

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب و شاخص آب مجازی در مزارع خیار استان همدان

حجت علیخانی مهوار^{۱*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۰۷

چکیده

با عنایت به کاهش آب قابل استحصال در حوزه کشاورزی، محاسبه و بررسی شاخص‌های آب مجازی، بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب، در محصولات مختلف زراعی و باغی، امری اجتناب ناپذیر است. در این تحقیق که در استان همدان و در سال زراعی ۱۴۰۱ انجام شد، به تعیین و ارزیابی سه شاخص آب مجازی (VW)، بهره‌وری فیزیکی (WP) و بهره‌وری اقتصادی (NBPD) محصول خیار، پرداخته شد. عملکرد محصول خیار، هزینه و درآمد حاصله از کشت، مقدار آب مصرفی و نیاز آبیاری این محصول در مزارع شهرستان‌های مختلف استان، جمع‌آوری و محاسبه شد. نتایج این پژوهش نشان داد بیشترین مقدار شاخص (VW) خیار ۴۹۷/۷ لیتر بر کیلوگرم مربوط به شهرستان رزن و کمترین مقدار آن برابر با ۲۲۵/۱ لیتر بر کیلوگرم مربوط به شهرستان فامنین می‌باشد و با در نظر گرفتن مساحت زیر کشت این محصول در شهرستان‌های مختلف استان، بطور میانگین و برای کل استان، مقدار این شاخص برابر با ۳۶۶/۳ لیتر بر کیلوگرم شد. همچنین بیشترین مقدار شاخص (WP) خیار ۴/۴۴ کیلوگرم بر مترمکعب، مربوط به شهرستان فامنین و کمترین مقدار آن برابر با ۲/۰۱ کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به شهرستان رزن می‌باشد و با در نظر گرفتن مساحت زیر کشت این محصول در شهرستان‌های مختلف استان، بطور میانگین و برای کل استان، مقدار این شاخص برابر با ۲/۷۳ کیلوگرم بر مترمکعب شد. شاخص محاسباتی (NBPD) نیز در شهرستان فامنین بیشترین مقدار را داشت که برابر با ۱۵۲/۹ هزار ریال بر مترمکعب و در شهرستان بهار کمترین مقدار و برابر با ۴۰/۹ - هزار ریال بر مترمکعب بود. این شاخص نیز با در نظر گرفتن مساحت زیر کشت خیار در شهرستان‌های مختلف استان، بطور میانگین و برای کل استان، محاسبه و مقدار آن برابر با ۵/۷ هزار ریال بر مترمکعب شد.

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

مقدمه

مدیریت کشاورزی در مناطق مختلف بوده (Karimi et al., 2017) و تعیین آن در مزارع و باغات یکی از ملزومات بهینه‌سازی مصرف آب و بالابردن راندمان کاربرد آب در سطح مزارع و باغ‌ها است (Johnson et al., 2016). اهمیت این شاخص 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. لذا موضوع ارتقاء بهره‌وری آب کشاورزی، یکی از مهمترین موضوعاتی است که در سطح کشور و 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., 1820). بهره‌وری فیزیکی آب^۲ به مقدار محصولی

در سال‌های اخیر، مسئله کمبود آب به مهم‌ترین مشکل کشور تبدیل شده است. کمبود یا بحران آب باعث می‌شود که نیاز به مدیریت و بهینه‌سازی مصرف آب در بخش کشاورزی بیش از پیش احساس گردد. یکی از موثرترین راهکارهای مقابله با بحران آب، توجه جدی به بهره‌وری آب و ارتقای آن با اعمال روش‌ها و سیاست‌های مناسب است (ملارضا قصاب و همکاران، ۱۳۹۹). بطور کلی می‌توان گفت که بهره‌وری آب در کشاورزی شاخص مناسبی برای ارزیابی

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: (Email: h.alikhani2020.m@gmail.com)

DOI: [10.22034/ijid.2026.559872.2645](https://doi.org/10.22034/ijid.2026.559872.2645)

در هر منطقه امری ضروری باشد.

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. عباسی و همکاران (۱۴۰۳) حجم آب آبیاری و عملکرد خیار در در بیش از ۱۸۰ مزرعه (مشمول بر حدود ۷۰ درصد سطح زیرکشت خیار) را در کشور اندازه‌گیری نمودند. نتایج نشان داد که تفاوت بسیار معنی‌داری در حجم آب کاربردی، عملکرد و شاخص‌های بهره‌وری آب در استان‌های منتخب وجود دارد. میانگین حجم آب کاربردی در مزارع خیار در سطح کشور ۷۰۴۳ مترمکعب در هکتار، میانگین عملکرد ۲۵۲۱۹ کیلوگرم در هکتار و میانگین بهره‌وری فیزیکی ۴/۲۷ کیلوگرم در مترمکعب بدست آمد. همچنین در سال انجام این مطالعه (۱۴۰۰) میانگین حجم آب کاربردی در مزارع خیار در سطح استان همدان ۷۴۱۰ مترمکعب در هکتار، میانگین عملکرد ۱۹۱۲۵ کیلوگرم در هکتار و میانگین بهره‌وری فیزیکی ۲/۹۳ کیلوگرم در مترمکعب گزارش شد. بلالی و همکاران (۱۴۰۰) در یک بررسی اقتصادی، میزان آب مجازی و بهره‌وری فیزیکی محصولات زراعی مختلف را در استان همدان ارائه نمودند که مقدار این شاخص‌ها برای محصول خیار به ترتیب ۱۶۸/۵ لیتر بر کیلوگرم و ۵/۹۳ کیلوگرم بر مترمکعب اعلام گردید. 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. بطوریکه میانگین نسبت منفعت به هزینه در مزارع خیار و گوجه‌فرنگی به ترتیب ۲۶/۹ و ۷/۸ محاسبه شد.

باغبانین و همکاران (۱۳۹۹) آب مجازی و شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی در محصولات عمده زراعی را در شهرستان سقز استان کردستان بررسی نمودند. نتایج نشان داد که بهره‌وری فیزیکی آب در محصول خیار ۲/۷۷ کیلوگرم بر مترمکعب و مقدار شاخص آب مجازی برابر با ۰/۳۶ مترمکعب بر کیلوگرم می‌باشد. همچنین بهره‌وری اقتصادی و خالص بهره‌وری این شاخص برای محصول خیار به ترتیب حدود ۲۱ و ۲/۱ هزار ریال در مترمکعب اعلام گردید. 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 خیار، پژوهشی را انجام دادند. نتایج نشان داد میزان آب مجازی خیار ۰/۳ مترمکعب بر کیلوگرم، بهره‌وری فیزیکی آن

گفته می‌شود که از هر واحد حجم آب مصرفی به دست می‌آید و بهره‌وری اقتصادی آب^۱ (NBPD) مقدار سود خالص به ازای واحد حجم آب مصرفی می‌باشد (عباسی و همکاران، ۱۳۹۶). هدف اصلی در بهبود شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی در جهان، افزایش بیشتر محصولات کشاورزی با مصرف آب کمتر و سود بیشتر 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, 1997). 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 فرآورده 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, 2003). 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, 2003).

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، فرهنگ و عادات مردم از عوامل موثر در میزان آب مجازی هستند. آب مجازی نه تنها در کالاهای کشاورزی، بلکه در کالاهای صنعتی و خدمات نیز وجود دارد. با این حال در بیشتر مطالعات به تعیین مقدار آب مجازی در محصولات زراعی توجه شده است. باید توجه داشت که مقدار آب مجازی مورد نیاز برای تولید هر کالا یا محصول با توجه به شرایط اقلیمی، فرهنگی، مدیریت و برنامه‌ریزی در هر کشور و حتی منطقه، متفاوت است. این مسئله موجب میشود که مطالعات برآورد مقدار آب مجازی

همدان، ملایر، رزن، تویسرکان، نهاوند، کبودرآهنگ، اسدآباد، بهار، فامنین و درگزین تشکیل شده است. دمای هوا در این استان از ۳۷ تا ۲۵- درجه سانتیگراد در طول سال متغیر بوده و مقدار بارش سالیانه آن بیش از ۳۰۰ میلیمتر است.

در انجام این تحقیق، ابتدا با استفاده از سامانه محاسبه نیاز آبی گیاهان که وابسته به موسسه تحقیقات آب و خاک کشور می‌باشد (به آدرس الکترونیکی <http://www.swri.ir>)، تبخیر و تعرق محصول خیار (ET_C) و نیاز خالص آبیاری (ET_0)، تبخیر و تعرق محصول خیار (ET_C) و نیاز خالص آبیاری محصول خیار به کمک روابط (۱) و (۲) و به صورت مجزا در هر یک از شهرستان‌های استان همدان (برای دوره آماری ۱۰ ساله منتهی به سال ۱۴۰۱) محاسبه گردید:

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

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

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

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

$$LR = EC_w / (5EC_e - EC_w) \quad (3)$$

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

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

لازم به ذکر است با توجه به اینکه میانگین راندمان کاربرد بر اساس مطالعات و نشریات معتبر (عباسی و همکاران، ۱۳۹۴)، برای محصول خیار 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 شد. همچنین مقدار نیاز آبتیوی 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 آبتیوی مورد نیاز بود، بنابراین در محاسبه نیاز ناخالص آبیاری، آب جداگانه‌ای برای آبتیوی در نظر گرفته نشد.

در ادامه با استفاده از اطلاعات سه مرجع تعیین شده، شامل: ۱- پرسشنامه‌های طراحی و توزیع شده در بین ۴۲ نفر از کشاورزان و

۵/۴۵ کیلوگرم بر مترمکعب و بهره‌وری اقتصادی برای این محصول ۰/۱۱ میلیون ریال بر متر مکعب می‌باشد. در این مطالعه در بین محصولات مورد بررسی، محصول خیار دارای بالاترین بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی بود.

زارعی و همکاران (۱۳۹۸) در یک بررسی اقتصادی، میزان آب مجازی محصولات زراعی مختلف را در ایران ارائه نمودند که این مقدار برای محصول خیار ۴۲۱ لیتر بر کیلوگرم اعلام گردید. رحیمی‌پور و همکاران (۱۳۹۹) نیز در یک پژوهش، میزان آب مجازی و بهره‌وری فیزیکی محصولات مختلف را در شهرستان قلعه‌گنج (استان کرمان) اندازه‌گیری و ارائه نمودند که مقدار این شاخص‌ها برای محصول خیار به ترتیب ۳۴۹ لیتر بر کیلوگرم و ۲/۸۷ کیلوگرم بر مترمکعب اعلام گردید.

راسخی و همکاران (۱۴۰۱) در یک بررسی اقتصادی، میزان آب مجازی محصولات مختلف را در استان مازندران ارائه نمودند که این مقدار برای محصول خیار حدود ۲۵۰ لیتر بر کیلوگرم اعلام گردید. عبدی‌اقدام 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. رحیمی (۱۴۰۰) با انجام یک طرح مطالعاتی در استان ایلام (شهرستان دره) مقدار آب مجازی و بهره‌وری فیزیکی محصول خیار را به ترتیب ۳۱۵ لیتر بر کیلوگرم و ۳/۱۷ کیلوگرم بر مترمکعب بدست آوردند.

با بررسی منابع مشخص شد میزان آب کاربردی خیار در مناطق مختلف و با سامانه‌ها و مدیریت آبیاری گوناگون متغیر می‌باشد. از این‌رو اطلاع از وضعیت بروز مصرف و بهره‌وری آب مزارع خیار 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 خیار استان همدان از لحاظ حجم آب کاربردی، عملکرد، بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب و میزان آب مجازی در شرایط زارعی بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر، در استان همدان با مساحت حدود ۱۹۴۹۱ کیلومترمربع واقع در غرب کشور ایران انجام شد که از لحاظ موقعیت جغرافیایی بین مدار ۳۳ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۴ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۴۲ درجه و ۳۵ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار دارد. این استان از شهرستان‌های

(۱) به تفکیک شهرستان‌های استان و بطور میانگین برای کل استان (با میانگین گیری وزنی) ارائه گردیده است. همچنین میانگین میزان آب مصرفی محصول خیار 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 خیار 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 خیار در شهرستان‌های استان، عمل بیش آبیاری به میزان ۱۲ تا ۲۲ 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 خیار این شهرستان‌هاست. نتایج برخی مطالعات انجام شده در استان نیز با این موضوع مطابقت دارد (عباسی و همکاران ۱۴۰۳؛ قدمی فیروزآبادی 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 (۲۲ درصد) و کمترین مقدار بیش آبیاری مربوط به شهرستان بهار (۱۲ درصد) می‌باشد. مقایسه این دو شاخص برای میانگین کل استان نیز، وجود عمل بیش آبیاری را در کل استان به میزان ۲۰ درصد، تایید می‌کند.

بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری در مزارع خیار استان

میزان بهره‌وری فیزیکی محصول خیار 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.

همانگونه که جدول (۳) نشان می‌دهد میزان بهره‌وری فیزیکی در شهرستان‌های استان بین ۲/۰۱ الی ۴/۴۴ و برای کل استان ۲/۷۳ کیلوگرم بر مترمکعب است. بیشترین میزان بهره‌وری فیزیکی مربوط به شهرستان فامنین و کمترین مقدار آن مربوط به شهرستان رزن می‌باشد. عبارتی بطور میانگین در استان همدان به ازای یک متر مکعب آب مصرفی، ۲/۷۳ کیلوگرم محصول خیار تولید می‌شود. بهره‌وری فیزیکی محاسباتی در جدول (۳) تطابق نسبی خوبی با سایر مطالعات مشابه در استان همدان و سایر استانها دارد (عباسی و همکاران ۱۴۰۳؛ باغبانیان و همکاران ۱۳۹۹؛ رحیمی‌پور و همکاران ۱۳۹۹).

زارعین محصول خیار در سطح شهرستان‌های استان، ۲- پرسشنامه‌های طراحی و توزیع شده در بین ۱۴ نفر از کارشناسان خبره سازمان جهادکشاورزی استان و مدیریت کشاورزی شهرستان‌های استان و در نهایت ۳- مستندات علمی و پرسشنامه‌های طراحی و توزیع شده در بین محققان (قدمی فیروزآبادی و همکاران ۱۳۹۹؛ عباسی و همکاران ۱۴۰۳؛ بلالی و همکاران ۱۴۰۰)، میزان آب مصرفی محصول خیار در شرایط مدیریت زارعین با میانگین گیری از داده‌ها و اطلاعات سه مرجع فوق الذکر، به طور جداگانه برای هر شهرستان برآورد و با مقدار آب مورد نیاز واقعی محصول خیار (نیاز ناخالص آبیاری محاسباتی) در هر شهرستان مورد مقایسه قرار گرفت. لازم به ذکر است در استان همدان بیش از ۹۵ درصد مزارع کشت خیار 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 ۷۴/۴۳ هزار ریال) و هزینه تولید در واحد سطح محصول خیار (۱۷۰۰۹۲۴ 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 (برحسب کیلوگرم بر مترمکعب)، Y عملکرد فیزیکی (کل محصول تولیدشده بر حسب کیلوگرم)، V حجم آب مصرف شده (بر حسب مترمکعب)، VW مقدار آب مجازی^۱ (بر حسب لیتر بر کیلوگرم)، NBPD بهره‌وری اقتصادی مصرف آب (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 خیار

مقدار نیازخالص آبیاری و نیاز ناخالص آبیاری محاسباتی در جدول

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

| نیاز ناخالص آبیاری (m ³ /ha) | نیاز خالص آبیاری (mm) | نیاز خالص آبیاری (mm) | بارش موثر (mm) | ET _C (mm) | ET ₀ (mm) | شهر |
|---|-----------------------|-----------------------|----------------|----------------------|----------------------|---------------|
| ۷۶۵۹ | ۷۶۵/۹ | ۶۵۱ | ۴ | ۶۵۵ | ۷۹۸ | رزن |
| ۷۵۴۱ | ۷۵۴/۱ | ۶۴۱ | ۵ | ۶۴۶ | ۷۹۱ | همدان |
| ۸۳۲۹ | ۸۳۲/۹ | ۷۰۸ | ۴ | ۷۱۲ | ۸۶۸ | کیودراهنگ |
| ۷۵۵۳ | ۷۵۵/۳ | ۶۴۲ | ۶ | ۶۴۸ | ۷۸۳ | ملایر |
| ۶۷۵۳ | ۶۷۵/۳ | ۵۷۴ | ۷ | ۵۸۱ | ۶۹۹ | تویسرکان |
| ۶۳۵۳ | ۶۳۵/۳ | ۵۴۰ | ۱ | ۵۴۱ | ۶۵۴ | نهایوند |
| ۶۶۵۹ | ۶۶۵/۹ | ۵۶۶ | ۲۸ | ۵۹۴ | ۷۳۲ | اسدآباد |
| ۷۶۰۱ | ۷۶۰ | ۶۴۶ | ۱ | ۶۴۷ | ۷۹۲ | بهار |
| ۸۳۱۸ | ۸۳۱/۸ | ۷۰۷ | ۷ | ۷۱۴ | ۸۷۱ | فامنین |
| ۸۱۱۸ | ۸۱۱/۸ | ۶۹۰ | ۹ | ۶۹۹ | ۸۵۲ | درگزین |
| ۷۴۴۵ | ۷۴۴/۵ | - | - | - | - | میانگین استان |

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

| نسبت میزان آب مصرفی به نیاز ناخالص آبیاری | میانگین آب مصرفی (m ³ /ha) | مستندات علمی و پرسشنامه (محققان -m ³ /ha) | پرسشنامه (کارشناسان -m ³ /ha) | پرسشنامه (بهره برداران -m ³ /ha) | شهر |
|---|---------------------------------------|--|--|---|-----------|
| ۱/۱۸ | ۹۰۳۸ | ۸۵۰۰ | ۹۰۰۰ | ۹۶۱۴ | رزن |
| ۱/۱۵ | ۸۶۷۲ | ۸۲۰۰ | ۸۶۰۰ | ۹۲۱۶ | همدان |
| ۱/۱۴ | ۹۴۹۵ | ۸۶۰۰ | ۹۰۰۰ | ۱۰۸۸۴ | کیودراهنگ |
| ۱/۲۰ | ۹۰۶۴ | ۹۰۰۰ | ۸۸۰۰ | ۹۳۹۲ | ملایر |
| ۱/۱۶ | ۷۸۳۳ | ۷۸۰۰ | ۷۵۰۰ | ۸۲۰۰ | تویسرکان |
| ۱/۱۹ | ۷۵۶۰ | ۷۵۰۰ | ۷۰۰۰ | ۸۱۸۰ | نهایوند |
| ۱/۲۲ | ۸۱۲۴ | ۷۵۰۰ | ۸۰۰۰ | ۸۸۷۲ | اسدآباد |
| ۱/۱۲ | ۸۵۱۲ | ۸۰۰۰ | ۸۵۰۰ | ۹۰۳۶ | بهار |
| ۱/۱۵ | ۹۵۶۶ | ۹۵۰۰ | ۹۰۰۰ | ۱۰۱۹۸ | فامنین |
| ۱/۱۷ | ۹۴۹۸ | ۹۲۰۰ | ۹۶۰۰ | ۹۶۹۴ | درگزین |
| ۱/۲۰ | ۸۶۱۱ | - | - | - | استان |

آب مجازی در مزارع خیار استان

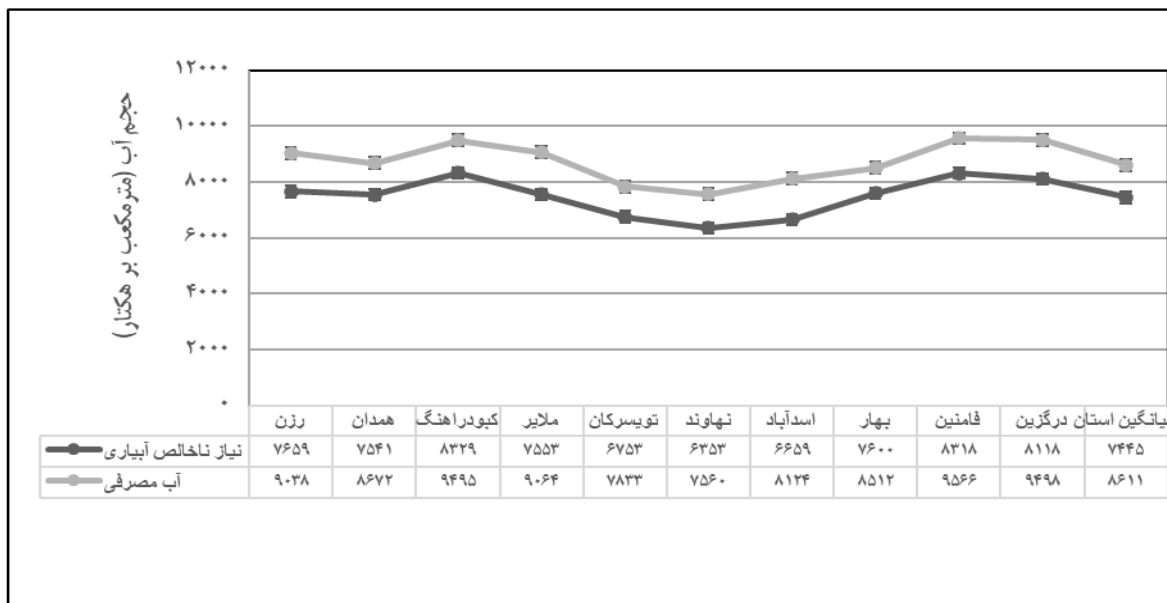
آب مجازی محاسباتی در شهرستانهای مختلف استان نیز در جدول (۳) ارائه گردیده است. مقدار این شاخص در شهرستانهای استان بین ۲۲۵/۱ - ۴۹۷/۷ و بطور میانگین در کل استان ۳۶۶/۳ لیتر بر کیلوگرم است. کمترین مقدار آب مجازی مربوط به شهرستان فامنین و بیشترین مقدار آن مربوط به شهرستان رزن می باشد. عبارتی بطور میانگین در استان همدان به ازای تولید یک کیلوگرم خیار ۳۶۶/۳ لیتر آب مصرف می شود. آب مجازی محاسباتی در جدول (۳) تطابق نسبی خوبی با سایر مطالعات مشابه در استان همدان و سایر استانها دارد (عباسی و همکاران ۱۴۰۳؛ باغبانیان و همکاران ۱۳۹۹؛ رحیمی پور و همکاران ۱۳۹۹؛ سیدان و همکاران ۱۳۹۷).

بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری در مزارع خیار استان

مقدار سود ناخالص، سود خالص و بهره‌وری اقتصادی محصول خیار در شهرستانهای مختلف استان در جدول (۴) ارائه گردیده است. همانگونه که در جدول مذکور ملاحظه می گردد بیشترین مقدار شاخص بهره‌وری اقتصادی آب محصول خیار مربوط به شهرستان فامنین به میزان ۱۵۲/۹ هزارریال بر مترمکعب و کمترین مقدار مربوط به شهرستان رزن با ۳۸/۷ - هزارریال بر مترمکعب و بطور میانگین در کل استان ۵/۷ هزارریال بر مترمکعب می باشد. عبارتی بطور میانگین در استان همدان (در سال ۱۴۰۱)، به ازای یک متر مکعب آب مصرفی در کشت محصول خیار، سودی به میزان ۵/۷ هزار ریال، از کشت این محصول متوجه کشاورزان شده است. شاخص محاسباتی بهره‌وری اقتصادی آب محصول خیار (جدول ۳)،

همکاران ۱۴۰۰؛ باسره و همکاران، ۱۴۰۳؛ زارعی و همکاران ۱۳۹۸؛ راسخی و همکاران ۱۴۰۱؛ رحیمی ۱۴۰۰؛ سیدان و همکاران ۱۳۹۷).

عمدتاً" بدلیل تغییر قیمت واحد فروش محصول، تغییر هزینه‌ها و تغییر نسبی آب مصرفی، تطابق کمی با سایر مطالعات مشابه در استان همدان و سایر استانها در سالهای ماقبل و مابعد دارد (بالای و



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

جدول ۳- بهره‌وری فیزیکی و میزان آب مجازی محصول خیار 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 | ۲۵۰ | ۱۸۱۵۸ | ۹۰۳۸ | ۲/۰۱ | ۴۹۷/۷ |
| همدان | ۱۳ | ۲۴۶۹۲ | ۸۶۷۲ | ۲/۸۵ | ۳۵۱/۲ |
| کبودرآهنگ | ۵۰۵ | ۲۳۱۸۵ | ۹۴۹۵ | ۲/۴۴ | ۴۰۹/۵ |
| ملایر | ۱۱۷ | ۳۰۸۹۸ | ۹۰۶۴ | ۳/۴۱ | ۲۹۳/۳ |
| تویسرکان | ۱۲ | ۲۸۵۰۰ | ۷۸۳۳ | ۳/۶۴ | ۲۷۴/۹ |
| نهاوند | ۵۱۵ | ۲۹۳۹۶ | ۷۵۶۰ | ۳/۸۹ | ۲۵۷/۲ |
| اسدآباد | ۴۲ | ۲۷۳۰۰ | ۸۱۲۴ | ۳/۳۶ | ۲۹۷/۶ |
| بهار | ۵۰۸ | ۱۸۱۷۴ | ۸۵۱۲ | ۲/۱۴ | ۴۶۸/۴ |
| فامنین | ۴ | ۴۲۵۰۰ | ۹۵۶۶ | ۴/۴۴ | ۲۲۵/۱ |
| درگزین | ۱۱ | ۲۳۴۹۸ | ۹۴۹۸ | ۲/۴۷ | ۴۰۴/۲ |
| استان | ۱۹۷۷,۰ | ۲۳۵۰۷ | ۸۶۱۱ | ۲/۷۳ | ۳۶۶/۳ |

نتیجه‌گیری

پژوهش میزان آب مجازی و شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب برای محصول خیار کشت شده در استان همدان مورد بررسی قرار گرفت. مهم‌ترین یافته‌های تحقیق این است که در همه شهرستان‌های استان همدان، در مزارع محصول خیار، عمل بیش آبیاری انجام شده است. بعبارتی میزان آب مصرفی نسبت به نیاز آبیاری محصول، بیشتر بود 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

جدول ۴- بهره‌وری اقتصادی محصول خیار 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 | ۱۳۵۱۴۹۹/۹ | -۳۴۹۴۲۴/۱ | -۳۸/۷ |
| همدان | ۱۸۳۷۸۲۵/۶ | ۱۳۶۹۰۱/۶ | ۱۵/۸ |
| کبودرآهنگ | ۱۷۲۵۶۵۹/۶ | ۲۴۷۳۵/۶ | ۲/۶ |
| ملایر | ۲۲۹۹۷۳۸/۱ | ۵۹۸۸۱۴/۱ | ۶۶/۱ |
| تویسرکان | ۲۱۲۱۲۵۵ | ۴۲۰۳۳۱ | ۵۳/۷ |
| نهادند | ۲۱۸۷۹۴۴/۳ | ۴۸۷۰۲۰/۳ | ۶۴/۴ |
| اسدآباد | ۲۰۳۱۹۳۹ | ۳۳۱۰۱۵ | ۴۰/۷ |
| بهار | ۱۳۵۲۶۹۰/۸ | -۳۴۸۲۳۳/۲ | -۴۰/۹ |
| فامنین | ۳۱۶۳۲۷۵ | ۱۴۶۳۳۵۱ | ۱۵۲/۹ |
| درگزین | ۱۷۴۸۹۵۶/۱ | ۴۸۰۳۲/۱ | ۵/۱ |
| میانگین استان | ۱۷۴۵۹۰/۵ | ۴۸۶۶۶/۵ | ۵/۷ |

در این استان مزارع شهرستان‌های فامنین، نهادند و تویسرکان، وضعیت بهتری نسبت به سایر شهرستان‌ها در کشت خیار داشتند و مقدار آب مجازی و بهره‌وری فیزیکی در مزارع این شهرستان‌ها نسبت به میانگین کشوری بهتر هستند و وضعیت کشت در آنها، مطلوب ارزیابی شد. 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 فیزیکی برای مزارع محصول خیار، به ترتیب ۲۷۹ لیتر بر کیلوگرم و ۳/۵۸ کیلوگرم بر مترمکعب (عباسی و همکاران، ۱۴۰۳) و میانگین جهانی آن به ترتیب ۳۵۰ لیتر بر کیلوگرم و ۲/۸۶ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد (باسره و همکاران، ۱۴۰۳).

همچنین سایر یافته‌های این تحقیق نشان داد که میزان بهره‌وری اقتصادی در برخی از شهرستان‌های استان (رزن و بهار) منفی بوده و کشت خیار در سال مطالعه، برای کشاورزان این شهرستان‌ها، زیان‌آور بوده است. شهرستان بهار دارای پایین‌ترین بهره‌وری اقتصادی و شهرستان رزن دارای پایین‌ترین بهره‌وری فیزیکی مصرف آب و بیشترین مقدار آب مجازی در تولید محصول خیار را به خود اختصاص داده بودند.

منابع

آمارنامه کشاورزی، سال زراعی ۱۴۰۱، سازمان جهاد کشاورزی استان همدان.

آمارنامه کشاورزی، سال زراعی ۱۴۰۱، وزارت جهاد کشاورزی، ایران.

باسره، ف.، احمدپری، 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، ۳(۳): ۱-۱۸.

باغبانیان، 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.

بلالی، ح.، بنی اسدی، م. و مظفری، ل. ۱۴۰۰. برآورد تراز تجاری آب مجازی محصولات کشاورزی استان همدان. نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، ۱۲(۴۶)، ص ۳۳۸-۳۵۷.

راسخی، س. و کریمی، م. ۱۴۰۱. ارزیابی تراز تجارت آب مجازی محصولات کشاورزی. نشریه علمی پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی. ۳۰(۱۰۴): ۲۰۹-۲۳۶.

رحیمی، ف. ۱۴۰۰. بررسی اجزای ردپای آب محصول خیار در استان ایلام. نشریه آب و توسعه پایدار. ۸(۳): ۲۳-۳۰.

رحیمی‌پور انارکی، م.، محمدی، م.، رفیعیان، م.، ارجمندی، ر. و کریمی، س. ۱۳۹۹. ارزیابی آب مجازی و ردپای آب در محصولات کشاورزی (مطالعه موردی: شهرستان قلعه گنج). نشریه مطالعات جغرافیایی مناطق خشک. ۱۱(۴۱): ۷۷-۹۲.

زارعی، ق. و جعفری، ع. ۱۳۹۸. تجارت آب مجازی در ایران از دیدگاه بهره‌وری اقتصادی. مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۴(۱): ۴۹-۶۲.

بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب کشاورزی: مطالعه‌ی موردی شهرستان دزفول. فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات اقتصاد کشاورزی. ۱۲(۳): ۷۲-۴۹.

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.

Johnson, L.F., Cahn, M., Martin, F., Melton, F., Benzen, S., Farrara, B. and Post, K., 2016. Evapotranspiration-based irrigation scheduling of head lettuce and broccoli. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 51(7): 935-940.

Karimi, M. and Jolaini, M., 2017. Evaluation of Agricultural Water Productivity Indices in Major Field Crops in Mashhad Plain. *Journal of Water and Sustainable Development*. 4(1):133-138.

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.

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.

عباسی، ن.، عباسی، ف.، بهراملو، ر.، ناصری، ا.، واحدی، س.، بهروزی‌نیا، ث.، مقبلی، ا.، زارع، ا.، دهقانیان، ا.، خرمیان، م.، قدمی، ع.، کریمی، م.، سپری صادقیان، س. و نخجوانی مقدم، م. ۱۴۰۳. تعیین حجم آب کاربردی و شاخص بهره‌وری آب در مزارع تولید خیار در کشور. *مجله تحقیقات آب و خاک ایران*. ۵۵ (۲): ۳۲۹-۳۴۳.

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. ص ۵۱-۱.

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

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.

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*. ۱۴(۱): ۲۶۳-۲۷۴.

مرسلی، ا.، حیدری، ن.، زارع، ع. و وحامی، ح. ۱۳۹۶. بررسی نقش فرایندها در ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی ایران. *نشریه پژوهش آب در کشاورزی*. ۳۱ (۲): ۱۸۰-۱۶۳.

ملا رضا قصاب، ف.، عبدشاهی، عباس. و مرزبان، ا. ۱۳۹۹. تعیین

Study of Physical and Economic Water Productivity Indices and Virtual Water Index in Cucumber Farms in Hamadan Province

H. Alikhani-Mahvar^{1*}

Received: Nov.15, 2025

Accepted: Feb.26, 2026

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 crops 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 cucumber 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 cucumber in the farms of the provinces were collected and calculated. The results of the study showed that the highest value of the index (VW) of cucumber is 497.7 liters per kilogram in Razan County and the lowest value is 225.1 liters per kilogram in Famenin County. Considering the area under cultivation of this crop in different counties of the province, on average and for the entire province, the value of this index was 366.3 liters per kilogram. Also, the highest value of cucumber index (WP) is 4.44 kg/m³, which is related to Famenin County and the lowest value is 2.01 kg/m³, which is related to 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 equal to 2.73 kg/m³. The calculated index (NBPD) also had the highest value in Famenin County, which was equal to 152.9 thousand rials/m³, and in Bahar County, it was the lowest value and equal to -40.9 thousand rials/m³. This index was also calculated by considering the area under cultivation of cucumber in different counties of the province, on average and for the entire province, and its value was equal to 5.7 thousand rials/m³.

Keywords: Cost and income, Net Benefit per Drop, performance, Water productivity

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)