نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۹، خرداد - تیر ۱۴۰۴، ص. ۳۱۴-۳۰۵

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.2, Vol. 19, Jun.-Jul. 2025, p. 305-314

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی آب مجازی و شاخص‌های بهره‌وری آب در محصول سیب‌زمینی استان همدان

حجت علیخانی مهوار[1*]، علی قدمی فیروزآبادی[2]، مصطفی موسی‌پور[3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۱۷

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 می رسد. در این پژوهش به محاسبه و بررسی سه شاخص آب مجازی(VW)، بهره‌وری فیزیکی(WP) و بهره‌وری اقتصادی(NBPD) محصول سیب‌زمینی در سال زراعی ۱۴۰۱، در استان همدان پرداخته شد. عملکرد محصول، هزینه ودرآمد حاصله، مقدار آب مصرفی و نیاز آبیاری سیب‌زمینی در مزارع مورد مطالعه ده شهرستان استان، جمع‌آوری، اندازه‌گیری و محاسبه شد. نتایج تحقیق نشان داد بیشترین مقدار شاخص(VW) سیب‌زمینی ۳۰۱/۹ لیتر برکیلوگرم مربوط به شهرستان ملایر و کمترین مقدار آن برابر با ۲۰۰/۷ لیتر برکیلوگرم مربوط به شهرستان بهار می‌باشد و با درنظر گرفتن مساحت زیرکشت این محصول در شهرستانهای مختلف استان، بطور میانگین و برای کل استان، مقدار این شاخص برابر با ۲۴۴/۱ لیتر برکیلوگرم شد. همچنین بیشترین مقدار شاخص(WP) سیب‌زمینی۴/۹۸ کیلوگرم برمترمکعب، مربوط به شهرستان بهار و کمترین مقدار آن برابر با ۳/۳۱ کیلوگرم برمترمکعب مربوط به شهرستان ملایر می باشد و با درنظر گرفتن مساحت زیرکشت این محصول در شهرستانهای مختلف استان، بطور میانگین و برای کل استان، مقدار این شاخص برابر با ۴/۱۰ کیلوگرم برمترمکعب شد. شاخص محاسباتی(NBPD) نیز در شهرستان بهار بیشترین مقدار را داشت که برابر با ۴۰۸/۲ هزار ریال بر مترمکعب و در شهرستان ملایر کمترین مقدار و برابر با ۲۷۱/۴ هزار ریال بر مترمکعب بود. این شاخص نیز با درنظر گرفتن مساحت زیرکشت سیب‌زمینی در شهرستانهای مختلف استان، بطور میانگین و برای کل استان، محاسبه و مقدار آن برابر با ۳۳۵/۷ هزار ریال بر مترمکعب شد.

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

مقدمه

ثابت بودن مقدار آب کره زمین در مقابل افزایش جمعیت و احتیاج روز افزون انسان‌ها به آب، وابستگی بیشتر به این ماده حیاتی را به‌دنبال 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 (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 این‌رو بهره‌وری آب کشاورزی یکی از مهمترین موضوعاتی است که در سال‌های اخیر موردتوجه مجامع علمی مرتبط با آبیاری و کشاورزی قرارگرفته 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). بهبود

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
۲ - دانشیار 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
۳ -کارشناس 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)

بهره‌وری آب کشاورزی در جهان، موجب کاهش سهم آب بخش کشاورزی و تخصیص بیشتر آب به سایر مصارف و از همه مهم‌تر نیاز آبی محیط‌زیست نیز می‌گردد (مرسلی و همکاران، ۱۳۹۶). درواقع 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 نهاده 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 نهاده کمیاب و در نتیجه صرفه جویی و مصرف بهینه منابع آب خواهد داشت. بحث درباره آب مجازی ابتدا توسط آلان در دهه ۱۹۹۰ مطرح و به عنوان آبی که برای تولید یک واحد محصول استفاده شده است، تعریف گردید (Allen, 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 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, 2007). 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 موردنیاز است (Allen, 2003). هر چند از سوی بسیاری از کارشناسان توصیه می‌شود، از تعریف محل تولید در تعریف آب مجازی بهره برده شود. 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 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.

علیخانی مهوار و همکاران (۱۴۰۳) به منظور مقایسه میزان آب مصرفی، عملکرد و بهره‌وری آب محصول سیب زمینی، تحت دو سامانه آبیاری بارانی و قطره‌ای، آزمایشی در شش مزرعه (تحت شرایط مدیریت زارعین) در شهرستان رزن، واقع در شمال استان همدان انجام دادند. نتایج نشان داد بطور میانگین مقدار عملکرد و بهره‌وری فیزیکی سیب زمینی در دو سامانه آبیاری بارانی و قطره‌ای به ترتیب ۴۰/۶ و۴۲/۷ تن در هکتار و ۴/۵۸ و ۶/۱۸ کیلوگرم بر مترمکعب بود. همچنین میزان بهره‌وری اقتصادی آب نیز به‌ترتیب برابر با ۱۲۲ و ۲۳۹ هزار ریال بر مترمکعب، برای سامانه آبیاری بارانی و قطره‌ای، بدست آمد. موسوی و همکاران (۱۴۰۲) آب مجازی و مقدار مناسب آب آبیاری برای گندم، جو، سیب‌زمینی و چغندرقند در استان چهارمحال بختیاری را با استفاده از مدل AquaCrop تعیین نمودند. نتایج نشان داد که مقدار آب آبیاری بهینه، که از مدل آکواکراپ تعیین شد، برای تولید گندم، جو، سیب‌زمینی و چغندرقند به‌ترتیب ۳۴۲۰، ۱۵۳۰، ۴۳۰۰ و۵۰۲۰ مترمکعب در هکتار بود. این مقادیر نسبت به‌شرایط فعلی آبیاری در این استان به‌ترتیب ۳۹، ۷۰، ۵۷ و ۹۰ درصد کاهش داشت. میزان آب مجازی مصرف شده در مقادیر آب آبیاری پیشنهاد شده به‌ترتیب ۰/۱۹، ۰/۰۳، ۰/۶ و۰/۱۲ میلیون متر مکعب است. میزان آب مجازی در مقدار پیشنهادی برای تولید این محصولات به‌ترتیب ۲۸، ۶۱، ۳۳ و ۱۲ درصد کاهش نشان داد. عبدی اقدم و همکاران (۱۴۰۱) بهره وری 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 شاخص‌هایCPD [1]، BPD [2]و NBPD [3] به ترتیب برابر با ۱/۱۹ کیلوگرم بر مترمکعب، ۱۱۹۴۵ ریال بر متر مکعب و ۸۲۱۶ ریال بر متر مکعب می‌باشد. جلینی و همکاران (۱۴۰۰) میزان آب کاربردی، عملکرد و بهره‌وری آب سیب‌زمینی را در شرایط مدیریت زارعین، در دو منطقه فریمان و تربت حیدریه در استان خراسان رضوی، بررسی نمودند. نتایج نشان داد مقدار آب کاربردی بر اساس داده‌های هواشناسی سال ۹۸ حدود ۲۶ درصد و نسبت به آمار ۱۰ ساله حدود ۱۵ درصد بیشتر بود. نتایج همچنین نشان داد، حجم آب کاربردی سیب‌زمینی در مزارع مورد مطالعه از ۹۸۸۸ تا ۱۴۵۷۳ مترمکعب در هکتار متغیر و میانگین آن ۱۱۸۸۵ مترمکعب در هکتار بود. عملکرد سیب‌زمینی در مزارع منتخب از ۲۸۶۰۰ تا ۶۰۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار متغیر و میانگین آن ۴۰۳۹۹ کیلوگرم بر هکتار بود. بهره‌وری آب از ۲/۲۲ تا ۵/۲۵ متغیر و میانگین ۳/۴۲ کیلوگرم بر مترمکعب بود. شاهرخ‌نیا و همکاران (۱۴۰۰) میزان آب کاربردی، و بهره‌وری آب سیب‌زمینی را در شرایط مدیریت

1- Crop Per Drop
2- Benfit Per Drop
3- Net Benefit Per Drop

زارعین، در سه منطقه آباده، اقلید و خرمبید و با سه سامانه سطحی، قطره‌ای و بارانی، بررسی نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد که تفاوت آب کاربردی، عملکرد و بهره‌وری آب در مناطق مختلف در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود. متوسط مقدار عملکرد محصول و بهره-وری آب به‌ترتیب ۴۳/۶ تن در هکتار و ۴/۸۷ کیلوگرم بر متر مکعب بدست آمد. استفاده از سامانه بارانی و قطره‌ای باعث کاهش آب کاربردی به میزان ۱۱۰۰ متر مکعب در هکتار، افزایش محصول به میزان ۱۰/۵ تن در هکتار و افزایش بهره‌وری به میزان حدود ۱/۸ کیلوگرم بر متر مکعب شد. لیکن این تفاوت‌ها در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود. متوسط مقدارآب کاربردی در مزارع سیب‌زمینی ۹۴۲۰ مترمکعب در هکتار بوده که ۳۳۵۰ متر مکعب در هکتار از میانگین نیاز آبی ناخالص کمتر بود. سیدان و همکاران (۱۳۹۹) در استان همدان، میزان بهره‌وری مصرف آب در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی را در محصول سیب‌زمینی با یکدیگر مقایسه نمودند. نتایج نشان داد میانگین بهره‌وری فیزیکی آب در سامانه آبیاری بارانی و قطره‌ای به‌ترتیب برابر با ۳/۴ و ۴/۷ کیلوگرم بر هر مترمکعب است. میانگین بهره‌وری اقتصادی آب در سامانه آبیاری بارانی و قطره‌ای نیز به‌ترتیب برابر با ۱۴۹۸۰ و ۲۲۶۲۳ ریال بر هر مترمکعب است. نوری خواجه بلاغ و همکاران (۱۳۹۹) شاخص‌های بهره‌وری آب در محصولات عمده زراعی در دشت اردبیل را با یکدیگر مقایسه نمودند. نتایج بهره‌وری آب (شاخصCPD) نشان داد که محصول سیب‌زمینی دارای بیشترین بهره‌وری به‌میزان ۲/۹۵ کیلوگرم بر مترمکعب و محصول کلزا دارای کمترین بهره‌وری به‌میزان ۰/۶۷ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. همچنین، سیب‌زمینی (با قیمت هر کیلو ۶۰۹۳ تومان) و جو (با قیمت هر کیلو ۵۰۵ تومان) به ترتیب بیشترین و کمترین سود خالص به‌ازای هر متر مکعب آب آبیاری را دارا می‌باشند. رضوانی و همکاران (۱۳۹۸) با انجام پژوهشی نتیجه گرفتند که سامانه آبیاری قطره‌ای باعث بهتر سبز شدن بوته های سیب زمینی شد. بهره وری آب تحت سامانه آبیاری قطره‌ای حدود ۳۵ درصد بیشتر از سامانه آبیاری بارانی بود. قدمی فیروزآبادی و همکاران (۱۳۹۷) بهره‌وری مصرف آب آبیاری محصول سیب‌زمینی را در دو سیستم آبیاری بارانی و جویچه ای، در دشت بهار استان همدان بررسی و تحلیل اقتصادی نمودند. نتایج نشان داد میانگین حجم آب مصرفی و بهره‌وری مصرف آب آبیاری در سیستمهای آبیاری جویچه-ای و بارانی به‌ترتیب ۱۴۱۹۴ و ۸۲۳۳/۲ مترمکعب در هکتار و ۳/۱ و ۶/۵ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد شد. به این ترتیب سیستم آبیاری بارانی با کداهش ۴۲ درصدی در آب مصرفی، باعث افزایش ۱۱۰ درصدی بهره‌وری مصرف آب شده است. تحلیل اقتصادی نتایج نیز نشان داد که ارزش حال منافع خالص زراعت سیب‌زمینی در شرایط استفاده از سیستم آبیاری بارانی در شرایط کمک‌های بلاعوض دولت و بدون کمک‌های دولتی نسبت به روش آبیاری نشتی به ترتیب ۳۶۹۹۴۱ و ۳۰۴۲۶۲ هزار ریال بیشتر است. نسبت منفعت به هزینه در سیستم آبیاری بارانی در شرایط کمک‌های بلاعوض دولت و بدون کمکهای دولتی به ترتیب ۳/۱ و ۲/۹ است. این شاخص در مزارع با سیستم آبیاری نشتی ۲/۸ تعیین شد. میزان درآمد ناخالص و درآمد خالص در دو روش آبیاری بارانی و جویچه‌ای به‌ترتیب ۳۶۰۵۰۰، ۳۰۴۱۵۰، ۲۴۳۳۵۵ و ۱۹۹۹۹۲ هزار ریال تعیین شد. شاک و همکاران نتیجه گرفتند سیب‌زمینی در برخی از مراحل رشد به‌خصوص قبل از تشکیل غده‌ها نسبت به تنش آبی تا حدی مقاوم است و اعمال تنش آبی یا کم‌آبیاری در این مرحله از رشد ضمن افزایش بهره‌وری آب، تأثیر اندکی در کاهش عملکرد دارد (shock et al., 1993). یوآن و همکاران تأثیر سطوح آب برابر با ۲۵، ۵۰ ، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد تبخیر از طشتک تبخیر کالس A در روش آبیاری قطره‌ای را برای سیب‌زمینی بررسی نمودند. نتایج نشان داد با افزایش میزان آب مصرفی، محصول بازارپسند (وزن غده بیشتر از ۸۰ گرم)، افزایش ولی وزن خشک محصول و کیفیت غده‌ها و در نتیجه بهره‌وری آب کاهش یافت (Yuan et al., 2003). آندر و همکاران با بررسی سطوح مختلف آبیاری در دو سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی روی سیب‌زمینی، گزارش کردند اثر متقابل روش و سطوح آبیاری بر عملکرد گیاه معنی‌دار و لذا بهره‌وری آب متاثر از آن بود (Onder et al., 2005). منتظر و کوثری مقادیر بهره‌وری مصرف آب ۱۰ محصول زراعی را با استفاده از نتایج ۶۷ طرح تحقیقاتی انجام شده طی سالهای ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۶ در ایستگاههای تحقیقاتی ۱۳ استان کشور تعیین نمودند. میانگین بهره‌وری آب سیب‌زمینی۲/۷۴ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمد (Montazar and kosari, 2007). ناصری و بهراملو با بررسی تعداد بهینه آبیاری رقم آگریا در آبیاری سطحی در همدان، نتیجه‌گیری نمودند که عملکرد این محصول با ۱۶ و ۱۸ نوبت آبیاری به‌ترتیب ۲۸/۵ و ۲۴/۶ تن در هکتار و بهره‌وری آب به‌ترتیب ۲/۳۶ و ۱/۸۴ کیلوگرم بر مترمکعب بود (Nasseri and Bahramloo, 2009). موتوویچ و همکاران دو نوع سامانه آبیاری بارانی و قطره‌ای زیرسطحی را برای سیب‌زمینی در صربستان بررسی کردند و سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی را مناسب‌تر و با بهره‌وری بالاتر دانستند (Matovic et al., 2016). تانگ و همکاران اثر زمان کاشت و برنامه آبیاری را در افزایش بهره‌وری آب سیب‌زمینی در شمال چین بسیار موثر و حدود ۷۰ درصد دانستند (Tang et al., 2018).

با بررسی منابع مشخص شد میزان آب کاربردی سیب‌زمینی در مناطق مختلف و با سامانه‌های آبیاری گوناگون متغیر می‌باشد. ازاین‌رو اطلاع از وضعیت مصرف و بهره‌وری آب مزارع سیب‌زمینی 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 سیب‌زمینی استان همدان از لحاظ حجم آب کاربردی، عملکرد، بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب و میزان آب مجازی در شرایط زارعین بود.

روش تحقیق

پژوهش حاضر، در استان همدان با مساحت حدود ۱۹۴۹۱ کیلومترمربع واقع در غرب کشور ایران انجام شد که از لحاظ موقعیت جغرافیائی 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 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 (اداره کل هواشناسی استان همدان به آدرس الکترونیکی http://www.sinamet.ir).

در انجام این تحقیق، از سامانه محاسبه نیاز آبی گیاهان، وابسته به موسسه تحقیقات آب و خاک کشور (به آدرس الکترونیکی http://www.swri.ir)، برای یک دوره ده ساله منتهی به سال ۱۴۰۱ استفاده شد. این سامانه بر اساس آخرین روش‌های علمی روز، آب مصرفی را در سطوح مختلف کشت، تخمین زده و اطلاعات کاملی را در اختیار کشاورزان قرار می‌دهد. بانک داده‌های هواشناسی در سامانه فوق با مقیاس روزانه و با قابلیت پردازش و جستجو و بررسی تغییرات پارامترهای هواشناسی، دارای ۳۵ میلیون داده در بازه‌های زمانی مختلف بوده که برای۷۲۰ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک و اقلیم‌شناسی در سطح کشور، در دسترس محققان می‌باشد. همچنین بانک داده‌های مربوط به ارقام گیاهان زراعی و باغی در سطح کشور و بانک داده‌های فنولوژی گیاهی این سامانه متشکل از ۶۶ هزار داده مکانی، برای بررسی دوره‌های فنولوژی گیاهی و تغییرات آن در مناطق مختلف کشور در اختیار کاربران قرار داده می‌شود. این اطلاعات در تعیین نیاز آبی بسیار حائز اهمیت بوده و تجمیع این اطلاعات بر اساس ۴ مرحله استاندارد فائو کاملا منحصر به فرد می‌باشد.

لذا به کمک سامانه فوق، تبخیروتعرق گیاه مرجع (ET_0)، تبخیروتعرق محصول سیب‌زمینی (ET_C) و نیاز خالص آبیاری این محصول به کمک روابط (۱) و (۲) و به صورت مجزا در هر یک از شهرستان‌های استان همدان محاسبه گردید.

$$ET_C = K_C \cdot ET_0 \quad (۱)$$

$$In = ET_C - P_e \quad (۲)$$

در این روابط K_C ضریب گیاهی محصول سیب‌زمینی (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 آبشویی خاک به کمک رابطه (۳) و برای شهرستان‌های مختلف محاسبه شد. در این رابطه LR نیاز یا ضریب آبشویی، EC_W هدایت الکتریکی آب آبیاری و EC_e هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک می‌باشد.

$$LR=EC_W/(5EC_e-EC_W) \quad (۳)$$

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

$$I_g = I_n /(Ea \cdot LR) \quad (۴)$$

لازم به ذکر است با توجه به اینکه میانگین راندمان کاربرد بر اساس مطالعات و نشریات معتبر (عباسی و همکاران، ۱۳۹۴)، برای محصول سیب زمینی با سامانه های مختلف آبیاری در کل استان همدان، ۶۴ 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 آبشویی خاک که به کمک رابطه (۳) و برای شهرستان‌های مختلف محاسبه شده بود، بین ۰/۰۶ — ۰/۰۸ بدست آمد. لذا با عنایت به اینکه راندمان آبیاری مورد استفاده و نفوذ عمقی ایجاد شده در این حالت، پاسخگوی نیاز آبشویی مورد نیاز بود، بنابراین در محاسبه نیاز ناخالص آبیاری، آب جداگانه‌ای برای آبشویی در نظر گرفته نشد.

در ادامه با استفاده از اطلاعات سه مرجع تعیین شده، شامل: ۱- پرسشنامه‌های طراحی و توزیع شده در بین ۸۲ نفر ازکشاورزان و زراعین محصول سیب‌زمینی 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 مربوط به پژوهش‌های انجام شده محققان (سیدان و همکاران ۱۳۹۹؛ علیخانی مهوار و همکاران ۱۴۰۳؛ قدمی فیروزآبادی و همکاران ۱۳۹۷)، میزان آب مصرفی محصول سیب‌زمینی در شرایط مدیریت زارعین با میانگین‌گیری از داده‌ها و اطلاعات سه مرجع فوق الذکر، به طور جداگانه برای هر شهرستان برآورد و با مقدار آب مورد نیاز واقعی محصول سیب‌زمینی (نیاز ناخالص آبیاری محاسباتی) در هر شهرستان مورد مقایسه قرار گرفت. لازم به ذکر است در استان همدان بیش از ۹۵ درصد مزارع کشت سیب‌زمینی دارای سامانه آبیاری بارانی و کمتر از ۵ درصد، دارای سامانه آبیاری قطره‌ای هستند (آمارنامه سال ۱۴۰۱ سازمان جهادکشاورزی استان همدان). لذا انتخاب مزارع مطالعاتی برای تکمیل پرسشنامه، با رعایت ۹۵ درصد با سامانه بارانی و ۵ درصد با

سامانه آبیاری قطره‌ای انجام شد.

سپس با استخراج میزان عملکرد در واحد سطح، قیمت واحد فروش محصول (هر کیلو۸۲۵۰۰ ریال) و هزینه تولید در واحد سطح محصول سیب‌زمینی (۲۲۸۰۲۹۰۳ 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.

$$WP = \frac{Y}{V} \quad (۵)$$

$$VW = \frac{V}{Y} \quad (۶)$$

$$NBPD = \frac{P}{V} \quad (۷)$$

در رابطه شماره (۵)، WP بهره‌وری فیزیکی مصرف آب[1] (برحسب کیلوگرم بر مترمکعب)، Y عملکرد فیزیکی (کل محصول تولیدشده بر حسب کیلوگرم) و Vحجم آب مصرف شده[2] (بر حسب مترمکعب) می‌باشند. همچنین در رابطه شماره (۶)، VW مقدار آب مجازی (بر حسب مترمکعب بر کیلوگرم) و در رابطه شماره (۷)، NBPD بهره‌وری اقتصادی مصرف آب[3] (برحسب ریال بر مترمکعب) و P سود و درآمد خالص حاصل از محصول تولیدی (برحسب ریال) هستند.

نتایج و بحث

مقدار آب مصرفی و نیاز ناخالص آبیاری محاسباتی محصول سیب‌زمینی

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

در ادامه و در شکل (۱) میانگین میزان آب مصرفی محصول سیب‌زمینی و مقدارنیاز ناخالص آبیاری محاسباتی به تفکیک شهرستانها و بطور میانگین برای کل استان (با میانگین‌گیری وزنی)، مقایسه و ارائه گردیده است.

همانگونه که در جداول (۱) و (۲) و همچنین در شکل (۱) دیده می‌شود به جز مزارع محصول سیب‌زمینی شهرستان‌های ملایر و اسدآباد که در آنها عمل بیش‌آبیاری به میزان ۱۰ و ۱۲ درصد، انجام شده است، در سایر شهرستان‌ها، مقدار آب مصرفی در واحد سطح نسبت به نیاز ناخالص آبیاری محاسباتی (آب آبیاری مورد نیاز)، کمتر است و این نشان دهنده انجام عمل کم‌آبیاری به میزان ۱۲-۵ درصد، در این شهرستان‌هاست. نتایج برخی مطالعات انجام شده در استان نیز با این موضوع مطابقت دارد (علیخانی مهوار و همکاران، ۱۴۰۳؛ قدمی فیروزآبادی و همکاران ۱۳۹۷). همچنین با مقایسه مقدار آب مصرفی در واحد سطح نسبت به نیاز ناخالص آبیاری محاسباتی، مشخص می‌گردد که بیشترین کم‌آبیاری مربوط به شهرستان بهار و بیشترین بیش‌آبیاری مربوط به شهرستان اسدآباد می‌باشد. مقایسه این دو شاخص برای میانگین کل استان نیز، وجود عمل کم آبیاری را در کل استان، تایید می‌کند.

بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری در مزارع سیب‌زمینی استان

میزان بهره‌وری فیزیکی محصول سیب‌زمینی 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 مذکور نشان می‌دهد میزان بهره‌وری فیزیکی در شهرستان‌های استان بین ۳/۳۱ — ۴/۹۸ و برای کل استان ۴/۱۰ کیلوگرم بر مترمکعب است. بیشترین میزان بهره‌وری فیزیکی مربوط به شهرستان بهار و کمترین مقدار آن مربوط به شهرستان ملایر می‌باشد. بعبارتی بطور میانگین در استان همدان به ازای یک متر مکعب آب مصرفی، ۴/۱۰ کیلوگرم محصول سیب‌زمینی تولید می‌شود. بهره‌وری فیزیکی محاسباتی در جدول (۳) تطابق نسبی خوبی با سایر مطالعات مشابه در استان همدان دارد (جعفری و همکاران،۱۳۹۶؛ سیدان و همکاران، ۱۳۹۹؛ علیخانی و همکاران، ۱۴۰۳).

آب مجازی در مزارع سیب‌زمینی استان

آب مجازی محاسباتی در شهرستان‌های مختلف استان نیز در جدول (۳) ارائه گردیده است. مقدار این شاخص در شهرستان‌های استان بین ۲۰۰/۷-۳۰۱/۹ و بطور میانگین در کل استان ۲۴۴/۱ لیتر بر کیلوگرم است. کمترین مقدار آب مجازی مربوط به شهرستان بهار و بیشترین مقدار آن مربوط به شهرستان ملایر می‌باشد. بعبارتی بطور میانگین در استان همدان به ازای تولید یک کیلوگرم سیب‌زمینی، ۲۴۴/۱ لیتر آب مصرف می‌شود. آب مجازی محاسباتی در جدول (۳) تطابق نسبی خوبی با سایر مطالعات مشابه در استان همدان دارد (بلالی و همکاران،۱۴۰۰؛ سیدان و همکاران، ۱۳۹۷).

1- Water productivity
2- Virtual water
3- Net Benefit Per Drop

جدول ۱- نیاز خالص و ناخالص آبیاری محصول سیب زمینی 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	۸۲۷/۳	۶۵۶/۱	۲/۶	۶۵۳/۵	۱۰۲۱/۰۹	۱۰۲۱۰/۹
همدان	۸۷۱/۷	۶۸۷	۴	۶۸۳	۱۰۶۷/۱۹	۱۰۶۷۱/۹
کبودراهنگ	۸۴۲/۳	۶۶۱/۶	۱/۵	۶۶۰/۱	۱۰۳۱/۴۱	۱۰۳۱۴/۱
ملایر	۹۱۹/۸	۷۱۹/۱	۲/۵	۷۱۶/۶	۱۱۱۹/۶۹	۱۱۱۹۶/۹
تویسرکان	۸۰۱/۲	۶۳۶	۵	۶۳۱	۹۸۵/۹۴	۹۸۵۹/۴
نهاوند	۸۳۱/۸	۶۶۲/۲	۰/۹	۶۶۱/۳	۱۰۳۳/۲۸	۱۰۳۳۲/۸
اسدآباد	۷۹۶/۵	۶۲۹/۵	۳۷/۵	۵۹۲	۹۲۵	۹۲۵۰
بهار	۷۴۴/۱	۵۸۷/۸	۱/۴	۵۸۶/۴	۹۱۶/۲۵	۹۱۶۲/۵
فامنین	۸۵۳/۴	۶۷۹/۱	۵/۲	۶۷۳/۹	۱۰۵۲/۹۷	۱۰۵۲۹/۷
درگزین	۸۶۰/۸	۶۷۹/۱	۶/۵	۶۷۲/۶	۱۰۵۰/۹۴	۱۰۵۰۹/۴
استان	–	–	–	–	۹۹۸/۸۱	۹۹۸۸/۱

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

شهر	پرسشنامه (بهره برداران-m^3/ha)	پرسشنامه (کارشناسان-m^3/ha)	تحقیقات علمی گذشته-(m^3/ha)	میانگین آب مصرفی (m^3/ha)	نسبت میزان آب مصرفی به نیازناخالص آبیاری
رزن	۹۸۵۰	۹۹۰۰	۹۳۵۰	۹۷۰۰	۰/۹۵
همدان	۱۰۱۷۳	۱۰۰۰۰	۸۹۶۰	۹۷۱۱	۰/۹۱
کبودراهنگ	۹۴۳۹	۹۴۰۰	۹۰۱۰	۹۲۸۳	۰/۹۰
ملایر	۱۱۵۵۱	۱۲۴۰۰	۱۳۰۰۰	۱۲۳۱۷	۱/۱۰
تویسرکان	۹۱۲۷	۹۳۰۰	۹۰۸۰	۹۱۶۹	۰/۹۳
نهاوند	۹۹۵۰	۱۰۰۰۰	۹۹۷۵	۹۹۷۵	۰/۹۷
اسدآباد	۹۲۸۰	۱۰۸۰۰	۱۱۰۰۰	۱۰۳۶۰	۱/۱۲
بهار	۸۰۶۸	۸۰۰۰	۸۱۲۱	۸۰۶۳	۰/۸۸
فامنین	۹۳۹۶	۹۷۰۰	۹۹۶۵	۹۶۸۷	۰/۹۲
درگزین	۹۷۴۲	۹۹۰۰	۹۹۹۵	۹۸۷۹	۰/۹۴
استان	–	–	–	۹۸۱۴	۰/۹۶

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

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

شهر	سطح زیر کشت (هکتار- ha)	متوسط عملکرد (Kg/ha)	میانگین آب مصرفی (m^3/ha)	بهره وری فیزیکی (Kg/m^3)	آب مجازی (لیتر برکیلوگرم)
رزن	۳۸۰۳	۳۹۱۱۸	۹۷۰۰	۴/۰۳	۲۴۸/۰
همدان	۴۱۵۴	۳۷۹۵۴	۹۷۱۱	۳/۹۱	۲۵۵/۹
کبودراهنگ	۳۴۱۵	۴۱۹۷۱	۹۲۸۳	۴/۵۲	۲۲۱/۲
ملایر	۴۳۱	۴۰۸۰۳	۱۲۳۱۷	۳/۳۱	۳۰۱/۹
تویسرکان	۷۳	۴۵۵۲۱	۹۱۶۹	۴/۹۶	۲۰۱/۴
نهاوند	۳۱۸	۴۷۳۶۴	۹۹۷۵	۴/۷۵	۲۱۰/۷
اسدآباد	۱۵۳۹	۳۹۱۳۵	۱۰۳۶۰	۳/۷۸	۲۶۴/۷
بهار	۶۱۵۸	۴۰۱۷۳	۸۰۶۳	۴/۹۸	۲۰۰/۷
فامنین	۲۹	۴۴۵۱۷	۹۶۸۷	۴/۶۰	۲۱۷/۶
درگزین	۱۵۰۰	۴۴۴۶۳	۹۸۷۹	۴/۵۰	۲۲۲/۲
استان	–	۴۰۲۱۱	۹۸۱۴	۴/۱۰	۲۴۴/۱

بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری در مزارع سیب‌زمینی استان

مقدار سود ناخالص، سود خالص و بهره‌وری اقتصادی محصول سیب‌زمینی در شهرستانهای مختلف استان در جدول (۴) ارائه گردیده است. همانگونه که در جدول مذکور ملاحظه می‌گردد بیشترین مقدار شاخص بهره‌وری اقتصادی آب محصول سیب‌زمینی مربوط به شهرستان بهار به میزان ۴۰۸/۲ هزارریال بر مترمکعب و کمترین مقدار مربوط به شهرستان ملایر با ۲۷۱/۴ هزارریال بر مترمکعب و بطور میانگین در کل استان ۳۳۵/۷ هزارریال بر مترمکعب می‌باشد.

بعبارتی بطور میانگین در استان همدان به ازای یک متر مکعب آب مصرفی ۳۳۵/۷ هزار ریال سود خالص از کشت محصول سیب‌زمینی حاصل می‌شود. شاخص بهره‌وری اقتصادی آب محصول سیب‌زمینی محاسباتی در جدول (۳) عمدتا" بدلیل تغییر قیمت واحد فروش محصول، تغییر هزینه‌ها وکاهش نسبی آب مصرفی، تطابق کمی با سایر مطالعات مشابه در استان همدان دارد (قدمی فیروزآبادی و همکاران،۱۳۹۷؛ سیدان و همکاران، ۱۳۹۹).

جدول ٤- بهره‌وری اقتصادی محصول سیب‌زمینی در شهرستانهای مختلف استان در شرایط مدیریت زارعین

شهر	سود ناخالص (هزار ریال در هکتار)	سود خالص (هزار ریال در هکتار)	بهره وری اقتصادی (هزارریال بر مترمکعب)
رزن	۳۲۲۷۲۳۵	۳۲۰۴۴۳۲/۱	۳۳۰/۴
همدان	۳۱۳۱۲۰۵	۳۱۰۸۴۰۲/۱	۳۲۰/۱
کبودراهنگ	۳۴۶۲۶۰۷/۵	۳۴۳۹۸۰۴/۶	۳۷۰/۵
ملایر	۳۳۶۶۲۴۷/۵	۳۳۴۳۴۴۴/۶	۲۷۱/۴
تویسرکان	۳۷۵۵۴۸۲/۵	۳۷۳۲۶۷۹/۶	۴۰۷/۱
نهاوند	۳۹۰۶۰۴۵	۳۸۸۳۲۴۲/۱	۳۸۹/۳
اسدآباد	۳۲۲۸۶۳۷/۵	۳۲۰۵۸۳۴/۶	۳۰۹/۴
بهار	۳۳۱۴۲۷۲/۵	۳۲۹۱۴۶۹/۶	۴۰۸/۲
فامنین	۳۶۷۲۶۵۲/۵	۳۶۴۹۸۴۹/۶	۳۷۶/۸
درگزین	۳۶۶۸۱۹۷/۵	۳۶۴۵۳۹۴/۶	۳۶۹/۰
میانگین استان	۳۳۱۷۴۱۸/۱	۳۲۹۴۶۱۵/۲	۳۳۵/۷

نتیجه‌گیری

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 اقتصادی آب برای محصول سیب‌زمینی کشت‌شده در استان همدان

مورد بررسی قرارگرفت. یافته‌های تحقیق نشان داد که شاخص‌های فوق با درنظر گرفتن مساحت زیرکشت این محصول در شهرستانهای مختلف استان، بطور میانگین و برای کل استان به‌ترتیب برابر با ۲۴۴/۱ لیتر برکیلوگرم، ۴/۱۰ کیلوگرم بر مترمکعب و ۳۳۵/۷ هزار ریال بر مترمکعب می‌باشند. از دیگر یافته‌های تحقیق این بود که در بیشتر شهرستان‌های استان همدان (به جز اسدآباد و ملایر)، در مزارع محصول سیب‌زمینی، عمل کم‌آبیاری انجام می‌شد. بعبارتی میزان آب مصرفی نسبت به نیاز آبیاری محصول، کمتر بود که عمدتا" می‌تواند بدلیل کاهش منابع آبی در دسترس باشد. در تمام شهرستان‌های استان (به غیر شهرستان همدان که بر خلاف شاخص‌های بهره‌وری، عملکرد محصول سیب‌زمینی کمتر از شهرستان‌های اسدآباد و ملایر بود)، علیرغم اعمال کم‌آبیاری در مزارع سیب‌زمینی، میزان عملکرد محصول و بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب آبیاری نسبت به شهرستان‌هایی که عمل بیش‌آبیاری در مزارع سیب‌زمینی آنها اتفاق افتاده بود (اسدآباد و ملایر)، بیشتر بود و این موضوع تطابق کامل با نتایج پژوهش‌هایی دارد که در آنها توصیه شده است که در کشت محصول سیب‌زمینی، اعمال عمل کم‌آبیاری تا سطح ۲۰ درصد مفید بوده (تامین ۸۰ درصد آب مورد نیاز گیاه) و باعث افزایش عملکرد و بهره‌وری خواهد شد (قدمی فیروزآبادی و همکاران، ۱۳۹۷).

همچنین سایر یافته‌های این تحقیق نشان داد که در بین شهرستان‌های استان، شهرستان بهار دارای بالاترین بهره‌وری فیزیکی (۴/۹۸ کیلوگرم برمترمکعب) و بهره‌وری اقتصادی مصرف آب (۴۰۸/۲ هزار ریال بر مترمکعب) بود و کم‌ترین مقدار آب مجازی در تولید محصول سیب‌زمینی (۲۰۰/۷ لیتر برکیلوگرم) را به خود اختصاص داده بود.

ضمنا" در جهت تکمیل و ادامه پژوهش، به محققان و خوانندگان پیشنهاد می‌گردد، شاخص‌های میزان آب مصرفی، مقدار آب مجازی و بهره‌وری آب آبیاری را در مزارع سیب‌زمینی، در شرایط مدیریت زارعین و مدیریت محققین، بصورت همزمان و در مزارع مجاور هم، با رعایت همه فاکتورهای موثر، در هر یک از شهرستان‌های استان، بررسی گردد تا ضمن اندازه‌گیری و مقایسه شاخص‌های فوق در شرایط مدیریت‌های مختلف، سایر عوامل موثر بر عدم مطابقت شاخص‌های مذکور نیز، با دقت بهتری مشخص گردد.

منابع

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

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

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): ص ۱۰۵۴-۱۰۴۶.

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

پرواز، م. ۱۴۰۱. مروری بر بحران آب و اهمیت آن. کنفرانس بین المللی پژوهش‌های کاربردی در علوم مهندسی و علوم انسانی. جمهوری آذربایجان - باکو.

جعفری، ع.، سلطانی، ه.، رضوانی، س.م. و قدمی فیروزآبادی، ع. ۱۳۹۶. ارزیابی و مقایسه اقتصادی سامانه‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای در زراعت سیب‌زمینی در استان همدان. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۳۱ (۲): ۲۰۵-۱۹۵.

جلینی، م.، کریمی، م. و باغانی، ج. ۱۴۰۰. بررسی میزان آب کاربردی، عملکرد و بهره‌وری آب مزارع سیب‌زمینی در شرایط زارعین استان خراسان رضوی. نشریه آب و توسعه پایدار. ۸ (۴): ۵۱ .

رضوانی، س. م.، قدمی فیروزآبادی، ع.، سلطانی، ه. و جعفری، ع. ۱۳۹۸. تاثیر آرایش کشت‌های مختلف سیب‌زمینی بر میزان عملکرد و بهره‌وری مصرف آب تحت شرایط آبیاری بارانی و قطره‌ای. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۵ (۱۳): ۱۳۱۶-۱۳۰۷ .

سیدان، س.م. و قدمی فیروزآبادی، ع. ۱۳۹۷. برآورد مبادله آب مجازی محصولات عمده زراعی (مطالعه موردی استان همدان). فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری وآب. ۹ (۳۳):۱۱۰-۱۰۲ .

سیدان، س.م. و قدمی فیروزآبادی، ع. ۱۳۹۹. مقایسه بهره‌وری مصرف آب در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی در محصول سیب‌زمینی در استان همدان. نشریه علوم کاربردی سیب‌زمینی. ۳ (۱): ۲۴-۱۷.

شاهرخ نیا، م. ع و باغانی ، ج. ۱۴۰۰. بررسی میزان آب کاربردی و بهره‌وری آب مزارع سیب‌زمینی در شرایط زارعین استان فارس. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۵(۳): ۶۳۵-۶۲۴.

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

(۱):۱۴۴-۱۴۱ .

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. بررسی شاخص-های بهره‌وری آب آبیاری سیب زمینی در دو روش آبیاری بارانی و قطره‌ای. نشریه علوم کاربردی سیب‌زمینی. ۶ (۲): ۵۰-۴۴.

قدمی فیروزآبادی، ع.، سیدان، س.م. و دهقانی سانیچ، ح. ۱۳۹۷. بهره‌وری مصرف آب آبیاری و تحلیل اقتصادی تولید سیب زمینی در دو سیستم آبیاری بارانی و جویچه ای در دشت بهار استان همدان. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۶ (۱۲): ۱۴۱۷-۱۴۰۷.

قدمی فیروزآبادی، ع. و پرویزی، خ. ۱۳۹۷. مدیریت کم‌آبیاری با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای در زراعت سیب‌زمینی. نشریه علوم کاربردی سیب‌زمینی. ۱ (۱): ۲۵-۱۹.

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

موسوی، س.م.، اگدرنژاد، ا. و سپری صادقیان، س. ۱۴۰۲. تعیین مقدار مناسب آب آبیاری برای گندم، جو، سیب‌زمینی و چغندر قند در استان چهارمحال بختیاری با استفاده از مدل AquaCrop و مفهوم آب مجازی. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱ (۱۷): ۴۱-۲۵.

نوری خواجه بلاغ، ر.، خالدیان، م. و کاوسی کلاشمی، م. ۱۳۹۹. مقایسه شاخص‌های بهره‌وری آب محصولات عمده زراعی در دشت اردبیل. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۳ (۱۴): ۹۰۴-۸۹۴

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.

Bahramloo, R. and Nasseri, A., 2009. Optimum irrigation events for potato cultivar Agria. International journal of agriculture & biology. 11(6): 712-716.

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.

Onder, S., Caliskan, M.E., Onder, D. and Caliskan, S., 2005. Different irrigation methods and water stress effects on potato yield and yield components. Agricultural water management. 73(1): 73-86.

Shock, C.C., Holmes, Z.A., Stieber, T.D., Eldredge, E.P. and Zhang, P., 1993. The effect of timed water stress on quality, total solids and reducing sugar content of potatoes. American Potato Journal. 70: 227-241.

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

Yuan, B.Z., Nishiyama, S. and Kang, Y., 2003. Effects of different irrigation regimes on the growth and yield of drip-irrigated potato. Agricultural water management. 63(3): 153-167.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.2, Vol. 19, Jun.-Jul. 2025, p. 305-314

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۹، خرداد - تیر ۱۴۰۴، ص. ۳۱۴-۳۰۵

Study of virtual water and water productivity indices in potato crop in Hamedan province

H. Alikhani-Mahvar[1*], A. Ghadami-Firouzabadi[2], M. Mousapour[3]
Recived: Jan.29, 2025 Accepted: Apr.06, 2025

Abstract

Due to water shortages in different parts of the country, determining and evaluating the amount of virtual water and water productivity in important agricultural crops seems essential. In this study, the three indicators of virtual water (VW), Water productivity (WP), and Net Benefit Per Drop (NBPD) of potato crop in the 1401 crop year were calculated and examined in Hamedan province. Crop yield, cost and income, amount of water consumed, and irrigation requirement of potatoes in the studied farms of ten counties of the province were collected, measured, and calculated. The results of the study showed that the highest value of the index (VW) of potatoes was 301.9 liters per kilogram in Malayer county and the lowest value was 200.7 liters per kilogram in Bahar 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 244.1 liters per kilogram. Also, the highest value of the potato index (WP) of 4.98 kg/m3 is related to Bahar County and the lowest value is 3.31 kg/m3 in Malayer 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 4.10 kg/m3. The NBPD index also had the highest value in Bahar County, which was equal to 408.2 thousand rials/m3, and in Malayer County, it was the lowest value and equal to 271.4 thousand rials/m3. This index was also calculated by considering the area under cultivation of potatoes in different counties of the province, on average and for the entire province, and its value was equal to 335.7 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
2- Associate Professor of Research, Agricultural Engineering and Technical Research Department, Hamadan Province Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Hamadan, Iran
3- Research Expert, 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)