

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی آب مجازی و شاخص‌های بهره‌وری آب در مزارع گوجه‌فرنگی استان همدان

حجت علیخانی مهوار^{۱*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۱۹

چکیده

با توجه به کمبود آب در نقاط مختلف کشور، تعیین و ارزیابی مقدار آب مجازی و بهره‌وری آب، در محصولات مهم زراعی، لازم و ضروری به نظر می‌رسد. در این پژوهش به محاسبه و بررسی سه شاخص آب مجازی (VW)، بهره‌وری فیزیکی (WP) و بهره‌وری اقتصادی (NBPD) محصول گوجه‌فرنگی در سال زراعی ۱۴۰۱، در استان همدان پرداخته شد. عملکرد محصول، هزینه و درآمد حاصله، مقدار آب مصرفی و نیاز آبیاری گوجه‌فرنگی در مزارع شهرستان‌های استان، جمع‌آوری و محاسبه شد. نتایج تحقیق نشان داد بیشترین مقدار شاخص (VW) گوجه‌فرنگی ۴۴۳/۳ لیتر بر کیلوگرم مربوط به شهرستان همدان و کمترین مقدار آن برابر با ۱۴۶/۲ لیتر بر کیلوگرم مربوط به شهرستان رزن می‌باشد و با در نظر گرفتن مساحت زیرکشت این محصول در شهرستان‌های مختلف استان، بطور میانگین و برای کل استان، مقدار این شاخص برابر با ۲۶۰/۶ لیتر بر کیلوگرم شد. همچنین بیشترین مقدار شاخص (WP) گوجه‌فرنگی ۶/۸۴ کیلوگرم بر مترمکعب، مربوط به شهرستان رزن و کمترین مقدار آن برابر با ۲/۲۶ کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به شهرستان همدان می‌باشد و با در نظر گرفتن مساحت زیرکشت این محصول در شهرستان‌های مختلف استان، بطور میانگین و برای کل استان، مقدار این شاخص برابر با ۳/۸۴ کیلوگرم بر مترمکعب شد. شاخص محاسباتی (NBPD) نیز در شهرستان رزن بیشترین مقدار را داشت که برابر با ۷۸/۸ هزار ریال بر مترمکعب و در شهرستان همدان کمترین مقدار و برابر با ۴۵/۴- هزار ریال بر مترمکعب بود. این شاخص نیز با در نظر گرفتن مساحت زیرکشت گوجه‌فرنگی در شهرستان‌های مختلف استان، بطور میانگین و برای کل استان، محاسبه و مقدار آن برابر با ۴/۱- هزار ریال بر مترمکعب شد.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری اقتصادی، بهره‌وری فیزیکی، عملکرد، هزینه و درآمد

مقدمه

(Motovic et al., 2016). اهمیت این نهاده در ایران به دلایل محدودیت منابع آب از یک سو و مصرف حجم قابل توجهی از منابع آبی در بخش کشاورزی از سوی دیگر، دوچندان می‌باشد. یکی از موثرترین راهکارهای مقابله با بحران آب و افزایش کمی و کیفی تولیدات در بخش کشاورزی، افزایش راندمان آبیاری و مهم‌تر از آن بهبود بهره‌وری مصرف آب می‌باشد (سیدان و همکاران، ۱۳۹۷). از این رو بهره‌وری آب کشاورزی یکی از مهمترین موضوعاتی است که در سالهای اخیر مورد توجه مجامع علمی مرتبط با آبیاری و کشاورزی قرار گرفته است (باغبانیان و همکاران، ۱۳۹۹). عصاره اصلی و ساختار بنیادی مفهوم بهره‌وری آب کشاورزی، استفاده صحیح از آب به همراه افزایش تولید محصولات کشاورزی است (Tang et al., 2018). بهره‌وری آب به مقدار محصولی گفته می‌شود که از هر واحد حجم آب مصرفی به دست می‌آید (عباسی و همکاران، ۱۳۹۶). هدف اصلی در بهبود بهره‌وری آب کشاورزی در جهان، افزایش بیشتر محصولات

ثابت بودن مقدار آب کره زمین در مقابل افزایش جمعیت و احتیاج روز افزون انسان‌ها به آب، وابستگی بیشتر به این ماده حیاتی را به دنبال خواهد داشت. با گذشت زمان، آب به شکل یک کالای کمیاب در آمده که این موضوع نه تنها از مسائل مهم کشورهای کم بارشی نظیر ایران است، بلکه از دغدغه‌های سایر کشورهای پرآب نیز محسوب می‌گردد (پرواز و همکاران، ۱۴۰۱). مقدار آب مورد استفاده در کشاورزی مهم و قابل توجه بوده و صرفه جویی در این بخش ممکن است به عنوان راهکاری موثر برای جبران کمبود آب، باشد

۱- مربی پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران

(* نویسنده مسئول: h.alikhani2020.m@gmail.com)

کشاورزی با مصرف آب کمتر است تا از این طریق امکان کاهش سهم آب بخش کشاورزی و تخصیص بیشتر آب به سایر مصارف و از همه مهمتر نیاز آبی محیط‌زیست تامین شود (مرسلی و همکاران، ۱۳۹۶). در واقع می‌توان اذعان داشت، موضوع ارتقای بهره‌وری آب در تولید مواد غذایی از مسائل اساسی در کشورهای مختلف جهان و بخصوص کشورهای کم‌آب نظیر ایران است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۶). لذا پرداختن به موضوع اندازه‌گیری و تحلیل شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی در ایران به علت محدودیت کمی و کیفی این نهاد ارزشمند، از جایگاه خاصی برخوردار است.

علاوه بر اهمیت و بررسی شاخص‌های بهره‌وری آب، استفاده از مفهوم آب مجازی در فرایند مدیریت منابع آب، نقش مهم و بسزایی در جهت برقراری موازنه در عرضه و تقاضای این نهاد کمیاب و در نتیجه صرفه جویی و مصرف بهینه منابع آب خواهد داشت. بحث درباره آب مجازی ابتدا توسط آلان در دهه ۱۹۹۰ طرح و به عنوان آبی که برای تولید یک واحد محصول استفاده شده است، تعریف گردید (Allan, ۱۹۹۷). تحلیل اصلی آلان بیشتر معطوف به تحلیل تنش‌های سیاسی ناشی از کمبود آب در منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا بود. آب مجازی مقدار آبی است که یک فراورده کشاورزی از ابتدایی‌ترین مرحله تا انتهای مراحل تولید مصرف می‌کند و از آن با عنوان‌هایی نظیر آب مجازی، آب تعبیه‌شده و یا آب بیرونی نیز یاد شده است (Hoekstra, ۲۰۰۳). در حقیقت مفهوم آب مجازی به مجموع آب استفاده‌شده در زنجیره تولید اشاره دارد. مقدار آب مجازی یک محصول، می‌تواند به عنوان حجمی از آب تعریف شده باشد که برای تولید محصول در محل مصرف، مورد نیاز است (Allan, ۲۰۰۳). بسیاری از کارشناسان توصیه می‌کنند که از تعریف محل تولید در تعریف آب مجازی بهره برده شود. چرا که شرایط اقلیمی، مکان و زمان تولید، مدیریت و برنامه‌ریزی و نهایتاً فرهنگ و عادات مردم، از عوامل موثر در میزان آب مجازی بوده و این عوامل در محل‌های تولید مختلف، دارای شرایط و کیفیت متفاوتی می‌باشند. بنابراین مقدار آب مجازی در مناطق مختلف کشور، متفاوت بوده و این مسئله موجب شده تا نیاز به انجام مطالعات برای برآورد مقدار آب مجازی در هر منطقه، امری ضروری باشد. آب مجازی نه تنها در کالاهای کشاورزی، بلکه در کالاهای صنعتی و خدماتی نیز وجود دارد. با این حال در مطالعات مختلف، به تعیین مقدار آب مجازی در محصولات زراعی، توجه بیشتری شده است. طی سال‌های اخیر تحقیقات زیادی با هدف بازبینی و بررسی مقادیر بهره‌وری آب کشاورزی و همچنین تجارت آب مجازی در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است که در ادامه به برخی از این مطالعات اشاره می‌گردد. علیخانی مهرور و همکاران (۱۴۰۳) به منظور مقایسه میزان آب مصرفی، عملکرد و بهره‌وری آب برای محصول گوجه‌فرنگی،

تحت دو سامانه آبیاری قطره‌ای و سطحی، آزمایشی در شش مزرعه آزمایشی در شهرستان رزن، واقع در شمال استان همدان انجام دادند. نتایج نشان داد میانگین مقدار عملکرد و بهره‌وری آب گوجه‌فرنگی در مزارع دارای سامانه آبیاری قطره‌ای و سطحی به ترتیب ۵۴/۱ و ۴۵/۶ تن در هکتار و ۵/۰۵ و ۳/۵۲ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. میانگین میزان بهره‌وری اقتصادی آب به ترتیب برابر با ۶۴ و ۴۵/۲ هزار ریال بر مترمکعب، برای سامانه آبیاری قطره‌ای و سطحی، به دست آمد. قدمی فیروزآبادی و همکاران (۱۳۹۹) سامانه آبیاری قطره‌ای نواری را از نظر فنی و اقتصادی در برخی از مزارع خیار و گوجه فرنگی استان همدان، ارزیابی و متوسط حجم آب مصرفی و بهره‌وری مصرف آب در محصول خیار و گوجه‌فرنگی را به ترتیب ۷۹۴۸ و ۱۰۲۵۵ مترمکعب در هکتار و ۸/۷ و ۷/۲ کیلوگرم بر متر مکعب تعیین نمودند. همچنین تحلیل اقتصادی در این تحقیق نشان داد که استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای در محصولات خیار و گوجه‌فرنگی در کلیه مزارع مورد مطالعه از بازده اقتصادی بالایی برخوردار است. بطوری که میانگین نسبت منفعت به هزینه در مزارع خیار و گوجه‌فرنگی به ترتیب ۲۶/۹ و ۷/۸ محاسبه شد.

عبدی اقدم و همکاران (۱۴۰۱) بهره‌وری آب را برای محصولات مهم زراعی کشت و صنعت و دامپروری مغان بررسی نمودند. نتایج نشان داد بهره‌وری آب حاصل از فعالیت‌های کشاورزی در منطقه مورد مطالعه برای کل محصولات، بر اساس شاخص‌های CPD، BPD و NBPD به ترتیب برابر با ۱/۱۹ کیلوگرم بر مترمکعب، ۱۱۹۴۵ ریال بر متر مکعب و ۸۲۱۶ ریال بر متر مکعب می‌باشد. عباسی و همکاران (۲۰۲۱) با انجام یک پروژه تحقیقاتی اعلام نمودند که در سطح کشور، آبیاری قطره‌ای نواری در مقایسه با آبیاری سطحی، تاثیر بسزایی در افزایش شاخص‌های مدیریت مصرف آب در کشت گوجه‌فرنگی دارد، به طوری که آبیاری قطره‌ای موجب کاهش ۲۵ درصدی آب کاربردی و افزایش راندمان کاربرد آب در مزرعه و بهره‌وری آب آبیاری به ترتیب به میزان ۱۰ و ۱۶ درصد شده است. جلینی و همکاران (۱۴۰۲) در آزمایشی حجم آب کاربردی، عملکرد و بهره‌وری آب گوجه‌فرنگی را در استان خراسان رضوی اندازه‌گیری نمودند. بر اساس نتایج، میزان آب کاربردی، عملکرد و بهره‌وری آب در منطقه تربت جام به ترتیب ۱۳۴۲۴ متر مکعب در هکتار، ۵۰ تن در هکتار و ۳/۸۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب، در منطقه چناران به ترتیب ۱۰۷۸۲ متر مکعب در هکتار، ۶۸ تن در هکتار و ۶/۲۶۶ کیلوگرم بر مترمکعب و در منطقه مشهد به ترتیب ۱۲۲۶۲ متر مکعب در هکتار، ۶۴ تن در هکتار و ۴/۴۱۰ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. همچنین میانگین آب کاربردی، عملکرد و بهره‌وری آب را در کل استان خراسان رضوی در مزارع انتخابی گوجه‌فرنگی به ترتیب برابر با ۱۲۲۴۵ مترمکعب در هکتار، ۶۰ تن در هکتار و ۵/۰۹۶ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آوردند.

فیزیکی و اقتصادی آب محصولات مختلف زراعی و از جمله محصول گوجه‌فرنگی، یک طرح مطالعاتی را انجام دادند. نتایج نشان داد میزان آب مجازی گوجه فرنگی $0/34$ مترمکعب بر کیلوگرم، بهره‌وری فیزیکی آن $3/63$ کیلوگرم بر مترمکعب و بهره‌وری اقتصادی برای این محصول 23370 ریال بر متر مکعب بوده است.

مبارکی و همکاران (۱۴۰۰) در شهرستان اصفهان به منظور برآورد محتوای آب مجازی و بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب محصولات مختلف زراعی و از جمله محصول گوجه‌فرنگی، پژوهشی را انجام دادند. نتایج نشان داد میزان آب مجازی گوجه فرنگی $0/19$ مترمکعب بر کیلوگرم، بهره‌وری فیزیکی آن $5/17$ کیلوگرم بر مترمکعب بوده است. دین‌محمدی و همکاران (۱۴۰۲) در شهرستان های استان کردستان به منظور برآورد محتوای آب مجازی و بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب محصولات مختلف زراعی و از جمله محصول گوجه‌فرنگی، یک طرح مطالعاتی را انجام دادند. نتایج نشان داد میزان آب مجازی گوجه فرنگی $0/21$ مترمکعب بر کیلوگرم، بهره‌وری فیزیکی آن $4/8$ کیلوگرم بر مترمکعب و بهره‌وری اقتصادی برای این محصول 2857 تومان بر متر مکعب در این استان بوده است.

با بررسی منابع مشخص شد میزان آب کاربردی گوجه‌فرنگی در مناطق مختلف و با سامانه‌ها و مدیریت آبیاری گوناگون متغیر می‌باشد. از این رو اطلاع از وضعیت بروز مصرف و بهره‌وری آب مزارع گوجه‌فرنگی می‌تواند به برنامه‌ریزان و مدیران استانی و کشوری کمک نماید تا بتوانند به‌طور موثرتری هم تولید را افزایش داده و هم در مصرف آب صرفه‌جویی نمایند. بنابراین هدف از انجام این تحقیق بررسی وضعیت مزارع گوجه‌فرنگی استان همدان از لحاظ حجم آب کاربردی، عملکرد، بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب و میزان آب مجازی در شرایط زارعین بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر، در استان همدان با مساحت حدود 19491 کیلومتر مربع واقع در غرب کشور ایران انجام شد که از لحاظ موقعیت جغرافیائی بین مدار 33 درجه و 52 دقیقه تا 35 درجه و 44 دقیقه عرض شمالی و 42 درجه و 35 دقیقه تا 47 درجه و 47 دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار دارد. این استان از شهرستان‌های همدان، ملایر، رزن، تویسرکان، نهاوند، کبودآهنگ، اسدآباد، بهار، فامنین و درگزین تشکیل شده است. دمای هوا در این استان از 37 تا -25 درجه سلسیوس در طول سال متغیر بوده و مقدار بارش سالیانه آن بیش از 300 میلی‌متر است (اداره کل هواشناسی استان همدان). در انجام این تحقیق، از سامانه محاسبه نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی کشور به آدرس الکترونیکی <http://www.swri.ir> استفاده شد.

اجاقلو و همکاران (۱۴۰۲) بهره‌وری مصرف آب در مزارع گوجه‌فرنگی را در یک پروژه تحقیقاتی بررسی نمودند. برای این منظور، تعداد 12 مزرعه واقع در استان زنجان انتخاب و مورد مطالعه میدانی قرار گرفت. از طریق اندازه‌گیری پارامترهایی نظیر حجم آب مصرفی در طول فصل آبیاری، عملکرد محصول، هزینه‌های تولید، درآمد ناخالص و خالص، شاخص‌های راندمان کاربرد آب، بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی مصرف آب، به تفکیک هر مزرعه برآورد شد. میانگین حجم آب مصرفی در مزارع گوجه فرنگی در حدود 10669 مترمکعب در هکتار و میانگین شاخص‌های بهره‌وری مصرف آب، سود ناخالص و سود خالص به ترتیب برابر $8/7$ کیلوگرم بر مترمکعب، $94/9$ و $18/1$ هزار ریال بر مترمکعب برآورد شد.

باغبانین و همکاران (۱۳۹۹) آب مجازی و شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی در محصولات عمده زراعی را در شهرستان سقر استان کردستان بررسی نمودند. نتایج نشان داد بهره‌وری فیزیکی آب در محصول گوجه‌فرنگی $2/33$ کیلوگرم بر مترمکعب و مقدار شاخص آب مجازی برابر با $0/3$ مترمکعب بر کیلوگرم می‌باشد. همچنین بهره‌وری اقتصادی و خالص بهره‌وری این شاخص برای محصولات سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی به ترتیب حدود 3900 و 395 تومان در مترمکعب و شاخص بهره‌وری خالص اقتصادی این دو محصول بالغ بر 1420 و 110 - تومان بر متر مکعب شد که بالاترین و پایین‌ترین مقادیر را در بین محصولات مورد مطالعه، به خود اختصاص داده بودند. پیری و همکاران (۱۳۹۹) آب مجازی، آب مصرفی و بهره‌وری مصرف آب را برای محصولات چغندر قند، سیب‌زمینی، ذرت علوفه‌ای و گوجه‌فرنگی، در اقلیم‌های همدان، اهواز، شهرکرد، مشهد و اصفهان بررسی نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد برای محصول گوجه‌فرنگی بیشترین مقدار آب مجازی در شهرکرد (به میزان $0/51$ متر مکعب بر کیلوگرم) بوده است. همچنین با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق، اقلیم همدان با توجه به پائین بودن مقادیر آب مجازی ($0/29$ ، $0/3$ ، $0/19$ و $0/14$ مترمکعب بر کیلوگرم و بالا بودن بهره‌وری مصرف آب ($3/43$ ، $3/3$ ، $5/19$ و $7/46$ کیلوگرم بر مترمکعب) بترتیب برای سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی، چغندر قند و ذرت علوفه‌ای، نسبت به سایر اقلیم‌های مورد مطالعه برای کشت هر چهار محصول مناسب‌تر است.

باسره و همکاران (۱۴۰۳) در شهرستان دهلران (استان ایلام) به منظور برآورد محتوای آب مجازی و بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب محصولات مختلف و از جمله گوجه‌فرنگی، پژوهشی را انجام دادند. نتایج نشان داد میزان آب مجازی گوجه فرنگی $0/49$ مترمکعب بر کیلوگرم، بهره‌وری فیزیکی آن $2/59$ کیلوگرم بر مترمکعب و بهره‌وری اقتصادی برای این محصول $0/04$ میلیون ریال بر متر مکعب می‌باشد. اخوان گیگلو و همکاران (۱۴۰۲) نیز در دشت مغان (استان اردبیل) به منظور برآورد محتوای آب مجازی و بهره‌وری

شد. همچنین مقدار نیاز آبتی خاک که به کمک رابطه (۳) و برای شهرستان‌های مختلف محاسبه شده بود، بین ۰/۰۶ تا ۰/۰۸ بدست آمد. لذا با عنایت به اینکه راندمان آبیاری مورد استفاده و نفوذ عمقی ایجاد شده در این حالت، پاسخگوی نیاز آبتی مورد نیاز بود، بنابراین در محاسبه نیاز ناخالص آبیاری، آب جداگانه‌ای برای آبتی در نظر گرفته نشد.

در ادامه با استفاده از اطلاعات سه مرجع تعیین شده، شامل: ۱- پرسشنامه‌های طراحی و توزیع شده در بین ۴۴ نفر از کشاورزان و زارعین محصول گوجه‌فرنگی در سطح شهرستان‌های استان، ۲- پرسشنامه‌های طراحی و توزیع شده در بین ۱۲ نفر از کارشناسان خیره سازمان جهادکشاورزی استان و مدیریت کشاورزی شهرستان‌های استان و در نهایت ۳- پرسشنامه‌های طراحی و توزیع شده در بین محققان و اعضای هیات علمی (قدیمی فیروزآبادی و همکاران ۱۳۹۹؛ پیری و همکاران ۱۳۹۹؛ علیخانی مهور و همکاران ۱۴۰۳)، میزان آب مصرفی محصول گوجه‌فرنگی در شرایط مدیریت زارعین با میانگین‌گیری از داده‌ها و اطلاعات سه مرجع فوق‌الذکر، به طور جداگانه برای هر شهرستان برآورد و با مقدار آب مورد نیاز واقعی محصول گوجه‌فرنگی (نیاز ناخالص آبیاری محاسباتی) در هر شهرستان مورد مقایسه قرار گرفت. لازم به ذکر است در استان همدان بیش از ۹۵ درصد مزارع کشت گوجه‌فرنگی دارای سامانه آبیاری قطره‌ای (تیپ) و کمتر از ۵ درصد، دارای سامانه آبیاری سطحی هستند (آمارنامه سال ۱۴۰۱ سازمان جهادکشاورزی استان همدان). لذا انتخاب مزارع مطالعاتی برای تکمیل پرسشنامه، با رعایت ۹۵ درصد با سامانه قطره‌ای و ۵ درصد با سامانه آبیاری سطحی انجام شد.

سپس با استخراج میزان عملکرد در واحد سطح، قیمت واحد فروش محصول (هر کیلو ۲۷/۴۲ هزار ریال) و هزینه تولید در واحد سطح محصول گوجه‌فرنگی (۱۲۳۶۰۰۰ هزار ریال در هکتار)، از طریق آمارنامه سال ۱۴۰۱ سازمان جهادکشاورزی استان همدان، سود ناخالص، سود خالص و در نهایت بهره‌وری فیزیکی، آب مجازی و بهره‌وری اقتصادی آب بر اساس روابط (۵)، (۶) و (۷) برآورد گردید.

$$WP = \frac{Y}{V} \quad (5)$$

$$VW = \frac{V}{Y} \quad (6)$$

$$NBPD = \frac{P}{V} \quad (7)$$

در روابط فوق WP بهره‌وری فیزیکی مصرف آب^۱ (برحسب کیلوگرم بر مترمکعب)، Y عملکرد فیزیکی (کل محصول تولیدشده بر حسب کیلوگرم)، V حجم آب مصرف شده (بر حسب مترمکعب)، VW

این سامانه که توسط موسسه تحقیقات خاک و آب در سال ۱۴۰۰ توسعه یافته است، با ایجاد و پشتیبانی بانک‌های اطلاعاتی بسیار خوب و هم‌چنین مجموعه الگوریتم‌های محاسباتی، نیاز آبیاری محصولات مختلف را در اقلیم‌های مختلف و در سطح کشور، تعیین و ارائه می‌نماید.

بانک‌های اطلاعاتی مورد استفاده در این سامانه شامل اطلاعات کامل ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک و اقلیم‌شناسی در سطح کشور، اطلاعات وسیع مربوط به ویژگی‌های خاک در نقاط مختلف ایران، شناسایی و اطلاعات مربوط به فنولوژی و ارقام گیاهان زراعی و باغی در استان‌های مختلف کشور و ... می‌باشد. در این سامانه برای محاسبه نیاز آبی محصولات، از آخرین و بهترین مدل‌های محاسباتی استفاده می‌گردد. این سامانه به کاربر این امکان را می‌دهد تا با انتخاب دوره آماری مورد نظر و محصول مورد کشت، در هر یک از استان‌های کشور، میزان آب مورد نیاز آبیاری را محاسبه نماید.

لذا به کمک سامانه مذکور و روابط (۱) و (۲)، تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET₀)، تبخیر و تعرق محصول گوجه‌فرنگی (ET_C) و نیاز خالص آبیاری محصول گوجه‌فرنگی (In)، به صورت مجزا، در هر یک از شهرستان‌های استان همدان (برای دوره آماری ۱۰ ساله از سال ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۱) محاسبه گردید:

$$ET_C = K_C \cdot ET_0 \quad (1)$$

$$In = ET_C - P_e \quad (2)$$

در این روابط K_C ضریب گیاهی محصول گوجه‌فرنگی (بدون بعد)، P_e بارش موثر در دوره کشت (بر حسب میلی‌متر) و In نیاز خالص آبیاری (بر حسب میلی‌متر) می‌باشند که همگی توسط سامانه محاسبه نیاز آبی، ارائه و در محاسبات استفاده گردید.

در ادامه مقدار نیاز آبتی خاک که به کمک رابطه (۳) و برای شهرستان‌های مختلف محاسبه شد، در این رابطه LR نیاز یا ضریب آبتی، EC_w هدایت الکتریکی آب آبیاری (برحسب میلی موس بر سانتی‌متر) و EC_e هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (برحسب میلی موس بر سانتی‌متر) می‌باشد.

$$LR = EC_w / (SEC_e - EC_w) \quad (3)$$

سپس به کمک رابطه (۴) نیاز ناخالص آبیاری برای محصول گوجه‌فرنگی محاسبه گردید. در این رابطه E_a راندمان کاربرد و I_g نیاز ناخالص آبیاری بر حسب میلی‌متر می‌باشد.

$$I_g = I_n / (E_a * LR) \quad (4)$$

لازم به ذکر است با توجه به اینکه میانگین راندمان کاربرد بر اساس مطالعات و نشریات معتبر (عباسی و همکاران، ۱۳۹۴)، برای محصول گوجه‌فرنگی با سامانه‌های مختلف آبیاری در کل استان همدان، ۸۵ درصد ارائه شده است، لذا در محاسبه نیاز ناخالص آبیاری، مقدار راندمان کاربرد برای محصول مذکور، همین مقدار در نظر گرفته

همانگونه که جدول (۳) نشان می‌دهد میزان بهره‌وری فیزیکی در شهرستان‌های استان بین ۲/۲۶ الی ۶/۸۴ و برای کل استان ۳/۸۴ کیلوگرم بر مترمکعب است. بیشترین میزان بهره‌وری فیزیکی مربوط به شهرستان رزن و کمترین مقدار آن مربوط به شهرستان همدان می‌باشد. عبارتی بطور میانگین در استان همدان به ازای یک متر مکعب آب مصرفی، ۳/۸۴ کیلوگرم محصول گوجه‌فرنگی تولید می‌شود. بهره‌وری فیزیکی محاسباتی در جدول (۳) تطابق نسبی خوبی با سایر مطالعات مشابه در استان همدان و سایر استانها دارد (یاسره و همکاران ۱۴۰۲؛ جلینی و همکاران ۱۳۹۹؛ باغبانیان و همکاران ۱۳۹۹؛ اخوان گیگلو و همکاران، ۱۴۰۱؛ پیری و همکاران ۱۳۹۹؛ علیخانی و همکاران، ۱۴۰۳).

آب مجازی در مزارع گوجه‌فرنگی استان

آب مجازی محاسباتی در شهرستان‌های مختلف استان نیز در جدول (۳) ارائه گردیده است. مقدار این شاخص در شهرستان‌های استان بین ۱۴۶/۲ - ۴۴۳/۳ و بطور میانگین در کل استان ۲۶۰/۶ لیتر بر کیلوگرم است. کمترین مقدار آب مجازی مربوط به شهرستان رزن و بیشترین مقدار آن مربوط به شهرستان همدان می‌باشد. عبارتی بطور میانگین در استان همدان به ازای تولید یک کیلوگرم گوجه‌فرنگی، ۲۶۰/۶ لیتر آب مصرف می‌شود. آب مجازی محاسباتی در جدول (۳) تطابق نسبی خوبی با سایر مطالعات مشابه در استان همدان و سایر استانها دارد (یاسره و همکاران ۱۴۰۲؛ جلینی و همکاران ۱۳۹۹؛ باغبانیان و همکاران ۱۳۹۹؛ اخوان گیگلو و همکاران، ۱۴۰۱؛ پیری و همکاران ۱۳۹۹؛ علیخانی و همکاران، ۱۴۰۳).

بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری در مزارع گوجه‌فرنگی استان

مقدار سود ناخالص، سود خالص و بهره‌وری اقتصادی محصول گوجه‌فرنگی در شهرستان‌های مختلف استان در جدول (۴) ارائه گردیده است. همانگونه که در جدول مذکور ملاحظه می‌گردد بیشترین مقدار شاخص بهره‌وری اقتصادی آب محصول گوجه‌فرنگی مربوط به شهرستان رزن به میزان ۷۸/۸ هزارریال بر مترمکعب و کمترین مقدار مربوط به شهرستان همدان با ۴۵/۴ - هزارریال بر مترمکعب و بطور میانگین در کل استان ۴/۱ - هزارریال بر مترمکعب می‌باشد. عبارتی بطور میانگین در استان همدان (در سال ۱۴۰۱)، به ازای یک متر مکعب آب مصرفی در کشت محصول گوجه‌فرنگی، نه تنها سودی حاصل نشده است بلکه ضرر و زیانی به میزان ۴/۱ هزار ریال، از کشت این محصول متوجه کشاورزان شده است. شاخص بهره‌وری اقتصادی آب محصول گوجه‌فرنگی محاسباتی در جدول (۳) عمدتاً^۱ بدلیل تغییر قیمت واحد فروش محصول، تغییر هزینه‌ها و تغییر نسبی آب مصرفی، تطابق کمی با سایر مطالعات مشابه در استان

مقدار آب مجازی^۱ (بر حسب لیتر بر کیلوگرم)، NBPD بهره‌وری اقتصادی مصرف آب^۲ (بر حسب هزار ریال بر مترمکعب) و P سود خالص حاصل از محصول تولیدی (بر حسب هزار ریال) هستند.

نتایج و بحث

مقدار آب مصرفی و نیاز ناخالص آبیاری محاسباتی محصول گوجه‌فرنگی

مقدار نیازخالص آبیاری و نیاز ناخالص آبیاری محاسباتی در جدول (۱) به تفکیک شهرستان‌های استان و بطور میانگین برای کل استان (با میانگین گیری وزنی) ارائه گردیده است. همچنین میانگین میزان آب مصرفی محصول گوجه‌فرنگی به طور جداگانه در هر شهرستان و بطور میانگین برای کل استان (با میانگین گیری وزنی)، در شرایط مدیریت زارعین، برآورد و در جدول (۲) ارائه گردیده است. در ادامه و در شکل (۱) میانگین میزان آب مصرفی محصول گوجه‌فرنگی و مقدار نیاز ناخالص آبیاری محاسباتی به تفکیک شهرستانها و بطور میانگین برای کل استان (با میانگین گیری وزنی)، مقایسه و ارائه گردیده است.

همانگونه که در جداول (۱) و (۲) و همچنین در شکل (۱) دیده می‌شود در همه مزارع مطالعاتی محصول گوجه‌فرنگی در شهرستان‌های استان، عمل بیش آبیاری به میزان ۹ تا ۲۴ درصد انجام شده است. به عبارتی، مقدار آب مصرفی در واحد سطح نسبت به نیاز ناخالص آبیاری محاسباتی (آب آبیاری مورد نیاز)، بیشتر است و این نشان دهنده مصرف بیش از مقدار مورد نیاز آب در مزارع گوجه‌فرنگی این شهرستان‌هاست. نتایج برخی مطالعات انجام شده در استان نیز با این موضوع مطابقت دارد (علیخانی مهور و همکاران ۱۴۰۳؛ قدمی فیروزآبادی و همکاران ۱۳۹۹؛ پیری و همکاران ۱۳۹۹). همچنین با مقایسه مقدار آب مصرفی در واحد سطح نسبت به نیاز ناخالص آبیاری محاسباتی، مشخص می‌گردد که بالاترین مقدار بیش آبیاری مربوط به شهرستان اسدآباد (۲۴ درصد) و کمترین مقدار بیش آبیاری مربوط به شهرستان بهار (۹ درصد) می‌باشد. مقایسه این دو شاخص برای میانگین کل استان نیز، وجود عمل بیش آبیاری را در کل استان به میزان ۱۸ درصد، تایید می‌کند.

بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری در مزارع گوجه‌فرنگی استان

میزان بهره‌وری فیزیکی محصول گوجه‌فرنگی در شهرستان‌های مختلف استان در شرایط مدیریت زارعین و با مشخص شدن مقدار عملکرد محصول (آمارنامه سال ۱۴۰۱ سازمان جهادکشاورزی استان همدان)، در جدول (۳) محاسبه و ارائه گردیده است.

1 - Virtual water
2- Net Benefit Per Drop

همدان و سایر استانها در سالهای مختلف دارد (قدمی فیروزآبادی و همکاران، ۱۳۹۹؛ پیری و همکاران، ۱۳۹۹؛ علیخانی و همکاران، ۱۴۰۳؛ یاسره و همکاران، ۱۴۰۲؛ جلینی و همکاران، ۱۳۹۹؛ باغبانیان و همکاران، ۱۳۹۹؛ اخوان گیگلو و همکاران، ۱۴۰۱).

جدول ۱- نیاز خالص و ناخالص آبیاری محصول گوجه‌فرنگی در شهرستانهای استان همدان

شهر	ET ₀ (mm)	ET _c (mm)	بارش موثر (mm)	نیاز خالص آبیاری (mm)	نیاز ناخالص آبیاری (mm)	نیاز ناخالص آبیاری (m ³ /ha)
رزن	۸۱۴	۸۳۸	۵	۸۳۳	۹۸۰	۹۸۰۰
همدان	۸۶۷	۸۸۲	۷	۸۷۵	۱۰۲۹	۱۰۲۹۰
کیودراهنگ	۸۵۴	۸۱۳	۵	۸۰۸	۹۵۱	۹۵۱۰
ملایر	۹۲۰	۹۳۰	۸	۹۲۲	۱۰۸۵	۱۰۸۵۰
تویسرکان	۸۱۳	۸۳۱	۹	۸۲۲	۹۶۷	۹۶۷۰
نهادوند	۸۳۲	۸۵۴	۶	۸۴۸	۹۹۸	۹۹۸۰
اسدآباد	۷۹۲	۸۱۲	۳۶	۷۷۶	۹۱۳	۹۱۳۰
بهار	۷۴۴	۷۵۵	۱	۷۵۴	۸۸۷	۸۸۷۰
فامنین	۸۴۷	۸۶۹	۸	۸۶۱	۱۰۱۳	۱۰۱۳۰
درگزین	۸۵۰	۸۷۱	۱۲	۸۵۹	۱۰۱۱	۱۰۱۱۰
میانگین استان	-	-	-	-	۹۵۶/۵	۹۵۶۵

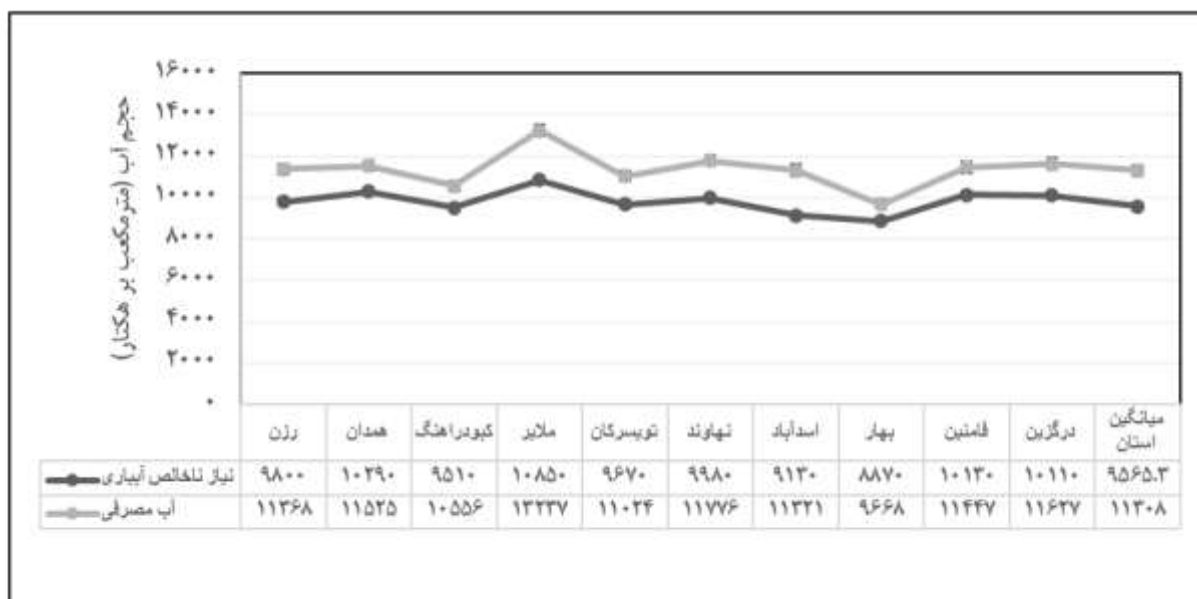
جدول ۲- میانگین میزان آب مصرفی محصول گوجه‌فرنگی در شهرستانهای مختلف استان در شرایط مدیریت زارعین

شهر	پرسشنامه (بهره برداران) (m ³ /ha)	پرسشنامه (کارشناسان) (m ³ /ha)	پرسشنامه (محققان) (m ³ /ha)	میانگین آب مصرفی (m ³ /ha)	نسبت میزان آب مصرفی به نیاز ناخالص آبیاری
رزن	۱۱۶۰۵	۱۱۵۰۰	۱۱۰۰۰	۱۱۳۶۸	۱/۱۶
همدان	۱۱۳۷۷	۱۱۸۰۰	۱۱۴۰۰	۱۱۵۲۵	۱/۱۲
کیودراهنگ	۱۰۶۷۰	۱۰۸۰۰	۱۰۲۰۰	۱۰۵۵۶	۱/۱۱
ملایر	۱۳۶۱۱	۱۳۲۰۰	۱۲۹۰۰	۱۳۳۳۷	۱/۲۲
تویسرکان	۱۱۵۷۲	۱۱۰۰۰	۱۰۵۰۰	۱۱۰۲۴	۱/۱۴
نهادوند	۱۳۰۲۸	۱۱۵۰۰	۱۰۸۰۰	۱۱۷۷۶	۱/۱۸
اسدآباد	۱۲۳۶۵	۱۱۰۰۰	۱۰۶۰۰	۱۱۳۲۱	۱/۲۴
بهار	۱۰۱۰۵	۹۶۰۰	۹۳۰۰	۹۶۶۸	۱/۰۹
فامنین	۱۲۳۴۲	۱۱۴۰۰	۱۰۶۰۰	۱۱۴۴۷	۱/۱۳
درگزین	۱۲۴۸۲	۱۱۴۰۰	۱۱۰۰۰	۱۱۶۲۷	۱/۱۵
استان	-	-	-	۱۱۳۰۸	۱/۱۸

نتیجه‌گیری

اقتصادی آب برای محصول گوجه‌فرنگی کشت شده در استان همدان مورد بررسی قرار گرفت. مهم‌ترین یافته‌های تحقیق این است که در همه شهرستان‌های استان همدان، در مزارع محصول گوجه‌فرنگی، عمل بیش آبیاری انجام شده است. بعبارتی میزان آب مصرفی نسبت به نیاز آبیاری محصول، بیشتر است که عمدتاً می‌تواند بدلیل طراحی نامناسب سامانه آبیاری، مدیریت ناصحیح آب در مزرعه و ... باشد.

یکی از موثرترین راهکارهای مقابله با بحران آب و افزایش کمی و کیفی تولیدات در بخش کشاورزی توجه به بهره‌وری آب و ارتقای آن با اعمال روش‌ها و سیاست‌های مناسب می‌باشد. بهره‌وری آب کشاورزی یکی از شاخص‌های مهم برای کشورهای با منابع محدود آب و از مهمترین موضوعاتی است که در سال‌های اخیر مورد توجه جدی محققین زیادی قرار گرفته است. با توجه به این مهم، در این پژوهش میزان آب مجازی و شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی و



شکل ۱- میانگین میزان آب مصرفی محصول گوجه‌فرنگی و نیاز ناخالص آبیاری محاسباتی در شهرستانهای مختلف

جدول ۳- بهره‌وری فیزیکی و میزان آب مجازی محصول گوجه‌فرنگی در شهرستانهای مختلف استان در شرایط مدیریت زارعین

شهر	سطح زیر کشت (هکتار - ha)	متوسط عملکرد (Kg/ha)	میانگین آب مصرفی (m ³ /ha)	بهره‌وری فیزیکی (Kg/m ³)	آب مجازی (لیتر بر کیلوگرم)
رزن	۱۰۶	۷۷۷۳۶	۱۱۳۶۸	۶/۸۴	۱۴۶/۲
همدان	۹	۲۶۰۰۰	۱۱۵۲۵	۲/۲۶	۴۴۳/۳
کبودرآهنگ	۲۲	۲۹۷۷۳	۱۰۵۵۶	۲/۸۲	۳۵۴/۵
ملایر	۱۳۵	۳۸۳۸۵	۱۳۲۳۷	۲/۹۰	۳۴۴/۸
تویسرکان	۱۱۰	۵۳۳۶۴	۱۱۰۲۴	۴/۸۴	۲۰۶/۶
نهاوند	۵۶۳	۳۶۸۹۹	۱۱۷۷۶	۳/۱۳	۳۱۹/۱
اسدآباد	۶۲۲	۴۳۹۹۴	۱۱۳۲۱	۳/۸۹	۲۵۷/۳
بهار	۳۱۲	۴۳۸۱۱	۹۶۶۸	۴/۵۳	۲۲۰/۷
فامنین	۲۱	۴۷۴۷۶	۱۱۴۴۷	۴/۱۵	۲۴۱/۱
درگزین	۵۰	۳۲۶۴۰	۱۱۶۲۷	۳/۸۱	۳۵۶/۲
استان	۱۹۵۰	۴۳۳۹۴	۱۱۳۰۸	۳/۸۴	۲۶۰/۶

فیزیکی برای مزارع محصول گوجه‌فرنگی، به ترتیب ۱۵۰ لیتر بر کیلوگرم و ۶/۶۷ کیلوگرم بر مترمکعب و میانگین جهانی آن به ترتیب ۲۱۰ لیتر بر کیلوگرم و ۴/۷۶ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد (یاسره و همکاران، ۱۴۰۲).

همچنین سایر یافته‌های این تحقیق نشان داد که میزان بهره‌وری اقتصادی به جز شهرستان‌های رزن، تویسرکان و فامنین، در سایر شهرستان‌ها منفی بوده و کشت گوجه‌فرنگی در سال مطالعه، برای کشاورزان زیان‌آور بوده است.

شهرستان همدان دارای پایین‌ترین بهره‌وری فیزیکی و بهره‌وری

در این استان مزارع شهرستان رزن وضعیت بهتری نسبت به سایر شهرستان‌ها در کشت گوجه‌فرنگی دارد. مقدار آب مجازی (۱۴۶/۲) لیتر بر کیلوگرم) و بهره‌وری فیزیکی (۶/۸۴ کیلوگرم بر مترمکعب) در مزارع این شهرستان نسبت به میانگین کشوری بهتر است و وضعیت کشت، مطلوب ارزیابی می‌شود. در حالی که در سایر شهرستان‌ها شاخص‌های فوق نسبت به این میانگین فاصله نسبی داشت که لازم است در مدیریت مزارع، بازنگری لازم انجام شده و اقدامات مناسبی در جهت کاهش آب مصرفی و افزایش عملکرد صورت پذیرد. لازم به ذکر است مقدار میانگین کشوری آب مجازی و بهره‌وری

اقتصادی مصرف آب بود و بیشترین مقدار آب مجازی در تولید محصول گوجه‌فرنگی را به خود اختصاص داده بود.

جدول ۴- بهره‌وری اقتصادی محصول گوجه‌فرنگی در شهرستانهای مختلف استان در شرایط مدیریت زارعین

شهر	سود ناخالص (هزار ریال در هکتار)	سود خالص (هزار ریال در هکتار)	بهره‌وری اقتصادی (هزارریال بر مترمکعب)
رزن	۲۱۳۱۵۲۱/۱	۸۹۵۵۲۱/۱	۷۸/۸
همدان	۷۱۲۹۲۰	-۵۲۳۰۸۰	-۴۵/۴
کیودرهنگ	۸۱۶۳۷۵/۷	-۴۱۹۶۲۴/۳	-۳۹/۸
ملایر	۱۰۵۲۵۱۶/۷	-۱۸۳۴۸۳/۳	-۱۳/۹
تویسرکان	۱۴۶۳۲۴۰/۹	۲۲۷۲۴۰/۹	۲۰/۶
نهبوند	۱۰۱۱۷۷۰/۶	-۲۲۴۲۲۹/۴	-۱۹
اسدآباد	۱۲۰۶۳۱۵/۵	-۲۹۶۸۴/۵	-۲/۶
بهار	۱۲۰۱۲۹۷/۶	-۳۴۷۰۲/۴	-۳/۶
فامنین	۱۳۰۱۷۹۱/۹	۶۵۷۹۱/۹	۵/۷
درگزین	۸۹۴۹۸۸/۸	-۳۴۱۰۱۱/۲	-۲۹/۳
میانگین استان	۱۱۸۹۸۵۱/۸	-۴۶۱۴۸/۲	-۴/۱

منابع

- الملی پژوهش‌های کاربردی در علوم مهندسی و علوم انسانی. جمهوری آذربایجان - باکو.
- پیری، ح. و مبارکی، م. ۱۳۹۹. بررسی ردپای آب و بهره‌وری مصرف آب محصولات سیب‌زمینی، چغندر قند، گوجه‌فرنگی و ذرت علوفه‌ای در اقلیم‌های مختلف ایران. نشریه حفاظت آب و خاک. ۲۷(۶):۱۲۰-۱۰۳.
- جلینی، م.، عباسی، ف. و کریمی، م. ۱۴۰۱. تعیین میزان آب کاربردی، عملکرد و بهره‌وری آب مزارع گوجه‌فرنگی استان خراسان رضوی. نشریه تحقیقات مهندسی آبیاری و زهکشی. ۲۳(۸۹): ۷۰-۸۲.
- دین‌محمدی، م. و عباسی، ر. ۱۴۰۲. اندازه‌گیری آب مجازی و مقایسه بهره‌وری فنی با بهره‌وری بازاری آب مجازی در بخش کشاورزی (مطالعه موردی: محصولات آبی منتخب استان کردستان). نشریه تحقیقات منابع آب ایران. ۱۹(۴): ۱۱۰-۱۲۵.
- سیدان، س.م. و قدمی فیروزآبادی، ع. ۱۳۹۷. برآورد مبادله آب مجازی محصولات عمده زراعی (مطالعه موردی استان همدان). فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب. ۹(۳۳): ۱۱۰-۱۰۲.
- عباسی، ف.، سهراب، ف. و عباسی، ن. ۱۳۹۴. راندمان‌های آبیاری و تغییرات زمانی و مکانی آن در ایران. نشریه موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. ویراست سوم. ۵۱-۱.
- عباسی، ف.، عباسی، ن. و توکلی، ع. ۱۳۹۶. بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ چالش‌ها و چشم‌اندازها. نشریه آب و توسعه پایدار. ۴ پرواز، م. ۱۴۰۱. مروری بر بحران آب و اهمیت آن. کنفرانس بین
- آمارنامه کشاورزی، سال زراعی ۱۴۰۱، سازمان جهاد کشاورزی استان همدان.
- آمارنامه کشاورزی، سال زراعی ۱۴۰۱، وزارت جهاد کشاورزی، ایران.
- اجاقلو، ح.، جعفری، م.، اجاقلو، ف.، میثاقی، ف. و نظری، ب. و کرمی دهکردی، ا. ۱۴۰۲. اثر مدیریت آبیاری بر بهره‌وری مصرف آب در مزارع گوجه‌فرنگی. نشریه دانش آب و خاک. ۳۳(۴): ۲۱۷-۲۳۶.
- اخوان گیگلو، ک.، خیری، م.، احمدپوری، ه.، عباسی، س. و کلاته، ف. ۱۴۰۲. بررسی محتوای آب مجازی و شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در محصولات زراعی (مطالعه موردی: شبکه آبیاری دشت مغان، استان اردبیل). نشریه دانش آب و خاک. ۳(۳): ۲۷۷-۲۹۵.
- باسره، ف.، احمدپوری، ه. و شریفی، م. ۱۴۰۳. بررسی محتوای آب مجازی و بهره‌وری آب کشاورزی در محصولات زراعی (مطالعه موردی: شهرستان دهلران استان ایلام). نشریه مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک. ۴(۳): ۱-۱۸.
- باغبانین، م.، امام وردی، ق.، قادرزاده، ح.، دامن کشیده، م. و امین دشتی، ن. ۱۳۹۹. بررسی آب مجازی و شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی در محصولات عمده زراعی (مطالعه موردی: شهرستان سقز استان کردستان). نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۳(۱۴): ۱۰۵۴-۱۰۴۶.

آب در کشاورزی. ۳۱ (۲): ۱۸۰-۱۶۳.

(۱): ۱۴۴-۱۴۱.

Allan, J.A. 1997. Virtual Water: A long-term solution for water short Middle Eastern economies? Paper presented at British Association Festival of Science, 6 September, Leeds, UK.

Allan J.A. 2003. Virtual water - the water, food, and trade nexus: useful concept or misleading metaphor? *Water International*. 28: 108-113.

Hoekstra A.Y. 2003. Virtual water trade: Proceedings of the international expert meeting on virtual water trade, 12-13 December 2003, Netherlands.

Montazar, A. and Kosari, H., 2007. Water productivity analysis of some irrigated crops in Iran. In Proceedings of the international conference Water Saving in Mediterranean Agriculture & Future Research Needs. Italy.

Motovic G., Brocic Z., Djuricin S., Gregoric E. and Bodroza D. 2016. Profitability assessment of potato production applying different irrigation methods. *Irrigation and Drainage*. 65(4): 502-513.

Tang J., Wang J., Fang Q., Wang E., Yin H. and Pan X. 2018. Optimizing planting data and supplement. Tal irrigation potato across the agro-pastoral ecotone in north china. *European journal of agronomy*. 98: 82-94.

عبدی اقدم، ف.، رسول زاده، ع.، صمدیان فرد، س. و نویدی، ف. ۱۴۰۱. تحلیل شاخص‌های بهره‌وری آب در اراضی کشاورزی شرکت کشت و صنعت و دامپروری مغان. نشریه دانش آب و خاک. ۳۲ (۳): ۹۰-۷۷.

علیخانی مهوار، ح. و قدمی فیروزآبادی، ع. ۱۴۰۳. ارزیابی بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب گوجه‌فرنگی در دو روش آبیاری قطره‌ای و سطحی. *مجله ترویجی حفظ و بهره‌وری آب*. ۱ (۱۰): ۶۷-۷۳.

قدمی فیروزآبادی، ع.، اسدیان، ق.، جعفری، ع. و بهراملو، ر. ۱۳۹۹. ارزیابی فنی و اقتصادی سامانه آبیاری قطره‌ای نواری در مزارع خیار و گوجه‌فرنگی. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱ (۱۴): ۲۶۳-۲۷۴.

مبارکی، م. و مبارکی، م. ۱۴۰۰. بررسی ردپای آب، آب مجازی و بهره‌وری مصرف آب سه گروه از محصولات بهاره و پاییزه، سبزیجات (گوجه‌فرنگی و سیب‌زمینی)، صنعتی (چغندر قند) و علوفه‌ای (ذرت علوفه‌ای) در شهرستان اصفهان. *فصلنامه علمی تخصصی مهندسی آب*: ۱-۱۴.

مرسلی، ا.، حیدری، ن.، زارع، ع. و حاتمی، ح. ۱۳۹۶. بررسی نقش فرایندها در ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی ایران. نشریه پژوهش

Study of virtual Water and Water Productivity Indicators in Tomato Farms in Hamadan Province

H. Alikhani-Mahvar^{1*}

Received: Oct. 27, 2025

Accepted: Dec. 10, 2025

Abstract

Given the water shortage in different parts of the country, determining and evaluating the amount of virtual water and water productivity in important agricultural products seems necessary and essential. In this study, the calculation and examination of three indicators of virtual water (VW), physical productivity (WP) and economic productivity (NBPD) of tomato crop in the crop year 1401 in Hamedan province were carried out. The crop yield, cost and income, amount of water consumed and irrigation requirement of tomato in the farms of the provinces were collected and calculated. The results of the study showed that the highest value of the tomato virtual water (VW) is 443.3 liters per kilogram in Hamedan County and the lowest value is 146.2 liters per kilogram in Razan County. Considering the area under cultivation of this product in different counties of the province, on average and for the entire province, the value of this index was 260.6 liters per kilogram. Also, the highest value of the tomato physical productivity (WP) is 6.84 kg/m³, which is related to Razan County and the lowest value is 2.26 kg/m³, which is related to Hamedan County. Considering the area under cultivation of this product in different counties of the province, on average and for the entire province, the value of the tomato physical productivity was equal to 3.84 kg/m³. The NBPD index also had the highest value in Razan County, which was equal to 78.8 thousand rials/m³, and in Hamedan County, it was the lowest value and equal to -45.4 thousand rials/m³. This index was also calculated by considering the area under cultivation of tomatoes in different counties of the province, on average and for the entire province, and its value was equal to -4.1 thousand rials/m³.

Keywords: Cost and income, Net benefit per drop, Water productivity, Performance,

1- Research Instructor, Agricultural Engineering and Technical Research Department, Hamadan Province Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Hamadan, Iran

(* - Corresponding Author Email: h.alikhani2020.m@gmail.com)