

Evaluating the amount of consumed water based on the analysis of water productivity and groundwater information, case study: Basht Aquifer

Majid. Khazaei^{1*}, Iman Saleh², Reza Bayat³ and Shokr Allah Absallan⁴

¹ Assistant Professor of Forests, Rangelands and Watershed Management Engineering, Kohgiluyeh and Boyerahmad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Kohgiluyeh and Boyerahmad, Iran

² Assistant Professor of Forests, Rangelands and Watershed Management Engineering, Kohgiluyeh and Boyerahmad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Kohgiluyeh and Boyerahmad, Iran

³ Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran

⁴ Assistant Professor of Forests, Rangelands and Watershed Management Engineering, Kohgiluyeh and Boyerahmad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Kohgiluyeh and Boyerahmad, Iran

Received: 12 October 2022

Accepted: 13 February 2023

Extended abstract

Introduction

The role of water in agricultural development and economic growth is undeniable. The imbalance between water supply and demand in Iran has created a challenge for the management of water resources, especially in agriculture. Paying serious attention to water productivity and improving it through appropriate methods and policies is one of the most effective solutions to address the water crisis and enhance the quantity and quality of agricultural production. The concept of water productivity is to produce the best and most products with the least amount of water. Agricultural water productivity has received serious attention in recent years from scientific societies related to irrigation and agriculture. The variation in water productivity for different crops at the local level and in comparison with other countries with similar climatic conditions indicates the potential for increasing agricultural water productivity. In the present research, the productivity of agricultural and horticultural products was investigated through field surveys, field measurements, and remote sensing analyses.

Materials and methods

First, the status of water resources in the aquifer, including changes in groundwater levels and programmable water, was investigated. Then, the water consumption of agricultural plants was calculated using the difference between effective rainfall and plant water requirement (evaporation-transpiration). In the next step, the cultivated area of Basht Aquifer was examined using Sentinel-2 satellite images in Google Earth Engine software. Yield, dates of planting and harvesting, and irrigation times for agricultural products were verified through questionnaires completed by farmers and experts. After that, the water requirement of the current cultivation pattern was calculated using the FAO Penman-Monteith method. Finally, the productivity of different products was determined by evaluating the products in terms of productivity.

Results and discussion

The area of the alluvial aquifer was 45.5 km², with an average length of about 25 km and a width of 5 km. The total volume of discharge and extraction from groundwater resources was 39.723 MCM. The infiltration amount of the Basht alluvial aquifer was calculated to be 7.905 MCM. By joining the outflow streams, including transfer streams through different elevations, the aquifer was recharged with a total of 20.377 MCM. Calculations using the FAO Penman-Monteith method showed that the water requirements of the dominant crops in the aquifer, including citrus fruits, wheat, barley, corn, canola, watermelon, rice,

* Corresponding author: salehiman61@gmail.com

legumes, and alfalfa, were 9170, 5630, 4821, 7863, 5411, 9291, 20234, 5225, and 14083 m³, respectively. In total, the amount of water consumed by the agricultural products of Basht Aquifer was nearly 45 MCM, which was approximately equivalent to 1 m³m⁻² of the cultivated area. This is 2.64 times higher than the amount of water that can be programmed for agriculture (17 MCM).

Conclusion

The cultivation pattern will be influenced by parameters such as the climatic compatibility of products, the potentials of water and soil resources, regional needs, customs and interests of local people, and economic evaluation and income from production. Any change in the cultivation pattern should consider all social, economic, and environmental factors. However, given the existing conditions of the water sources, any cultivation pattern (even those considering high income) that increases discharge compared to the aquifer's recharge sources will be dangerous for future sustainability and will cause groundwater salinization and aquifer subsidence. Cultivation of high water-consumption plants such as seed corn should be stopped due to the severe water conditions of the region, and more investment should be made in developing crops such as canola, which are better adapted to the region's climate.

Keywords: Aquifer, Agriculture, Canola, Cultivation pattern, Water requirement

Cite this article: Khazaei, M., Saleh, I., Bayat, R., Absallan, Sh.A., 2024. Evaluating the amount of consumed water based on the analysis of water productivity and groundwater information, case study: Basht Aquifer. *Watershed Engineering and Management* 16(2), 170-184.

© 2024, The Author(s). Published by Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)



ارزیابی میزان آب مصرفی بر اساس تحلیل بهره‌وری آب و اطلاعات آب زیرزمینی مطالعه موردی: آبخوان باشت

مجید خزائی^{۱*}، ایمان صالح^۲، رضا بیات^۳ و شکراله آبدلان^۴

^۱ استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران
^۲ استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران
^۳ استادیار پژوهشی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
^۴ استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۲۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۲۰

چکیده مبسوط

مقدمه

نقش آب در توسعه کشاورزی و رشد اقتصادی غیرقابل انکار است. عدم توازن بین عرضه و تقاضای آب در کشور، مدیریت منابع آب را به‌خصوص در بخش کشاورزی، با چالش روبرو ساخته است. یکی از مؤثرترین راهکارهای مقابله با بحران آب و افزایش کمی و کیفی تولیدات در بخش کشاورزی، توجه جدی به بهره‌وری آب و ارتقای آن با اعمال روش‌ها و سیاست‌های مناسب است. مفهوم بهره‌وری آب این است که با صرف کمترین مصرف آب، بهترین و بیشترین محصول را تولید کرد. بهره‌وری آب کشاورزی، یکی از مهم‌ترین موضوعاتی است که در سال‌های اخیر مورد توجه جدی مجامع علمی مرتبط با آبیاری و کشاورزی قرار گرفته است. اختلاف در بهره‌وری آب محصولات مختلف در سطح کشور و همچنین، در مقایسه با سایر کشورها با شرایط اقلیمی مشابه، نشان‌دهنده وجود پتانسیل برای افزایش بهره‌وری آب کشاورزی است. در این پژوهش، با بررسی‌های میدانی، اندازه‌گیری‌های صحرایی و تحلیل‌های سنجش از دوری به بررسی بهره‌وری محصولات زراعی و باغی پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

در مرحله اول، وضعیت منابع آبی آبخوان شامل تغییرات سطح آب زیرزمینی و آب قابل برنامه‌ریزی آبخوان مورد بررسی قرار گرفت. سپس، آب مصرفی گیاهان زراعی از تفاضل بارندگی مؤثر و آب مورد نیاز گیاه (تبخیر-تعرق گیاه) محاسبه شد. در مرحله بعد، سطح زیر کشت آبخوان باشت با استفاده از تصاویر ماهواره سنتینل-۲ در نرم‌افزار گوگل ارث انجین مورد بررسی قرار گرفت. عملکرد، تاریخ کشت و برداشت و تعداد دفعات آبیاری محصولات کشاورزی دشت از طریق تکمیل پرسش‌نامه

توسط کشاورزان و کارشناسان مراکز خدمات جهاد کشاورزی بررسی شد. در مرحله بعد، نیاز آبی الگوی کشت فعلی با روش فائو پنمن-مانتیث محاسبه شد. در نهایت، با ارزیابی محصولات از نظر شاخص‌های بهره‌وری، میزان بهره‌وری محصولات مختلف تعیین شد.

نتایج و بحث

وسعت آبخوان آبرفتی باشت، ۴۵/۵ کیلومتر مربع به طول متوسط حدود ۲۵ کیلومتر و عرض پنج کیلومتر محاسبه شد. حجم کل تخلیه و برداشت از منابع آب زیرزمینی در سطح محدوده ۳۹/۷۲۳ میلیون مترمکعب است. مقدار نفوذ در سطح آبخوان آبرفتی باشت ۷/۹۰۵ میلیون مترمکعب محاسبه شده است. با پیوستن جریان‌های خروجی شامل جریان‌های انتقالی از طریق جبهه‌های مختلف ارتفاعات به آبخوان، مجموعاً ۲۰/۳۷۷ میلیون مترمکعب آبخوان را تغذیه می‌نماید. محاسبات روش فائو پنمن-مانتیث نشان داد که نیاز آبی محصولات غالب آبخوان شامل مرکبات، گندم، جو، ذرت، کلزا، هندوانه، برنج، حبوبات و یونجه به ترتیب ۹۱۷۰، ۵۶۳۰، ۴۸۲۱، ۷۸۶۳، ۵۴۱۱، ۹۲۹۱، ۲۰۲۳۴، ۵۲۲۵ و ۱۴۰۸۳ مترمکعب بوده است. در مجموع، میزان آب مصرف شده توسط محصولات کشاورزی آبخوان باشت نزدیک به ۴۵ میلیون مترمکعب بوده است که تقریباً معادل یک مترمکعب در هر مترمربع از سطح زیر کشت آبخوان بوده است که این میزان برداشت، ۲/۶۴ برابر آب قابل برنامه‌ریزی پیش‌بینی شده برای کشاورزی (۱۷ میلیون مترمکعب) است.

نتیجه‌گیری

الگوی کشت، تحت تأثیر عامل‌هایی نظیر سازگاری اقلیمی محصولات، پتانسیل‌های منابع آب و خاک، نیازهای منطقه، عرف و علایق مردم منطقه و ارزیابی اقتصادی و درآمد حاصل از تولید خواهد بود. هر نوع تغییر الگوی کشت، باید با لحاظ همه ملاحظات اجتماعی و اقتصادی و زیست‌محیطی صورت گیرد اما با توجه به شرایط موجود منابع آب هر نوع الگوی کشت (حتی با لحاظ بالا بودن درآمد) که سبب بالا رفتن میزان تخلیه نسبت به منابع تغذیه آبخوان شود، برای حیات آینده آبخوان خطر محسوب و موجب شور شدن منابع آب زیرزمینی و نشست آبخوان خواهد شد. کشت گیاهان پرمصرفی مانند ذرت دانه ای، با توجه به شرایط وخیم آبی منطقه باید متوقف شده و سرمایه‌گذاری بیشتری در جهت توسعه کشت محصولاتی مانند کلزا که با وضعیت آب‌وهوایی منطقه سازگاری بهتری دارند صورت پذیرد.

واژه‌های کلیدی: آبخوان، الگوی کشت، کشاورزی، کلزا، نیاز آبی

مقدمه

بیفزاید (Lebaschi, 2018). این امر با توجه به پتانسیل‌ها و نیازهای روزافزون بخش‌های کشاورزی، شرب، صنعت و حفاظت از سایر منابع زیستی بسیار مشکل و حتی ناممکن است. نقش آب در توسعه کشاورزی و رشد اقتصادی غیرقابل‌انکار است. عدم توازن بین عرضه و تقاضای آب در کشور، مدیریت منابع آب را به‌خصوص در بخش کشاورزی، با چالش روبرو ساخته است. یکی از مؤثرترین

خشکسالی و کم‌آبی در ایران، یک واقعیت اقلیمی است و با توجه به روند روزافزون نیاز بخش‌های مختلف به آب، مشکل خشکسالی در سال‌های آینده حادث‌تر نیز خواهد شد. به طوری که بر اساس گزارش مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب، کشور ایران برای حفظ وضع فعلی خود تا سال ۲۰۲۵ باید بتواند ۱۱۲ درصد به منابع آب قابل استحصال خود

چغندر قند و حداقل کردن سطح زیر کشت جو، بیشترین آب مجازی را وارد منطقه کرده است و در این الگو نیز تنها محصول گندم به زیر کشت خواهد رفت.

Mallah et al., (2021) الگوی کشت آبخوان هنام الشتر استان لرستان را با استفاده از پیمایش زمینی و تصاویر ماهواره‌ای تعیین نمودند. همچنین، هیدرومدول آبیاری الگوی کشت هر واحد بر اساس راندمان آبیاری سطحی منطقه تعیین و مورد ارزیابی قرار گرفت. میانگین اطلاعات ۱۵ ساله نشان داد که گیاهان یونجه و جو با حدود ۱۱۰۰۰ و ۳۹۰۰ مترمکعب آب در هکتار، به ترتیب بیشترین و کمترین نیاز آبیاری را در بین گیاهان الگوی کشت دارا بودند. همچنین، متوسط سالانه هیدرومدول آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاهان در این اراضی ۲۶/۱ لیتر بر ثانیه در هکتار تعیین شد.

Zhang et al., (2014) میزان آب مجازی را در پنج محصول برای سه ناحیه شرق، غرب و مرکز استان گانسو در شمال چین را برای دوره نه ساله ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۰ مورد بررسی قرار دادند. آنها با محاسبه آب مجازی هر محصول میزان مطلوبیت الگوی کشت فعلی را در هر منطقه مشخص نمودند. نتایج آنها نشان داد که سطح زیر کشت گندم و سویا باید در همه مناطق کاهش یابد. پنبه و ذرت را می‌توان در نواحی غربی و مرکزی افزایش داد و سیب‌زمینی را می‌توان در تمامی مناطق کشت و تولید کرد. نتایج نشان داد که الگوی کشت فعلی در هیچ‌کدام از مناطق بهینه نیست.

Huang et al., (2020) پتانسیل‌های صرفه‌جویی آب کشاورزی در چین را با تمرکز بر مصرف آب در کشت ذرت ارزیابی نمودند. آنها به این نتیجه رسیدند که روش‌های مدیریت آب در مزرعه مانند بهبود آبیاری و شیوه‌های مدیریت خاک برای کشت ذرت می‌تواند منجر به کاهش قابل توجه مصرف آب شود (۴۶-۲۸ درصد، معادل ۷-۱۴ میلیارد مترمکعب در سال) در حالی که این روش‌ها می‌توانند تولید ذرت را به میزان تقریبی ۷ تا ۱۵ درصد افزایش دهند.

راهکارهای مقابله با بحران آب و افزایش کمی و کیفی تولیدات در بخش کشاورزی، توجه جدی به بهره‌وری آب و ارتقای آن با اعمال روش‌ها و سیاست‌های مناسب است (Abbasi et al., 2004). بهره‌وری آب کشاورزی، یکی از مهم‌ترین موضوعاتی است که در سال‌های اخیر مورد توجه جدی مجامع علمی مرتبط با آبیاری و کشاورزی قرار گرفته است. اختلاف در بهره‌وری آب محصولات مختلف در سطح کشور و همچنین، در مقایسه با سایر کشورها با شرایط اقلیمی مشابه، نشان‌دهنده وجود پتانسیل برای افزایش بهره‌وری آب کشاورزی است. این مهم حتی در بین کشاورزان یک منطقه نیز که مدیریت‌های متفاوتی را اعمال می‌کنند، قابل مشاهده است. شاخص بهره‌وری آب، در چند سال اخیر در برنامه‌ریزی‌های ملی مورد توجه قرار گرفته است. افزایش بهره‌وری، به‌ویژه از دیدگاه تولید به‌زای واحد مصرف آب به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم می‌تواند راهکار مهمی برای بهبود معیشت جوامع محلی باشد (Karimi and Jalini, 2016).

Zamani et al., (2014) بهره‌وری اقتصادی و فیزیکی آب در زیر بخش زراعت آبخوان همدان-بهار را در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ مورد بررسی قرار دادند. آنها از شاخص‌های فیزیکی و مالی بهره‌وری آب شامل شاخص عملکرد به‌زای واحد حجم آب، درآمد به‌زای واحد حجم آب و بازده خالص به‌زای واحد حجم آب برای محاسبه بهره‌وری آب استفاده نمودند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که بهره‌وری آب در شیوه‌های نوین آبیاری به‌طور معنی‌دار بیشتر از روش آبیاری سنتی بوده و بر اساس شاخص، کشت محصول سیر و یونجه به‌ترتیب، بیشترین و کمترین بهره‌وری آب در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهند.

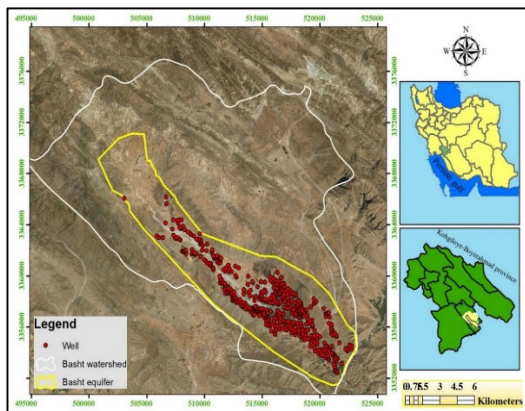
Sadat Hosseini et al., (2015) به تعیین الگوی کشت بهینه محصولات زراعی با تأکید بر بیشینه کردن منافع اجتماعی و واردات خالص آب مجازی در آبخوان همدان پرداختند. نتایج این پژوهش نشان دادند که با توجه به مدل^۱ HSI الگوی بهینه با کمینه کردن سطح زیر کشت محصولات صادراتی یونجه، سیب‌زمینی و

^۱ Hop-Skip-Jump Model

چارچوب مناسبی برای تعدیل و تدوین راهبردهای بلندمدت بخش آب کشاورزی با توجه به کمیابی آب و تجارت آب مجازی فراهم آورد. با توجه به توضیحات فوق‌الذکر، پژوهش حاضر با هدف تعیین میزان بهره‌وری آب برای هر محصول در آبخوان باشت و تعیین میزان کل مصرف آب کشاورزی در آبخوان باشت انجام شده است.

مواد و روش‌ها

محل مورد مطالعه: آبخوان باشت با مساحتی بالغ بر ۴۵ کیلومترمربع، در جنوب استان کهگیلویه و بویراحمد و بین طول‌های جغرافیایی $50^{\circ}57'$ تا $51^{\circ}14'$ شرقی و عرض جغرافیایی $30^{\circ}17'$ تا $30^{\circ}32'$ شمالی واقع شده است (شکل ۱). از نظر هیدروژئولوژی، آبخوان آبرفتی این محدوده از نوع آزاد است. لیتولوژی غالب آبرفت از جنس کنگلومرا، ماسه‌سنگ، آهک و مارن‌های متعلق به دوره‌های لیگوسن و میوسن بوده و عمدتاً دانه متوسط تا دانه‌ریز و در حد رس، سیلت و ماسه همراه با شن و ریگ است. ضخامت متوسط آبخوان ۶۷ متر است. وضعیت متغیرهای اقلیمی در آبخوان باشت بر اساس اطلاعات ایستگاه تبخیرسنجی تنگ بریم به شرح جدول ۱ است.



شکل ۱- نمایی از موقعیت جغرافیایی آبخوان و پراکنش چاه‌های کشاورزی در آبخوان باشت

Fig. 1. A view of the geographical location of the aquifer and distribution of agricultural wells in Basht Plain

جمع‌بندی پژوهش‌های صورت گرفته نشان داده است که کشاورزی بدون در نظر گرفتن میزان بهره‌وری محصول و بهره‌وری آب موجب راندمان پایین محصول و بهره‌وری کم آب می‌شود که علاوه بر مصرف حجم بالای آب در کشاورزی، از نظر اقتصادی نیز توجیه‌پذیر نیست. بر این اساس، باید تدابیری اندیشد تا ضمن بهبود روش‌های آبیاری (روش‌های نوین آبیاری)، عملکرد محصول را با انتخاب الگوی کشت مناسب بهبود بخشید. تحقیقات صورت گرفته ضمن تعیین میزان آب مجازی محصولات مختلف با توجه به موجودیت و ارزش آب در هر منطقه، بر واردات محصولات آبربر و کشت محصولات با نیاز آبی کمتر ولی با ارزش اقتصادی بالاتر تأکید نمودند. آبخوان باشت، از توابع استان کهگیلویه و بویراحمد از نظر اقلیمی دارای آب‌وهوای گرم و خشک است که با توجه به کم‌آبی منطقه و خشکسالی‌های اخیر، صرفه‌جویی در میزان آب مصرفی کشاورزی دارای اهمیت زیادی است.

از سویی، حجم زیادی از منابع آبی زیرزمینی در منطقه به کشت و زرع محصولات کشاورزی و زراعی اختصاص یافته است. بخش زیادی از حوزه آبخیز باشت را کوهستان‌هایی تشکیل داده است که دارای کاربری غالب جنگل بلوط است. شیب زیاد این حوزه آبخیز سبب جاری شدن رواناب‌های سطحی و زیرسطحی به سمت آبخوان شده است. از طرفی، کشت‌های مختلف آبربر با عملکرد پایین و گاهی غیراقتصادی در آبخوان و بهره‌بردارهای مجاز و غیرمجاز (حفر ۵۲۳ چاه بهره‌بردار) سبب افت تراز آب در این آبخوان شده است.

خشکیدگی درختان بلوط در سال‌های اخیر و طغیان آفات برگ‌خوار بلوط یکی از عوامل برداشت بیش از حد از منابع آبی حوزه آبخیز باشت است که با تداوم روند از برداشت و کشاورزی با زراعت‌های آبربر و غیراقتصادی احتمال نشست آبخوان در آینده را محتمل نموده است. بنابراین، تعیین میزان بهره‌وری آب برای هر کدام از محصولات کشاورزی و الگوی کشت فعلی منطقه می‌تواند،

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی در ایستگاه تنگ بریم

Table 1. Meteorological information at Tang Brim station

Mean annual relative humidity (%)	Mean annual temperature (°C)	Mean annual precipitation (mm)	Mean annual evaporation (mm)
58.94	21.54	659.96	2061.87

مدل شامل داده‌های هواشناسی و داده‌های مربوط به نوع محصول است. جهت محاسبه تبخیر-تعرق گیاه مرجع در این مدل از رابطه پنمن-مانتیت استفاده شده است. برای تخمین مقدار تبخیر-تعرق بالقوه گیاه مرجع، اجزای معادله فوق باید مشخص باشند. برای محاسبه نیاز آب^۳ و نیاز آبیاری محصول (IWR) مدل به داده‌های اقلیمی، محصول و داده‌های خاک نیاز دارد. بنابراین، ۱- تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_o) که مقدار آن به‌وسیله معادله فائو پنمن-مانتیت محاسبه می‌شود که بر اساس داده‌های اقلیمی بیشینه و کمینه درجه حرارت هوا، رطوبت نسبی، مدت تابش و سرعت باد است (Allan et al., 1998)، ۲- داده‌های بارش و ۳- الگوی کاشت متشکل از تاریخ کاشت، داده‌های ضریب محصول و مساحت کشت شده (۱۰۰-۰ درصد از کل مساحت) است.

بارندگی مؤثر، یک قسمت از کل بارندگی است که برای تولید محصول مناسب است. در این پژوهش، مدل کراپ وات مقدار بارندگی مؤثر را بر اساس روش وزارت کشاورزی ایالات متحده موسوم به وزارت کشاورزی ایالات متحده^۴ محاسبه می‌کند.

جهت محاسبه تبخیر و تعرق گیاهان زراعی و باغی نیاز به اطلاعات هواشناسی، تقویم کشت، ضرایب گیاهی (Kc) و بارندگی مؤثر است. مراجع اطلاعات مورد استفاده به شرح ذیل است:

۱- هواشناسی: ایستگاه هواشناسی تنگ بریم

آمار و اطلاعات هواشناسی تبخیر-تعرق گیاهان زراعی و باغی آبخوان باشت با استفاده داده‌های ایستگاه باران‌سنجی آبخوان باشت برای دوره آماری که نزدیک‌ترین ایستگاه به منطقه است، محاسبه شده است.

محاسبه نیاز آبی: کراپ وات^۱، یک سامانه پشتیبان است که به‌وسیله بخش توسعه آب و زمین سازمان فائو برای برنامه‌ریزی و مدیریت آبیاری ایجاد شده است. کراپ وات، یک ابزار کاربردی مشترک است که به کمک آن هواشناسان و متخصصان کشاورزی و مهندسان آبیاری، محاسبات استاندارد تبخیر و تعرق مرجع، نیاز آبی و آبیاری محصولات را تخمین می‌زنند. روشی که در حال حاضر برای محاسبه نیاز آبی محصولات و آبیاری مورد نیاز استفاده می‌شود، بر اساس روش پنمن-مونتیت استوار است که طی سال‌های اخیر از طرف عده زیادی از متخصصان علوم کشاورزی، هواشناسی و آبیاری مورد استفاده قرار گرفته است (Allan et al., 1998).

آب مورد نیاز گیاه، عبارت است از آبی که به‌منظور رفع نیاز واقعی گیاه از طریق سامانه آبیاری در اختیار گیاه قرار داده می‌شود. نیاز آبیاری برای هر گیاه در طول فصل رشد متغیر بوده و بحرانی‌ترین زمان از نظر آبیاری زمانی است که تبخیر-تعرق گیاه بیشترین مقدار خود را دارد. به همین دلیل، روش‌های آبیاری بر اساس حداکثر نیاز آبیاری در زمان حداکثر تبخیر-تعرق گیاه انجام می‌گیرد زیرا که در صورت تأمین آب مورد نیاز گیاه توسط سامانه در این زمان، در سایر مواقع سال نیز سامانه قادر خواهد بود آب لازم را در اختیار گیاه قرار دهد. برای تعیین آب مورد نیاز در هر زمان از فصل رشد بایستی میزان تبخیر و تعرق گیاه و میزان بارندگی مؤثر در آن زمان تعیین شود و نیاز آبیاری تفاضل این دو مقدار است.

کراپ وات، مدلی رایج‌ای است که نیاز آبی گیاه و نیازمندی‌های مربوط به آبیاری را بر مبنای دستورالعمل‌های FAO^۲ به دست می‌آورد. ورودی این

⁴ U.S. Department of griculture (USDA)

¹ Cropwat

² Food and Agriculture Organization

³ Crop Wild Relatives (CWR)

نیاز خالص بر راندمان کاربرد آب محاسبه می‌شود. بر اساس توصیه معاونت آب‌و خاک سازمان جهاد کشاورزی استان و اعداد و ارقام ثبت شده راندمان کاربرد در سامانه قطره‌ای (محصولات باغی) ۸۰ درصد و در سامانه بارانی (محصولات زراعی) ۷۰ درصد در نظر گرفته شده است.

آب قابل برنامه‌ریزی آبخوان: با توجه به اینکه تعیین هر نوع الگوی کشت باید بر اساس میزان آب قابل برنامه‌ریزی و یا آب قابل تخصیص باشد، به همین علت، تعیین میزان آب قابل برنامه‌ریزی در آبخوان باشت ضرورت می‌یابد. در این پژوهش، بر اساس آمار و اطلاعات منابع آب زیرزمینی (شرکت آب منطقه‌ای استان کهگیلویه و بویراحمد)، اطلاعات بیلان آبی آبخوان و آبدهی اعلام شده در پروانه‌های چاه‌های بهره‌برداری میزان آب قابل برنامه‌ریزی محاسبه شد.

بررسی اطلاعات کشاورزی آبخوان باشت: اطلاعات کشاورزی آبخوان باشت از جمله تاریخ کشت و برداشت، اوج سبزی‌نگی، میزان عملکرد، سود و هزینه، تعداد دفعات آبیاری و آب مصرفی از طریق مصاحبه و تکمیل پرسش‌نامه توسط کشاورزان و کارشناسان مراکز جهاد کشاورزی حاصل شد.

۲-تقویم کشت: اخذ اطلاعات از کشاورزان منطقه به وسیله مصاحبه و تکمیل پرسش‌نامه

۳-ضرایب گیاهی (Kc) و محاسبات بارندگی مؤثر (Vaziri et al., 2018)، استانداردهای ارائه شده توسط فائو (Allan et al., 1998) و شرایط محلی رشد هر محصول

پس از محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع، با ضرب کردن ضرایب گیاهی روزانه در تبخیر-تعرق روزانه گیاه مرجع، تبخیر-تعرق گیاه موردنظر محاسبه شد.

ضرایب گیاهی، در مراحل مختلف رشد از جداول فائو استخراج و سپس، با استفاده از شکل‌ها و روابطی که برای اصلاح ضرایب گیاهی بر اساس بافت خاک، دور آبیاری، میزان تبخیر-تعرق گیاه مرجع، متوسط حداقل رطوبت و سرعت باد ارائه شده اصلاح شد (Vaziri et al., 2018).

آب مصرفی محصولات زراعی: آب مصرفی گیاه از تفاضل بارندگی مؤثر و آب موردنیاز گیاه (تبخیر-تعرق گیاه) محاسبه می‌شود. با این روش، آب خالص موردنیاز هر محصول منطقه محاسبه شده است.

نیاز ناخالص آبیاری: نیاز ناخالص، مقدار آبی است که باید در مبدأ به سامانه وارد کرد تا آب به مقدار کافی در اختیار گیاه قرار بگیرد. نیاز ناخالص در واقع مجموع نیاز خالص و تلفات آبیاری است. نیاز ناخالص از تقسیم

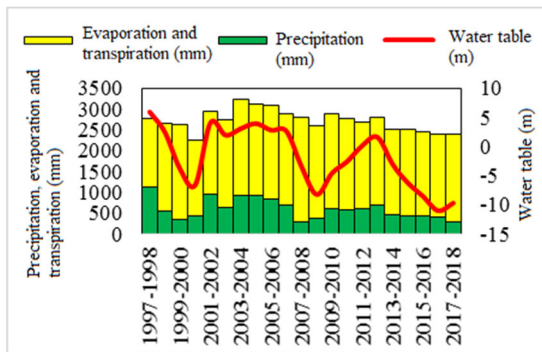
جدول ۲- اطلاعات آبیاری برای محصولات زراعی و باغی غالب آبخوان (بر اساس اطلاعات کارشناسان مرکز خدمات کشاورزی شهرستان باشت)

Table 2. Irrigation for dominant agricultural and horticultural products of the aquifer

Name of the product	Date of the first irrigation	Date of stoppage of irrigation	Number of irrigations	Amount of water used per turn (m ³ ha ⁻¹)
Irrigated wheat	7 days after cultivation	20 days before harvesting	6	1100
Irrigated barley	5 days after cultivation	20 days before harvesting	5	1000
Rice	Immediately after cultivation	15 days before harvesting	Permanent	-
Corn	7 days after cultivation	30 days before harvesting	12	650
Irrigated beans	10 days after cultivation	15 days before harvesting	14	575
Citrus	Immediately after cultivation	3-5 days before harvesting	40	295
Olive	Immediately after cultivation	3-5 days before harvesting	32	187.5

منبع: بررسی‌های میدانی

شهریور بوده است. تغییرات میانگین تراز سطح ایستابی در سال و ماه‌های مختلف در شکل ۳، ارائه شده است.



شکل ۲- تغییرات میانگین بارندگی، تبخیر و تعرق و تغییرات تراز ایستابی آبخوان باشت (منبع: اطلاعات شرکت آب منطقه‌ای استان کهگیلویه و بویراحمد)

Fig. 3. Changes in the average rainfall, evapotranspiration and changes in the hydrostatic level of Basht aquifer

به‌منظور تعیین میزان تخلیه آبخوان از هیدروگراف سالانه چاه‌های مشاهده‌ای و میزان تخلیه در دوره‌های آماربرداری صورت گرفته توسط شرکت آب منطقه‌ای در سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۹۶ و همچنین، آمار حفاظت و بهره‌برداری شرکت آب منطقه‌ای استفاده شد. نمودار تخلیه سالانه چاه‌ها در آبخوان باشت در ماه‌های مختلف نشان داده است که میزان تخلیه در ماه‌های فصل‌های تابستان و پاییز که محصولات آب‌بر برنج و ذرت کشت غالب آبخوان هستند و در ماه‌های فصل زمستان، حداقل تخلیه صورت گرفته است.

شرایط آبخوان به گونه‌ای است (طول زیاد و عرض کم آبخوان و تفاوت شیب فاحش در ابتدا و انتهای آبخوان) که تغییرات سطح آب زیرزمینی در طی ماه‌های مختلف هر سال بسیار زیاد (حدود چندین متر) است و این تفاوت سطح آب باعث نوسانات زیاد در هیدروگراف شده است. به‌طور کلی، کمترین تراز ایستابی به میزان ۷۸۳ متر در شهریورماه ۱۳۹۷ اتفاق افتاده است.

بررسی بیلان آب حوزه آبخیز باشت: بر اساس آمار چاه‌های بهره‌برداری شرکت آب منطقه‌ای، تعداد کل چاه‌های بهره‌برداری در محدوده آبخوان باشت (چاه‌های دارای آبدهی، فاقد آبدهی، متروکه و چاه‌های دارای پروانه

بررسی تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان باشت: به‌منظور بررسی آخرین تغییرات سطح ایستابی آبخوان باشت از تراز سطح ایستابی چاه‌های مشاهده‌ای استفاده شده است.

تخلیه و برداشت: به‌منظور تعیین میزان تخلیه آب زیرزمینی از آبخوان باشت از آخرین آمار و اطلاعات داده‌های آماربرداری شرکت آب منطقه‌ای استان به همراه نتایج اطلاعات پرونده‌های چاه‌های بهره‌برداری موجود در آبخوان باشت استفاده شده است. میزان تخلیه از هر چاه بر اساس میزان آبدهی خروجی هر چاه و ساعت کارکرد هر چاه و سطح زیر کشت محاسبه شده است. میزان مصرف حوضه با توجه به منابع موجود در آبرفت و سازند سخت، میزان متوسط دبی، ساعت کارکرد برآورد و میزان تخلیه محاسبه شده است.

نتایج و بحث

منابع آبی آبخوان باشت: وسعت آبخوان آبرفتی باشت ۴۵/۵ کیلومترمربع به طول متوسط حدود ۲۵ و عرض ۵ کیلومتر است، امتداد آن شمال غربی-جنوب شرقی بوده و در حدفاصل دو تاق‌دیس بزرگ رازی در شمال شرقی و خامی در جنوب غربی واقع شده است. در آبخوان باشت، تعداد ۱۲ حلقه چاه مشاهده‌ای حفر شده که با توجه به وسعت سفره آبخوان تراکم آنها ۶/۶ حلقه در هر ۲۵ کیلومترمربع محاسبه شده است. حداقل عمق سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای ۰/۷ متر و حداکثر ۴۰/۲ متر محاسبه شده است (Regional Water of Kohgiluyeh and Boyerahmad, 2016).

هیدروگراف معرف یک‌ساله آبخوان باشت، از طریق اطلاعات سطح ایستابی چاه‌های آبخوان باشت برای در دوره آماری ۷۶ تا ۹۷ محاسبه شده است (شکل ۲). از نتایج حاصل از هیدروگراف آبخوان باشت می‌توان نتیجه گرفت که افزایش سطح آب زیرزمینی غالباً از مهر تا اواخر فروردین ماه است و از اواخر فروردین روند نزولی سطح آب زیرزمینی آغاز و تا اواخر شهریور ادامه دارد. همچنین، بررسی‌ها نشان می‌دهد که بیشترین تراز سطح آب مربوط به ماه فروردین بوده و کمترین تراز سطح آب مربوط به

۲/۰۸۱ میلیون مترمکعب از قنوت و ۱/۲۳۰ میلیون مترمکعب از چشمه‌های محدوده تأمین می‌شود. تعداد منابع آب زیرزمینی، میزان تخلیه و سطح زیر کشت آبخوان آبرفتی در جدول ۳، ارائه شده است.

بهره‌برداری دفتر حفاظت) ۵۲۳ حلقه است (Regional Water of Kohgiluyeh and Boyerahmad, 2016).

بر اساس اطلاعات به دست آمده از شرکت آب منطقه‌ای، حجم کل تخلیه و برداشت از منابع آب زیرزمینی در سطح محدوده ۳۹/۷۲۳ میلیون مترمکعب است که از این مقدار ۳۶/۴۱۲ میلیون مترمکعب از چاه‌ها،

جدول ۳- خلاصه اطلاعات چاه‌های آماربرداری شرکت آب منطقه‌ای در سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۹۶ و حفاظت و بهره‌برداری

Table 3. Summary of the information of statistic wells of Regional Water Organization in 2007 and 2017

Basht aquifer	Number of wells	Discharge (MCM)	Cultivated area (ha)
Statistics of the study unit (2017-2019)	523	13	1643
Statistics of the study unit (2006-2007)	468	35	1990
Conservation and conservation of water resources	524	40	2664

منبع: شرکت آب منطقه‌ای استان کهگیلویه و بویراحمد، ۱۳۹۶

۲۰/۳۷۷ میلیون مترمکعب آبخوان را تغذیه می‌نماید. این میزان با توجه به نقشه هم‌تراز و بر اساس اطلاعات ضریب قابلیت انتقال مربوط به دو حلقه چاه اکتشافی مقدار جریان ورودی به آبخوان و خروجی از آن محاسبه شده است (جدول ۴).

با استفاده از نتایج بیلان هیدروکلیماتولوژی ارائه شده توسط شرکت آب منطقه‌ای مربوط به سال ۱۳۹۴، مقدار نفوذ در سطح آبخوان آبرفتی باشت به مساحت ۴۵/۵۲۱ کیلومترمربع، ۷/۹۰۵ میلیون مترمکعب محاسبه شده است. با پیوستن جریان‌ات خروجی شامل جریان‌ات انتقالی از طریق جبهه‌های مختلف ارتفاعات به آبخوان، مجموعاً

جدول ۴- میزان تغذیه به آبخوان باشت

Table 4. The amount of recharge to Basht aquifer

The aquifer area (km ²)	Underground inflow	Infiltration from precipitation	Infiltration from agricultural water (return water)	Sum of inputs
45.5	2.37	7.9	8.1	36.7

منبع: شرکت آب منطقه‌ای استان کهگیلویه و بویراحمد (آماربرداری سراسری منابع آب سال ۱۳۹۶)

جدول ۵- میزان آب قابل برنامه‌ریزی بر اساس نتایج آمار و

اطلاعات منابع آبی (میلیون مترمکعب)

Table 5. Programmable water according to the results of water resources data (MCM)

Notified	Consumed	Difference
17	34	-17

منبع: شرکت آب منطقه‌ای استان کهگیلویه و بویراحمد، ۱۳۹۶

آب قابل برنامه‌ریزی: میزان آب قابل برنامه‌ریزی بر اساس اطلاعات چاه‌های بهره‌برداری شرکت آب منطقه‌ای محاسبه شده است. این مقادیر بر اساس اطلاعات بیلان و منابع آبی موجود آبخوان در پروانه مجاز بهره‌برداری هر چاه قید شده است. به‌طور کلی، بر اساس اطلاعات چاه‌های بهره‌برداری از آبخوان باشت مقادیر آب قابل برنامه‌ریزی فعلی به‌صورت جدول ۵، است.

شامل مرکبات، گندم، جو، ذرت، کلزا، هندوانه، برنج، حبوبات و یونجه به ترتیب ۹۱۷۰، ۵۶۳۰، ۴۸۲۱، ۷۸۶۳، ۵۴۱۱، ۹۲۹۱، ۲۰۲۳۴، ۵۲۲۵ و ۱۴۰۸۳ مترمکعب بوده است. به منظور تعیین میزان آبدهی در هر هکتار الگوی کشت فعلی آبخوان باشت هیدرمدول هر کدام از محصولات تعیین شد (جدول ۶). همان‌طور که از این جدول مشخص است متوسط آبدهی موردنیاز بر حسب لیتر در ثانیه برای هر هکتار از الگوی کشت به ترتیب برای محصولات غالب آبخوان شامل مرکبات، گندم، جو، ذرت، کلزا، هندوانه، برنج، حبوبات و یونجه به ترتیب ۰/۱۸، ۰/۱۵، ۰/۲۴، ۰/۱۷، ۰/۲۹، ۰/۶۳، ۰/۱۶ و ۰/۴۴ لیتر در ثانیه در هکتار است که بیشترین میزان به برنج و کمترین آن به جو اختصاص دارد (جدول ۶).

تعیین نیاز آبی و میزان آب مصرفی در محصولات کشت شده در آبخوان باشت: همان‌طور که بیان شد، به منظور تعیین نیاز آبی محصولات زراعی و باغی در آبخوان باشت با استفاده از دستورالعمل تعیین نیاز آبی (فائو) و همچنین ضرایب رشد گیاهی دستورالعمل محاسبه آب موردنیاز گیاهان استخراج و سپس با استفاده از اشکال و روابطی که برای اصلاح ضرایب گیاهی بر اساس بافت خاک، دور آبیاری، میزان تبخیر-تعرق گیاه مرجع، متوسط حداقل رطوبت و سرعت باد ضرایب گیاهی اصلاح شد که بر اساس پارامترهای هواشناسی آبخوان باشت با استفاده از نرم‌افزار کراپ وات نیاز آبی خالص، ناخالص محصولات غالب کشاورزی آبخوان باشت تعیین شد که نتایج آن در جدول ۶، ارائه شده است. بر اساس محاسبات نیاز آبی به دست آمده در جدول ۳، نیاز آبی در آبخوان باشت برای محصولات غالب آبخوان

جدول ۶- مقدار نیاز ناخالص کلیه محصولات زراعی کشت شده در آبخوان باشت بر اساس محاسبات پنمن-مانتیث

Table 6. Gross water requirement of the crops cultivated in Basht Plain based on Penman Monteith calculations

Type of product	Evapotranspiration (mm)	Effective precipitation (mm)	Irrigation requirement (mm)	Gross water requirement (mm)
Wheat	603.90	283.80	450.30	563.00
Barley	538.40	283.8	385.60	482.125
Citrus	1123.8	337.10	917.40	1147.0
Corn	628.90	0.800	628.70	786.25
Sesame	503.10	0.0000	503.10	629.00
Canola	615.70	334.10	393.40	561.90
Vegetables	581.40	10.600	572.00	1040.0
Tomato	921.10	10.600	911.80	1139.75
Watermelon	752.70	10.600	743.40	929.125
Beans	418.00	0.0000	418.00	522.50
Olive	828.70	192.50	699.80	874.90
Rice	1093.9	0.3000	1524.3	2032.4
Lentils	443.00	308.00	250.00	312.00
Alfalfa	1328.5	337.10	1131.5	1414.5

در آبخوان باشت را به ترتیب برنج، یونجه، مرکبات، گوجه، سبزیجات، هندوانه، زیتون، ذرت، کنجد، گندم، کلزا، لوبیا، جو و عدس داشته است (جدول ۷). میزان بارش مؤثر که

بر اساس مقادیر به دست از روش فائو پنمن-مانتیث، می‌توان نتیجه گرفت که بیشترین تا کمترین نیاز ناخالص آبی (میزان نیاز خالص آبیاری تقسیم بر راندمان آبیاری)

نزدیک به صفر است. کلزا، مرکبات و غلات از آب سبز در مواقع بارندگی بیشترین استفاده را می‌نمایند.

بخشی از آب موردنیاز گیاه را به‌وسیله رطوبت خاک (آب سبز) تأمین می‌نماید، برای محصولاتی مانند لوبیا، کنجد معادل صفر و برای محصولات آب بر مثل برنج و ذرت

جدول ۷- مقادیر نیاز آبی در ماه‌های مختلف (میلی‌متر در هکتار در ماه‌های مختلف)

Table 7. Amounts of water requirement in different months (mmha^{-1})

Product	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Sum
Citrus		28.9	50.8	124.4	150	157	150.6	123.1	92.6	37.5	0	2.4	917.3
Wheat		87.8	137.8	247	90.5								563
Barley		85.6	134.6	218.9	43								482.1
Corn						100.1	267.4	272.3	143.6	2.9			786.3
Canola	20.7	146.9	202.7	191.7									541.1
Watermelon			35.6	184.4	273.4	287	148.8						929.1
Rice				460.1	583.6	357.3	352.3	272.1	6.9				2032.4
Beans						44.9	172.6	197.3	107.8				522.5
Alfalfa		55.4	105.6	216.9	261.5	273.8	260.8	150.1	65.3	19			1408.3

محصولات کشاورزی که با مصاحبه و تکمیل پرسش‌نامه با کارشناسان و کشاورزان آبخوان باشت به دست آمده، میزان بهره‌وری و همچنین، حجم آب مصرفی در آبخوان باشت محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۸، ارائه شده است.

بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی محصولات کشاورزی غالب آبخوان باشت: بر اساس مقادیر سطح زیر کشت استخراج شده، مقادیر نیاز آبی خالص و ناخالص محاسبه شده از روش فائو پنمن-مانتیث، همچنین مقادیر عملکرد و هزینه‌ها و درآمدهای

جدول ۸- نتایج ارزش اقتصادی، بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی محصولات کشاورزی غالب آبخوان باشت

Table 8. Results of economic value, physical and economic productivity of dominant agricultural products in Basht Aquifer

Name of product	Cultivated area (ha)	Yield (kgha^{-1})	Gross requirement (m^3ha^{-1})	Consumed water volume (MCM)	Water productivity (kgm^{-3})
Wheat	1500	3500	5630	8.4	0.62
Barley	300	3000	4821	1.4	0.62
Canola	20	2000	5411	0.1	0.37
Corn	500	6000	7863	3.9	0.76
Beans	300	2000	5225	1.6	0.38
Watermelon	690	50000	9291	6.4	5.38
Citrus	670	10000	9170	6.1	1.09
Rice	800	10000	20234	16.2	0.49
Alfalfa	50	22000	14083	0.7	1.56

است. نتایج محاسبات میزان آب مصرفی الگوی کشت فعلی آبخوان باشت نیز نشان داد که کل حجم آب مصرفی کشاورزی در آبخوان سالانه به میزان ۴۵ میلیون مترمکعب است که در این بین برنج ۳۶ درصد از کل

بررسی نتایج نیاز آبی و آب مصرفی آبخوان باشت: بر اساس محاسبات نیاز آبی به روش فائو پنمن-مانتیث، بیشترین نیاز آبی را برنج به میزان ۲۰۰۰۰ مترمکعب و کمترین نیاز آبی را جو به میزان ۴۵۰۰ مترمکعب داشته

می‌شود که با توجه به راندمان شبکه آبیاری این میزان تا حدود ۵۶۰۰ مترمکعب در هر هکتار می‌رسد.

آبخوان باشت، در اردیبهشت و خرداد زیر کشت هندوانه، خربزه، گوجه و سبزیجات قرار می‌گیرد که تقریباً بارندگی‌ها قطع و حجم غالب آب موردنیاز توسط آب برداشتی از چاه‌ها تأمین می‌شود. بعد از برداشت هندوانه، پس‌چر مزارع معمولاً سوزانده می‌شود و بلافاصله شروع به کشت خزانه شلتوک و یونجه می‌شود. در مرحله بعد، یعنی در اواخر خرداد و اوایل تیر شروع به کشت برنج‌کاری می‌شود که با توجه به شیوه آبیاری غرقابی و بالا بودن دما و نبود بارندگی فشار زیادی به منابع آب زیرزمینی آبخوان وارد می‌شود. یکی دو ماه بعد از کشت برنج مابقی اراضی به زیر کشت ذرت و یونجه و به لیمو می‌رود و بدین ترتیب، آبخوان در تمام فصول سال زیر کشت و در حال برداشت و تخلیه منابع آبی است.

هر نوع تغییر الگوی کشت باید با لحاظ همه ملاحظات اجتماعی و اقتصادی و زیست‌محیطی صورت گیرد. اما با توجه به شرایط موجود منابع آب هر نوع الگوی کشت (حتی با لحاظ بالا بودن درآمد) که سبب بالارفتن میزان تخلیه نسبت به منابع تغذیه آبخوان شود، برای حیات آینده خطر محسوب خواهد شد و موجب شور شدن منابع آب زیرزمینی و نشست آبخوان خواهد شد.

روش‌های مورد استفاده در دنیا برای افزایش بهره‌وری آب شامل روش‌های استحصال آب، آبیاری تکمیلی، کم آبیاری، فن‌های آبیاری دقیق و شیوه‌های حفاظت از آب و خاک است که با توجه به پایین بودن میزان بهره‌وری آب و ناچیز بودن میزان عملکرد محصولات کشاورزی باید از این روش‌ها به‌منظور ارتقا بهره‌وری آب بهره‌جست. نتایج مشابهی نیز توسط Huang et al., (2020) به دست آمده است. آنها به این نتیجه رسیدند که شیوه‌های مدیریت آب در مزرعه مانند بهبود روش‌های آبیاری و شیوه‌های مدیریت خاک برای کشت ذرت منجر به کاهش قابل توجه مصرف آب (۲۸-۴۶) درصد و افزایش عملکرد ذرت (۷ تا ۱۵) درصد شده است.

همان‌طور که در بخش بیلان آب اشاره شد، میزان کل منابع آبی که سبب تغذیه آبخوان می‌شود، حدود ۳۶

مصارف آب آبخوان باشت را تشکیل می‌دهد. مقایسه میزان بهره‌وری فیزیکی محصولات مختلف نیز حاکی از این است که میزان بهره‌وری آب (نسبت عملکرد محصول به میزان آب مصرفی) در غالب محصولات آبخوان کمتر از یک است.

بهره‌وری فیزیکی برای محصولات هندوانه، گوجه و مرکبات، یونجه بیشتر از یک است که همگی جزء محصولات آب‌بر هستند ولی به‌دلیل بالا بودن میزان عملکرد به‌ازای سطح، بهره‌وری آنها بیشتر از یک شده است. نتایج مقادیر بهره‌وری آب محصولات کشاورزی در نقاط مختلف جهان نشان داد که میزان بهره‌وری آب کمتر از یک است که در این خصوص، (Liu et al., 2022) به نتایج مشابهی رسیدند و کاهش کشت گندم و افزایش کشت جو و کلزا را در افزایش بهره‌وری گزارش دادند. کشت‌های با مصرف آب بالا و بازده اقتصادی پایین مانند یونجه بایستی از الگوی کشت حذف شوند. این کار هم باعث کاهش مصرف و استحصال آب شده و هم متضمن منافع اقتصادی بالا برای کشاورزان و بهره‌برداران کشاورزی است که در این رابطه Karimi and Jalini (2016) به نتایج مشابهی دست یافتند.

نتایج میزان آب مصرفی در آبخوان نشان داده است که حجم آب موردنیاز برای شرایط فعلی آبخوان به میزان ۴۵ میلیون مترمکعب است که بیش از دو برابر میزان آب قابل‌برنامه‌ریزی آبخوان است. مقایسه میزان برداشت (تخلیه از منابع آب) و مصارف آبخوان باشت گزارش شده بر اساس اطلاعات آماربرداری دوره‌ای شرکت آب منطقه‌ای نیز حاکی از تخلیه سالانه ۳۵ میلیون مترمکعب بوده است.

در الگوی کشت فعلی آبخوان باشت معمولاً در مرحله اول در آذر ماه تا اواخر فروردین زیر کشت گندم، جو و کلزا است که بخشی از آب موردنیاز آنها توسط بارندگی‌های پاییزه و بهاره و بخشی نیز به‌وسیله آبیاری بارانی تأمین می‌شود. به طوری که کل تبخیر و تعرق گندم ۶۰۰۰ مترمکعب در هر هکتار است که از این میزان حدود ۲۸۰۰ مترمکعب توسط آب بارندگی (آب سبز) و حدود ۴۵۰۰ مترمکعب در هکتار نیز توسط آب چاه تأمین

می‌شود. در محدوده طرح نیاز آبی ذرت، یونجه، خیار و گوجه‌فرنگی با باغات مرکبات در زمان پرمصرف هم‌زمان بوده و کشت یکی از آنها کشت دیگری را با محدودیت آبی مواجه می‌نماید. درحالی‌که کشت گندم، جو، کلزا، هم‌زمانی بسیار اندکی با زمان آبیاری مرکبات دارند. لذا، انتخاب ترکیبی از مرکبات و گندم، جو، کلزا موجب بهینه نمودن الگوی کشت خواهد شد.

نتایج نشان داده است که حجم آب موردنیاز برای شرایط فعلی آبخوان به میزان ۴۵ میلیون مترمکعب است که تقریباً معادل سه برابر میزان آب قابل‌برنامه‌ریزی آبخوان (۱۶ میلیون مترمکعب) است.

هر نوع تغییر الگوی کشت باید با لحاظ همه ملاحظات اجتماعی و اقتصادی و زیست‌محیطی صورت گیرد اما با توجه به شرایط موجود منابع آب هر نوع الگوی کشت (حتی با لحاظ بالا بودن درآمد) که موجب بالا رفتن میزان تخلیه نسبت به منابع تغذیه آبخوان شود، برای حیات آینده آبخوان خطر محسوب و سبب شور شدن منابع آب زیرزمینی و نشست آبخوان خواهد شد.

کشت گیاهان پرمصرفی مانند ذرت دانه‌ای، با توجه به شرایط وخیم آبی منطقه باید متوقف‌شده و سرمایه‌گذاری بیشتری در جهت توسعه کشت محصولاتمانند کلزا که با وضعیت آب‌وهوایی منطقه سازگاری بهتری دارند صورت پذیرد.

پیشنهادها

- استفاده از روش‌های استحصال آب باران و رواناب جهت استفاده بهینه از منابع آب باران و رواناب (سامانه‌های سطوح آبگیر)

عدم کشت هم‌زمان برنج، ذرت و یونجه که سبب فشار زیادی به منابع آبی آبخوان در فصل گرم سال می‌شود.

- جایگزینی ارقام دیم مقاوم به خشکی و تنش‌های محیطی با عملکرد بالا با ارقام فعلی.

میلیون مترمکعب است که ۲۰ میلیون مترمکعب در اثر جریانات زیرزمینی ورودی از ارتفاعات است و حدود هشت میلیون مترمکعب تغذیه در اثر بارندگی و نفوذ و هشت میلیون مترمکعب نیز آب برگشتی کشاورزی است که بر اساس گزارشات شرکت آب منطقه‌ای حدود ۳۵ میلیون مترمکعب در اثر چاه‌ها تخلیه و ۱۰ میلیون مترمکعب نیز توسط زهکش‌های سطحی و زیرزمینی تخلیه که بدون در نظر گرفتن سایر عوامل مانند تبخیر و تعرق حدود ۴۵ میلیون مترمکعب از آبخوان تخلیه می‌شود. تقریباً معادل میزان مصارف آبی محاسبه‌شده بر اساس نیاز آبی و سطح زیر کشت آبخوان است با توجه به این آمار و ارقام در شرایط فعلی نزدیک به ۱۰ میلیون مترمکعب از آبخوان اضافه برداشت صورت می‌گیرد. البته این مقدار برای شرایط متوسط آبخوان است، به طوری که در سال‌های اخیر آبخوان با کاهش بارندگی، افزایش دما و افزایش سطح زیر کشت مواجه بوده است و به طبع مقادیر میزان تغذیه آبخوان کاهش پیدا کرده است.

مقادیر آب قابل‌برنامه‌ریزی در نظر گرفته برای آبخوان که بر اساس بیلان آبی و میزان مجاز برداشت از چاه‌های و منابع برداشت از آبخوان در پروانه بهره‌برداری قید شده، کمتر از ۲۰ میلیون مترمکعب است که با لحاظ شرایط فعلی بیش از دو برابر این میزان از آبخوان برداشت می‌شود.

نتیجه‌گیری

الگوی کشت، تحت تأثیر پارامترهایی نظیر سازگاری اقلیمی محصولات، پتانسیل‌های منابع آب و خاک، نیازهای منطقه، عرف و علائق مردم منطقه و ارزیابی اقتصادی و درآمد حاصل از تولید خواهد بود.

به دلیل دمای بالا و افزایش میزان تبخیر و بهره‌گیری از بارندگی‌ها منطقی است که تعدادی از محصولات که بیشتر طول دوره رشد خود را در پاییز و زمستان می‌گذرانند، در ترکیب کشت قرار گیرد. هم‌زمانی نیاز آبی، یکی از پارامترهای مهم دیگر در انتخاب الگو محسوب

بدینوسیله از سازمان جهاد استان و آب منطقه‌ای استان کهگیلویه و بویراحمد که داده‌های مورد نیاز این پژوهش را در اختیار نویسندگان قرار دادند، صمیمانه قدردانی می‌شود.

-اصلاح ارقام کم‌بازده، شیوه‌های مدیریتی مثل اجرای بی خاک‌ورزی، توسعه شیوه‌های نوین آبیاری، اصلاح الگوی کشت
توسعه اقدامات آبخیزداری و آبخوان‌داری در بخش‌های بالادست آبخوان.

تعارض منافع

در این مقاله تضاد منافی وجود ندارد و این مساله مورد تایید همه نویسندگان است.

تشکر و قدردانی

منابع مورد استفاده

- Abbasi, F., Narsi, A., Sohrab, F., Baghani, J., Abbasi, N., Akbari, M., 2014. Improving the efficiency of water consumption. Agricultural Research, Education and Extension organization Organization, 68 pages.
- Al-Karablieh, E.K., Salman, A.Z., Al-Omari, A.S., Wolff, H.P., Al-Assa'd, T.A., Hunaiti, D.A., Subah, A.M., 2012. Estimation of the economic value of irrigation water in Jordan. J Agr. Sci. Tech. B, 2(5B), 487.
- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M., 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements-FAO irrigation and drainage paper 56, FAO, Rome, Italy, 301 pages.
- Baschi, M.H., 2017. Water crisis and the need to develop medicinal plants. Iran. Nat. Mag. (10), 6-9.
- FAO., 1992. CROPWAT: A computer program for irrigation planing and management. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 46, Food and Agriculture Organization, Rome.
- Fatehi Marj, A., 1998. Investigating and determining the effects of flood spreading using the HST-D mathematical model in Garbaigan Fasa Plain (Fars Province). Research Institute of Soil Protection and Watershed Management, GN /408. 125 pages.
- Huang, G., Hoekstra, A.Y., Krol, M.S., Jägermeyr, J., Galindo, A., Yu, C., Wang, R., 2020. Water-saving agriculture can deliver deep water cuts for China. Resour. Conserv. Recycl. 154, 104578.
- Karimi, M., Jalini, M., 2016. Investigating agricultural water productivity indicators in important crops, case study: Mashhad aquifer. J. Water Sustain. Develop. 4(1), 133-138.
- Khorrani vafa, M., Nouri, M., Mandani, F., Veisi, H., 2015. Investigation of virtual water, productivity and ecological footprint of water in wheat and corn fields in Kozran region (Kermanshah City). J. Water Sustain. Develop. 3(2), 19-26.
- Lebaschi, M.H., 2018. Water crisis and the necessity of development of medicinal plant cultivation. Iran Nat. 3(3), 6-9.
- Liu, Q., Niu, J., Wood, J.D., Kang, S., 2022. Spatial optimization of cropping pattern in the upper-middle reaches of the Heihe River basin, Northwest China. Agri. Water Manage. 264, 107479.
- Mallah, S., Ghalibi, S., Emdad, M.R., Panahi, M., 2021. Evaluation of the irrigation hydromodule index in order to reduce the effect of drought stress and optimal water consumption in major plants of Hanam plain cultivation pattern. Agri. Sci. Res. Dry Area. 3(1), 15-24.
- Regional Water Organization of Kohgiluyeh & Boyer-Ahmad Province. 2014. Studies on water resource balance of Hendijan-Jarhari basin.
- Sadat Hosseini, A., Mehrgan, N., Ebrahimi, M., 2015. Determining of optimal pattern crop with emphasis on maximizing social benefits and net virtual water import, case study of Hamedan Bahar aquifer. Agricultural Economics Research, 8(3), 123-144.
- Vaziri, J., Salamat, A., Entisari, M.R., Meschi, M., Heydari, N., Dehghani Sanij, H., 2018. Evaporation-transpiration of plants (instructions for calculating the water required by plants). Publications of Iran's National Irrigation and Drainage Committee, 410 pages.
- Zamani, A., Mortazavi, S.A., Bulbali, H., 2014. Investigating the economic efficiency of water in different crops in the Bahar aquifer. Water Res. Agri. 1(1), 51-62.
- Zhang, C., McBean, E.A., Huang, J., 2014. A virtual water assessment methodology for cropping pattern investigation. Water Resour. Manage. 28(8), 2331-2349.