه کل به‌دست می‌آید. NBPD برحسب ریال بر مترمکعب است. این شاخص به دلیل استفاده از شاخص خالص به‌جای ارزش ناخالص مناسب‌تر از شاخص BPD است. شاخص NBPD نه تنها میزان ارزش خالص را به ازای واحد حجم آب مصرف‌شده تعیین می‌کند، بلکه اهمیت زیادی در برنامه‌ریزی الگو و ترکیب کشت در مناطق خشک دارد. از این طریق می‌توان منابع کمیاب آب را به کشت‌هایی که با کمترین واحد مصرف آب بالاترین سود را نصیب بهره‌برداران می‌نمایند اختصاص داد. تعیین مقدار ارزش خالص در موقعیت‌های مختلف تنها عیب استفاده از این شاخص می‌باشد (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲).

در این پژوهش حجم آب مصرفی محصولات در نوبت‌های ابتدای فصل (زمان کاشت=اواسط خرداد)، اواسط فصل (مرحله ساقه‌رفتن=اواسط مرداد) و انتهای فصل (یک هفته قبل از برداشت=اواسط مهرماه) اندازه‌گیری شده است. برای هر یک از مزارع اطلاعات تعیین دبی آب ورودی به مزرعه و مدت زمان آبیاری یعنی تعیین شروع و قطع آبیاری در قالب سؤالات زیر به‌دست آمد: ۱- تاریخ آبیاری، ۲- مساحت زمین تحت آبیاری (هکتار)، ۳- دبی آب ورودی به مزرعه (لیتر در ثانیه)، ۴- زمان شروع آبیاری، ۵- زمان پایان آبیاری، ۶- حجم آب آبیاری (مترمکعب در مساحت مورد نظر)، ۷- حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار).

مقادیر عملکرد تولیدی و هزینه‌ها بوسیله تکمیل پرسشنامه توسط کشاورزان به دست آمد. قیمت هر کیلوگرم ذرت دانه‌ای و ذرت علوفه‌ای معادل با قیمت خرید تضمینی به ترتیب ۱۰۱۲۴ و ۲۹۵۹ ریال در نظر گرفته شد. با مشخص شدن موارد فوق، بهره‌وری فیزیکی و در نهایت بهره‌وری اقتصادی آب محاسبه شد.

نتایج و بحث

با نظرخواهی از کارشناسان اقتصاد کشاورزی، زراعت و آبیاری، روایی محتوایی و صوری پرسشنامه تأیید شد. برای تعیین میزان یکسان بودن نتایج پرسشنامه (پایایی) یک نمونه ۳۰ تایی آن را تکمیل کردند و مقدار آلفای کرونباخ برای ذرت دانه‌ای و علوفه‌ای به ترتیب ۰/۸۷ و ۰/۸۵ به‌دست آمد. مقادیر نسبتاً بالای این ضریب نشان می‌دهد که پرسشنامه مذکور پایایی لازم را دارد. با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌ای، از جامعه آماری ذرت کاران استان همدان ۹۴ نمونه (روش آبیاری سنتی) و ۸۸ نمونه (روش آبیاری مدرن) انتخاب شدند.

• ذرت دانه‌ای

در جدول (۱)، میزان آب مصرف شده در کشت ذرت دانه‌ای برای سامانه‌های آبیاری سنتی و مدرن به تفکیک هر شهرستان ارائه شده است. با توجه به میزان بالای عملکرد، بیشترین میزان ارزش ناخالص در هر دو سامانه آبیاری متعلق به منطقه اسدآباد است.

همچنین هزینه‌های تولید ذرت شامل هزینه‌های مرحله قبل از کاشت (آماده‌سازی زمین)، مرحله کاشت، مرحله داشت و مرحله برداشت و هزینه مربوط به زمین محاسبه و در جدول (۲) ارائه شده است. لازم به ذکر است به دلیل تفاوت در میزان دستمزد کارگر و سایر هزینه‌ها میزان هزینه کل در شهرستان‌های مختلف متفاوت است. بیشترین میزان ارزش خالص در هر دو سامانه آبیاری متعلق به منطقه اسدآباد است. با توجه به میزان عملکرد و آب مصرفی (جدول ۱) و مقادیر ارزش خالص محصول (جدول ۲) شاخص بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب محاسبه و در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۱- میزان مصرف آب، عملکرد و ارزش ناخالص ذرت دانه‌ای در دو سامانه سنتی و مدرن

	آبیاری سنتی			آبیاری مدرن		
	مصرف آب (مترمکعب)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	ارزش ناخالص (هزارریال در کیلوگرم)	مصرف آب (مترمکعب)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	ارزش ناخالص (هزارریال در کیلوگرم)
استان	۹۲۰۵	۷۶۳۴	۷۷۲۸۶/۶	۷۴۷۹	۸۰۹۲	۸۱۹۲۳/۴
نهاوند	۷۰۴۶	۸۱۷۶	۸۲۷۷۳/۸	۵۷۲۵	۸۶۶۶/۶	۸۷۷۴۰/۲
تویسرکان	۱۰۲۶۱	۷۰۰۰	۷۰۸۶۸	۸۳۳۷	۷۴۲۰	۷۵۱۲۰/۱
اسدآباد	۷۳۳۸	۱۱۶۲۵	۱۱۷۶۹۱/۵	۵۹۶۲	۱۴۱۸۲	۱۴۳۵۷۸/۶

جدول ۲- ارزش خالص محصول ذرت دانه‌ای در دو سامانه سنتی و مدرن (هزار ریال در کیلوگرم)

	آبیاری سنتی			آبیاری مدرن		
	ارزش ناخالص	هزینه کل	ارزش خالص	ارزش ناخالص	هزینه کل	ارزش خالص
استان	۷۷۲۸۶/۶	۵۱۰۶۰	۲۶۲۲۶/۶	۸۱۹۲۳/۴	۵۴۵۱۰	۲۷۴۱۳/۴
نهاوند	۸۲۷۷۳/۸	۵۱۳۰۱/۵	۳۱۴۷۲/۳	۸۷۷۴۰/۲	۵۴۷۵۱/۵	۳۲۹۸۸/۷
تویسرکان	۷۰۸۶۸	۴۶۹۷۷/۵	۲۳۸۹۰/۵	۷۵۱۲۰/۱	۵۰۴۲۷/۵	۲۴۶۹۲/۶
اسدآباد	۱۱۷۶۹۱/۵	۷۶۶۰۱/۵	۴۱۰۹۰	۱۴۳۵۷۸/۶	۸۰۰۵۱/۵	۶۳۵۲۷/۱

جدول ۳- میانگین بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای در دو سامانه سنتی و مدرن

	آبیاری سنتی			آبیاری مدرن		
	CPD (کیلوگرم بر مترمکعب)	BPD (ریال بر مترمکعب)	NBPD (ریال بر مترمکعب)	CPD (کیلوگرم بر مترمکعب)	BPD (ریال بر مترمکعب)	NBPD (ریال بر مترمکعب)
استان	۰/۸۲(۴)	۸۳۹۶(۴)	۲۸۴۹(۴)	۱/۰۸(۴)	۱۰۹۵۴(۴)	۳۶۶۵(۴)
نهاوند	۱/۱۶(۱)	۱۱۷۴۸(۱)	۴۴۶۶(۱)	۱/۵۱(۲)	۱۵۳۲۶(۲)	۵۷۶۲(۲)
تویسرکان	۰/۹۵ (۳)	۹۶۵۸(۳)	۳۲۵۵(۳)	۱/۲۴ (۳)	۱۲۶۰۰(۳)	۴۱۴۱(۳)
اسدآباد	۱/۱۳(۲)	۱۱۴۷۰(۲)	۴۰۰۴(۲)	۱/۷(۱)	۱۷۲۲۲(۱)	۷۶۱۹(۱)

(اعداد داخل پرانتز رتبه هر شهرستان را نسبت به هر شاخص نشان می‌دهد)

شاخص CPD براساس بهره‌وری فیزیکی آب و شاخص‌های BPD و NBPD براساس بهره‌وری اقتصادی آب شهرستان‌ها را رتبه‌بندی می‌کنند. شاخص BPD بالاترین ارزش ناخالص تولیدی به ازای واحد آب مصرفی را در بین شهرستان‌ها را نشان می‌دهد. براساس این شاخص در شرایط استفاده از روش‌های سنتی آبیاری نهاوند، اسدآباد، تویسرکان در رتبه‌های اول تا سوم قرار می‌گیرند. در شرایط استفاده از روش‌های مدرن آبیاری شهرستان اسدآباد در رتبه اول و شهرستان نهاوند در رتبه دوم می‌باشند.

در مزارع ذرت دانه‌ای در سطح استان میزان بهره‌وری فیزیکی آب (CPD) در روش آبیاری مدرن نسبت به روش سنتی، که در جدول (۳) ارائه شده است، ۰/۲۶ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب بیشتر است، که نشان می‌دهد میزان تولید محصول به ازای هر مترمکعب آب مصرفی در شرایط آبیاری مدرن ۲۵ درصد بیش از شرایط آبیاری سنتی است. ترتیب شهرستان‌ها در دو روش آبیاری کمی متفاوت است. در روش آبیاری سنتی کمترین بهره‌وری آب متعلق به تویسرکان با ۰/۹۵ و بیشترین بهره‌وری آب متعلق به نهاوند با ۱/۱۶ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب است. درحالی‌که درروش آبیاری مدرن کمترین بهره‌وری آب متعلق به تویسرکان با ۱/۲۴ و بیشترین بهره‌وری آب متعلق به اسدآباد با ۱/۷ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب است. درصورتی‌که عملکرد محصول به ازای واحد آب مصرفی مورد توجه باشد، پایین‌بودن شاخص بهره‌وری فیزیکی آب در سامانه آبیاری سنتی نسبت به میانگین کشوری (۱/۱۹ کیلوگرم بر مترمکعب) بیان می‌کند که زراعت ذرت دانه‌ای به روش سنتی باید از الگوی کشت در سطح استان حذف شود. لازم به ذکر است میانگین بهره‌وری مصرف آب هر سه شهرستان مورد مطالعه در سامانه آبیاری مدرن بیش از میانگین کشوری و مقدار بیان شده توسط Montazar و Kosari (۲۰۰۷) است که تأثیر سودمند به کارگیری سامانه آبیاری مدرن در استفاده بهینه از منابع آبی را نشان می‌دهد. با توجه به فاصله زیاد با میانگین جهانی بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای (۱/۸ کیلوگرم بر مترمکعب)، لزوم تلاش بیشتر برای استفاده بهینه از منابع آبی احساس می‌شود.

مقایسه بهره‌وری اقتصادی آب با استفاده از شاخص NBPD در دو روش آبیاری سنتی و مدرن نشانگر بهره‌وری بالاتر آبیاری مدرن به میزان ۸۱۶ ریال به ازای هر مترمکعب آب (حدوداً ۲۲/۳ درصد) نسبت به آبیاری سنتی است. درحالی‌که در دو روش آبیاری سنتی و مدرن شهرستان تویسرکان به ترتیب با ۳۲۵۵ و ۴۱۴۵ ریال به ازای هر مترمکعب آب ازنظر بهره‌وری آب در رتبه آخر قرار دارد بالاترین رتبه از نظر روش آبیاری سنتی و آبیاری مدرن با ۴۴۶۶ و ۷۶۱۹ ریال به ازای هر مترمکعب آب به ترتیب متعلق به شهرستان‌های نهاوند و اسدآباد است. در هر یک از سامانه‌های آبیاری سنتی و مدرن تناسب کامل میان رتبه‌بندی شهرستان‌ها از نظر شاخص‌های سه‌گانه بهره‌وری آب وجود دارد (جدول ۳). این شباهت بیش از همه در مورد تویسرکان مشهود است به‌طوری‌که در هر دو سامانه آبیاری سنتی و مدرن در رتبه سوم قرارگرفته است.

• ذرت علوفه‌ای

در جدول (۴) میزان آب مصرفی و عملکرد ذرت علوفه‌ای در سامانه‌های آبیاری سنتی و مدرن به تفکیک هر شهرستان ارائه شده است. با توجه به عملکرد بالا، بیشترین میزان ارزش ناخالص در هر دو سامانه آبیاری متعلق به منطقه بهار است.

هزینه‌های تولید و ارزش خالص محصول نیز در جدول (۵) ارائه شده است. بیشترین میزان ارزش خالص در هر دو سامانه آبیاری متعلق به منطقه بهار است.

مقادیر بهره‌وری فیزیکی (شاخص CPD) و اقتصادی آب (شاخص‌های BPD و NBPD) در کشت ذرت علوفه‌ای به تفکیک منطقه در جدول (۶) ارائه شده است. براساس شاخص BPD در هر دو روش آبیاری سنتی و مدرن، شهرستان‌های نهاوند، تویسرکان، بهار و اسدآباد به ترتیب در رتبه‌های اول تا چهارم قرار می‌گیرند.

جدول ۴- میزان مصرف آب، عملکرد و ارزش ناخالص ذرت علوفه‌ای در دو سامانه سنتی و مدرن

	آبیاری سنتی			آبیاری مدرن		
	مصرف آب (مترمکعب)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	ارزش ناخالص (هزارریال در کیلوگرم)	مصرف آب (مترمکعب)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	ارزش ناخالص (هزارریال در کیلوگرم)
استان	۸۴۹۹	۴۳۵۰۷	۱۲۸۷۳۷/۲	۶۹۰۶	۴۶۱۱۷	۱۳۶۴۶۰/۲
نهاوند	۶۷۲۳	۳۶۸۳۴	۱۰۸۹۹۱/۸	۵۴۶۲	۳۹۰۴۴	۱۱۵۵۳۱/۳
تویسرکان	۱۱۵۶۹	۳۹۴۵۳	۱۱۶۷۴۱/۴	۹۴۰۰	۴۱۸۲۰	۱۲۳۷۴۵/۴
اسدآباد	۷۷۲۱	۴۰۷۳۶۳	۱۲۰۶۱۷/۷	۶۲۷۳	۴۹۷۳۰	۱۴۷۱۵۱/۱
بهار	۱۲۸۴۶	۵۳۰۲۰	۱۵۶۸۸۶/۲	۱۰۴۳۷	۶۴۶۸۴	۱۹۱۳۹۹/۹

جدول ۵- ارزش خالص محصول ذرت علوفه‌ای در دو سامانه سنتی و مدرن (هزار ریال در کیلوگرم)

	آبیاری سنتی			آبیاری مدرن		
	ارزش ناخالص	هزینه کل	ارزش خالص	ارزش ناخالص	هزینه کل	ارزش خالص
استان	۱۲۸۷۳۷/۲	۶۳۴۸۰	۶۵۲۵۷/۲	۱۳۶۴۶۰/۲	۶۶۹۳۰	۶۹۵۳۰/۲
نهاوند	۱۰۸۹۹۱/۸	۵۴۶۱۳/۵	۵۴۳۷۸/۳	۱۱۵۵۳۱/۳	۵۸۰۶۳/۵	۵۷۴۶۷/۸
تویسرکان	۱۱۶۷۴۱/۴	۵۷۷۶۴/۵	۵۸۹۷۶/۹	۱۲۳۷۴۵/۴	۶۱۲۱۴/۵	۶۲۵۳۰/۹
اسدآباد	۱۲۰۶۱۷/۷	۵۹۶۷۳/۵	۶۰۹۴۴/۲	۱۴۷۱۵۱/۱	۶۳۱۲۳/۵	۸۴۰۲۷/۶
بهار	۱۵۶۸۸۶/۲	۷۷۴۴۱	۷۹۴۴۵/۲	۱۹۱۳۹۹/۹	۸۰۸۹۱	۱۱۰۵۰۸/۹

جدول ۶- میانگین بهره‌وری آب ذرت علوفه‌ای در دو سامانه سنتی و مدرن

	آبیاری سنتی			آبیاری مدرن		
	CPD (کیلوگرم بر مترمکعب)	BPD (ریال بر مترمکعب)	NBPD (ریال بر مترمکعب)	CPD (کیلوگرم بر مترمکعب)	BPD (ریال بر مترمکعب)	NBPD (ریال بر مترمکعب)
استان	۵/۱۱(۲)	۱۵۱۴۷(۲)	۷۶۷۸(۲)	۶/۶۷(۲)	۱۹۷۶۰(۲)	۱۰۰۶۸(۳)
نهاوند	۵/۴۷(۱)	۱۶۲۱۲(۱)	۸۰۸۸(۱)	۷/۱۴(۱)	۲۱۱۵۲(۱)	۱۰۵۲۱(۲)
تویسرکان	۵/۱۰(۳)	۱۵۱۲۰(۳)	۷۶۳۸(۳)	۶/۶۶(۳)	۱۹۷۲۷(۳)	۹۹۶۸(۴)
اسدآباد	۳/۵۲(۵)	۱۰۴۲۶(۵)	۵۲۶۷(۵)	۵/۲۹(۵)	۱۵۶۵۴(۵)	۸۹۳۹(۵)
بهار	۴/۸۲ (۴)	۱۲۲۱۳(۴)	۶۱۸۴(۴)	۶/۱۹ (۴)	۱۸۳۳۸(۴)	۱۰۵۸۷(۱)

(اعداد داخل پرانتز رتبه هر شهرستان را نسبت به هر شاخص نشان می‌دهد)

در مزارع ذرت علوفه‌ای در سطح استان میزان بهره‌وری فیزیکی آب (CPD) در روش آبیاری مدرن نسبت به روش سنتی ۱/۵۶ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب بیشتر است (جدول ۶). میزان تولید محصول به ازای هر مترمکعب آبی مصرفی در شرایط آبیاری مدرن ۲۳/۴ درصد بیش از شرایط آبیاری سنتی است. در هر دو روش آبیاری سنتی و مدرن، شهرستان اسدآباد به ترتیب ۳/۵۲ و ۵/۲۹ کیلوگرم محصول به ازای هر مترمکعب آب در رتبه آخر و شهرستان نهاوند به ترتیب ۵/۴۷ و ۷/۱۴ کیلوگرم محصول به ازای هر مترمکعب آب در رتبه اول قرار گرفته است. بالاتر بودن میزان بهره‌وری فیزیکی آب در هر دو روش آبیاری سنتی و مدرن در سطح استان و شهرستان‌ها نسبت به میانگین کشوری این شاخص برای محصولات مختلف نشان‌دهنده بهره‌وری بالای مصرف آب در زراعت ذرت علوفه‌ای است. لازم به ذکر است در ذرت علوفه‌ای تمام سطح سبز گیاه برداشت می‌شود بنابراین بهره‌وری بالا طبیعی به نظر می‌رسد. با توجه به اینکه میزان ۶/۱ کیلوگرم محصول به ازای هر مترمکعب آب به‌عنوان میزان متعارف شاخص بهره‌وری آب در ذرت علوفه‌ای دانسته می‌شود (غالبی،۱۳۹۵)، بهره‌گیری از سامانه آبیاری مدرن در سطح استان و اکثر شهرستان‌ها (به‌جز شهرستان اسدآباد) تأثیر زیادی بر استفاده بهینه از منابع آبی داشته است، به‌طوری‌که به میزان قابل‌توجهی از مقدار گزارش شده توسط وظیفه دوست و همکاران (۱۳۸۷) بیشتر است، و نسبت به مقدار اعلام شده توسط کنعانی و همکاران (۱۳۹۴) اندکی پایین‌تر است که می‌تواند به دلیل تفاوت میان ارقام کاشت شده و یا نوع سامانه آبیاری تحت فشار باشد.

مقایسه بهره‌وری اقتصادی آب براساس شاخص NBPD در دو روش آبیاری سنتی و مدرن (جدول۶) نشانگر بهره‌وری بالاتر آبیاری مدرن به میزان۲۳۹۰ریال به ازای هر مترمکعب آب (حدوداً ۲۴ درصد) نسبت به آبیاری سنتی است. درحالی‌که در دو روش آبیاری سنتی و مدرن شهرستان اسدآباد با به ترتیب ۵۲۶۷ و ۸۹۳۹ ریال به ازای هر مترمکعب آب از نظر بهره‌وری آب در رتبه آخر قرار دارد. بالاترین رتبه در روش آبیاری سنتی و آبیاری مدرن با ۸۰۸۸ و ۱۰۵۸۷ریال به ازای هر مترمکعب آب به ترتیب متعلق به شهرستان‌های نهاوند و بهار است.

در آبیاری سنتی تناسب کامل میان رتبه‌بندی شهرستان‌ها از نظر شاخص‌های سه‌گانه بهره‌وری آب مشاهده می‌شود، در آبیاری مدرن شرایط متفاوت است و رتبه‌بندی شهرستان‌ها از نظر شاخص‌های سه‌گانه برای شهرستان اسدآباد کاملاً یکسان است. در آبیاری مدرن شهرستان بهار درحالی‌که از نظر دو شاخص CPD و BPD در رتبه نازل چهارم قرار دارد در شاخص NBPD در رتبه نخست قرار می‌گیرد. این امر بیش از همه به سبب میزان بالای عملکرد ذرت علوفه‌ای در این شهرستان است که با میزان حدود ۶۵ تن در هکتار به میزان محسوسی بالاتر از میانگین کشور (۵۱ تن در هکتار) است که سبب افزایش قابل توجه ارزش کل محصول در این شهرستان شده است. با توجه به پایین بودن بهره‌وری فیزیکی آب در این شهرستان استفاده از هیبریدهای زودرس ذرت در این منطقه توصیه می‌شود. زیرا این هیبریدها نیاز آبی کمتری نسبت به هیبریدهای متداول دیررس دارند و با توجه به زودرس بودن سرما در منطقه بهار نسبت به مناطق نهاوند، تویسرکان و اسدآباد امکان برداشت سریعتر آن‌ها مهیا است.

نتیجه‌گیری

با توجه به مقادیر پایین بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در زراعت ذرت دانه‌ای و علوفه‌ای با سامانه آبیاری سنتی پیشنهاد می‌شود تا حد امکان گیاه با سامانه‌های آبیاری سنتی آبیاری نشود و از سامانه‌های آبیاری مدرن استفاده شود. نتایج حاصل نشان‌دهنده برابری نسبی تفاوت میزان بهره‌وری فیزیکی آب در سطح استان در دو سامانه آبیاری مدرن و سنتی در هر دو محصول ذرت دانه‌ای و علوفه‌ای است. بنابراین می‌توان گفت که استفاده از سامانه‌های آبیاری مدرن به یک اندازه سبب صرفه‌جویی در مصرف آب در دو محصول ذرت دانه‌ای و علوفه‌ای شده است. برای ذرت دانه‌ای با سامانه آبیاری مدرن، اولویت مناطق بر اساس شاخص‌های سه‌گانه به ترتیب اسدآباد، نهاوند و تویسرکان می‌باشد. برای کشت ذرت علوفه‌ای با سامانه آبیاری مدرن، درحالی‌که رتبه‌بندی مناطق براساس شاخص CPD و BPD به ترتیب نهاوند، تویسرکان، بهار و اسدآباد است با توجه به اینکه بهترین شاخص برای بررسی آب کشاورزی NBPD یا ارزش خالص به ازا واحد آب مصرفی است مناطق بهار، نهاوند، تویسرکان و اسدآباد به ترتیب مستعدترین مناطق برای کشت ذرت علوفه‌ای هستند. با توجه به اینکه ذرت علوفه‌ای در شهرستان اسدآباد حتی در شرایط آبیاری مدرن بر اساس هر سه شاخص در رتبه آخر قرار می‌گیرد و از نظر شاخص CPD نیز کمتر از حد مطلوب کشور (۶/۱ کیلوگرم بر مترمکعب) است بنابراین کشت ذرت علوفه‌ای در این منطقه چندان توجیهی ندارد و با جایگزین کردن ارقام جدید داخلی و خارجی که شاخص برداشت بالاتری دارند و یا استفاده از روش‌های به‌زراعی جدید مانند کشت نشایی و یا افزایش راندمان آبیاری با استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای (تیپ) به‌جای آبیاری بارانی (عباسی و همکاران، ۱۳۹۶) آب مصرفی کاهش و در مقابل عملکرد در واحد سطح افزایش خواهد یافت. شرایط مطلوب کشت ذرت علوفه‌ای در شهرستان‌های مورد مطالعه در استان همدان از نظر میزان مصرف آب و عملکرد علوفه تولیدی نسبت به میانگین کشور پتانسیل بالای مناطق غربی این استان برای کشت ذرت علوفه‌ای را بیان می‌کند. به‌خصوص با توجه به اینکه تعداد بالای واحدهای صنعتی دامپروری در سطح استان همدان (با ۳۴۹ واحد پرورش گاو شیری،

رتبه پنجم تولید شیر کشور را دارد) (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۵) گسترش کشت ذرت علوفه‌ای می‌تواند نه تنها نیاز این واحدها به علوفه را تأمین کند بلکه در تأمین علوفه مورد نیاز استان‌های مجاور نیز نقش داشته باشد.

پی‌نوشت

1- Ratio Stratified Random Sampling
2- Crop per Drop
3- Benefit per Drop
4- Net Benefit per Drop

منابع

احسانی، م. و خالدی، ه. ۱۳۸۲. بهره‌وری آب کشاورزی. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران (وزارت نیرو)، تهران.

جوان، ج. و فال سلیمان، م. ۱۳۸۷. بحران آب و لزوم توجه به بهره‌وری آب کشاورزی در نواحی خشك (مطالعه موردی: دشت بیرجند). مجله جغرافیا و توسعه، ۱۱: ۱۳۸-۱۱۵.

جعفری، ع.م. و رضوانی، س. م. ۱۳۸۳. ارزیابی فنی و اقتصادی سامانه‌های آبیاری بارانی اجرا شده در مزارع سیب‌زمینی در استان‌های همدان و اصفهان. گزارش نهایی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان.

حیدری، ن. و حقایقی، الف. ۱۳۸۵. کارایی مصرف آب آبیاری محصولات عمده مناطق مختلف کشور. اولین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه چمران، اهواز.

حیدری، ن.، دهقانی سانیج ح. و علائی‌تفتی، م. ۱۳۹۵. مدیریت تقاضا و مصرف آب کشاورزی در ایران. ناشر کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران.

روستا، ا. ۱۳۸۹. بررسی بهره‌وری آب کشاورزی در مناطق دچار خشکسالی مطالعه موردی شهرستان مرودشت. پنجمین همایش ملی ایده‌های نو در کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان.

سلامی، ح.ا. ۱۳۷۶. مفاهیم و اندازه‌گیری بهره‌وری در کشاورزی. فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۷: ۱۸-۳۱.

عباسی، ف.، عباسی، ن. و توکلی، ع. ۱۳۹۶. بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ چالش‌ها و چشم‌اندازها. فصلنامه آب و توسعه پایدار، ۴(۱):۱۴۱-۱۴۴.

غالبی، س. ۱۳۹۵. بررسی و ارزیابی نقش مدیریت‌های مختلف آبیاری بر کارایی مصرف آب در سطح بهره‌برداران ذرت‌کار استان قزوین. گزارش نهایی. نشریه شماره ۲۰۵۷. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

کنعانی، ا.، اخوان، س. و دهقانی‌سانیج، ح. ۱۳۹۴. بررسی عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت علوفه‌ای در روش آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی، کنفرانس و نمایشگاه مهندسی آب. شرکت همایش فرازان، تهران.

وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۵. آمارنامه کشاورزی (جلد اول). معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.

وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۵. آمارنامه کشاورزی (جلد دوم). معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.

وزارت نیرو، ۱۳۹۴. گزارش سالانه منابع آب زیرزمینی دشت همدان-بهار. دفتر مطالعات منابع آب استان همدان. شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان همدان.

وظیفه‌دوست، م.، علیزاده، ا.، کمالی، غ. و فیضی، م. ۱۳۸۷. افزایش بهره‌وری آب کشاورزی در مزارع تحت آبیاری. منطقه برخوان اصفهان. مجله آب و خاك (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۲(۲): ۴۸۴-۴۹۵.

FAO. 2003. Irrigation in the Middle East region in figures, UN.

FAO. 2015. Fao's global information system on water and agriculture.

Kledzik R., Kropkowski M., Dudek S., Kuśmierek-Tomaszewska R. and Żarski J. 2017. Evaluation of economic efficiency of irrigation in corn for grain production in 2005-2016. Infrastructure and Ecology of Rural Areas, 2(1): 587–598.

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

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

Sadras V.O., Grassini P. and Steduto P. 2011. Status of water use efficiency of main crops. The state of world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW). FAO, Rome and Earthscan, London. Available from http://www. fao. org/fileadmin/templates/solaw/files/thematic_reports/TR_07_web.

Zwart S.J. and 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.