2021, Vol.8, No.3, Pages 23 to 30
Journal of Water and Sustainable Development

سال هشتم، شماره ۳، ۱۴۰۰، صفحات ۲۳ تا ۳۰
نشریه آب و توسعه پایدار

Article Type: Applied

نوع مقاله: کاربردی

Investigation of Water Footprint Components of Cucumber Crop in Ilam Province (Case Study: Darhshahr City)

بررسی اجزای ردپای آب محصول خیار در استان ایلام (مطالعه موردی: شهرستان دره‌شهر)

F. Rahimi

MSc of Economical Science, Faculty of Humanities, Ilam University, Ilam, Iran.

Email: freshtehrahimi8@gmail.com

فرشته‌رحیمی

کارشناسی‌ارشد علوم اقتصادی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه ایلام، ایران.

E-Mail: freshtehrahimi8@gmail.com

Received: 30-05-2021 Revised: 20-09-2021
Accepted: 22-09-2021 Available Online: 06-12-2021

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۰۹ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۶/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۳۱ تاریخ انتشار: ۱۴۰۰/۰۹/۱۵

Abstract

Today, the issue of water shortage has become a major challenge in Iran. Since the agricultural sector has a high share in water consumption to increase population and food supply, so the study of water footprint indicates the volume of water that is directly or indirectly used to produce goods or provide any services has significant potential to help water management in the agricultural sector. In this study, water footprint in cucumber production from 2015 to 2019 using AGWAT software was investigated in 4 areas of Darhshahr city, Ilam province, which has the highest area under cultivation and export of cucumber. The results showed that in faryab lands of the four studied parts, Ermo rural district, Abbas Abad rural district, Chamjab village, and Darhshahr center, the share of green, blue, gray, and white water footprints were 16%, 20%, 20%, 25% of the total water footprint in cucumber production in Darhshahr city, respectively. In the study, the average total water footprint in faryab lands is about 9,684 m3/ton. Therefore, according to the water footprint in the study areas, the replacement of new irrigation methods, including; drip irrigation with low wastage and higher efficiency is recommended instead of flood irrigation in cucumber cultivation in these areas.

Keywords: Cucumber Water Footprint, AGWAT Software, Water Crisis.

چکیده

امروزه مسئله کمبود آب به یک چالش اساسی در کشور ایران تبدیل شده است. از آنجایی‌که بخش کشاورزی در راستای افزایش جمعیت و تأمین مواد غذایی سهم بالایی در مصرف آب به خود اختصاص داده است، لذا بررسی ردپای آب که نشان‌دهنده حجمی از آب است که به‌طور مستقیم یا غیر مستقیم برای تولید کالا یا ارائه هر گونه خدمات به مصرف می‌رسد پتانسیل قابل توجهی برای کمک به مدیریت آب در بخش کشاورزی دارد. در این پژوهش ردپای آب در تولید محصول خیار از سال ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۸ با استفاده از نرم افزار AGWAT در ۴ منطقه از شهرستان دره‌شهر، تابع استان ایلام، که بیشترین سطح زیر کشت و صادرات محصول خیار را به خود اختصاص داده است بررسی شد. نتیجه بررسی نشان داد، در اراضی فاریاب چهار بخش مورد مطالعه، دهستان ارمو، دهستان عباس آباد، روستای چمزاب و مرکز دره‌شهر سهم ردپای آب سبز، آبی، خاکستری و سفید به‌ترتیب ۱۶٪، ۲۰٪، ۲۰٪، ۲۵٪ درصد از مجموع ردپای آب در تولید محصول خیار در شهرستان دره‌شهر است. در مطالعه صورت گرفته متوسط مجموع ردپای آب در اراضی فاریاب حدود ۹/۶۸۴ مترمکعب بر تن می‌باشد. ازاین‌رو با توجه به روند ردپای آب مناطق مورد مطالعه، جایگزین کردن روش‌های نوین آبیاری از جمله؛ آبیاری قطره‌ای با هدر رفت کم و کارایی بالاتر، به‌جای آبیاری غرقابی در کشت محصول خیار این مناطق توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ردپای آب خیار، نرم‌افزار AGWAT، بحران آب.

HomePage: https://jwsd.um.ac.ir

How to cite this article: Rahimi F. 2021. Check the traces of cucumber. Journal of Water and Sustainable Development, 8(3): 23-30.
doi: 10.22067/jwsd.v8i3.2105.1051

مقدمه

امروزه تقاضای منابع آب ناشی از رشد جمعیت و کمبود آب برای تولیدات کشاورزی که رابطه مستقیمی با امنیت غذایی دارد، به مسئله‌ای جهانی تبدیل شده است. کشاورزی به‌عنوان اصلی‌ترین منبع تأمین مواد غذایی و آب به‌عنوان مهمترین عامل محدود کننده در توسعه بخش کشاورزی، اهمیت منابع آبی را مشخص می‌نماید. در راستای استفاده بهینه از منابع موجود آب، بررسی راهکارهای استفاده بهینه آب از طریق بازنگری در تخصیص منابع آب و مدیریت آن، امری ضروری است. از آنجایی‌که میزان آب مصرفی پایه و ردپای آب هر محصول در هر منطقه تحت تأثیر اقلیم، میزان تولیدات، الگوی مصرفی مردم، عملیات کشاورزی و راندمان کاربرد آب متغیر است توسعه روش‌های مدیریتی کارآمد و جدید که بتوان با آن مقدار آب واقعی مصرفی را محاسبه کرد، امری لازم و ضروری است. (علیقلی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۵). در این راستا یکی از راهکارهای نوین اقتصادی که کارشناسان و برنامه‌ریزان اقتصادی در جهت مدیریت پایدار منابع آب بر آن تأکید دارند، ردپای آب است (رمضانی اعتدالی و همکاران، ۱۳۹۵).

مفهوم ردپای آب به‌عنوان شاخصی از کمیت، زمان و مکان مصرف آب شیرین، نخستین بار توسط Hoekstra (۲۰۰۳) ارائه شد. این مفهوم پس از انجام اصلاحاتی در روش‌های برآورد و محاسبه، در مجموعه‌ای از انتشارات مؤسسه IHE یونسکو به‌عنوان یک شاخص قابل اتکا معرفی شد (علیقلی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۶). ردپای آب سبز، به سهم آب حاصل از بارندگی مرتبط است. ردپای آب خاکستری، به حجمی از آب شیرین اطلاق می‌شود که برای رقیق سازی کودها و سمومی که در فرآیند تولید محصول استفاده شده، اشاره دارد. ردپای آب سفید، تلفات آب حاصل از آبیاری آب سفید می‌باشد (رحیمی پور انارکی و همکاران، ۱۳۹۹).

پژوهش‌های متعددی در ارتباط با ردپای آب در محصولات کشاورزی انجام شده است. Kalvani و همکاران (۲۰۱۹) ردپای آب در محصولات کشاورزی استان تهران از جمله محصول خیار، در بازه زمانی ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۵ مورد بررسی قرار دادند. Arabi و همکاران (۲۰۱۸) ردپای آب در محصولات کشاورزی مختلف از جمله خیار محاسبه و منابع آبی را بررسی نمودند. کمالی علی آباد و همکاران (۱۳۹۷) در تحقیقی آب مجازی مصرفی در خیار سبز گلخانه‌ای استان یزد را بررسی کردند. نتیجه پژوهش نشان داد میانگین مصرف آب یک عدد خیار سبز در زمستان ۸/۹۳ لیتر می‌باشد. پیری و سارانی (۱۳۹۸) ردپای آب محصولات باغی و زراعی در استان سیستان و بلوچستان را برآورد کردند و نتیجه بررسی آن‌ها نشان داد، در بین محصولات باغی، پسته و در بین محصولات زراعی گندم بیشترین ردپای آب سفید داشتند. خلیلی و همکاران (۱۳۹۸) مدیریت منابع آب محصولات زراعی استان قم را با استفاده از مفهوم ردپای آب در سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۹۵را بررسی کردند. نتایج مطالعه نشان داد بیشترین ردپای آب سفید از آن محصول پنبه و هندوانه است. گلابی و همکاران (۱۳۹۸) ردپای آب محصولات کشاورزی را برای تعیین بهترین منطقه تولید گندم با استفاده از آزمون روندیابی من‌کندال در استان اصفهان بررسی کردند. نتایج مطالعه نشان داد فریدونشهر بهترین منطقه جهت کشت محصول گندم در این استان می‌باشد. اویسی و همکاران (۱۳۹۸) آب مجازی و ردپای اکولوژیک آب در محصول گندم آبی استان اصفهان طی سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۹۴ با استفاده از نیاز خالص آبیاری که از نرم‌افزار NETWAT استخراج شد، بررسی کردند. نتیجه پژوهش نشان داد استان اصفهان فقط در سال ۱۳۸۶ صادر کننده آب مجازی محصول گندم بوده است. صادقی و همکاران (۱۳۹۴) در مطالعه‌ای ردپای آب در بخش‌های اقتصادی از جمله کشاورزی و صنعت با استفاده از روش ماتریس حسابداری اجتماعی (SAM) را سنجیدند. نتیجه تحقیق نشان داد، محصولات کشاورزی از جمله گندم، و بخش نباتات صنعتی بیشترین سهم از ردپای آب به را دارند. رمضانی اعتدالی و آبابایی (۱۳۹۵) ردپای آب در تولید جو در ۱۵ استان کشور، که بیشترین تولید و سطح زیر کشت را دارند، را با استفاده از نرم‌افزار AGWAT ارزیابی کردند. نتیجه تحقیق نشان داد استان‌های خراسان، اصفهان و فارس بیشترین ردپای آب در تولید جو اراضی فاریاب کشور را دارند. Karandish و همکاران (۲۰۲۱) برای اولین بار مطالعه موردی در ایران، به‌صورت تجزیه و تحلیل مقایسه‌ای دو اقدام، انتقال آب بین حوضه‌ای فیزیکی و مجازی (IBWT) ردپای سبز و آبی (WF) مربوط به تولید ۳۹ محصول تولید شده که محصول خیار یکی از این اقلام بود، در استان‌های مرطوب مازندران و سمنان بررسی کردند. نتایج نشان داد، الگوهای زراعی اصلاح شده، به‌گونه‌ای که مازاد تولید محصولات پرمصرف آب در مازندران تولید استان سمنان را کاهش می‌دهد. Nikolaou و همکاران (۲۰۲۱) به ردپای آب محصول کشاورزی خیار و گوجه فرنگی در منطقه مدیترانه به‌منظور شناسایی اقدامات انرژی مناسب برای اقلیم محلی و عملکرد محصول در راستای هدف پایدار گلخانه‌ای پرداختند، نتیجه تحقیق نشان داد کاشت گلخانه‌ای این محصولات می‌تواند به‌عنوان یک اقدام کاهشی برای مبارزه با تغییرات آب و هوایی و کمبود آب در این منطقه باشد. Kahramanoğlu و همکاران (۲۰۲۰) ردپای آب و بهره‌وری استفاده از آبیاری محصولات مهم در قبرس شمالی را بررسی کردند، نتیجه بررسی نشان داد در بین محصولات کشاورزی،

محصول کاهو در این منطقه کمترین ردپای آب دارد. Trottier و Perrier (۲۰۱۷) شیوه کاشت کشاورزی چند محصول از جمله خیار در کشور فلسطین و مفهوم جعبه سیاه آب مجازی با رویکرد sts را بررسی کردند، تا فرضیه‌های اساسی را شناسایی کنند. نتایج تحقیق نشان داد، محصولات کشت شده این کشور نشان می‌دهند متغیرهای اجتماعی و سیاسی در حاکمیت آب حجم جریانات مجازی آب را بسیار بیشتر از متغیرهای اقلیمی یا زراعی تعیین می‌کند. این نتایج این امکان را می‌دهد که کشاورزی خرده مالکان در شرایط موجود در سرزمین‌های فلسطین چه نوع سیاست‌هایی می‌توانند به‌کار برند که از آنها حمایت کند. Dasilva و همکاران (۲۰۱۶) ردپای آب مصرفی مواد غذایی محصولات کشاورزی از جمله خیار در کشور برزیل را با استفاده از رویکرد هوکسترا بررسی کردند. نتیجه بررسی نشان داد متوسط ردپای آب غذایی برزیلی، ۱۶۱۹ متر مکعب برای هر نفر است، که گوشت گاو به مقدار ۲۱٪ بیشترین سهم را دارد. Zhang و Anadon (۲۰۱۴) نابرابری آب در چین را با استفاده از روش بین منطقه‌ای ورودی و خروجی مطالعه کردند. نتیجه تحقیق نشان داد مناطق در حال توسعه مانند شاندونگ، و ژجیانگ، بزرگترین ردپای آب را دارند.

با توجه به اهمیت و نتایج تحقیق‌های صورت گرفته در زمینه ردپای آب محصولات کشاورزی برای مدیریت کارآمد منابع آب، در این مقاله به بررسی اجزای ردپای آب محصول کشاورزی خیار شهرستان دره‌شهر به‌منظور مدیریت بهینه آب و برنامه‌ریزی پایدار در راستای رشد هوشمند (رشد و توسعه قابل پیاده برای جلوگیری از هدر رفت آب کشاورزی و غنی کردن اراضی کشاورزی) بخش کشاورزی این شهرستان، پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

شهرستان دره‌شهر در جنوب استان ایلام، واقع شده، این شهرستان به دلیل قرار گرفتن در کنار رودخانه سیمره یکی از مناطق پر ظرفیت در بخش کشاورزی است. بخش زیادی از مردمان این شهرستان از طریق کشاورزی گذران زندگی می‌کنند. در این شهرستان محصولات زیادی توسط کشاورزان از جمله؛ گندم، برنج، کلزا، ذرت، طالبی و خیار و ... کشت می‌شود، اما طبق آمار جهاد کشاورزی شهرستان، بعد از محصول گندم، بیشترین سطح زیر کشت پاییزه و بهاره در این شهرستان مربوط به خیار است. از ۱۴۰۰۰ هکتار کشاورزی این شهرستان سالانه حدود ۵۰۰۰ هکتار به کشت خیار پاییزه و بهاره با برداشت سالانه، نزدیک به ۱۰۰هزار تن اختصاص می‌یابد. کیفیت بالای این محصول و کاشت وسیع آن در این شهرستان، باعث ایجاد کارخانه خیار شور شده، که پیرو آن باعث اشتغال‌زایی و رونق تولید، صادرات، خیار و خیارشور، به کشورهای خارجی مثل عراق، استرالیا، افغانستان و... شده است. ازاین‌رو در این مطالعه حجم ردپای آب سبز، آبی، خاکستری و سفید در تولید محصول خیار در سطح مناطقی از شهرستان دره‌شهر که بیشترین سطح زیرکشت محصول خیار دارند، از جمله؛ دهستان عباس‌آباد، ارمو، چمزاب و سطح شهرستان، با به‌کارگیری چارچوب ارائه شده توسط Hoekstra و Chapagain (۲۰۱۱) و با اعمال تغییرات برآورد شد.

برآورد تبخیر و تعرق واقعی محصول و نیاز آبیاری تحت شرایط غیراستاندارد در سال ۱۳۹۸ براساس فرضیات Allen و همکاران (۱۹۹۸) صورت پذیرفت.

نیاز آبیاری و بارندگی مؤثر با استفاده از نرم‌افزار AGWAT برآورد شده است. به‌منظور محاسبه ردپای آب محصول خیار در مناطق ذکر شده شهرستان دره‌شهر، داده‌های هواشناسی ایستگاهای هواشناسی شهرستان دره‌شهر؛ نظیر دمای هوا، رطوبت و ساعت تابش خورشید در فصل پاییز و بهار، جمع‌آوری و به‌عنوان داده‌های اولیه وارد نرم‌افزار AGWAT شد و با تعیین تاریخ کشت محصول خیار در هر منطقه از شهرستان دره‌شهر و تعیین روش آبیاری محصول خیار نیاز ناخالص آبیاری و تبخیر و تعرق محصول در منطقه به‌دست آمد، سپس با استفاده از داده‌های به‌دست آمده از نرم‌افزار گفته شده نیاز خالص آبیاری محصول و بارندگی موثر محاسبه شد. این مدل تحت شرایط فاریاب استفاده شد. هرگاه رطوبت منطقه ریشه به کمتر از ۵۰ درصد رطوبت سهل‌الوصول رسید، با استفاده از آبیاری مقدار رطوبت به سطح رطوبت مزرعه باز گردانده شد. از آنجایی‌که AGWAT نیاز خالص آبیاری را برای دوره‌های ۱۰ روزه محاسبه می‌کند، در ابتدا نیاز خالص آبیاری (IR_{irr}) با استفاده از حاصل‌ضرب نیاز ناخالص آبیاری (GI_{irr}) و راندمان آبیاری (IE_{irr}) در سطح هر یک از دشت‌ها محاسبه شد (رابطه ۱). سپس، مجموع بارندگی مؤثر (p_{eff}) در طول دوره رشد خیار به‌صورت اختلاف بین مجموع تبخیر و تعرق واقعی گیاه (ETc) و مجموع نیاز خالص آبیاری برآورد شد. در نهایت، حجم مصرف آب (CWU) آبی و سبز از روابط زیر محاسبه شد:

$$CWU_{BLUE,\ Irr} = IR_{Irr} = 10\ IE_{Irr}\ GI_{Irr} \quad (۱)$$

$$CWU_{Green,\ Irr} = 10\ P_{eff} = 10\ (ETc - IR_{Irr}) \quad (۲)$$

$$CWU_{Blue,\ RF} = 0 \quad (۳)$$

$$CWU_{Green,RF} = 10\ P_{eff} \quad (۴)$$

در این رابطه Irr و RF به‌ترتیب نشان‌دهنده شرایط فاریاب و دیم و ۱۰ فاکتور تبدیل واحد از mm به m^3/ha می‌باشند. ردپای

آب سبز (WF_{Green}) و آب آبی (WF_{Blue}) بر حسب m^3/ton از تقسیم آب مصرفی سبز و آبی بر مقدار خیار تولیدی (ton/ho) محاسبه می‌شود. از آنجایی‌که مقدار تولید محصول در شرایط فاریاب و دیم متفاوت می‌باشند، محاسبه اجزای ردپای آب با استفاده از عملکرد محصول در شرایط فاریاب و دیم به‌صورت جداگانه صورت گرفت.

یکی دیگر از اجزای ردپای آب در تولید خیار، حجم آب مورد نیاز برای رقیق‌سازی کودهای کشاورزی هدر رفته می‌باشد. این مفهوم توسط Hoekstra و همکاران (۲۰۱۱) تحت عنوان آب خاکستری نامیده شده است. در این مطالعه ردپای آب خاکستری (WF_{Gray}) تنها برای کودهای نیتروژن به‌کار گرفته شد. ردپای آب خاکستری در تولید محصول خیار از روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$WF_{Gray,\ Irr}=(1/Yie1d_{\ irr})\times(\alpha_{irr}\times NAR_{\ irr})/(CMax-CNat) \quad (۵)$$

$$WF_{Gray.\ RF}=(1/Yie1d_{\ RF})\times(\alpha_{RF}\times NAR_{\ RF})/(CMax-CNat) \quad (۶)$$

که در آنها α (٪) درصد تلفات کودهای نیتروژن، NAR (Kg/ ha) نرخ مصرف کود، CMax (kg/m^3) غلظت بحرانی نیتروژن، CNat (kg/m^3) غلظت واقعی نیتروژن در منابع آب دریافت کننده و Yie1d (ton/ha) عملکرد خیار می‌باشند. مقادیر α در شرایط فاریاب و دیم به‌ترتیب ۵ و ۱۰ درصد در نظر گرفته شد. غلظت بحرانی نیتروژن در منابع آب دریافت کننده نیز براساس استاندارد US-EPA برابر با ۱۰mg/lit منظور شد. علاوه‌بر اجزای سه‌گانه فوق، تلفات آب آبیاری (m^3/ha) نیز به‌عنوان بخش دیگری از ردپای آب (ردپای آب سفید) در تولید خیار برآورد شد.

$$WF_{white,\ irr}=10\ \ (GI_{\ irr}-IR_{\ irr})\ /Yie1d_{irr} \quad (۷)$$

$$WF_{white,\ RF}=0 \quad (۸)$$

با استفاده از روابط ارائه شده اجزاء مختلف ردپای آب در تولید خیار در سطح شهرستان دره‌شهر محاسبه شد. سپس مجموع هر یک از این اجزاء در سطح شهرستان مورد مطالعه به‌صورت متوسط وزنی این مقادیر در شرایط فاریاب و دیم با استفاده از روابط (۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲) محاسبه شد:

$$WFV_{i,x,y}=\ Prod_{i,x,y}\times WF_{i,x,y} \quad (۹)$$

$$i=1,\ldots.7$$

$$AWF_{x,y}=(a\ WFV_{i,x,y})/(aProd_{i,x,y}) \quad (۱۰)$$

$$WAW_{x}=\ .\ AWF_{x,\ irr}+(1-\beta)\ AWF_{x,rf} \quad (۱۱)$$

$$NWF_{x}=Tot\ Prod.\ WAWF_{X} \quad (۱۲)$$

که در آنها i شاخص مناطق مورد مطالعه (عباس آباد، ارمو، چمزاب و مرکز دره‌شهر)، x جزء ردپای آب (آبی، سبز، خاکستری یا سفید)، y شاخص نوع سامانه کشت (فاریاب یا دیم)، prod حجم تولید خیار (Mton)، WFV کل حجم هر یک از اجزاء ردپای آب (MCM)، AWF متوسط هر یک از اجزای ردپای آب (m3/ton)، β سهم تولید خیار فاریاب در سطح منطقه مورد مطالعه و WAWF متوسط وزنی هر یک از اجزاء ردپای آب (m^3/ton)، TotProd کل تولید خیار در سطح شهر (Mton) و NWF کل حجم هر یک از اجزای ردپای آب در سطح منطقه مورد مطالعه (MCM) می‌باشند.

نتایج و بحث

باتوجه‌به اطلاعات به‌دست آمده، سطح زیر کشت و میزان تولید محصولات ثبت شدند و باتوجه‌به روابط مطرح شده عملکرد، میزان آب مجازی، سهم آب مجازی آبی و سبز، ردپای آب و بهره‌وری محصول خیار کشت شده در شهرستان دره‌شهر در بازه زمانی ۵ ساله ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۸ محاسبه و در جدول (۱) آورده شد.

جدول ۱- عملکرد و بهره‌وری محصول خیار شهرستان دره‌شهر (زینی‌وند و غدیری، ۱۳۹۷)

محصول خیار مناطق مورد بررسی	سطح زیر کشت سالانه (ha)	تولید سالانه (ton)	عملکرد محصول (ton/h)	آب مجازی (m^3/kg)	آب مجازی آبی (m^3/kg)	آب مجازی سبز (m^3/kg)	ردپای آب (m^3)	شاخص بهره‌وری (kg/m^3)
ارمو	۵۱۰	۱۲۰۵۰	۲۳/۶۲	۰/۲۱۷	۰/۲۱۷	۰/۰۱۲	۱,۲۳۴,۴۶۷	۰/۹۵
عباس آباد	۷۱۰	۲۴۹۹۵	۳۵/۲۰	۰/۳۱۲	۰/۳۱۲	۰/۰۱۳	۲,۴۲۳,۰۰۹	۱/۰۳
چمزاب	۵۱۰	۱۲۰۰۲	۲۳/۵۳	۰/۲۱۹	۰/۲۱۹	۰/۰۱۳	۱,۰۱۲,۵۴۳	۰/۹۱
دره‌شهر	۳۰۸	۶۰۲۵	۱۹/۵۶	۰/۲۱۴	۰/۲۱۴	۰/۰۱۳	۱,۰۰۶,۷۰۹	۰/۸۷

بر اساس اطلاعات ارائه شده در جدول (۲)، ردپای آب سبز و خاکستری مناطق دیم و فاریاب، روستای عباس آباد و چمزاب در کشت بهاره و پاییزه محصول خیار، بیشتر از روستای ارمو می‌باشد. بنابراین در روستای عباس آباد و روستای چمزاب که ردپای آب بیشتری دارند، به‌منظور صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش بازدهی محصول، در کنترل تلفات آبیاری این محصول که به‌صورت غرقابی می‌باشد، باید مدیریت مؤثرتری در آبیاری این محصول به‌صورت آبیاری نوار تیپ قطره‌ای به‌کار گرفته شود.

جدول (۳) مقادیر متوسط وزنی (WAWF) هر یک از اجزای رد پای آب در تولید محصول خیار را نشان می-دهد. کشت وسیع خیار آبی در اراضی فاریاب دهستان عباس آباد با مجموع ۳/۳۸۴ متر مکعب بر تن، و روستای چمزاب با ۳/۳۸۵ متر مکعب بر تن، حجم بالایی از ردپای آب در تولید خیار را به همراه داشته است. در این دو منطقه بالا بودن ردپای آب خاکستری و آب سبز از دیگر دلایل بالا بودن مجموع ردپای آب در تولید خیار می‌باشد. بر این اساس، مجموع ردپای آب در تولید خیار در سطح کشور (NWF) برابر ۴/۱۶۸ MCM/year برآورد می‌شود.

جدول ۲- اجزاء ردپای آب در تولید محصول خیار۴ منطقه، مورد مطالعه شهرستان دره‌شهر

مناطق سطح زیرکشت خیار	WF_{RF} (m^3/ton)			WF_{Irr} (m^3/ton)				آب مصرفی Water(mm)		
	خاکستری Gray	سبز Green	مجموع Total	سفید White	خاکستری Gray	آبی blue	سبز Green	P_{eff}	IR	ETC
ارمو	۰/۰۲۳	۰/۰۰۴	۰/۰۲۷	۰/۱۳	۰/۰۰۱۳	۰/۰۱۷	۰/۰۰۲	۱۸	۳۲	۳۶
عباس آباد	۰/۰۲۵	۰/۰۰۵	۰/۰۳۰	۰/۱۵	۰/۰۰۱۵	۰/۰۲۴	۰/۰۰۳	۲۰	۴۸	۴۴
چمزاب	۰/۰۲۵	۰/۰۰۵	۰/۰۳۰	۰/۱۴	۰/۰۰۱۵	۰/۰۲۹	۰/۰۰۳	۲۰	۳۸	۴۰
دره‌شهر	۰/۰۲۶	۰/۰۰۵	۰/۰۳۱	۰/۱۶	۰/۰۰۱۴	۰/۰۲۴	۰/۰۰۳	۲۰	۴۳	۴۳
Average	۰/۰۲۴	۰/۰۰۳	۰/۰۲۷	۰/۰۶	۰/۰۰۰۶	۰/۰۱۵	۰/۰۰۲۷	۱۵	۲۹	۳۲
(٪)Cv	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۶۰	۰/۰۳	۰/۰۰۷	۰/۰۱۳۲	۰/۰۰۸	۱۰	۲۲	۲۳
Min	۰/۰۲۳	۰/۰۰۴	۰/۰۲۷	۰/۱۳	۰/۰۰۱۳	۰/۱۷	۰/۰۰۲	۱۸	۳۲	۳۶
Max	۰/۰۲۶	۰/۰۰۵	۰/۰۳۱	۰/۱۶	۰/۰۰۱۵	۰/۲۹	۰/۰۰۳	۲۰	۴۸	۴۴

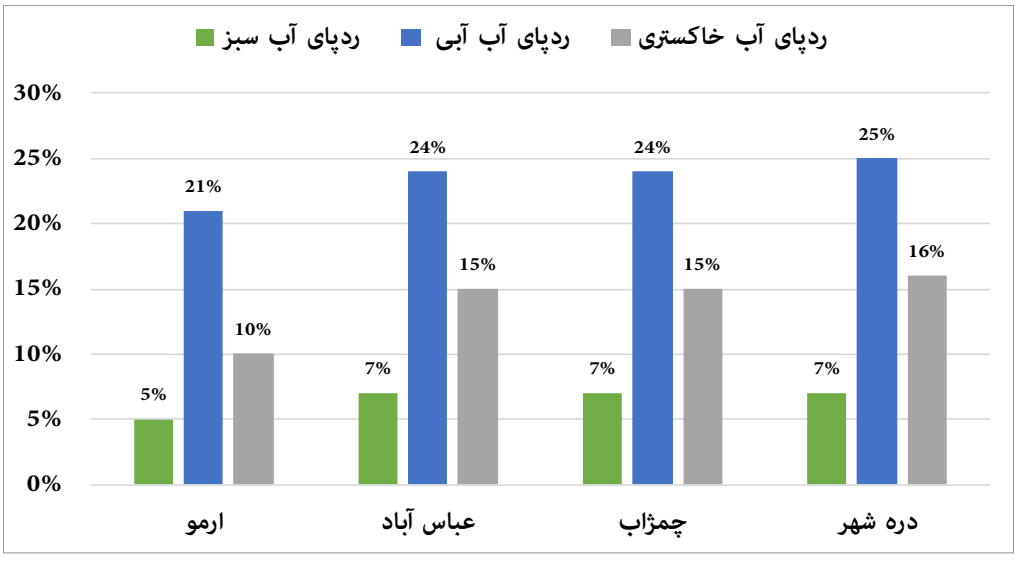
جدول ۳- مجموع حجم هر یک از اجزاء ردپای آب در تولید محصول خیار ۴ منطقه مورد مطالعه، از شهرستان دره‌شهر

مناطق سطح زیرکشت خیار	WTF_{Irr} (MCM)							WTF_{RF} (MCM)		
	سبز Green	آبی blue	خاکستری Gray	سفید White	مجموع Total	سبز Green	خاکستری Gray	مجموع Total
ارمو	۰/۲۰۲	۱/۲۵	۰/۲۳	۱/۲۸	۲/۹۶۲	۰/۰۰۱	۱/۳۲	۱/۳۲۱
عباس آباد	۰/۲۰۴	۱/۳۰	۰/۳۴	۱/۵۴	۳/۳۸۴	۰/۰۰۱	۱/۴۵	۱/۴۵۱
چمزاب	۰/۲۰۵	۱/۳۰	۰/۳۴	۱/۵۴	۳/۳۸۵	۰/۰۰۱	۱/۴۶	۱/۴۶۱
دره‌شهر	۰/۲۰۳	۱/۳۲	۰/۳۵	۱/۵۶	۳/۴۳۳	۰/۰۰۱	۱/۴۷	۱/۴۷۱
Total	۰/۸۱۳	۵/۱۷	۱/۳۵	۵/۹۲	۱۳/۱۶۴	۰/۰۰۴	۵/۷	۵/۷۰۴
AWF (m^3/ton)	۰/۰۴۵	۰/۰۷۸	۰/۰۶۵	۰/۰۶۶	۰/۲۵۴	۰/۰۰۵۶	۲/۰۷۶	۲/۰۸۱۶
WAWF(m^3/ton)	۰/۰۱۴	۱/۱۳	۰/۳۳	۱/۹۴	۹/۶۸۴			
NWF (MCM):4province	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۴۹	۰/۰۰۵۲	۰/۰۱۴۸			
NWF (MCM)	۱/۰۲۳	۱/۰۶۵	۱/۰۴۳	۱/۰۳۷	۴/۱۶۸			

در این مطالعه علاوه‌بر ردپای آب سبز و آبی، ردپای آب خاکستری، میزان آب لازم برای رقیق‌سازی کودهای شیمیایی برای تخلیه به منابع آب پذیرنده بررسی شد.

براساس شکل (۱) سهم ردپای آب خاکستری و آبی در روستای ارمو به علت استفاده از آب چاه و آبیاری قطره‌ای نسبت به روستای عباس‌آباد، چمزاب و مرکز دره‌شهر کمتر می‌باشد. علاوه‌بر روش آبیاری، شرایط آب و هوایی منطقه منجر به افزایش مجموع ردپای آب آبی (آب آبیاری) و تلفات آبیاری (آب سفید) شده است. بالا بودن ردپای آب در تولید آبی محصول خیار در سطح شهر، دهستان عباس آباد و چمزاب به دلیل کاشت زود هنگام، روش نامناسب آبیاری (غرقابی) و استفاده از آب جاری رودخانه سیمره نسبت به دهستان ارمو که از آب محدود چاه برای آبیاری محصول خیار استفاده می‌کنند، قابل توجه می‌باشد. ردپای آب می‌تواند از راه افزایش عملکرد در هکتار با به‌کارگیری سیستم‌های آبیاری کاراتر، کاهش تبخیر و تعرق غیر سودمند، بهینه‌سازی تاریخ کشت کاهش یابد.

واضح است که بهبود مدیریت زراعی و آبیاری تکمیلی در مناطق مورد مطالعه باعث کاهش ردپای آب و افزایش کارایی آب آبی و کاهش تلفات آبیاری در اراضی آبی منطقه خواهد شد.



شکل ۱ - سهم هر یک از اجزاء ردپای آب ۴ منطقه مورد مطالعه شهرستان دره‌شهر به مجموع آب در اراضی فاریاب

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

با بررسی روند ردپای آب محصول خیار شهرستان دره‌شهر، قطب تولید خیار استان ایلام، به‌نظر می‌رسد، در مقابل تولید و سطح زیر کشت کلی این محصول، برای اصلاح شرایط موجود با ارائه خدمات تخصصی به¬منظور تشویق کشاورزان در استفاده از روش‌های آبیاری نوین و جایگزین کردن محصولات آب‌بر می‌توان ردپای کلی آب شهرستان را کاهش داد که با نتیجه تحقیق رحیمی پور انارکی و همکاران (۱۳۹۹) مطابقت دارد. پایین بودن راندمان سیستم‌های آبیاری و مصرف بیش از اندازه کودهای ازته در مزارع مهمترین عوامل بالا بودن سهم ردپای آب خاکستری و سفید در این شهرستان می‌باشد و با نتیجه تحقیق رمضانی اعتدالی و همکاران (۱۳۹۵) مطابقت دارد. به‌منظور افزایش کارایی مصرف آب بهتر است، محصولاتی با بهره‌وری آب بیشتر به‌جای محصولات با بهره‌وری آب کمتر در مناطق کاشت شود. به‌این ترتیب آب برای تولیدات با ارزش اقتصادی بالاتر و سایر مصارف ضروری داخلی ذخیره شود. افزایش تولید و صادرات محصولاتی که در تولید آنها نیاز به آب زیادی بوده و از طرف دیگر ارزش اقتصادی ناچیزی در بازارهای جهانی دارند و وارد کردن محصولات و کالاهایی که نیاز آبی کمی داشته و تولید آنها در داخل می‌تواند با بهره‌وری بالا و مصرف آب اندک صورت پذیرد، سیاستی زیان‌آور برای آینده منابع آب و امنیت بلندمدت موادغذایی در کشور کم‌آبی مانند ایران خواهد بود که با نتیجه تحقیق کمالی علی آبادی و همکاران (۱۳۹۷) مطابقت دارد.

باتوجه‌به نتایج تحقیق پیشنهاد می‌شود، کشت محصول خیار در شهرستان دره‌شهر با مدیریت و روش آبیاری نوین به‌جای آبیاری غرقابی صورت گیرد، تا از معایب این روش سنتی آبیاری

از جمله؛ از بین رفتن و تخریب دیواره‌ها و پشت‌ها در خاک‌های سبک، و خروج یک سری علف‌های هرز و مواد غذایی از خاک جلوگیری شود. در این راستا با جایگزینی روش آبیاری نوین به‌جای روش غرقابی، استفاده از سموم شیمیایی مضر برای از بین بردن رشد همیشگی علف‌های هرز که باعث از بین رفتن مواد معدنی و سایر املاح مفید خاک شده، کاهش می‌یابد.

منابع

اویسی، ف.، فتاحی اردکانی، ا. و فهرستی ثانی، م. ۱۳۹۸. بررسی آب مجازی و ردپای اکولوژیک آب در محصول گندم آبی استان اصفهان. مجله علوم آب و خاک، ۲۳(۱): ۸۷-۹۹.

پیری، ح. و سارانی، ر. ۱۳۹۸. بررسی بهره‌وری اقتصادی محصولات کشاورزی استان سیستان و بلوچستان با رویکرد ردپای آب. تحقیقات آب و خاک ایران، ۵۱(۵): ۱۰۹۳-۱۱۰۴.

خلیلی، ط.، سرائی تبریزی، م.، بابازاده, ح. و رمضانی اعتدالی، ه. ۱۳۹۸. مدیریت منابع آب محصولات زراعی استان قم با استفاده از مفهوم رد پای آب. اکوهیدرولوژی، ۶(۴): ۱۱۰۹-۱۱۱۹.

رمضانی اعتدالی، ه.، شکوهی، ع. و مجتبوی، س، ا. ۱۳۹۵. بهره‌گیری از مفهوم ردپای آب مجازی در تولید محصولات اصلی برای عبور از بحران آب منطقه قزوین. آب و خاک، ۳۱(۲): ۴۲۲-۴۳۳.

رمضانی اعتدالی، ه. و آبابایی، ب. ۱۳۹۵. برآورد اجزاء ردپای آب مجازی در تولید جو در مقیاس ملی و استانی. پژوهش آب در کشاورزی، ۳۰(۳): ۴۳۱-۴۴۳.

رحیمی پور انارکی، م. ر.، محمدی، ع.، رفیعیان، م.، ارجمندی، ر. و کریمی، س. ۱۳۹۹. ارزیابی آب مجازی و ردپای آب محصولات کشاورزی (شهرستان، قلعه گنج). فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۱۱(۴۱): ۱۵۲-۱۶۸.

زینی‌وند، ن. و غدیری، ا. ۱۳۹۷. بررسی چگونگی مصرف و بهره‌وری آب در محصولات زراعی شهرستان دره‌شهر. نشریه علمی و مهندسی آب، ۸(۲۲): ۵۷-۶۵.

صادقی، س. ک.، کریمی تکانلو، ز.، متفکر آزاد، م.، ع.، اصغرپور قورچی، ح. و اندایش، ی. ۱۳۹۴. سنجش ردپای آب بخش‌های اقتصادی در ایران با رهیافت ماتریس حسابداری اجتماعی (SAM). مجله علمی پژوهشی اقتصاد مقداری، ۱۱(۳): ۸۱-۱۱۱.

علیقلی نیا، ت.، رضایی، ح.، بهمنش، ج. و منتصری، م. ۱۳۹۵. تخمین و ارزیابی ردپای آب آبی و سبز محصولات عمده مورد کشت در حوضه آبریز دریاچه ارومیه. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۳(۳): ۳۳۷-۳۴۴.

علیقلی‌نیا، ت.، رضایی، ح.، بهنمش، ج. و منتصری، م. ۱۳۹۶. مطالعه شاخص ردپای آب برای محصولات غالب مورد کشت در حوضه آبریز دریاچه ارومیه و ارتباط آن با مدیریت آبیاری. نشریه دانش آب و خاک، ۲۷(۴): ۳۷-۴۸.

کمالی علی آباد، ک.، زارع احمد آبادی، ع.ر. و عربی علی‌آبادی، ف. ۱۳۹۷. ارزیابی آب مجازی مصرفی در خیار سبز گلخانه‌ای (استان یزد). کنفرانس ملی مدیریت منابع آب ایران. دانشگاه یزد، انجمن علوم و مهندسی منابع آب ایران، شهر یزد.

گلابی، م. ر.، رادمنش، ف.، آخوندعلی، ع.م. و نیک سخن، م.ح. ۱۳۹۸. انتخاب منطقهٔ مناسب در تولید گندم با استفاده از مفهوم رد پای آب و روش‌های تصمیم‌گیری اجتماعی (مطالعه موردی: استان اصفهان). اکوهیدرولوژی، ۶(۴):۱۰۴۵-۱۰۵۴.

Arabi A., Alizadeh A., VahabRajaee Y., Jam K. and Niknia N. 2012. Agricultural Water Foot Print and Virtual Water Budget in Iran Related to the Consumption of Crop Products by Conserving Irrigation Efficiency. Journal of Water Resource and Protection, 4(5): 318-324.

Allen R.G., Pereira L.S., Raes D. and Smith M. 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. Fao, Rome, 300(9): D05109.

Dasilva V. D. P. R., De Oliveira S. D., Hoekstra A. Y., Dantas Neto J., Campos J. H. B., Braga C. C. and De Holanda R. M. 2016. Water footprint and virtual water trade of Brazil. Water, 8(11): 517.

Hoekstra A. Y. 2003. Virtual Water Trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual water trade, Delft, The Netherlands, 12-13 December 2002, Value of water Research Report Series No.12, UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands.

Hoekstra A. Y. and Chapagain A. K. 2011. Globalization of water: Sharing the planet's freshwater resources. John Wiley and Sons.

Hoekstra A. Y., Chapagain A. K., Aldaya M. M. and Mekonnen M. M. 2011. The water footprint assessment manual: setting the global standard, water Footprint Network, Enschede, the Netherlands.

Kalvani S. R., Sharaai A. H., Abd Manaf L. and Hamidian A. H. 2019. Water footprint of crop production in Tehran province. Planning Malaysia, 17(10):122-132.

Karandish F., Hogeboom, R. J. and Hoekstra A. Y. 2021. Physical versus virtual water transfers to overcome local water shortages: A comparative analysis of impacts. Advances in Water Resources, 147: 103811.

Kahramanoğlu İ., Usanmaz S. and Alas T. 2020. Water footprint and irrigation use efficiency of important crops in Northern Cyprus from an environmental, economic and dietary perspective. Saudi journal of biological sciences, 27(1): 134-141.

Nikolaou G., Neocleous D., Christou A., Polycarpou P.,

Kitta E. and Katsoulas N. 2021. Energy and Water Related Parameters in Tomato and Cucumber Greenhouse Crops in Semiarid Mediterranean Regions. A Review, Part I: Increasing Energy Efficiency. Horticulturae, 7(12): 521.

Trottier J. and Perrier J. 2017. Challenging the coproduction of virtual water and Palestinian agriculture. Geoforum, 87: 85-94.

Zhang C. and Anadon L. D. 2014. A multi-regional input–output analysis of domestic virtual water trade and provincial water footprint in China. Ecological Economics, 100: 159-172.