Iranian Journal of Soil and Water Research ISNN: 2423-7833
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

Estimation of withdrawal water for Fars Province agriculture based on water balance modelling

Abdolrahman Mirzaei[1]✉ | Afshin Soltani[2] | Fariborz Abbasi[3] Ebrahim Zeinali[4] | Shahrzad Mirkarimi[5]

1. Corresponding Author, Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: abdolrahmanmirzaei@gmail.com
2. Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: afshin.soltani@gmail.com
3. Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. E-mail: fa.abbasi@areeo.ac.ir
4. Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: zeinalistudents@gmail.com
5. Department of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran: shahrzadmirkarimi@yahoo.com

Article Info

Article type: Research Article

Article history:

Received: Feb. 10, 2024

Revised: June. 3, 2024

Accepted: June. 8, 2024

Published online: Aug. 2024

Keywords:
Applied Irrigation Water,
SSM-iCrop2,
Water Accounting.

ABSTRACT

There has been a long-standing dispute between organizations associated with water resources (such as the Ministry of Energy and Agricultural Jihad) over the amount of withdrawal water for agriculture at the national and provincial levels. The purpose of this study was to estimate the withdrawal water for irrigated agriculture in Fars Province based on water balance modelling under the condition of “farmers". For this purpose, the SAWA system was used. The system estimates were obtained based on 10-year meteorological data (2011–2021) and 5-year crop area statistics (2017–2021). The largest crop area belonged to wheat (32%), fruits (24%), and barley (7%). Regarding net applied irrigation water volume, fruits (39%), wheat (14%), and rice (7%) had the greatest shares. The highest net applied irrigation water belonged to date, rice and pomegranate, respectively, with 23651, 14489, and 10160 m3.ha-1. Water balance analysis showed that the highest irrigation occurs in June (1024 million m3) and the lowest in December (70.8 million m3). The average volume of withdrawal water for agriculture was estimated at 6565 million m3 per year with a range of 6228–7076 million m3 per year, which was less than the estimate of the Ministry of Energy (i.e., 7991 million m3 per year). Part of this difference is due to the use of different statistical years.

Cite this article: Mirzaei, A., Soltani, A., Abbasi, F., Zeinali,E., & Mirkarimi, Sh. (2024) Estimation of withdrawal water for Fars Province agriculture based on water balance modelling, *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 55 (6), 963-978. https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.372447.669663

© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.372447.669663

مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۵، شماره ۶ شاپا: ۷۸۳۳-۲۴۲۳
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

برآورد آب برداشت‌شده برای کشاورزی استان فارس بر اساس مدل‌سازی بیلان آب

عبدالرحمان میرزائی[۱]✉ | افشین سلطانی[۲] | فریبرز عباسی[۳] | ابراهیم زینلی[۴] | شهرزاد میرکریمی[۵]

۱. نویسنده مسئول، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: abdolrahmanmirzaei@gmail.com

۲. گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: afshin.soltani@gmail.com

۳. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: fa.abbasi@areeo.ac.ir

۴. گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: zeinalistudents@gmail.com

۵. گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده مدیریت کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه:shahrzadmirkarimi@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۲۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۳/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۳/۱۹

تاریخ انتشار: شهریور ۱۴۰۳

واژه‌های کلیدی:
آب آبیاری کاربردی،
حسابداری آب،
SSM-iCrop2.

چکیده

از دیرباز بین سازمان‌های مرتبط با منابع آب در بخش کشاورزی (مثل وزارت نیرو و جهاد کشاورزی) بر سر میزان آب برداشتی برای کشاورزی در سطوح کشوری و استانی اختلاف وجود دارد. هدف از این مطالعه برآورد آب برداشت‌شده برای کشاورزی آبی استان فارس بر اساس مدل‌سازی بیلان آب در شرایط «کشاورزان» بود. برای این منظور از سامانه استانی حسابداری آب برای اراضی کشاورزی آبی استان فارس استفاده شد. برآوردهای سامانه بر اساس داده‌های هواشناسی ۱۰ ساله (۱۴۰۰-۱۳۹۰) و آمار سطح زیرکشت میانگین ۵ ساله (۱۴۰۰-۱۳۹۶) انجام گرفت. نتایج نشان داد که بیش‌ترین سطح زیرکشت در استان به‌ترتیب متعلق به گندم (۳۲ درصد)، میوه‌ها (۲۴ درصد) و جو (۷ درصد) بود. از نظر حجم خالص آب آبیاری کاربردی سالیانه به‌ترتیب میوه‌ها (۳۹ درصد)، گندم (۱۴ درصد) و برنج (۷ درصد) در صدر قرار داشتند. بیشترین حجم خالص آب آبیاری کاربردی در بین گیاهان استان به نخل، برنج و انار به‌ترتیب با ۲۳۶۵۱، ۱۴۴۸۹، ۱۰۱۶۰ مترمکعب در هکتار اختصاص داشت. نتایج بیلان آب استان نشان داد که بیشترین حجم خالص آب آبیاری گیاهان استان به-ترتیب در ماه‌های خرداد تا تیر (۱۰۲۴ میلیون مترمکعب) و کمترین آن در آذر تا دی (۷۰/۸ میلیون مترمکعب) اتفاق می‌افتد. نتایج این مطالعه نشان داد متوسط حجم آب برداشت شده برای کشاورزی آبی استان برابر ۶۵۶۵ میلیون مترمکعب در سال (دامنه ۶۲۲۸ تا ۷۰۷۶) می‌باشد که کمتر از برآورد وزارت نیرو (۷۹۹۱ میلیون مترمکعب در سال) است. بخشی از این اختلاف ناشی از استفاده از سال‌های آماری متفاوت می‌باشد.

استناد: میرزائی؛ عبدالرحمن، سلطانی؛ افشین، عباسی؛ فریبرز، زینلی؛ ابراهیم، میرکریمی؛ شهرزاد (۱۴۰۳) برآورد آب برداشت شده برای کشاورزی استان فارس بر اساس مدل‌سازی بیلان آب، *مجله تحقیقات آب و خاک ایران*، ۵۵ (۶)، ۹۷۸-۹۶۳. https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.372447.669663

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.372447.669663

مقدمه

امروزه روش‌های مختلفی برای برآورد آب برداشت‌شده[۱] در بخش کشاورزی وجود دارد که هر کدام در عین شایستگی‌ها و توانمندی‌هایی که دارند دارای محدودیت‌هایی نیز هستند. اما آنچه اهمیت دارد این است که روشی انتخاب شود که داده‌های معتبر و نزدیک به واقعیت «مزارع کشاورزان» را ارائه کند. به منظور تخمین میزان آب برداشت‌شده برای کشاورزی نیاز است تا حجم آب آبیاری در شرایط مزارع کشاورزان برآورد شود. عمده روش‌های برآورد میزان آب آبیاری عبارتند از: (۱) روش اندازه‌گیری میدانی (شاهرخ‌نیا و باغانی، ۱۴۰۰؛ شاهرخ‌نیا و همکاران، ۱۴۰۰ الف، شاهرخ‌نیا و همکاران، ۱۴۰۰ ب؛ شاهرخ‌نیا و عباسی، ۱۴۰۱؛ پرچمی عراقی و همکاران، ۱۴۰۱؛شاهرخ‌نیا و همکاران، ۱۴۰۱الف) و (۲) روش‌های غیرمستقیم (تقریبی) که مهم‌ترین آن‌ها شامل (الف) استفاده از رهیافت‌های سنجش از دور (Bastiaanssen et al., 2012 Su, 2002; Allen et al., 2007; Olivera-Guerra et al., 2013؛ دهقانی‌سانیچ و همکاران، ۱۴۰۰؛ جوادیان و همکاران، ۱۳۹۸) و (ب) استفاده از نرم‌افزار و یا مدل‌های شبیه‌ساز گیاهی (سلطانی و همکاران، ۱۳۹۸؛ عظیمی دزفولی، ۱۳۹۸؛ سلطانی و همکاران، ۱۴۰۱؛ میرزائی و همکاران، ۱۴۰۲؛ ناصری و عباسی، ۱۴۰۰؛ Zhao & Zhou, 2019؛ Mojid et al., 2021؛ Yu et al., 2023) است.

روش اندازه‌گیری میدانی برآورد دقیقی از میزان آب آبیاری را ارائه می‌کند اما از آنجایی که برای مطالعات در مقیاس استانی و یا پهنه‌ی اقلیمی نیاز به اندازه‌گیری‌های فراوان برای تمامی گیاهان دارد، روشی هزینه‌بر و زمان‌بر است (جلیلی و همکاران، ۱۳۹۸؛ Abedinpour, 2015). همچنین اجرای این روش در تعداد نقاط و سال‌های زیاد که در مطالعات منطقه‌ای ضروری است، ناممکن می‌باشد. در روش‌های مبتنی بر سنجش از دور با استفاده از بیلان انرژی، سطح زمین را به دو بخش دارای پوشش گیاهی و فاقد پوشش گیاهی تقسیم‌بندی می‌کنند و بر اساس آن میزان تبخیروتعرق گیاهان و سپس نیاز خالص آبی و حجم آب آبیاری را برآورد می‌کنند (جوادیان و همکاران، ۱۳۹۸). یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های روش‌های مبتنی بر رهیافت سنجش از دور قدرت تفکیک مکانی و زمانی آن است. علاوه بر این، در این روش‌ها بایستی الگوریتم مورد استفاده برای شرایط اقلیمی و ارقام منطقه مورد مطالعه واسنجی شود و از آنجایی که معمولاً به دلیل تجاری بودن به طور کامل در دسترس عموم قرار ندارند (جوادیان و همکاران، ۱۳۹۸)، بر محدودیت این روش می‌افزاید. اما برخلاف محدودیت‌های روش‌های بالا، استفاده از مدل‌سازی بیلان آب اگر برای شرایط مزارع کشاورزان (نه شرایط مطلوب رشد یا همان پتانسیل: در شرایط پتانسیل فرض بر این است که آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز کنترل می‌شود و کمبود عناصر غذایی وجود ندارد (سلطانی، ۱۳۸۸)) واسنجی شده باشد می‌تواند برآورد معتبر و دقیقی از برداشت واقعی آب کشاورزی ارائه دهد (سلطانی و همکاران، ۱۴۰۱). البته در اکثر مواقع برآوردها در این روش بر اساس مدل‌ها و نرم‌افزارهایی صورت می‌گیرد که (۱) مدل‌ها برای شرایط «مزارع کشاورزان» واسنجی نشده‌اند و (۲) نرم‌افزارها از اطلاعات و داده‌های به روز و منطبق بر اقلیم و رقم منطقه استفاده نمی‌کنند که در این صورت برآورد معتبری در پی ندارد (عبدالله‌زاده و همکاران، ۱۳۹۸). به‌طورکلی استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی نسبت به سایر روش‌ها می‌توانند باعث تسریع و تسهیل مطالعات مرتبط با تحلیل منابع آب می‌شود (فرامرزی و همکاران، ۲۰۰۹؛ سلطانی و همکاران، ۱۳۹۸). شایان ذکر است که در استفاده از مدل‌سازی بیلان آب باید از مدلی استفاده شود که در عین حال که کاربرد آن برای کاربر آسان باشد، دسترسی به پارامترها و معادلات مدل و یا امکان تغییر در آن‌ها به منظور واسنجی آن برای شرایط اقلیمی منطقه موردمطالعه نیز وجود داشته باشد، تا برآورد حاصله معتبر باشد.

در ارتباط با برآورد حجم آب آبیاری و میزان آب برداشت‌شده در بخش کشاورزی در سطوح کشوری و استانی مطالعات داخلی و خارجی متعددی انجام گرفته است که در اینجا به برخی موارد آن اشاره می‌گردد. Faramarzi و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از مدل SWAT مقدار آب تجدیدپذیر کشور را برآورد نموده و با مقادیر ارائه شده توسط فائو (FAO, 2003) و وزارت نیرو (وزارت نیرو، ۱۳۷۶) مقایسه نمودند. نتایج ایشان نشان داد که منابع آب تجدیدپذیر کشور بین ۹۵ تا ۱۵۰ میلیارد مترمکعب متغیر است که میانه آن ۱۲۵ میلیارد مترمکعب است و با برآوردهای فائو و وزارت نیرو (در حدود ۱۳۷/۵ میلیارد مترمکعب) مطابقت خوبی داشت (به نقل از سلطانی و همکاران، ۱۳۹۸). عباسی و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده روش بیلان آب، حجم آب مصرفی در بخش کشاورزی را برای دو دوره بلند (پنجاه ساله) و کوتاه (هفت ساله) مدت به ترتیب برابر با ۹۳ و ۸۰ میلیارد مترمکعب برآورد نمود. ناصری و همکاران (۱۳۹۶) حجم آب مصرفی در بخش کشاورزی کشور را با رویکرد تفکیک مؤلفه‌های بیلان آب در چرخه هیدرولوژی بر مبنای داده‌های بلندمدت و کوتاه مدت برآورد نمود.

---

۱. Water Withdrawal

نتایج ایشان نشان داد که میانگین آب مصرفی تعدیل نشده در بخش کشاورزی کشور (بدون احتساب تلفات) برای دو دوره‌ی موردمطالعه به ترتیب ۱۸±۶۷ و ۶±۸۳ میلیارد مترمکعب به دست آمد. دهقانی‌سانیج و همکاران (۱۴۰۰) با استفاده از روش معرفی‌شده توسط فائو، مقادیر تبخیر و تعرق واقعی در سطح کشور و برای کاربری‌های زراعت و باغ را برآورد کرد. ایشان میزان تبخیر و تعرق واقعی اراضی آبی در مقیاس کشوری در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۹ برابر با ۳۱/۲۲ میلیارد مترمکعب تعیین نمود که به تفکیک زراعت و باغ به ترتیب برابر با ۲۱/۰۶ و ۸/۱۶ میلیارد مترمکعب بود. عظیمی دزفولی (۱۳۹۸) با استفاده از بانک اطلاعات نیاز خالص آبیاری محصولات، آمار زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۵ و با فرض راندمان کاربرد ۴۴/۷ درصد، مصرف آب محصولات زراعی آبی منتخب در سطح کشور را برآورد نمود. نتایج ایشان نشان داد که حداکثر حجم آب مصرفی تولید این محصولات برابر با ۸۷/۶ میلیارد مترمکعب در سال بود. سلطانی و همکاران (۱۴۰۱) با تهیه سیستم استانی حسابداری بیلان آب کشاورزی با مدل‌سازی تولید گیاهی و موازنه‌ی آب در اراضی کشاورزی استان گلستان (SAWA[1]) حجم آب مصرفی برای اراضی کشاورزی آبی این استان (بدون لحاظ راندمان انتقال و توزیع غیریکنواخت) را برابر ۱۴۳۰ میلیون مترمکعب در سال برآورد کردند که با لحاظ مجموع راندمان انتقال و توزیع غیریکنواخت برابر ۸۰ تا ۶۵ درصد، میزان آب برداشتی برای اراضی کشاورزی استان گلستان بین ۱۶۶۳ تا ۲۰۶۴ میلیون مترمکعب تخمین زده شد. ایشان با فرض اینکه ۵۰ درصد کل تلفات زهکشی و رواناب به طبیعت باز می‌گردد، حجم آب برداشت‌شده برای کشاورزی استان گلستان را بین ۱۴۸۹ تا ۱۸۷۳ میلیون مترمکعب در سال برآورد نمود که این میزان برداشت آب در حد میزان اعلام‌شده توسط وزارت نیرو (۱۶۵۳ میلیون مترمکعب در سال) و یا اندکی بیشتر است.

هدف از مطالعه‌ی حاضر استفاده از سامانه SAWA تهیه‌شده توسط میرزائی و همکاران (۱۴۰۳) به منظور برآورد حجم آب آبیاری کاربردی (حجم آب آبیاری و بارش مؤثر) و آب برداشت‌شده برای کشاورزی استان فارس بود. ایشان در مطالعه خود به روش تهیه، ورودی‌ها، خروجی‌ها، اجزا و کاربردهای سامانه پرداخته است که یکی از کاربردهای آن برآورد حجم آب آبیاری کاربردی برای گیاهان استان و حجم آب برداشت‌شده برای کشاورزی استان است که در این مطالعه به برآورد آن‌ها پرداخته شد. وجه تمایز و نوآوری مطالعه‌ی حاضر نسبت به سایر روش‌ها، ارائه‌ی روشی مبتنی بر مدل‌سازی بیلان آب در شرایط «کشاورزان» (نه شرایط مطلوب رشد) است که از میزان آب آبیاری کاربردی در شرایط کشاورزان به حجم آب برداشت‌شده برای کشاورزی استان رسیده است.

مواد و روش‌ها

در مطالعه‌ی حاضر از سامانه SAWA تهیه‌شده برای کشاورزی آبی استان فارس توسط میرزائی و همکاران (۱۴۰۳) استفاده شد. برخی از ویژگی‌های سامانه SAWA در جدول ۱ ارائه شده است (برای جزئیات بیش‌تر در ارتباط با اجزا، ورودی‌ها، خروجی‌های سامانه SAWA به میرزائی و همکاران، ۱۴۰۳ رجوع شود).

جدول ۱. برخی از ویژگی‌های سامانه SAWA

ویژگی	توضیحات
ورودی‌ها	آمار و اطلاعات سطح زیرکشت (دریافت شده از سازمان جهاد کشاورزی)، عملکرد واقعی کشاورزان (دریافت شده از سازمان جهاد کشاورزی)، نقشه پراکنش اراضی آبی استان (دریافت شده از سازمان نقشه‌برداری کشور)، نقشه پهنه‌بندی خاک HC27، نقشه پهنه‌بندی اقلیمی GYGA-ED، نقشه ایستگاه‌های هواشناسی استان دریافت شده از سازمان هواشناسی)، اطلاعات مربوط به مدیریت کشاورزان استان در هر پهنه، اطلاعات مربوط به خاک مزارع کشاورزان استان در هر پهنه، اطلاعات مربوط به گیاه یا رقم کشت شده در مزارع کشاورزان هر پهنه، داده‌های هواشناسی ایستگاه نماینده هر پهنه (شامل دمای حداقل، حداکثر، بارش، میزان تشعشع رسیده به زمین به صورت روزانه)
خروجی‌ها	مؤلفه‌های بیلان آب (شامل، حجم آب آبیاری کاربردی، تبخیر، تعرق، زهکشی عمقی، رواناب، برگاب، تعرق علف‌های هرز و تبخیروتعرق) به صورت ماهانه، تاریخ کاشت گیاهان زراعی، تاریخ باز شدن جوانه درختان، مراحل مهم فنولوژیک گیاهان (مثل روز تا شروع پرشدن دانه یا میوه، روز تا برداشت، عملکرد بیولوژیک، شاخص سطح برگ)، نقشه پراکنش گیاهان مهم استان
مزایا	صرفه‌جویی در زمان و هزینه، روشی روش مبتنی بر مدل‌سازی بیلان آب که کدها، فرمول‌ها و روش تهیه آن در دسترس همگان قرار دارد و در مجامع علمی کشور داوری شده است.
کاربرد	برآورد حجم آب آبیاری گیاهان مهم استان (کشور)، برآورد نحوه توزیع سطح زیرکشت و حجم آب آبیاری بین گیاهان مهم استان، برآورد ماهانه اجزای بیلان آب که در برنامه‌ریزی‌های مربوط به الگوی کشت کاربرد دارد، مستندسازی اطلاعات مدیریت، خاک، گیاهان (ارقام) کشت شده در استان فارس، پهنه‌بندی اگرواکولوژیک استان

۱. System for regional Agricultural Water balance and water Accounting

یکی از کاربردهای این سامانه، برآورد حجم خالص آب آبیاری کاربردی برای هر یک از گیاهان مهم استان، نحوه توزیع آن بین گیاهان مهم استان و در نهایت برآورد میزان آب برداشت‌شده برای کشاورزی استان است که در این مطالعه به آن پرداخته شد. برای این منظور از سامانه SAWA برای کل اراضی آبی استان فارس که توسط میرزائی و همکاران (۱۴۰۳) تهیه شده بود استفاده گردید. با استفاده از سامانه SAWA تعداد ۱۷پهنه‌ی اگرواکولوژیک به همراه ایستگاه‌های هواشناسی نماینده این پهنه‌ها برای استان شناسایی شد. برای هر یک این نقاط نماینده اطلاعات موردنیاز و ورودی‌های مدل شبیه‌ساز گیاهی شامل اطلاعات مدیریت، خاک، گیاه (رقم)، هواشناسی (اقلیمی) تهیه گردید. مدل استفاده شده در سامانه SAWA یک مدل شبیه‌ساز گیاهی ساده بنام SSM-iCrop2 می‌باشد (Soltani *et al*., 2020a). این مدل نسبت به مدل اصلی آن (SSM-iCrop؛ سلطانی و همکاران، ۲۰۱۳) به داده‌های ورودی کمتری نیاز دارد. مدل SSM-iCrop2 رشد، عملکرد و موازنه‌ی آب‌خاک را بر اساس اطلاعات و داده‌های اقلیمی (هواشناسی)، ویژگی‌های خاک، نحوه‌ی مدیریت (مانند آبیاری) و خصوصیات گیاه (پارامترهای رقم) برآورد می‌کند. مدل قادر است که نمو فنولوژیک، گسترش و پیری برگ، تجمع و توزیع ماده‌ی خشک، تشکیل عملکرد و موازنه (بیلان) آب‌خاک را شبیه‌سازی نماید. برای جزئیات بیشتر در مورد مدل به سلطانی (۱۳۸۸)، سلطانی و همکاران (۱۳۹۸) Soltani و Sinclair (2012) و سلطانی و همکاران (2020a) مراجعه شود. مدل و کلیه فایل‌های مرتبط با آن در وب‌سایت https://sites.google.com/view/ssm-crop-models قابل‌دستیابی هستند. نکته حائز اهمیت این است مدل SSM-iCorp2 قبلاً توسط سلطانی و همکاران (۱۳۹۸) برای بیش از ۳۵ گیاه اصلی استان برای شرایط پتانسیل پارامتریابی و ارزیابی شده است که در مطالعه‌ی حاضر، از آن‌ها استفاده گردید چون زمان زیادی از آخرین فعالیت‌های پارامتریابی و ارزیابی نمی‌گذرد. اگر مدل با همین پارامترها اجرا شود، برآوردها برای شرایط پتانسیل (در شرایط پتانسیل فرض بر این است که در مزارع آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز به خوبی مدیریت می شوند و کمبود عناصر غذایی وجود ندارد) تولید می‌گردد. شایان ذکر است که نرم‌افزارهایی مثل کراپ‌وات برآوردها را بر اساس همین شرایط پتانسیل انجام می‌دهد. اما، با توجه به ساختار مدل SSM-iCrop2، امکان واسنجی آن برای شرایط «مزارع کشاورزان» (در شرایط مزارع کشاورزان برخلاف شرایط پتانسیل، عواملی مانند آفات، بیماری‌ها، علف‌های هرز کمابیش وجود دارند و فعال هستند و مدیریت عناصر غذایی نیز به طور یکنواخت و یا مطلوب در مزارع انجام نمی‌شود) وجود دارد تا برآوردها برای شرایط مزارع کشاورزان تولید گردد. برای این منظور با توجه به ماهیت مدل و فیزیولوژی تأثیر عوامل مذکور بر رشد و عملکرد گیاهان، فرض گردید که عوامل مذکور از طریق تأثیر بر سه پارامتر موجب کاهش رشد و عملکرد گیاهان می‌شوند که عبارتند از: (۱) LAIMX: حداکثر شاخص سطح برگ قابل‌دستیابی(۲) IRUE: کارایی استفاده از تشعشع فعال فتوسنتزی و تبدیل آن به ماده خشک و (۳) HImax: حداکثر شاخص برداشت. در واسنجی مدل، پارامترهای سه‌گانه مذکور تغییر داده شدند تا عملکردهای شبیه‌سازی‌شده توسط مدل به عملکردهای واقعی کشاورزان نزدیک شوند. اطلاعات مربوط به عملکرد گیاهان برای ۵ سال اخیر (عملکرد برداشت‌شده سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰) از سازمان جهاد کشاورزی تهیه گردید. همچنین برای شبیه‌سازی تأثیر علف‌های هرز بر بیلان آب مزرعه از طریق تعرق، پارامتری به مدل اضافه شد که عبارت است از متوسط سطح برگ علف‌های هرز در مزرعه (LAIW). چنانچه برآوردی از این پارامتر در مدل وارد گردد، تعرق علف‌های هرز شبیه‌سازی می‌شود. در صورت عدم قرار دادن مقداری برای این پارامتر، مدل فرض می‌کند تعرق علف‌های هرز ناچیز است و از شبیه‌سازی صرف‌نظر می‌کند. مدل برای هر یک از گیاهان مهم استان (برای اطلاع از فهرست این گیاهان به میرزائی و همکاران، ۱۴۰۲ رجوع شود) در شرایط «مزارع کشاورزان» استان فارس توسط میرزایی و همکاران (۱۴۰۳) واسنجی شده است. مدل‌های واسنجی شده برای هر گیاه را در یک مدل یکپارچه تجمیع و در نهایت با تهیه فایل داشبورد سامانه برپا (ستآپ[۱]) شد. به همین ترتیب سامانه‌ای مجزا برای شرایط پتانسیل (مطلوب رشد) نیز تهیه گردید. سامانه برپاشده رشد، عملکرد و بیلان آب را برای شرایط «مزارع کشاورزان» و «پتانسیل» برای گیاهان مهم استان در کل استان شبیه‌سازی و تولید می‌کند. در این مطالعه با استفاده از سامانه خروجی‌های حجم آب آبیاری کاربردی و بیلان آب برای شرایط «مزارع کشاورزان» در سطح استان، میزان آب برداشتی برای کشاورزی برآورد شد. برآوردها بر اساس میانگین دوره‌ی ده‌ساله اطلاعات هواشناسی (۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰) و میانگین آمار و اطلاعات پنج‌ساله سطح زیرکشت (برای تعیین نقشه پراکنش کشت گیاهان در استان و بر اساس سال‌های برداشت ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰) انجام شد. داده‌های مربوط به رشد، عملکرد و اجزای بیلان آب خروجی سامانه به صورت ماهانه و سالانه (انتهای فصل رشد) توسط مدل تولید می‌شوند و در دسترس هستند که به فایل داشبورد انتقال داده شده و محاسبات بیشتری بر روی آن‌ها انجام می‌گیرد. سطح زیرکشت هر گیاه در هر پهنه و یا کل استان به وسیله نرم‌افزار GIS و با استفاده از میانگین آمار و اطلاعات سطح

---

۱. Setup

زیر کشت پنج‌ساله محاسبه و وارد داشبورد شد. در فایل داشبورد در ابتدا حجم خالص آب آبیاری کاربردی برای هر گیاه در هر پهنه برآورد گردید و سپس برای برآوردهای استانی از طریق میانگین‌گیری وزنی حجم خالص آب آبیاری کاربردی هر پهنه با توجه به مساحت آن محاسبه شد. در نهایت با مشخص بودن سطح زیرکشت هر گیاه در استان و میانگین وزنی حجم خالص آب آبیاری کاربردی به دست آمده، حجم خالص آب آبیاری کاربردی در کل سطح زیرکشت استانی هر گیاه برآورد گردید و از این طریق چگونگی توزیع آب بین گیاهان مهم استان نیز مشخص شد. شایان ذکر است که ارزیابی برآوردهای سامانه قبلاً توسط میرزائی و همکاران (۱۴۰۲) برای ۳۵ گیاه مهم استان انجام گرفته است که نتایج آن رضایت‌بخش بوده است.

نتایج و بحث

ارزیابی برآوردهای سامانه

ارزیابی برآوردهای سامانه قبلاً توسط میرزائی و همکاران (۱۴۰۲) برای ۳۵ گیاه مهم استان فارس انجام گرفته است. با این حال در مطالعه کنونی نیز به ارزیابی صحت برآوردهای سامانه پرداخته شد، برای ارزیابی برآوردهای عملکرد سامانه از آمار و اطلاعات گزارش‌شده توسط وزارت جهاد کشاورزی در سال‌های برداشت ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰ برای ۳۵ گیاه مهم استان استفاده شد (سازمان جهاد کشاورزی فارس، ۱۴۰۲). به این صورت که سامانه برای سال‌های مورد نظر اجرا شد و میانگین ۵ ساله عملکرد خروجی سامانه در برابر میانگین ۵ ساله عملکرد گزارش‌شده وزارت جهاد کشاورزی قرار داده شد. نتایج ارزیابی عملکرد مطابقت رضایت‌بخشی بین آمار گزارش‌شده و برآورد شده نشان داد (شکل ۱الف). برای ارزیابی برآوردهای حجم آب آبیاری کاربردی سامانه از مطالعات انجام‌گرفته توسط عباسی (۱۴۰۲) و عباسی و همکاران (۱۴۰۲الف)، عباسی و همکاران (۱۴۰۲ب) و عباسی و همکاران (۱۴۰۲ج) استفاده شد. در مطالعات ایشان حجم آب آبیاری کاربردی در مزارع بهره‌برداران برای ۲۴ گیاه مهم استان (شامل مرکبات، پیاز، چغندرقند، گوجه‌فرنگی، پنبه، نخل، هندوانه، سیب‌زمینی، انجیر، یونجه، هلو، ذرت علوفه‌ای، خربزه، آلو، لوبیا، انگور، گردو، کلزا، زیتون، گندم، خیار، جو، انار و سیب) در دسترس بود که در سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰ انجام شده بود. خروجی‌های سامانه برای میانگین ۵ سال (۱۳۹۶–۱۴۰۰) با مقادیر اندازه‌گیری‌شده مقایسه شدند که نتایج در شکل ۱ب ارائه شده است. خوشبختانه برای موارد مورد ارزیابی مطابقت خوبی بین مقادیر اندازه‌گیری‌شده و شبیه‌سازی‌شده توسط مدل وجود دارد.

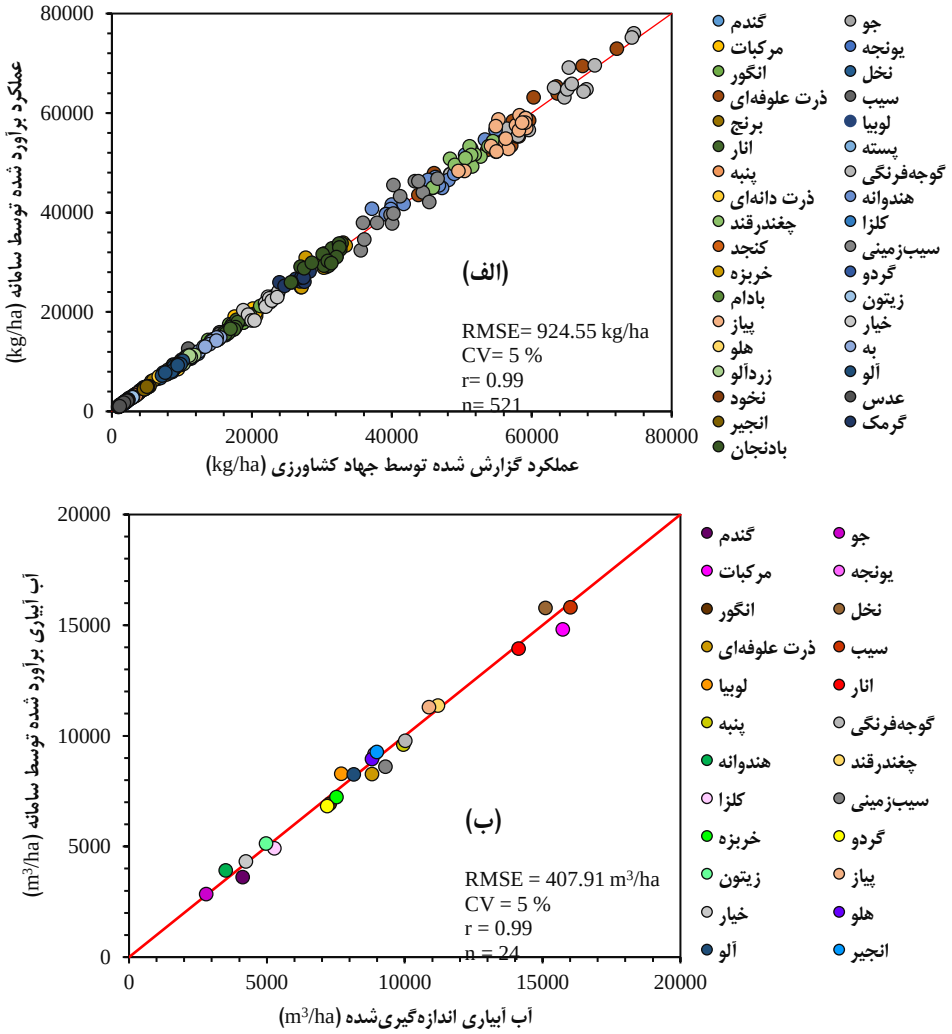
توزیع سطح زیرکشت و آب آبیاری کاربردی

شکل ۲الف چگونگی توزیع سطح زیرکشت بین گیاهان مهم استان در شرایط کشت آبی را به تصویر کشیده است. بالاترین سطح زیرکشت آبی استان به‌ترتیب به گندم (۳۲ درصد)، میوه‌ها (۲۴ درصد)، جو (۷ درصد)، سبزیجات (۶ درصد)، دانه‌های روغنی (۵ درصد) و لگوم‌های علوفه‌ای (۴ درصد)، ذرت علوفه‌ای (۳ درصد)، حبوبات (۳ درصد)، برنج (۳ درصد)، ذرت دانه‌ای (۲ درصد)، گیاهان قندی (۱ درصد)، سیب‌زمینی (۱ درصد) و سایر گیاهان (۱۰ درصد) تعلق دارد. سامانه SAWA چگونگی توزیع آب آبیاری کاربردی در کل سطح زیرکشت استانی هر گیاه را برآورد نمود که در شکل ۲ب نشان داده شده است. از نظر آب آبیاری کاربردی در کل استان به ترتیب میوه‌ها (۳۹ درصد)، گندم (۱۴ درصد) و برنج (۷ درصد) در صدر قرار دارند به این معنی که بیش از ۶۰ درصد از کل منابع آبی استان را در اختیار دارند. سهم سایر گیاهان از آب آبیاری کاربردی استان به‌ترتیب زیر است: سبزیجات (۶ درصد)، دانه‌های روغنی (۵ درصد)، لگوم‌های علوفه‌ای (۵ درصد)، ذرت علوفه‌ای (۴ درصد)، حبوبات (۲ درصد)، جو (۲ درصد)، گیاهان قندی (۲ درصد)، ذرت دانه‌ای (۲ درصد)، سیب‌زمینی (۱ درصد) و سایر جمعاً ۱۰ درصد منابع آب را به خود اختصاص داده‌اند. در اینجا منظور از سایر، آن‌هایی هستند که هر کدام کمتر از یک درصد آب آبیاری کاربردی را به خود اختصاص داده‌اند که در میان آن‌ها نخود، لوبیا و بادنجان کمترین میزان آب آبیاری کاربردی را در بین گیاهان استان داشتند.

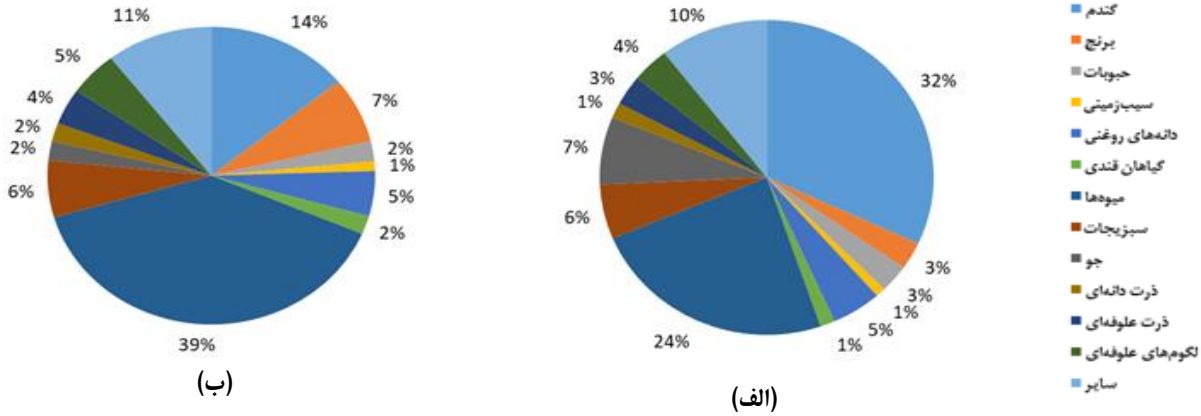
حجم خالص آب آبیاری کاربردی گیاهان در واحد سطح

برآورد حجم خالص آب آبیاری کاربردی در واحد سطح یکی از مهم‌ترین و چالشی‌ترین آماره‌های بخش کشاورزی است. سامانه SAWA برآورد حجم خالص آب آبیاری کاربردی (مترمکعب در هکتار) را برای ۳۵ گیاه مهم استان برای شرایط «مزارع کشاورزان» و «پتانسیل» ارائه داد که در شکل ۳ نشان شده است. در اینجا منظور از حجم خالص آب آبیاری کاربردی یعنی راندمان کاربرد و انتقال در آن لحاظ نشده است. در شرایط مزارع کشاورزان گیاه نخل با میانگین ۲۳۶۵۱ مترمکعب در هکتار نیاز خالص آب آبیاری کاربردی دارد که از این

بابت صدرنشین است. پس از آن گیاه برنج و انار به‌ترتیب با میانگین ۱۴۴۸۹ و ۱۰۱۶۰ مترمکعب نیاز خالص آب آبیاری در هکتار در رتبه‌ی



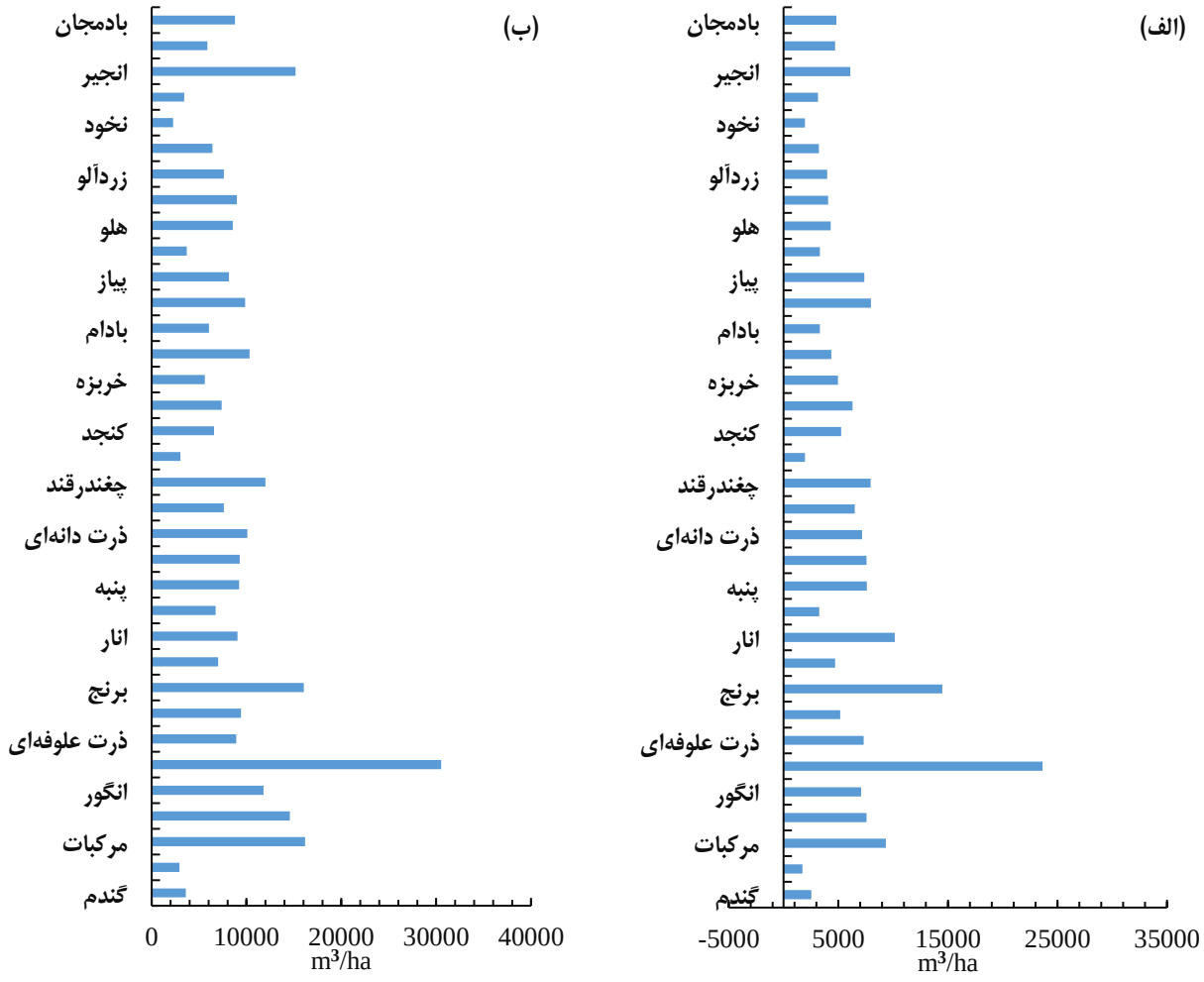
شکل ۱. عملکرد (الف) (کیلوگرم در هکتار) گزارش‌شده (میانگین سال‌های برداشت ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰) توسط وزارت جهاد کشاورزی و برآورد شده توسط سامانه برای ۳۵ گیاه مهم استان فارس و حجم آب آبیاری کاربردی (ب) (مترمکعب بر هکتار) اندازه‌گیری شده (توسط عباسی (۱۴۰۲) و عباسی و همکاران (۱۴۰۲الف)، عباسی و همکاران (۱۴۰۲ب) و عباسی و همکاران (۱۴۰۲ج)) و برآورد شده توسط سامانه SAWA برای برخی از گیاهان مورد مطالعه.



شکل ۲. توزیع سطح زیرکشت (الف) بین گیاهان مختلف در شرایط کشت آبی استان فارس که بر اساس میانگین آمار سطح زیر کشت ۵ ساله (سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰) (جمع‌آوری‌شده توسط وزارت جهاد کشاورزی) محاسبه شده است و توزیع آب آبیاری کاربردی (ب) در کل سطح زیرکشت استانی هر گیاه که توسط سامانه SAWA بر اساس میانگین داده‌های هواشناسی ۱۰ ساله (۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰) (ثبت‌شده توسط سازمان هواشناسی کشور) و میانگین آمار سطح زیرکشت ۵ ساله (سال‌های برداشت ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰) (جمع‌آوری‌شده توسط وزارت جهاد کشاورزی)

برآورد شده است.

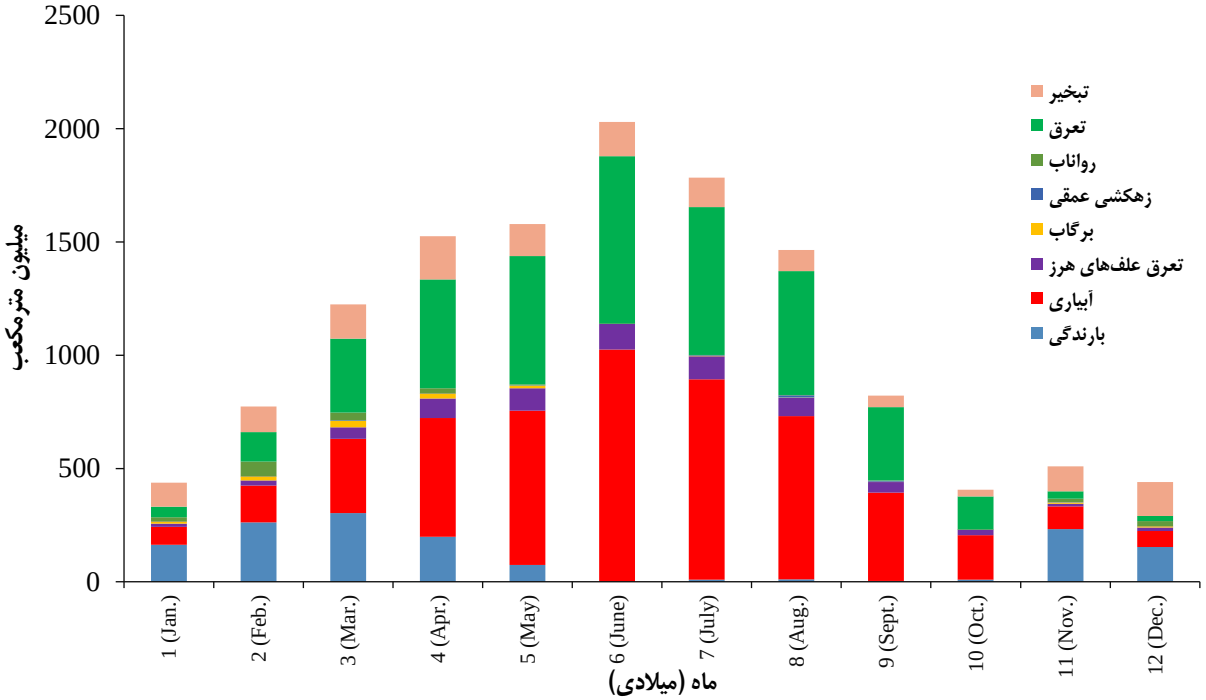
دوم و سوم قرار دارند. برآورد میانگین حجم خالص آب آبیاری کاربردی نخل، برنج و انار در شرایط «مزارع کشاورزان» به وضوح بالاتر از سایر گیاهان مهم استان می‌باشد. برای سایر گیاهان استان در شرایط «مزارع کشاورزان»، حجم خالص آب آبیاری کاربردی کم‌تر ۱۰۰۰۰ مترمکعب در هکتار است که از میان آن‌ها مرکبات، زیتون، چغندرقند، پنبه، گوجه‌فرنگی و یونجه در رتبه‌های بالاتر قرار دارند. گیاهان نخود، کلزا و جو گیاهانی هستند که به‌طور میانگین حجم خالص آب آبیاری کاربردی موردنیاز آن‌ها در شرایط «مزارع کشاورزان» در سطح استان کمتر از ۲۰۰۰ مترمکعب در هکتار است. این در حالی است که برآوردهای مذکور برای شرایط «پتانسیل» آن گونه که توسط نرم‌افزارهایی مثل CROPWAT و یا سامانه نیاز آبی جهاد کشاورزی محاسبه می‌شود، متفاوت از شرایط «مزارع کشاورزان» است. برای مثال میانگین حجم خالص آب آبیاری کاربردی گیاه نخل، برنج و مرکبات برای شرایط «پتانسیل» به‌ترتیب برابر با ۳۰۲۷۳ و ۱۶۰۳۰ و ۱۶۱۳۳ مترمکعب در هکتار است. این درحالی است که برای شرایط «مزارع کشاورزان» به‌ترتیب برابر ۲۳۶۵۱، ۱۴۴۹۸ و ۹۳۴۶ مترمکعب در هکتار می‌باشد. بنابراین، به نظر می‌رسد برآوردهای شرایط «پتانسیل» نشان‌دهنده‌ی شرایط «مزارع کشاورزان» نیست که بایستی در برنامه‌ریزی‌ها به آن توجه داشت؛ چراکه معمولاً برآوردهای نرم‌افزارها و مدل‌ها برای شرایط «پتانسیل» انجام می‌گیرد که در خوش‌بینانه‌ترین حالت ممکن با استفاده از روش‌های تجربی مقدار آن اصلاح گردد (Soltani *et al.*, 2020b) که در این‌صورت هم ممکن است برآورد معتبری از شرایط «مزارع کشاورزان» ارائه ندهند، این در حالی است که برآوردهای سامانه حاضر مستقیماً از شرایط «مزارع کشاورزان» انجام می‌گیرد و نیازی به تصحیحات خاص ندارد. باید توجه داشت که این برآوردها «میانگینی» از حجم خالص آب آبیاری کاربردی برای گیاهان مختلف در کل سطح استان برای سال‌های مطالعه است یعنی ممکن است در بخش‌های مختلف استان (پهنه‌های اگرواکولوژیک) مقادیری کمتر و یا بیشتر از برآوردهای مذکور برای گیاهان مختلف اتفاق بیفتد.



شکل ۳. حجم خالص آب آبیاری کاربردی (مترمکعب در هکتار) گیاهان مهم استان فارس برای شرایط مزارع کشاورزان (الف) و شرایط پتانسیل (ب). برآوردها بر اساس داده‌های هواشناسی میانگین ده‌ساله (۱۳۹۰ تا ۱٤۰۰) توسط سامانه SAWA انجام شده است.

برآورد مؤلفه‌های بیلان آب در ماه‌های مختلف سال

در شکل ۴ مؤلفه‌های بیلان آب در ماه‌های مختلف سال (میلادی) نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود بالاترین حجم خالص آب آبیاری کاربردی مربوط به ماه آوریل (اوایل فروردین تا اواسط اردیبهشت) تا سپتامبر (اواخر شهریور تا اواسط مهر) هستند. در این ماه‌ها حجم خالص آب آبیاری کاربردی از حدود ۵۲۵ میلیون مترمکعب در آوریل (اواخر فروردین تا اوایل اردیبهشت) شروع می‌شود، در می (اواخر اردیبهشت تا اوایل خرداد) به ۶۸۱ میلیون مترمکعب می‌رسد، در ژوئن (اواخر خرداد تا اوایل تیر) به بالاترین میزان خود یعنی بیش از ۱۰۲۴ میلیون مترمکعب افزایش پیدا می‌کند، سپس در جولای (اواخر تیر تا اوایل مرداد) به ۸۸۵، در اوت (اواخر مرداد تا اوایل شهریور) به ۷۲۱ و در سپتامبر (اواخر شهریور تا اوایل مهر) به ۳۹۰ میلیون مترمکعب کاهش پیدا می‌کند. برآورد حجم خالص آب آبیاری کاربردی در مدیریت و تخصیص منابع آب بین مصارف مختلف مثل کشاورزی و محیطزیست از اهمیت زیادی برخوردار است. در مقابل بیشترین و کمترین میزان تبخیروتعرق گیاهان مهم استان به‌ترتیب در ماه‌های در ژوئن (اواخر خرداد تا اوایل تیر) (۸۹۰ میلیون مترمکعب) و نوامبر (اواخر آبان تا اوایل آذر) (۱۴۳/۲ میلیون مترمکعب) اتفاق می‌افتد. بررسی مقادیر تعرق گیاهان مهم استان حاکی از آن بود که بیش‌ترین و کم‌ترین میزان آن در ماه‌های ژوئن (اواخر خرداد تا اوایل تیر) (۷۳۹/۹ میلیون مترمکعب) و دسامبر (اواخر آذر تا اوایل دی) (۲۳ میلیون مترمکعب) روی می‌دهد.



شکل ٤. حجم مؤلفه‌های بیلان آب (میلیون مترمکعب) برای کل گیاهان در سراسر اراضی آبی استان فارس بر اساس ماه‌های میلادی. برآوردها توسط سامانه SAWA بر اساس اطلاعات هواشناسی میانگین ده‌ساله (۲۰۱۱ تا ۲۰۲۱ میلادی معادل ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ شمسی) (سازمان هواشناسی کشور، ۱۴۰۱) و آمار سطح زیرکشت میانگین پنج‌ساله (سال‌های برداشت ۱۳۹٦ تا ۱٤۰۰) (وزارت جهاد کشاورزی، ۱٤۰۱) انجام شده است.

آب برداشت‌شده برای بخش کشاورزی استان

در جدول ۲ مقادیر هر یک از مؤلفه‌های بیلان آب برای کل گیاهان استان در ماه‌های مختلف سال (میلادی) ارائه شده است. یکی از مهم‌ترین برآوردهای سامانه میزان آب برداشت‌شده برای کشاورزی استان است که به‌منظور رفع اختلاف بین سازمان‌های متولی منابع آب در بخش کشاورزی مثل وزارت نیرو و سازمان جهاد کشاورزی قابل استفاده است. علاوه بر این برآورد نیاز خالص آب آبیاری کاربردی در ماه‌های مختلف سال نیز از دیگر خروجی‌های سامانه است که در برنامه‌ریزی‌های سازگاری با کم‌آبی از اهمیت زیادی برخوردار است. در مطالعه‌ی کنونی بر اساس سامانه SAWA، میانگین حجم خالص آب آبیاری کاربردی کل گیاهان استان فارس برابر ۵۱۶۳ برآورد شد. اما از آنجایی که برآوردهای سامانه از حجم خالص آب آبیاری کاربردی با لحاظ تلفات زهکشی و رواناب در شرایط توزیع یکنواخت است، برای رسیدن به حجم آب برداشت‌شده به کشاورزی باید (۱) راندمان انتقال آب از مبدأ مثل رودخانه یا چاه به مزرعه و نیز (۲) توزیع غیریکنواخت آب در مزرعه را در نظر گرفت (سلطانی و همکاران، ۱۴۰۱). برای این منظور، از مقادیر تخمین زده توسط عباسی و عباسی (۱۴۰۲) برای

راندمان انتقال و توزیع غیریکنواخت که برابر با ۷۷/۴ درصد بود، استفاده گردید. بنابراین، میانگین حجم برداشت آب کل گیاهان استان فارس به ۶۶۷۰ میلیون مترمکعب در سال اصلاح شد. شایان ذکر است که بخشی از تلفات به‌صورت زهکشی و رواناب از مزارع مجدداً به چرخه‌ی آب بازمی‌گردد. اگر میزان برگشتی ۵۰ درصد کل تلفات زهکشی و رواناب باشد (عباسی و همکاران، ۱۳۹۴؛ سلطانی و همکاران، ۱۴۰۱)، حجم آب برگشتی ۱۰۵ میلیون مترمکعب در سال تخمین زده شد که باید از حجم آب برداشت‌شده کسر گردد. با کسر این رقم، میانگین حجم آب برداشت‌شده برای کشاورزی آبی استان فارس برابر ۶۵۶۵ میلیون مترمکعب در سال تخمین زده شد. دامنه تغییرات حجم آب برداشت‌شده در سال‌های موردمطالعه بین ۶۲۲۸ تا ۷۰۷۶ میلیون مترمکعب در سال بود. عباسی و همکاران (۱۴۰۲د) با اندازه‌گیری‌های میدانی در بازهٔ زمانی ۱۴۰۰-۱۳۹۵ میزان آب برداشت‌شده بخش کشاورزی استان فارس را ۷۱۶۳ میلیون مترمکعب در سال گزارش کردند که نزدیک به میزان برداشت کنونی است. این در حالی است که وزارت نیرو (بر اساس آماربرداری دور دوم) حجم آب برداشت‌شده برای بخش کشاورزی در استان فارس را ۷۹۹۱ میلیون مترمکعب در سال اعلام کرده است. بنابراین، می‌توان گفت که میزان آب برداشت‌شده برای کشاورزی استان کمتر از میزان اعلام‌شده توسط وزارت نیرو باشد. به نظر می‌رسد که یکی از اصلی‌ترین دلایل این میزان تفاوت، به روش و دورهٔ زمانی برآورد بازگردد. برآورد وزارت نیرو بر اساس آماربرداری دور دوم در بازهٔ زمانی ۹۸-۱۳۸۴ است. علاوه بر این، در منابع موجود از جمله سند ملی آب نیز این ایراد وارد است. چرا که در سند ملی آب نیز با استفاده از نرم‌افزار NETWAT نیاز خالص آبیاری برآورد می‌شود که به دلیل به روز نبودن اطلاعات اقلیم، رقم و سایر شرایط اختلاف برآورد مشاهده شده است (عرفانیان و همکاران، ۱۳۸۹؛ عبدالله‌زاده و همکاران، ۱۳۹۸). اما برآوردهای سامانه SAWA در مطالعه حاضر بر اساس آمار و اطلاعات سال‌های اخیر انجام گرفته است که از این جهت به روز و مبتنی بر واقعیت است. برتری روش مورد استفاده در این مطالعه نسبت به سایر روش‌های مدل‌سازی بیلان آب مانند استفاده از AquaCrop و CropWAT نیز در این است که در مدل CropWAT بر اساس دستورالعمل فائو برای محاسبات تبخیرو تعرق و نیاز خالص آبیاری استفاده می‌کند و به جز تأثیر اقلیم اثر سایر عوامل را در نظر نمی‌گیرد. مدل AquaCrop هر چند عواملی مانند اقلیم، وضعیت حاصلخیزی خاک و شوری آب را در نظر می‌گیرد (عبدالله‌زاده و همکاران، ۱۳۹۸)، اما در اکثر مطالعات برای شرایط «مزارع کشاورزان» واسنجی نشده است. دلیل این امر را نیز می‌توان به عدم دسترسی و یا روشن نبودن روابط در این مدل اشاره نمود. اما در مطالعه‌ی کنونی با استفاده از یک روش مناسب و با استفاده از پارامترهای مشخص مدل برای شرایط مزارع کشاورزان واسنجی و ارزیابی شده است (میرزائی و همکاران، ۱۴۰۲). برآورد آب برداشت‌شده کشاورزی استان با کمک این سامانه از این نظر که از حجم خالص آب آبیاری کاربردی در شرایط مزارع کشاورزان به برداشت استان رسیده است، اهمیت بسیار زیادی در اعتبار برآوردها دارد که بر جنبه‌ی نوآوری آن می‌افزاید.

جدول ۲. برآورد حجم مؤلفه‌های بیلان آب برای کل گیاهان در کل اراضی آبی استان فارس در ماه‌های مختلف سال (میلادی) و کل سال. شبیه‌سازی‌شده توسط سامانه SAWA بر اساس اطلاعات هواشناسی میانگین ۱۰ ساله (۱۳۹۰ تا ۱٤۰۰) و آمار سطح زیرکشت میانگین ۵ ساله (سال‌های برداشت ۱۳۹٦ تا ۱٤۰۰). همه برآوردها بر حسب میلیون مترمکعب هستند.

ماه	بارندگی	آبیاری	علف‌های هرز	برگاب	زهکش	رواناب	تعرق	تبخیر	تبخیرتعرق
۱	۱۶۳	۷۹	۱۴	۹	۰	۱۹	۴۷	۱۰۵	۱۵۲
۲	۲۶۲	۱۶۳	۲۲	۱۸	۱	۶۵	۱۳۰	۱۱۳	۲۴۴
۳	۳۰۲	۳۲۹	۵۱	۲۸	۳	۳۴	۳۲۷	۱۵۱	۴۷۸
۴	۱۹۸	۵۲۵	۸۶	۲۲	۱	۲۳	۴۸۰	۱۹۱	۶۷۱
۵	۷۴	۶۸۱	۹۹	۱۲	۰	۴	۵۶۸	۱۴۱	۷۰۹
۶	۱	۱۰۲۴	۱۱۳	۰	۰	۱	۷۴۰	۱۵۰	۸۹۰
۷	۱۰	۸۸۵	۱۰۱	۲	۳	۱	۶۵۲	۱۳۱	۷۸۳
۸	۱۰	۷۲۱	۸۰	۲	۱۱	۱	۵۴۶	۹۳	۶۴۰
۹	۳	۳۹۰	۴۷	۱	۵	۱	۳۲۳	۵۰	۳۷۳
۱۰	۱۰	۱۹۵	۲۴	۲	۰	۰	۱۴۵	۳۰	۱۷۵
۱۱	۲۳۲	۱۰۰	۱۱	۶	۱	۱۵	۳۳	۱۱۰	۱۴۳
۱۲	۱۵۴	۷۱	۱۵	۵	۱	۲۱	۲۳	۱۵۰	۱۷۳
کل ماه‌ها	۱۴۱۹	۵۱۶۳* ۶۶۷۰** ۶۵۶۵***	۶۶۳	۱۰۸	۲۵	۱۸۶	۴۰۱۵	۱۴۱۷	۵۴۳۲

* این رقم حجم خالص آب آبیاری کاربردی کل گیاهان استان بدون در نظر گرفتن راندمان انتقال و توزیع آب است.

** این رقم مقدار آب برداشت‌شده برای کل گیاهان استان با در نظر گرفتن راندمان انتقال و توزیع برابر ۷۷/۴ درصد است.

*** این رقم مقدار آب برداشت‌شده برای کل گیاهان استان با در نظر گرفتن بازگشت ۵۰ درصد زهکش و رواناب به چرخه‌ی آب در طبیعت است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مطالعه از سامانه‌ی حسابداری آب بنام SAWA استفاده شد که روش تهیه و کاربردهای آن توسط میرزائی و همکاران (۱۴۰۳) ارائه شده است. یکی از کاربردهای این سامانه برآورد حجم آب آبیاری کاربردی برای گیاهان استان و حجم آب برداشت‌شده برای کشاورزی استان می‌باشد که در این مطالعه به آن پرداخته شد. برآوردهای برداشت آب در این مطالعه از آن جهت اهمیت و نوآوری دارد که با استفاده از مدل‌سازی بیلان آب در شرایط «کشاورزان»، از میزان آب آبیاری کاربردی به حجم آب برداشت‌شده برای کشاورزی استان رسیده است. اکثر مطالعات مرتبط با مدل‌سازی بیلان آب برآوردها را بر اساس شرایط مطلوب رشد یا همان پتانسیل ارائه می‌دهند که برآورد دقیقی نیست، چون در شرایط «مزارع کشاورزان» محدودیت‌های مختلفی (مانند محدودیت‌های آب آبیاری، آفات، بیماری‌ها، علف‌های هرز و کمبود عناصر غذایی) وجود دارد که در شرایط پتانسیل در نظر گرفته نمی‌شود. مطالعه‌ی حاضر نشان داد که برآوردهای حجم آب آبیاری کاربردی در شرایط «کشاورزان» کمتر از شرایط «پتانسیل» بود که این نشان‌دهنده‌ی آن است که کشاورزان استان فارس در شرایط مزرعه کم‌آبیاری انجام می‌دهد و دلیل اصلی آن نیز می‌تواند به شرایط و دلایل مختلفی مانند کمبود فیزیکی آب ارتباط داشته باشد که با یافته‌های عباسی و عباسی (۱۴۰۲الف) و عباسی و همکاران (۱۴۰۲ب) مطابقت دارد.

برآوردهای مطالعه‌ی کنونی نشان داد که میزان آب برداشت‌شده در بخش کشاورزی استان برابر با ۶۵۶۵ میلیون مترمکعب در سال است. دامنه تغییرات حجم آب برداشت‌شده در سال‌های موردمطالعه بین ۶۲۲۸ تا ۷۰۷۶ میلیون مترمکعب در سال بود. برآورد این مطالعه کمتر از برآورد وزارت نیرو (یعنی ۷۹۹۱ میلیون مترمکعب در سال؛ بی‌نام، ۱۴۰۰) برای استان فارس بود. این اختلاف به روش برآورد و سال‌های داده‌برداری مربوط می‌شود. سال‌های آماربرداری دور دوم وزارت نیرو (بی‌نام، ۱۴۰۰) مربوط به سال‌های ۸۴ تا ۹۵ شمسی بازمی‌گردد که تأثیر زیادی در برآوردها دارد. علاوه براین روش برآورد بیلان آب در سامانه SAWA بر اساس مدل‌سازی بیلان آب است که روش تهیه آن قبلاً توسط میرزائی و همکاران (۱۴۰۳) ارائه شده و در دسترس همگان قرار دارد در حالی که به نظر می‌رسد روش برآورد وزارت نیرو اینچنین نیست. سامانه‌ی SAWA قادر است تا بر اساس اطلاعات جدید (ورودی‌های جدید) برآوردهای استانی را به روز ارائه کند که بر مزیت آن می‌افزاید. بر این اساس پیشنهاد می‌گردد هر چند سال یک‌بار (مثلاً ۵ سال) برآوردهای مربوطه بر اساس اطلاعات جدید به روز گردد. از آن‌جایی که تهیه ورودی‌های سامانه و اجرای آن هزینه‌بر و زمان‌بر نیستند، سامانه مذکور می‌تواند رویکرد جدیدی برای برآورد بیلان آب در سطح استان باشد. از آنجا که سامانه SAWA اطلاعات یکپارچه و معتبری از منابع آب در سطح استان ارائه می‌کند پیشنهاد می‌شود این سامانه برای سایر استان‌ها و سپس برای کل کشور نیز تهیه شود. این سامانه می‌تواند خلأ داده‌های این بخش را تا حدودی جبران کند (مانند اجزای بیلان آب شامل تبخیر، تعرق، آب آبیاری کاربردی، رواناب، زهکشی عمقی، تعرق علف‌های هرز). برآوردهای ماهانه حجم آب آبیاری در مطالعات بهینه‌سازی الگوی کشت استفاده می‌شود. برآوردهای سامانه از میزان برداشت آب می‌تواند در کاهش اختلاف بین سازمان‌های متولی منابع آب کمک کند و در نتیجه به این سازمان‌ها کمک کند تا بتوانند برنامه‌ریزی‌های مطلوب‌تری برای سازگاری به کم‌آبی و سایر برنامه‌ریزی‌های مشابه داشته باشند.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

منابع

بی‌نام، آماربرداری سراسری منابع و مصارف دور دوم، پورتال ارائه آمار پایه، دفتر اطلاعات و داده‌های آب کشور، شرکت مدیریت منابع آب ایران (۱۴۰۰). https://stu.wrm.ir/login.asp

دهقانی‌سانیچ، حسین؛ اسعدی اسکویی، ابراهیم؛ و تقی‌زاده قصاب، افروز. (۱۴۰۰). تحلیلی بر آب مصرفی بخش کشاورزی مبتنی بر تبخیر و تعرق واقعی. *نشریه آبیاری و زهکشی ایران*. ۱۵ (۶): ۱۲۵۱-۱۲۶۲.

جلیلی، زهرا؛ قنبرنیا، هوشنگ؛ و کهریزی، دانیال. (۱۳۹۸). برآورد آب مورد نیاز و ضرایب گیاهی استویا (*Stevia rebaudiana* Bertoni) در اقلیم نیمه‌خشک در شرایط لایسیمتری. *نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)*. ۳ (۲۳): ۳۷-۵۲.

جوادیان، مصطفی؛ کردی، فاطمه؛ و تجریشی، مسعود. (۱۳۹۸). بررسی و مقایسهٔ روش‌های برآورد تبخیر و تعرق واقعی در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه. *اکوهیدرولوژی*. ۶ (۱): ۱۲۵-۱۳۶.

سازمان جهاد کشاورزی استان فارس. (۱۴۰۲). معاونت تولیدات گیاهی. آمار و اطلاعات سطح زیرکشت، تولید و میزان عملکرد گیاهان زراعی و باغی سال‌های ۱۳۹۶ -۱۴۰۰.

سلطانی، افشین.، جافرنوده، صفورا؛ دادرسی، امیر؛ رهبان، سمانه؛ ناظری، محمد؛ زینلی، ابراهیم؛ نجفی‌نژاد، علی؛ ترابی، بنیامین و کاظمی، حسین (۱۴۰۱). *تهیه سیستم استانی بیلان و حسابداری آب کشاورزی با مدل‌سازی تولید گیاهی و موازنه آب در اراضی کشاورزی: مطالعه موردی استان گلستان*. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گزارش طرح تحقیقاتی.

سلطانی، افشین.، عالی‌مقام، سید مجید؛ نه‌بندانی، علیرضا؛ بارانی، حسین؛ سلطانی، الیاس؛ ترابی، بنیامین؛ زینلی، ابراهیم؛ میرکریمی، شهرزاد؛ جولایی، رامتین؛ خسرویان، تکتم؛ حبیب‌پور کاشفی، احسان؛ جافرنوده، صفورا؛ دادرسی، امیر؛ قاسمی، ثریا؛ رهبان، سمیه؛ پورشیرازی، شبنم؛ بهره‌مند، عبدالرضا؛ دهقانی، امیراحمد؛ اشرافی، فرشید؛ بهمنی، محمود؛ فتاح طالقانی، داریوش؛ احمدی، کریم؛ محمدرضایی، مریم؛ گلی، شیدا؛ الستی، ، امید؛ حسینی، رقیه‌السادات؛ زاهد، محبوبه؛ فیاضی، حسنا؛ کمری، حسین؛ عرب‌عامری، راحله؛ محمدزاده، زهرا؛ محمدی، سمانه؛ کرامت، صالح؛ سوسرایی، نعیمه؛ آشناور، محبوبه؛ احمدی، مادح؛ و تقدیسی نقاب، رضا (۱۳۹۸). *تحلیل امنیت غذایی کشور تا ۲۰۵۰ با مدل‌سازی همبست آب، زمین، غذا و محیط‌زیست: چشم‌انداز و سیاست‌های لازم*. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گزارش طرح تحقیقاتی.

سلطانی، ا. (۱۳۸۸). مدل‌سازی ریاضی در گیاهان زراعی. *جهاد دانشگاهی مشهد*. ۱۷۶ صفحه.

شاهرخ‌نیا، محمدعلی؛ و باغانی، جواد. (۱۴۰۰). بررسی میزان آب کاربردی و بهره‌وری آب مزارع سیب‌زمینی در شرایط زارعین استان فارس. *نشریه آبیاری و زهکشی ایران*. ۱۵(۳): ۶۲۴-۶۳۵.

شاهرخ‌نیا، محمدعلی؛ ناصری، ابوالفضل؛ و عباسی، فریبرز. (۱۴۰۰الف). تعیین میزان آب کاربردی و بهره‌وری آب در باغات سیب استان فارس. *نشریه آبیاری و زهکشی ایران*. ۱۵(۴): ۹۳۱-۹۴۰.

شاهرخ‌نیا، محمدعلی؛ عباسی، نادر؛ و عباسی، فریبرز. (۱۴۰۰ب). بررسی میزان حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب باغات گردو در استان فارس. *نشریه آبیاری و زهکشی ایران*. ۱۵(۶): ۱۳۶۱-۱۳۶۹.

شاهرخ‌نیا، محمدعلی؛ و عباسی، فریبرز. (۱۴۰۱). بررسی حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب باغات انار در مناطق مختلف استان فارس. *نشریه آبیاری و زهکشی ایران*. ۱۶(۱): ۱۸۱-۱۹۰.

شاهرخ‌نیا، محمدعلی؛ حسن اقلی، علیرضا؛ و عباسی، فریبرز. (۱۴۰۱الف). بررسی حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب نخلستان‌ها در استان فارس. *نشریه مدیریت آب در کشاورزی*. ۹(۲): ۱-۱۶.

شاهرخ‌نیا، محمدعلی؛ عباسی، فریبرز؛ ناصری، ابوالفضل؛ دهقانیان، سیدابراهیم؛ سلامی، امیر؛ سلامتی، نادر؛ مقبلی دامنه، اسحاق؛ و زارع مهرانی، اسحق. (۱۴۰۱ب). تعیین میزان آب کاربردی و بهره‌وری آب باغهای لیموترش در کشور. تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی. ۲۳(۸): ۱-۲۰.

عباسی، ف. (۱۴۰۲). *تعیین آب کاربردی محصولات سبزی و صیفی در کشور*. گزارش پژوهشی نهایی شماره ۶۴۲۰۷ موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج.

عباسی، فریبرز؛ باغانی، جواد؛ یزدانی، محمدرضا؛ حقایقی‌مقدم، سیدابوالقاسم؛ اکبری، مهدی؛ معیری، منصور؛ و نخجوانی‌مقدم، محمدمهدی. (۱۴۰۲الف). *تعیین آب مصرفی محصولات زراعی در کشور*. گزارش پژوهش نهایی شماره ۶۳۲۸۸، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج.

عباسی، فریبرز؛ ناصری، ابوالفضل؛ سهراب، فرحناز؛ باغانی، جواد؛ عباسی، نادر؛ و اکبری، مهدی. (۱۳۹۴). *ارتقای بهره‌وری مصرف آب*. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. ۶۸ صفحه.

عباسی، فریبرز؛ موسوی‌فضل، سید حسن؛ ناصری، ابوالفضل؛ حسن‌اقلی، علیرضا؛ نخجوانی‌مقدم، محمدمهدی؛ عباسی، نادر؛ افشار، هادی؛ جلینی، محمد؛ اکبری، مهدی؛ شاهرخ‌نیا، محمدعلی؛ سپهری‌صادقیان، سالومه؛ و قدمی‌فیروزآبادی، علی. (۱۴۰۲ب). *تعیین آب مصرفی محصولات باغی در کشور*. گزارش پژوهشی نهایی شماره ۶۳۵۸۶ موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج.

عباسی، فریبرز؛ اکبری، مهدی؛ ناصری، ابوالفضل؛ عباسی، نادر؛ باغانی، جواد؛ جلینی، محمد؛ شاهرخ‌نیا، محمدعلی؛ نخجوانی مقدم، محمدمهدی؛ سپهری‌صادقیان، سالومه؛ معیری، منصور؛ حسن اقلی، علیرضا، حقایقی مقدم، سید ابوالقاسم؛ قدمی فیروزآبادی، علی؛ موسوی فضل، سیدحسن؛ و یزدانی، محمدرضا. (۱۴۰۲ج). مروری بر شاخص‌های مدیریت مصرف آب گیاهان مختلف در ایران. *تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی*. (در حال داوری).

عباسی، فریبرز؛ و عباسی، نادر. (۱۴۰۲). تحلیلی بر راندمان‌های آبیاری ایران در بستر زمان. *نشریه آبیاری و زهکشی ایران*. (پذیرفته شده برای چاپ).

عبدالله‌زاده، مریم؛ رمضانی اعتدالی، هادی؛ آبابایی، بهنام؛ و نظری، بیژن. (۱۳۹۸). تعیین تبخیر و تعرق واقعی و نیاز خالص آب آبیاری محصولات مهم کشاورزی دشت مغان با استفاده از مدل آکواکراپ. *مجله علمی ترویجی نیوار*. ۴۳: (۱۰۴-۱۰۵): ۱۱۳-۱۲۲.

عظیمی دزفولی، سیدعلی اکبر. (۱۳۹۸). برآورد مصرف آب در محصولات زراعی-درآمدی بر حسابداری آب کشاورزی. *نشریه آب و توسعه پایدار*. ۶ (۳): ۳۱-۴۰.

میرزایی، عبدالرحمان؛ سلطانی، افشین؛ عباسی، فریبرز؛ زینلی، ابراهیم؛ و میرکریمی، شهرزاد. (۱۴۰۳). تهیه سامانه‌ی استانی حسابداری آب برای اراضی کشاورزی آبی استان فارس. *تحقیقات آب و خاک ایران*. ۵۵(۲): ۲۱۹-۲۴۴.

ناصری، ابوالفضل؛ عباسی، فریبرز؛ و اکبری، مهدی. (۱۳۹۶). برآورد آب مصرفی در بخش کشاورزی به روش بیلان آب. *تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی*. ۱۸(۶۸): ۱۷-۳۲.

ناصری، ابوالفضل؛ و عباسی، فریبرز. (۱۴۰۰). برآورد مقدار پتانسیل و شکاف بهره‌وری آب در تولید گندم آبی در ایران. *مجله تحقیقات مهندسی سازه های آبیاری و زهکشی*. ۲۳(۸۶): ۸۷-۱۱۰.

REFERENCES

Abbasi, F. (2023). *Determining the applied water of vegetable and summer crops in Iran*. Research Report No. 64207 Agricultural Engineering and Technical Research Institute, Karaj. (*In Persian*)

Abbasi, F., and Abbasi, N. (2024). An analysis of irrigation efficiencies over time in Iran. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*. (Accepted for publication) (*In Persian*)

Abbasi, F., Akbari, M., Naseri, A., Abbasi, N., Baghani, J., Joleini, M., Shahrokhnia, M.A., Nakhjavani Moghaddam, M.M., Sepehri Sadeghian, S., Moayeri, M., Hassanoghli, A., Haghaeghimoghaddam, S.A., Ghadami Firoozabadi, A., Mousavi Fazl. S.H., Yazdani, M.R. (2023c). A review of water consumption management indicators of different plants in Iran. *Irrigation and Drainage Structures Engineering Research*. (Under review) (*In Persian*)

Abbasi, F., Baghani, J., Yazdani, M.R., Haghaeghimoghaddam, S.A., Akbari. M., Moayeri, M., Nakhjavani Moghaddam, M.M. (2023). *Determining the water consumption of crops in Iran*. Final Research Report No. 63288, Agricultural Engineering and Technical Research Institute, Karaj. (*In Persian*)

Abbasi, A., Mousavi Fazl. S.H., Naseri, A., Hassanoghli, A., Nakhjavani Moghaddam, M.M., Abbasi, N., Afshar, H., Joleini, M., Akbari, M. Shahrokhnia, M.A., Sepehri Sadeghian, S., Ghadami Firoozabadi, A. (2023b). *Determining the water consumption of garden products in Iran*. Research Report No. 63586 Agricultural Engineering and Technical Research Institute, Karaj. (*In Persian*)

Abbasi, F., Naseri, A., Sohrab, F., Baghani, J., Abbasi, N., and Akbari, M. (2015). *Improving the efficiency of water consumption*. Agricultural Engineering and Technical Research Institute. 68 pages. (*In Persian*)

Abdollahzadeh, M., Ramezani Etedali, H., Ababaei, B., Nazari, B. (2019). Estimation of Actual Evapotranspiration and Net Irrigation Water Requirement for Strategic Agricultural Crop in Moghan Plain Using AquaCrop Model. *Journal of NIVAR*. 43: (104-105) 113-122. (*In Persian*)

Abedinpour, M. (2015). Evaluation of growth-stage-specific crop coefficients of maize using weighing lysimeter. *Soil & Water Research*. 10(2): 99–104.

Azimi Dezfuli, S.A.A. (2020). An Introduction to Agricultural Water Accounting by Estimating Crop Water Consumption. *Journal of Water and Sustainable Development*. 6(3): 31-40. (*In Persian*)

Allen RG, Tasumi M and Trezza R. 2007. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC)-Model. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 133:380-394

Bastiaanssen W, Cheema M, Immerzeel W, Miltenburg I and Pelgrum H. (2012). Surface energy balance and actual evapotranspiration of the transboundary Indus Basin estimated from satellite measurements and the ETLook model. *Water Resources Research*. 48:100-120.

Dehghanisanij, H., Asadi Oskouei, E., Taghizadehghasab, A. (2022). The interpretation of water consumption in the agricultural sector based on actual evapotranspiration. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*. 15(6): 1251-1262. (*In Persian*)

FAO, (2003). Iran (Islamic republic of Iran). Country profile. http://www.fao.org/aquastat/en/countries-and-basins/country-profiles/country/IRN

Faramarzi, M., Abbaspour, K.C., Schulin, R. and Yang, H. (2009). Modelling blue and green water resources availability in Iran. *Hydrological Processes: An International Journal*, 23(3), pp.486-501.

Fars Province Agricultural Jihad Organization. (2022). Vice President of Plant Production. Statistics and information on cultivated area, production and yield of crops and garden plants in 2017-2021.

Jalili, Z., Ghamarnia, H., and Kahrizi, D. (2019). Estimated Water Requirements and Stevia Rebaudiana Bertoni Crop Coefficient in Semi-Dry Climate under Lysimetric Conditions. *Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)*. 23(3): 37-52. (*In Persian*)

Javadian, M., Kordi, F., and Tajrishy, M. (2019). Evaluation and Comparison of Estimation Methods for Actual Evapotranspiration in the Urmia Lake Basin. *Iranian Journal of Eco hydrology*. 6(1): 125-136. (*In Persian*).

Mirzaei, A., Soltani, A., Abbasi, F., Zeinali, E., Mirkarimi, Sh. (2024). Development of water accounting system for irrigated agricultural lands of Fars province. *Iranian Journal of Soil and Water Research*. 5 (2): 219-244.(*In Persian*) https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.362112.669532

Mojid, M. A., Mainuddin, M., Murad, K. F. I., & Kirby, J. M. (2021). Water usage trends under intensive groundwater-irrigated agricultural development in a changing climate – Evidence from Bangladesh. *Agricultural Water Management*. 251, 106873. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106873

Naseri, A., Abbasi, F. (2022).Estimation of Potential and Gap of Water Productivity in Wheat Production in Iran. *Irrigation and Drainage Structures Engineering Research*. 23(86): 87-110. (In Persian)

Naseri, A., Abbasi, F., Akbari, M. (2017). Estimating Agricultural Water Consumption by Analyzing Water Balance. *Irrigation and Drainage Structures Engineering Research*. 18(68): 17-32. (*In Persian*)

Olivera-Guerra LE, Mattar C, Santamaría-Artigas A, Durán-Alarcón C and Fuster R. (2013). A first evaluation of an operational method (SSEBop) to estimate Actual Evapotranspiration by using MODIS data over the semi-arid region of Chile. 4th International Symposium on Recent Advances in Quantitative.

Shahrokhnia, M.A., Abbasi, F. (2022). Investigation of irrigation water volume and water productivity of pomegranate orchards in different regions of Fars province. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*. 16 (91): 181-190. (*In Persian*)

Shahrokhnia, M.A., Abbasi, N., Abbasi, F. (2022b). Investigation of irrigation water volume and water productivity of walnut orchards in Fars province. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*. 15 (90): 1361-1369. (*In Persian*)

Shahrokhnia, M.A., Abbasi, F., Naseri, A., Dehghanian, S.E., Eslami, A., Salamati, N., Moghbeli Damaneh, E., Zare Mehrani, E. (2022). Determination of Applied Water and water productivity of lemon orchards in Iran. *Irrigation and Drainge Structures Engineering Research*. 23(87): 1-20. (*In Persian*)

Shahrokhnia, M.A., and Baghani, J. (2021). Investigation of applied water and water productivity of potato fields in the conditions of farmers in Fars province. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*. 15(87): 624-635. (*In Persian*)

Shahrokhnia, M.A., Hassanoghli, A., Abbasi, F. (2023a). Investigation of Irrigation Water Volume and Water Productivity of Date in Fars Province. *Journal of Water Management in Agriculture*. 9 (18): 1-16. (*In Persian*)

Shahrokhnia, M.A., Naseri, A., Abbasi, F. (2021a). Determining the Amount of Applied Water and Water Productivity in Apple Orchards in Fars Province. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*. 15 (88): 931-940. (*In Persian*)

Soltani, A. (2009). *Mathematical modeling in field crops*. Publications University of Mashhad. 175 pages. (*In Persian*)

Soltani, A., Alimagham, S.M., Nehbandani, A., Barani, H., Soltani, E., Torabi, B., Zeinali, E., Mirkarimi, Sh., Joulaei, R., Khosravian, T., Habibpur Kashefi, E., Jafar Noudeh, S., Dadrasi, A., Ghasemi, S., Rahban, S., Pourshirazi, Sh., Bahrehmand, A.R., Dehghani, A.A., Ashrafi, F., Bahmani, M., Fattah Taleghani, D., Ahmadi, K., Mohammad Rezaei, M., Goli, SH., Alasti, O., Hoseini, R., Zahed, M., Fayazi, H., Kamari, H., Arabameri, R., Mohammadzadeh, Z., Mohammadi, S., Keramat, S., Sosaraei, N., Ashenavar, M., Ahmadi, M., Taghdisi Naghab, R. (2019). *Analysis of Iran's food security until 2020, modeling the correlation of water, land, food and environment: perspectives and necessary policies.* Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Research Report. 130 pages. (*In Persian*)

Soltani, A., Alimagham, S.M., Nehbandani, A., Torabi, B., Zeinali, E., Dadrasi, A., Zand, E.,Ghassemi, S., Pourshirazi, S., Alasti, O., Hosseini, R.S., Zahed, M., Arabameri, R., Mohammadzadeh, Z., Rahban, S., Kamari, H., Fayazi, H., Mohammadi, S., Keramat, S.,Vadez, V., van Ittersum, M.K., and Sinclair, T.R. (2020a). SSM-iCrop2: A simple model for diverse crop species over large areas. *Agricultural Systems*. 182: 102855. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102855

Soltani, A., Alimagham, S.M., Nehbandani, A., Torabi, B., Zeinali, E., Zand, E,. Ghassemi, S., Vadez, V., Sinclair, T.R., and van Ittersum, M.K. (2020b). Modeling plant production at country level as affected by availability and productivity of land and water. *Agricultural Systems*. 183: 102859. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102859

Soltani. A., Jafar Nodeh, S., Dadrasi. A., Rahban, S., Nazeri, M., Zeinali, E., Najafinejad, A., Torabi, B., & Kazemi, H. (2022). *Development of a provincial system for water balanceand water accounting in agricultural lands:case study of Golestan province*. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Research Report. 124 pages. (In Persian)

Soltani, A., and Sinclair, T.R. (2012). *Modeling physiology of crop development, growth and yield*. CABI

Publisher. 312 p.
Su, Z. (2002). The Surface Energy Balance System (SEBS) for estimation of turbulent heat fluxes. *Hydrology and Earth System Sciences*. 6:85-100
Yu, Q., Cui, Y., Han, H., and Liao, B. (2023). Modelling water consumption and nitrogen loss in paddy fields with an improved ORYZA model. *Field Crops Research*. 292. 108828. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.108828
Zhou, H., & Zhao, W. zhi. (2019). Modeling soil water balance and irrigation strategies in a flood-irrigated wheat-maize rotation system. A case in dry climate, China. *Agricultural Water Management*. 221, 286–302. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.05.011

Estimation of withdrawal water for Fars Province agriculture based on water balance modelling

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

There has been a long-standing dispute between organizations associated with water resources (such as the Ministry of Energy and Agricultural Jihad) over the amount of withdrawal water for agriculture at the national and provincial levels. The existence of these differences has caused a lack of desired results in planning and decisions related to water resources, such as water scarcity adaptation programs. One of the most important reasons for this difference is the lack of clear methods for estimating reliable information on water resources with the ability to be easily updated.

Materials and Methods

The purpose of this study was to estimate the withdrawal water for irrigated agriculture in Fars Province based on water balance modelling under the Farmers' conditions. For this purpose, the provincial water accounting system for irrigated agricultural lands in Fars Province (SAWA) was used. The central core of this system consists of a plant simulator model (SSM-icrop2), which was calibrated and set up for 35 important plants of the province in 17 agro-ecological zones. System estimates were based on 10-year meteorological data (2011–2021) and 5-year average cultivated area statistics (2017–2021).

Results

The results showed that the largest crop area belonged to wheat (32%), fruits (24%), and barley (7%). Regarding net applied irrigation water volume, fruits (39%), wheat (14%), and rice (7%) had the greatest shares. The highest net applied irrigation water belonged to date, rice and pomegranate, respectively, with 23651, 14489, and 10160 m3 ha-1. Water balance analysis showed that the highest irrigation occurs in June (1024 million m^3) and the lowest in December (70.8 million m^3). The average volume of withdrawal water for agriculture was estimated at 6565 million m^3 per year, with a range of 6228–7076 million m^3 per year.

Conclusion

The present study showed that the estimates of the system under the conditions of "farmers" were lower than the "potential", which should be taken into account in decisions and planning related to water resources. This is important because most models and software provide estimates for "potential" conditions, which are not accurate estimates. But the estimates of the current study are made for the conditions of farmers, and the results are valid and close to reality. The average volume of withdrawal water for agriculture was estimated at 6565 million m^3 per year, with a range of 6228–7076 million m^3 per year, which was less than the estimate of the Ministry of Energy (i.e., 7991 million m^3 per year). This difference is related to the estimation method and data collection years. The estimation of withdrawal water for Fars Province agriculture using the SAWA system is very important in the validity of the estimates, from the point of view that it has reached the withdrawal water for province from the applied water irrigation in the fields, which is the innovative aspect of this study.

Keywords: Applied Irrigation Water, SSM-iCrop2, Water Accounting.