Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 14, Agu.-Sept. 2020, p. 1046-1054

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۴، مرداد - شهریور ۱۳۹۹، ص. ۱۰۵۴-۱۰۴۶

بررسی آب مجازی و شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی در محصولات عمده زراعی (مطالعه موردی: شهرستان سقز استان کردستان)

مصطفی باغبانیان[۱]، قدرت‌الله امام‌وردی[۲*]، حامد قادرزاده[۳]، مرجان دامن کشیده[۴]، نارسیس امین رشتی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۲۵

چکیده

آب به‌عنوان کمیاب‌ترین نهاده کشاورزی، افزایش بهره‌وری آن طی چند دهه‌ی اخیر موردتوجه زیادی قرار گرفته است. بررسی‌ها بر اساس مقدار آب مجازی و شاخص‌های بهره‌وری آب در محصولات کشاورزی، نیاز به پی‌ریزی روابطی است که نشان‌دهنده‌ی مقدار واقعی مصرف آن برای تولید محصولات باشد. پژوهش حاضر با استفاده از سه شاخص بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب شامل CPD، BPD و NBPD مقدار آب مجازی محصولات زراعی منتخب (گندم آبی، جو آبی، نخود آبی، چغندرقند، سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی، خیار، یونجه و شبدر) در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ برای شهرستان سقز استان کردستان اندازه‌گیری و بررسی شده است. نتایج بررسی شاخص بهره‌وری فیزیکی برای محصولات چغندرقند و نخود آبی به ترتیب برابر ۹/۵ و ۰/۲ کیلوگرم بر متر مکعب و به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین مقادیر را دارا می‌باشند. همچنین نتایج بهره‌وری اقتصادی و خالص بهره‌وری این شاخص برای محصولات سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی به ترتیب حدود ۳۹۰۰ و ۳۹۵ تومان در متر مکعب و شاخص بهره‌وری خالص اقتصادی بالغ بر ۱۴۲۰ و ۱۱۰- تومان بر متر مکعب، بالاترین و پایین‌ترین مقادیر را به خود اختصاص داده‌اند. از دیگر نتایج تحقیق برای مقدار آب مجازی نشان داد، محصول نخود با ۴/۲ متر مکعب بر کیلوگرم آب مجازی بالاترین سطح آب مجازی را به خود اختصاص داده است که پایین‌ترین میزان بهره‌وری آب مجازی نیز در این محصول می‌باشد. در مقابل این شاخص برای محصول چغندرقند با مقدار ۱۰ کیلوگرم بر متر مکعب بالاترین مقدار بهره‌وری آب مجازی را در منطقه مورد مطالعه داراست.

واژه‌های کلیدی: آب مجازی، بهره‌وری اقتصادی، بهره‌وری فیزیکی، شهرستان سقز

مقدمه

آب یکی از مهمترین منابع موردنیاز در جوامع بشری و درعین‌حال یکی از بزرگترین چالش‌های قرن حاضر است که می‌تواند سر منشأ بسیاری از تحولات مثبت و منفی جهان قرار گیرد (آبابایی و همکاران، ۱۳۹۱). مقدار آب مورد استفاده در کشاورزی مهم و قابل‌توجه است و صرفه‌جویی در بخشی از آب استفاده شده در کشاورزی ممکن است به‌عنوان راه‌کاری برای کمبود آب مؤثر باشد (Droogers et al., 2000). به عبارتی، اهمیت این نهاده در ایران به دلایل محدودیت منابع آب از یک طرف و کم بودن راندمان آبیاری و هدر رفت آن دوچندان می‌شود.

یکی از مؤثرترین راهکارهای مقابله با بحران آب و افزایش کمّی و کیفی تولیدات در بخش کشاورزی افزایش راندمان آبیاری و مهم‌تر از آن بهبود بهره‌وری مصرف آب می‌باشد (سیدان و همکاران، ۱۳۹۷). ازاین‌رو بهره‌وری آب کشاورزی یکی از مهمترین موضوعاتی است که در سال‌های اخیر موردتوجه مجامع علمی مرتبط با آبیاری و کشاورزی قرارگرفته است. عصاره اصلی و ساختار بنیادی مفهوم بهره‌وری آب کشاورزی استفاده صحیح از آب به همراه افزایش تولید محصولات کشاورزی است (Tuong et al., 2000). 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 کشاورزی با مصرف آب کمتر است تا از این طریق امکان کاهش سهم آب بخش

۱- دانشجوی دکتری گروه اقتصاد، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲- استادیار گروه اقتصاد، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۳- استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران
۴- استادیار گروه اقتصاد، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۵- استادیار گروه اقتصاد، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

(*- نویسنده مسئول: Email: ghemamverdi2@gmail.com)

www.SID.ir

Archive of SID

کشاورزی و تخصیص بیشتر آب به سایر مصارف و از همه مهم‌تر نیاز آبی محیطزیست فراهم آید (حیدری، ۱۳۹۳). 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 (زمانی و همکاران، ۱۳۹۳). 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[1] در فرآیند مدیریت منابع آب، نقش مهم و بسزایی در جهت برقراری موازنه در عرضه و تقاضای این نهاده کمیاب و در نتیجه صرفه‌جویی و مصرف بهینه منابع آب خواهد داشت. بحث درباره آب مجازی ابتدا توسط آلان در دهه ۱۹۹۰ مطرح و به‌عنوان 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 فراورده کشاورزی از ابتدایی‌ترین مرحله تا انتهای مراحل تولید مصرف می‌کند و از آن با عنوان‌هایی چون 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 به‌عنوان حجمی از آب تعریف شده باشد که برای تولید محصول در محل مصرف موردنیاز است (Allan, 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 زمـان تولیـد، مدیریت و برنامه‌ریزی، فرهنگ و عادات مردم از عوامل مؤثر 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.

پژوهش حاضر در شهرستان سقز واقع در شمال استان کردستان با مساحتی معادل ۴۳۷۰ کیلومتر مربع در غرب ایران صورت گرفته است. شهرستان سقز در ارتفاع ۱۵۰۰ متری از سطح دریا و با آب‌وهوای مدیترانه‌ای، میزان بارش سالانه حدود ۵۰۰ میلی‌متر است که نسبت به میانگین بارش کشور مقدار قابل‌توجهی بوده و از وجود همین میزان بارش چهار رودخانه، ۱۲۰۰ چشمه آب و۷۰ دهنه قنات در شهرستان دارد. کشاورزان این شهرستان برای آبیاری کشتزارهای خود از تعداد ۱۶۴۰ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق و تعداد ۸۵۰ باب استخر ذخیره آب استفاده می‌کنند و مجموع آب مصرفی بخش کشاورزی این شهرستان حدود ۵۰ میلیون متر مکعب در سال است (سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان، ۱۳۹۵). خاک حاصلخیز و شرایط آب و هوایی مناسب این منطقه، مزیت نسبی بالایی را جهت کشت محصولات زراعی ایجاد کرده 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.

سینگ و همکاران به بررسی بهره‌وری فیزیکی آب برای محصولات گندم، برنج و پنبه در کشور هند پرداختند. نتایج تحقیق آنان نشان داد، بهره‌وری محصولات مذکور به ترتیب ۱/۰۴، ۰/۸۴ و ۰/۲۱ کیلوگرم بر مترمکعب است (Singh et al., 2006). لو و همکاران بهره‌وری فیزیکی آب را برای محصول ذرت ۱۲۴ کشور مختلف محاسبه و گزارش کرده‌اند. طبق نتایج تحقیق آنان کشورهای آمریکا و چین با بیش از ۱/۵ و کشورهای آفریقایی با کمتر از ۱ کیلوگرم بر متر مکعب آب به ترتیب بیشترین و کمترین بهره‌وری فیزیکی آب را به خود اختصاص دادند (Liu et al., 2008). در مطالعه‌ای دیگر، لو با مطالعه آب مجازی و قیمت محصولات در هر منطقه، محصولاتِ با بیشترین درآمدزایی را مشخص و ترغیب کشاورزان به محصولات کم مصرف و پردرآمد برای صرفه‌جویی در آب مصرفی را بدون متضرر نمودن بهره‌برداران پیشنهاد می‌نماید (Liu, 2013). کلدزیک و همکاران به ارزیابی تأثیر اقتصادی آبیاری ذرت دانه‌ای به دو روش قطره‌ای و بارانی در لهستان پرداختند و نشان دادند، کاهش هزینه‌ها در هر دو سامانه و افزایش سودآوری با افزایش سطح زیر کشت محصول و بیشتر بودن هزینه‌های آبیاری به روش قطره‌ای نسبت به بارانی در مزارع بزرگ نسبت به خرد (کوچکتر از ۵ هکتار) است (Kledzik et al., 2017)

دهقان منشادی و همکاران (۱۳۹۲) انتقال آب مجازی را به‌عنوان راه‌کار جایگزینی برای انتقال آب بین حوضه‌ای مطرح و بیان کردند. مفهوم بهره‌وری آب کشاورزی، استفاده صحیح از آب به همراه افزایش تولید محصولات کشاورزی است. در پژوهشی دیگر، زمانی و همکاران (۱۳۹۳) با برآورد میزان عملکرد، توابع هزینه به‌ویژه تابع هزینه بهره‌برداری و استحصال منابع آب زیرزمینی، بازده ناخالص و بهره‌وری آب در تولید محصولات زراعی با استفاده از شاخص‌های فیزیکی و مالی بهره‌وری آب در زیر بخش زراعت دشت همدان–بهار موردبررسی قرار دادند. نتایج نشان داد، با اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب، بهره‌وری مصرف آب محصول گندم افزایش می‌یابد.

1- Virtual water

www.SID.ir

Archive of SID

ایزدی و داوری (۱۳۹۴) به بررسی و ارزیابی میزان بهره‌وری آب به دلیل کمبود منابع آب برای هر یک از محصولات مختلف در شرکت‌های تحت نظارت آستان قدس رضوی پرداختند. نتایج نشان داد، محصول ذرت با امتیاز ۱/۴۲ برای مجتمع مزرعه نمونه مشهد، پسته با امتیاز ۱/۶۱ برای کشت و صنعت سرخس، گندم با امتیاز ۲/۲۷ برای کشت و صنعت اسفراین، جو و پسته با امتیاز ۰/۵ برای کشت و صنعت بردسکن، ذرت علوفه‌ای با امتیاز ۲/۲۷ برای مجتمع کشاورزی تربت‌حیدریه و پسته با امتیاز ۰/۷۴ برای مجتمع موقوفات و کشاورزی گناباد، بهترین وضعیت را ازنظر بهره‌وری آب دارا بودند. امینی و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب دو محصول خیار و کلزا در دشت‌های واقع در شرق استان کردستان (قروه و دهگلان) پرداختند. در نتایج خروجی از این پژوهش، خیار دارای بهره‌وری فیزیکی بالا و بهره‌وری اقتصادی و مقدار آب مجازی کم می‌باشد. حال آن‌که محصول کلزا دارای بهره‌وری فیزیکی پایین، بهره‌وری اقتصادی بالا و مقدار آب مجازی بالا است. بهرامی و همکاران (۱۳۹۷) به برآورد اثرات بهره‌وری فیزیکی آب بر تولید گندم در استان‌های عمده تولیدکننده گندم (اصفهان، خراسان رضوی، خوزستان، گلستان و فارس) پرداختند. بر اساس نتایج بهره‌وری فیزیکی آب بین استان‌های منتخب در دوره مورد بررسی حدود ۱/۹ کیلوگرم بر متر مکعب به دست آمد.

علیرغم مطالعات زیادی که در زمینه بهره‌وری آب انجام شده است و با بررسی که توسط محققین صورت پذیرفته، در معدود مطالعاتی در کنار شاخص‌های بهره‌وری آب به بررسی مقدار آب مجازی پرداخته شده است. اما، در این مطالعه ضمن بررسی‌های مشابه در سایر مطالعات یعنی محاسبه نیاز آبی و آب مجازی، میزان شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب و همچنین بهره‌وری آب مجازی برای محصولات منتخب اندازه‌گیری شده است.

روش تحقیق

برای محاسبه بهره‌وری اصولاً از دو روش اقتصادسنجی و روش غیر پارامتری استفاده می‌شود (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲). در این پژوهش به‌منظور محاسبه بهره‌وری از روش غیر پارامتری استفاده شده است. شاخص‌های مختلف بهره‌وری آب توسط فائو و کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران معرفی شده است.

در این پژوهش در گام اول، به محاسبه نیاز آبی محصول پرداخته می‌شود. در تعیین نیاز آبی عوامل متعددی تأثیرگذار هستند. نیاز آبی محصول با استفاده از تبخیر- تعرق محصول (ET_C) برحسب در طی دوره رشد کامل محصول محاسبه می‌شود. طبق معادله (۱)، ET_C از حاصلضرب تبخیر-تعرق پتانسیل_مرجع_ (ET_0) در ضریب گیاهی (K_C) به دست می‌آید (Allen et al., 1998):

$$ET = K_c \times ET_0 \qquad (۱)$$

تبخیر-تعرق گیاه مرجع (ET_0) عبارت است از نرخ تبخیر-تعرق گیاهی فرضی با ارتفاع مشخص ۱۲cm، مقاومت ثابت شده در سطح گیاه برابر $\frac{s}{m}$ ۶۰ و بازتابشی با توان $۲۳^{۰/۲۵}$ است. همچنین ضریب گیاهی (KC) اثر خصوصیات محصول را در نیاز آبی لحاظ نموده و با معرفی آن نیاز آبی محصول تعیین می‌شود. برای تعدیل این ضریب، پارامترهای جوی، مقدار رطوبت و سرعت باد برای هر محصول در دوره‌های میانی و پایانی رشد محصول تعدیل شدند (Smith et al., 1992). تبخیر-تعرق گیاه مرجع با استفاده از معادله پنمن- مانتیث که توسط فائو در سال ۱۹۸۸ ارائه گردیده، محاسبه می‌شود. این شاخص در معادله (۲) ارائه شده است.

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma\, 900/(T+273)U_2(e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \qquad (۲)$$

در معادله (۲)، ET_0 تبخیر-تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر بر روز)، R_n تابش خالص بر سطح گیاه (مگا ژول بر میلی‌متر مربع در روز)، G جریان گرمای خاک (مگا ژول بر میلی‌متر مربع بر روز)، T متوسط دمای هوا (سانتی‌گراد)، U_2 سرعت باد اندازه‌گیری شده در ارتفاع ۲ متر (متر بر ثانیه)، e_a فشار بخار اشباع (کیلو پاسکال)، e_d فشار واقعی (کیلو پاسکال)، $e_a - e_d$ کسری فشار بخار (کیلو پاسکال)، Δ شیب منحنی فشار بخار (کیلو پاسکال بر درجه سانتی‌گراد) و γ ثابت سایکرومتریک (کیلو پاسکال بر درجه سانتی‌گراد) است (Allen et al., 1998). برای محاسبه تبخیر-تعرق پتانسیل در این پژوهش از داده‌های اقلیمی و نرم‌افزار CROPWAT استفاده شده است.

در گام دوم جهت تعیین مقدار آب مصرفی هر محصول از معادله (۳) استفاده گردید.

$$CWR_c = \frac{ET}{Ea} \qquad (۳)$$

در رابطه (۳)، CWR_c مقدار آب موردنیاز محصول (مترمکعب بر هکتار) که برابر آب مصرفی محصول مورد بررسی در منطقه موردمطالعه می‌باشد. ET آب خالص موردنیاز گیاه از آبیاری (مترمکعب در هکتار) و Ea راندمان روش آبیاری[۱] است. (باغستانی و بشری مهرآبادی، ۱۳۸۶).

بعد از تعیین مقدار آب مصرفی و نیاز آبی محصول، به بررسی شاخص‌های بهره‌وری آب پرداخته می‌شود. ساده‌ترین روشی که در مزارع کشاورزان برای برآورد بهره‌وری فیزیکی آب یک محصول می‌توان بکار برد، عملکرد از هر واحد حجم آب (CPD[۲]) است. در این شاخص از نسبت مقدار محصول تولیدشده به مقدار حجم آب مصرفی استفاده می‌شود.

---

۱ – در این پژوهش راندمان آبیاری ۴۰ درصد در نظر گرفته شده است (سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان، ۱۳۹۴).

2- Crop Per Drop

www.SID.ir

Archive of SID

$$CPD = \frac{Y_c}{WR_c} \quad (۴)$$

$$CPD = \frac{Y_c}{CWR_c} \quad (۵)$$

در روابط (۴) و (۵)، Y_c میزان محصول تولیدشده (کیلوگرم در هکتار) و WR_c مقدار نیاز آبی محصول و CWR_c حجم آب مصرف‌شده در هکتار است. بنابراین، بهره‌وری فیزیکی آب، بهره‌وری آب برحسب کیلوگرم بر متر مکعب است. بدیهی است هر چه میزان CPD در یک محصول بیشتر باشد نشان‌دهنده‌ی مصرف بهینه آب است. شاخص CPD یک معیار کاملاً فیزیکی و بر اساس بازدهی محصولات و میزان مصرف آب در هر هکتار است و تصویری از ویژگی‌های اقتصادی در اختیار کارشناسان قرار نمی‌دهد، در این شرایط محصولات پربازده شاخصی بالاتری خواهند داشت.

نوع دیگری از شاخص‌های بهره‌وری، جنبه مالی و اقتصادی بهره‌وری را شامل می‌شوند. مفهوم بهره‌وری اقتصادی آب "میزان درآمدی که بهره‌بردار به ازای مقدار آبی که مصرف می‌کند کسب می‌نماید" می‌باشد. به‌بیان‌دیگر تنها مقدار تولید نباید معیار ارزش آب مصرفی قرار گیرد بلکه باید علاوه بر مقدار فیزیکی محصول، به ارزش آن نیز توجه کرد. برای تعیین شاخص بهره‌وری اقتصادی آب، در صورت کسر رابطه (۵) به جای تولید، ارزش تولید جایگزین می‌گردد. برای بررسی بهره‌وری اقتصادی آب از دو شاخص زیر استفاده می‌شود:

– شاخص ارزش ناخالص یا درآمد به ازای هر واحد حجم آب (BPD)[1]: در این شاخص نسبت ارزش ناخالص به ازای هر واحد حجم آب مصرف‌شده محاسبه می‌شود.

$$BPD = \frac{TR}{CWR_c} \quad (۶)$$

در رابطه (۶)، TR کل درآمد حاصل از محصول به ازای هر واحد آب مصرفی است و از حاصل‌ضرب میزان عملکرد در قیمت هر کیلوگرم محصول به دست می‌آید. بنابراین ،BPD بهره‌وری آب برحسب ریال بر مترمکعب است. این شاخص یکی از معایب شاخص CPD یعنی بی‌توجهی به ارزش محصول تولیدی را برطرف می‌کند و برای مقایسه محصولات مختلف می‌تواند استفاده شود. اما، در نظر نگرفتن هزینه تولید محصول از معایب این شاخص می‌باشد.

ارزش خالص به ازای هر واحد حجم آب (NBPD[2]): در این شاخص در صورت کسر، سود خالص گنجانده می‌شود.

$$NBPD = \frac{NR}{CWR_c} \quad (۷)$$

در رابطه فوق، NR ارزش خالص محصول است که از تفاضل ارزش ناخالص و هزینه کل به دست می‌آید. این شاخص مناسب‌تر از شاخص رابطه (۶) است.، زیرا ممکن است، شاخص بهره‌وری آب در یک سیستم بر اساس BPD بیشتر از سیستم نوع دیگر باشد، درحالی‌که بر اساس NBPD کمتر باشد، در این صورت نتایج حاصل از شاخص گمراه‌کننده خواهد بود. در ادامه برای تعیین مقدار آب مجازی محصولات کشاورزی از معادله (۸) استفاده می‌گردد:

$$VW_c = \frac{CWR_c}{Y_c} \quad (۸)$$

رابطه فوق، VW_c بیانگر مقدار آب مجازی که از نسبت آب مصرفی گیاه به میزان عملکرد محصول بدست می‌آید. بنابراین مقدار آب مجازی محصولات برحسب مترمکعب بر کیلوگرم است. شایان‌ذکر است، برای محاسبه آب مجازی و نیاز آبی محصولات زراعی شهرستان سقز و داده‌های مربوط به برآورد شاخص‌های بیان شده از اطلاعات و داده‌های هواشناسی سازمان هواشناسی استان کردستان، آمار زراعی سازمان جهاد کشاورزی استان در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ و نشریه ۵۶ فائو استفاده شده است.

نتایج و بحث

در این بخش نتایج مربوط به شاخص‌های بهره‌وری آب در منطقه موردمطالعه بررسی می‌شود. بر اساس داده‌های جمع‌آوری‌شده از پایگاه‌های آماری، در جدول (۱) نتایج مربوط به سطح زیر کشت، عملکرد، قیمت فروش هر کیلوگرم محصول، مقدار آب مصرفی و ارزش ناخالص تولید در هکتار برای هر محصول ارائه شده است. شایان ذکر است، در این پژوهش محصولاتی که سطح زیرکشت آن‌ها بالای ۵۰ هکتار در منطقه موردمطالعه بوده است، انتخاب و موردبررسی قرار گرفته‌اند.

با توجه به عملکرد محصول، میزان آب مصرفی، ارزش محصول و سود محصول به محاسبه شاخص‌های بهره‌وری آب پرداخته شده است. در نمودار ۱ نتایج مربوط به شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی آب (CPD) بر اساس مقدار آب مصرفی و نیاز آبی محصولات منتخب گزارش شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، در شکل ۱ مقدار این شاخص برای محصول چغندرقند بر اساس مقدار آب مصرفی و نیاز آبی محصول به ترتیب بالغ بر ۲۳ و ۹/۵ کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد که بالاترین میزان را به خود اختصاص داده است. این مقدار شاخص به این معنی است که به‌طور متوسط به ازای افزایش یک متر مکعب آب باعث افزایش ۲۳ کیلوگرم در هکتار محصول چغندرقند خواهد شد. از دیگر نتایج شکل ۱، بعد از محصول چغندرقند، محصولات سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی و خیار به ترتیب بالاترین مقدار را دارا می‌باشند. این شاخص به دلیل انحراف به سمت محصولاتی با عملکرد بالاتر در واحد سطح به‌عنوان شاخصی مناسب برای تحلیل اقتصادی در محصولات شناخته نمی‌شود.

1- Benefit Per Drop
2- Net Benefit Per Drop

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- اطلاعات کلی مربوط به محصولات برگزیده در منطقه موردمطالعه

محصول	سطح زیرکشت (هکتار)	عملکرد (کیلوگرم)	مقدار آب مصرفی (مترمکعب)	قیمت (ریال)	درآمد ناخالص (ریال)
گندم آبی	۵۲۳۰	۳۷۷۷/۲	۶۰۱۰	۱۰۸۰۰	۴۰۷۹۳۷۶۰
جو آبی	۸۱۲	۳۶۷۸/۴	۴۸۶۵	۸۲۰۰	۳۰۱۶۲۸۸۰
نخود آبی	۶۱/۲	۱۰۰۱	۴۲۰۷/۵	۴۰۰۰۰	۴۰۰۴۰۰۰۰
چغندرقند	۸۷۹	۴۶۶۴۱	۵۰۰۰	۲۳۲۰	۱۰۸۲۰۷۱۲۰
سیب‌زمینی	۵۳	۳۰۵۰۵	۵۴۲۷/۵	۷۰۰۰	۲۱۳۵۳۵۰۰۰
گوجه‌فرنگی	۱۶۹/۳	۱۹۶۶۱/۴	۵۹۶۲/۵	۱۲۰۰	۲۳۵۹۳۶۸۰
خیار	۱۷۶	۱۳۵۰۰	۴۸۶۲/۵	۷۵۰۰	۱۰۱۲۵۰۰۰۰
یونجه	۳۸۵۵	۹۲۸۲	۱۲۹۲۵	۹۰۰۰	۸۳۵۳۸۰۰۰
شبدر	۸۹	۴۸۰۰	۷۱۱۲/۵	۹۰۰۰	۴۳۲۰۰۰۰۰

مأخذ: سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان (۱۳۹۵)

شکل ۱- مقدار بهره‌وری فیزیکی آب بر اساس مقدار آب مصرفی و نیاز آبی محصولات (واحد: کیلوگرم بر متر مکعب)

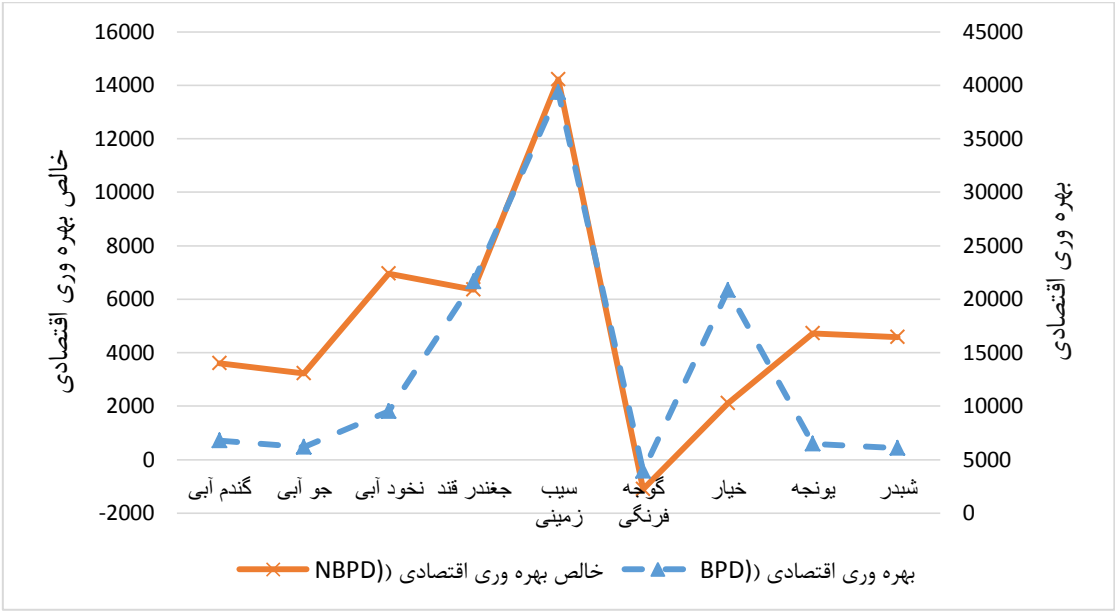
دومین شاخص موردتوجه در این پژوهش، شاخص نسبت درآمد کل به مقدار آب مصرفی و یا به‌عبارت‌دیگر شاخص بهره‌وری اقتصادی آب (BPD) است. هر چند این شاخص از شاخص بهره‌وری فیزیکی بهتر عمل کرده و بهره‌وری محصولات را اقتصادی نمایش می‌دهد، اما ازآنجاکه هزینه‌ها را در نظر نگرفته و تنها بر مبنای درآمدهای حاصله شکل‌گرفته می‌تواند گمراه‌کننده باشد. بر اساس شاخص BPD محصول سیب‌زمینی بالاترین مقدار و محصولات گندم آبی، جو آبی، نخود آبی، گوجه‌فرنگی، یونجه و شبدر پایین‌ترین مقدار شاخص را دارا می‌باشند. از دیگر نتایج شکل ۲ محاسبه مقادیر شاخص NBPD برای محصولات زراعی منتخب می‌باشد. بر اساس مقادیر این شاخص، همانند شاخص BPD، محصول سیب‌زمینی بیشترین مقدار را دارا می‌باشد. علی‌رغم مثبت بودن BPD برای گوجه‌فرنگی، NBPD برای این محصول منفی به‌دست‌آمده است.

در ادامه نیاز است تا مقادیر آب مجازی و بهره‌وری آب مجازی برای محصولات منتخب اندازه‌گیری شود. مقادیر به‌دست‌آمده در شکل ۳ نشان داده شده است.

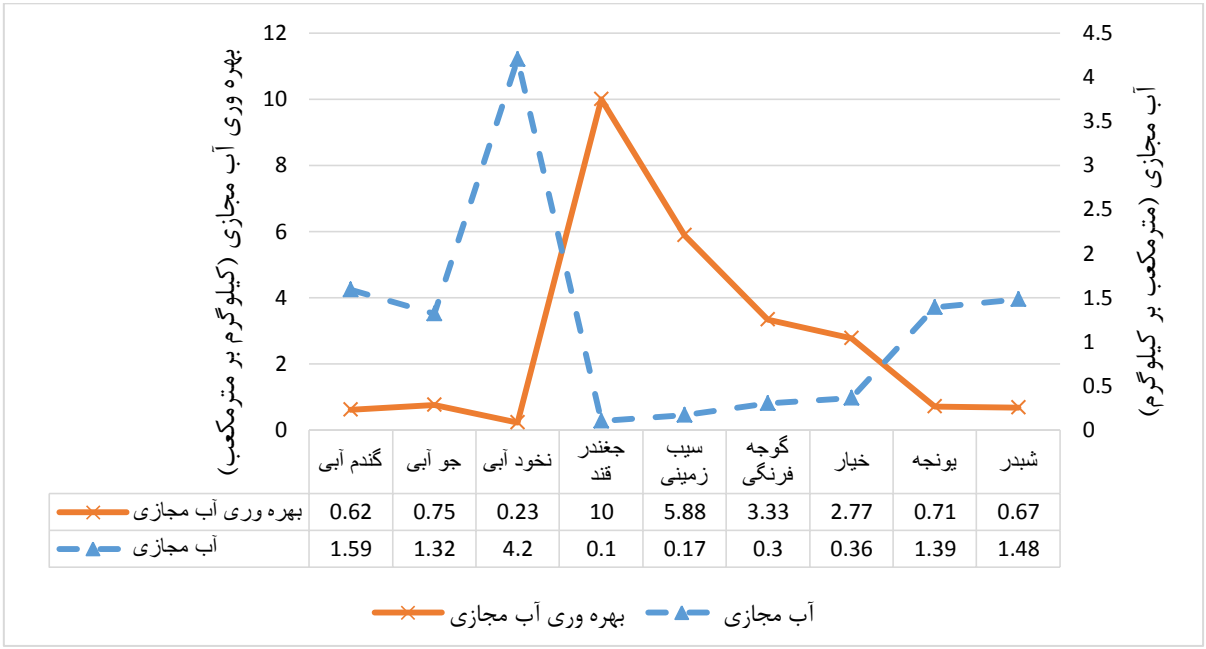
همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده است، در منطقه موردمطالعه به ترتیب بیشترین آب برای محصولات نخود آبی و بعد از آن برای محصولات گندم و جو آبی، یونجه و شبدر مورد استفاده قرار گرفته است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- مقدار بهره‌وری اقتصادی آب و خالص آن بر اساس مقدار آب مصرفی محصولات (واحد: ریال بر متر مکعب)



	گندم آبی	جو آبی	نخود آبی	جغندر قند	سیب زمینی	گوجه فرنگی	خیار	یونجه	شبدر
بهره وری آب مجازی	0.62	0.75	0.23	10	5.88	3.33	2.77	0.71	0.67
آب مجازی	1.59	1.32	4.2	0.1	0.17	0.3	0.36	1.39	1.48

شکل ۳- مقدار آب مجازی و بهره‌وری آن بر اساس مقدار آب مصرفی

بالاترین سطح آب مجازی برابر ۴/۲ متر مکعب بر کیلوگرم و پایین‌ترین میزان بهره‌وری آب مجازی برابر ۰/۱ برای محصول چغندرقند است. همچنین نتایج بهره‌وری آب مجازی معکوس مقدار آب مجازی را نشان می‌دهد. به‌بیان‌دیگر، کمترین میزان بهره‌وری آب مجازی برابر ۰/۲۳ کیلوگرم بر مترمکعب و بالاترین میزان بهره‌وری برابر ۱۰ برای محصول چغندرقند به دست آمده است. با توجه به معادله (۸) می‌توان گفت، محاسبه آب مجازی وابسته به دو مبحث است: مصرف آبی نوع محصول و عملکرد در واحد سطح محصول. برخی از محصولات اگرچه مصرف آب بالایی دارند، اما به علت بالا بودن عملکرد در واحد سطح، میزان آب مجازی محاسبه‌شده برای این محصولات به نسبت کمتر است. همچنین بهره‌وری آب مجازی این بینش را القا می‌کند که کاربرد مفهوم آب مجازی در الگوهای کشت

www.SID.ir

Archive of SID

منطقه‌ای و کاهش مقدار آن در محصولات مختلف علاوه بر این‌که باعث افزایش عملکرد محصولات در واحد سطح می‌شود، بهره‌وری واحد حجم آب مصرفی نیز افزایش می‌یابد. این عمل باعث می‌شود که در هر منطقه محصولاتی کشت شوند که با شرایط جغرافیایی و محدودیت‌های موجود مطابقت داشته باشد. این عامل نیز موجب تقویت بخش کشاورزی و مزیت نسبی هر منطقه می‌شود.

نتیجه‌گیری

یکی از مؤثرترین 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 موردتوجه جدی محققین زیادی قرا گرفته است. با توجه به این مهم، در این پژوهش میزان آب مجازی و شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب برای محصولات عمده کشت‌شده در شهرستان سقز استان کردستان مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش، داده‌ها و اطلاعات مربوط به محصولات زراعی از طریق مراجعه به سازمان‌ها و نهادهای مربوطه برای سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ گردآوری شد و برای حل مدل از نرم‌افزارهای EXCEL و CROPWAT استفاده شده است. نتایج حاصل از بهره‌وری فیزیکی آب بین محصولات زراعی منتخب نشان داد، بهره‌وری فیزیکی نهاده آب مصرفی برای محصول چغندرقند، ۹/۵ کیلوگرم بر مترمکعب آب است. این عدد بیانگر این است که به‌طور متوسط به ازای افزایش یک مترمکعب آب، حدود ۵/۹ کیلوگرم در هکتار چغندرقند افزایش خواهد داشت. همچنین CPD برای محصول نخودفرنگی کمترین مقدار را دارا می‌باشد. نتایج شاخص BPD و NBPD نشان داد که محصول سیب‌زمینی بالاترین مقدار و گوجه‌فرنگی کمترین مقدار را در این سال زراعی داشته است. از دیگر نتایج تحقیق برای آب مجازی نشان داد که تولید هر کیلوگرم محصول نخودفرنگی موجب مصرف ۴/۲ متر مکعب آب خواهد شد. مقدار بهره‌وری آب مجازی نیز برای چغندرقند بالاترین مقدار را به خود اختصاص داده است. در مورد برخی از محصولات که به دلیل عملکرد بالا در واحد سطح دارای آب مجازی کمتر و از بهره‌وری اقتصادی پایین‌تری برخوردارند، علت این امر پایین بودن ارزش اقتصادی این نوع محصولات می‌باشد. همچنین مقایسه دو نوع بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی بیانگر این نکته است، محصولاتی که دارای بهره‌وری فیزیکی بالاتر هستند، الزاماً دارای بهره‌وری اقتصادی نیستند و بالعکس. در مورد مفهوم آب مجازی نیز می‌توان گفت که کاربرد این شاخص در بررسی بهره‌وری محصولات مؤثر می‌باشد و موجب تقویت مزیت نسبی دشت‌های زراعی منطقه می‌گردد.

منابع

آبابایی، ب .، سرایی تبریزی، م .، فرهادی بانسوله، ب .، سهرابی ،ت.، میرزایی. ۱۳۹۱. واسنجی مدلCREAS- Barley با استفاده از روش مدلسازی معکوس تحت شرایط کم‌آبیاری. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، ۲۲: ۴۸-۳۷.

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

امینی، ع.، پرهمت، ج.، و کاظمی، س. ۱۳۹۶. بهره‌وری اقتصادی و فیزیکی آب محصولات خیار و کلزا در دشت‌های شرقی استان کردستان. اولین همایش بین المللی برنامه‌ریزی اقتصادی، توسعه پایدار و متوازن منطقه ای رویکردها و کاربردها، ۱۳ و ۱۴ اردیبهشت، دانشگاه کردستان.

ایزدی، ع. ا.، و داوری، ک. ۱۳۹۴. ارزیابی شاخص‌های بهره‌وری آب در شرکت‌های تحت نظارت آستان قدس رضوی. نشریه آب و توسعه پایدار، ۲. ۲: ۱۴-۹.

باغستانی، ع.، و مهرابی بشرآبادی، ح. ۱۳۸۶. مفهوم آب مجازی و کاربرد آن در تعیین الکوی تجارت محصولات کشاورزی ایران. نهمین سمینارسراسری آبیاری و کاهش تبخیر، کرمان.

بهرامی، م.، خلیلیان، ص.، مرتضوی، س. ا. و اسعدی، م.ح. ۱۳۹۷. بررسی بهره‌وری فیزیکی مصرف آب در استان‌های برگزیده ایران مطالعه موردی: محصول گندم. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۱۲. ۶: ۱۵۱۸-۱۵۱۱.

حیدری، ن. ۱۳۹۳. ارزیابی شاخص بهره‌وری آب کشاورزی و عملکرد سیاست‌ها و برنامه‌های مدیریت آب کشور در این زمینه، فصلنامه مجلس و راهبرد، ۲۱. ۷۸: ۱۹۹-۱۷۷.

دهقان منشادی، ح.، نیک سخن، م. ح.، و اردستانی، م. ۱۳۹۲. برآورد آب مجازی حوضه آبخیز و نقش آن در سامانه های انتقال آب بین حوضه ای. مهندسی منابع آب، ۶. ۱۹: ۱۱۴-۱۰۱.

زمانی، ا.، مرتضوی، س. ا.، و بلالی، ح. ۱۳۹۳. بررسی بهره‌وری اقتصادی آب در محصولات مختلف زراعی در دشت بهار، نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ۲۸. ۱: ۶۱-۵۱.

سیدان، س. م.، بهراملو، ر.، و ناصری، ا. ۱۳۹۷. تعیین بهره‌وری مصرف آب در زراعت گندم با سیستم آبیاری بارانی و نشتی در استان همدان. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۱۲. ۳: ۷۴۳-۷۳۲.

عباسی، ف.، عباسی، ن.، و توکلی، ع. ۱۳۹۶. بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ چالش ها و چشم اندازها. نشریه آب و توسعه پایدار، ۴. ۱: ۱۴۴-۱۴۱.

www.SID.ir

Archive of SID

سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان. ۱۳۹۴. گزارش برنامه‌ریزی برای افزایش راندمان آبیاری. به آدرس تارنمای: http://www.kurdistan.agri-jahad.ir

سازمان جهاد کشاورزی کردستان. ۱۳۹۵. گزارش عملکرد مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان سقز در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱. به آدرس تارنمای:http://www.kurdistan.agri-jahad.ir

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

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.

Allen, R.G., Periera, L.S., Raes, D., and Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Rome, Italy, 300 p.

Droogers, P., Salemi, H.R. and Mamanpoush, A. 2000. Exploring basin scale salinity problems using Handbook no. 60. US Government Printing Office, Washington D.C.

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

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

Liu, S. 2013. Virtual water and the optimization of industrial structure of agriculture in Shandong Province, Journal of Glaciol Geocryol, 25(6):692–700.

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

Singh, R., van Dam, J.C. and Feddes, R.A. 2006. Water productivity analysis of irrigated crops in Sirsa District. Indian Agricultural Water Management, 82, p. 253-278.

Smith, M., Allen, R.G., Monteith, J.L., Perrier, A., Pereira, L.S., and Segeren, A. 1992. Report on the expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements', FAO.

Tuong, T.P., Pablico, P.P., Yamauchi, M., Confesor, R., and Moody, K. 2000. Increasing water productivity and weed suppression of wet seeded rice: effect of water management and rice genotypes. Exp. Agric. 36:71–89.

www.SID.ir

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 14, Agu.-Sept. 2020, p. 1046-1054

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۴، مرداد - شهریور ۱۳۹۹، ص. ۱۰۵۴-۱۰۴۶

A Survey on Virtual Water and Sustainable Productivity Indices of Agricultural Water in Major Agricultural Crops (A Case of Saqqez City, Kurdistan Province)

M. Baghbanyan[1], Gh. Emamverdi[2*], H. Ghaderzadeh[3], M. Daman Keshideh[4], N. Amin Rashti[5]

Recived: Dec.28, 2020 Accepted: Feb.14, 2020

Abstract

As the rarest agricultural input, water has increased its productivity over the last few decades. Surveys based on the amount of virtual water and water productivity indicators in agricultural crops, we need to examine the relationships that indicate the actual amount of water consumption for crop production. The present study, virtual water content of selected crops (Wheat, Barley, Chickpea, and Sugar beet, Potato, Tomato, Cucumber, Alfalfa and Clover) examined in Saqqez city of Kurdistan province using three indices of physical and economic productivity of water including CPD, BPD and NBPD in the year 2015-16. The results of CPD index for Sugar beet and chickpea products were 9.5 and 0.2 kg / m^3 with the highest and lowest values, respectively. Also, the results of BPD, and NBPD for Potato and Tomato products were about 3900 and 395 Toman per cubic meter respectively, and the NBPD index of 1420 and -110 Toman per cubic meter had the highest and the lowest values respectively. Other results of the research on the amount of virtual water showed that the chickpea product with 4.2 m^3 / kg virtual water had the highest level of virtual water, which is also the lowest virtual water productivity in this product. In contrast, the index for sugar beet at 10 kg / m^3 has the highest amount of virtual water productivity in the study area

Keywords: Economic productivity, Physical productivity, Saqqez city, Virtual water

1- Economic Ph.D. Scholar of Islamic Azad University, Tehran Center Unit
2- Assistant Professor of Economic Department of Islamic Azad University, Tehran Center Unit
3- Assistant Professor of Agricultural Economic Department, University of Kurdistan
4- Assistant Professor of Economic Department of Islamic Azad University, Tehran Center Unit
5- Assistant Professor of Economic Department of Islamic Azad University, Tehran Center Uni
(*- Corresponding Author Email: ghemamderdi2@gmail.com)

www.SID.ir