2024, Vol.10, No.4, Pages 41 to 48
Journal of Water and Sustainable Development

سال دهم، شماره ۴، ۱۴۰۲، صفحات ۴۱ تا ۴۸
نشریه آب و توسعه پایدار

Article Type: Technical paper

نوع مقاله: فنی و ترویجی

Investigating the Water Withdrawal from Surface Resources and the Beneficial Water Consumption in the Agricultural Sector of Khuzestan Province

M. Khorramian[1*], P. Varjavand[2]

1-Research Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Safiabad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Dezful, Iran. 2-Research Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ahwaz, Iran.

*(Corresponding Author Email: m.khoramiyan@areeo.ac.ir)

Received: 28-06-2023 Revised: 23-09-2023
Accepted: 23-09-2023 Available Online: 22-02-2024

بررسی میزان آب برداشتی از منابع سطحی و مصرف مفید آب در بخش کشاورزی استان خوزستان

محمد خرمیان[1*]، پیمان ورجاوند[2]

۱- استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران. ۲- استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: m.khoramiyan@areeo.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۰۷ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۷/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۱ تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۲/۰۳

Abstract

This study was conducted to evaluate the real cropping pattern of Khuzestan province in a normal water year (2018-2019) in terms of water withdrawal management from surface resources. For this purpose, the actual evapotranspiration of the products was calculated from the ratio of the available yield of different products (according to the agricultural statistics of 2018-2019) to the potential yield (the highest yield according to the agricultural statistics) by applying the country's water demand line system based on 10-year meteorological data. The results showed that the total water withdrawal from surface resources for the cultivated area of the crop year 2018-2019 (except greenhouses, livestock, poultry, and some products with a small area) was 18856 MCM, so the actual consumption (net irrigation requirement) was estimated 4310 MCM. Considering the Khuzestan Water Scarcity Adaptation Program, the total demand for agriculture and the environment with a confidence level of 80% in the Karun and Karkheh basins was 36 and 23.8% lower than the river flow, respectively, while it decreased to -72% in the Jarrahi basin, which indicated the failure to achieve the minimum environmental requirement. Since the Karkheh River flow has a more severe fluctuating behavior than that of Karun, this behavior cannot be predicted in the linear analysis of average values, and in droughts, it is less than the mentioned number. Therefore, dynamic planning in the field of cropping pattern change, providing various types of drought insurance, implementing infrastructure for the temporary purchase of water rights by the government, and other support policies are suggested in basins such as Karkheh, which has a highly fluctuating behavior in water supply.

Keywords: Khuzestan, Drought, Catchment Area, Cropping Pattern.

چکیده

این مطالعه با هدف ارزیابی الگوی کشت رایج استان خوزستان در سال آبی نرمال (سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸) از دیدگاه مدیریت برداشت آب از منابع سطحی صورت گرفت. برای این منظور تبخیرتعرق واقعی محصولات از نسبت عملکرد موجود محصولات مختلف (طبق آمارنامه کشاورزی سال ۹۹-۱۳۹۸) به عملکرد پتانسیل (بیشترین عملکرد طبق آمارنامه‌های کشاورزی)، و با به‌کارگیری سامانه برخط نیاز آبی کشور براساس اطلاعات هواشناسی ۱۰ ساله محاسبه شد. نتایج نشان داد که کل برداشت آب از منابع سطحی برای سطح زیرکشت سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ (به استثنای گلخانه‌ها، دام و طیور و برخی محصولات با سطح اندک)، ۱۸۸۵۶ میلیون مترمکعب بوده که مصرف واقعی (نیاز خالص آبیاری) آن ۴۳۱۰ میلیون مترمکعب برآورد شد. درصورتی‌که داده‌های سند ملی خشکسالی مبنا قرار گیرد، مجموع مصرف کشاورزی و محیط زیست با درجه اعتماد ۸۰ درصد در حوضه کارون بزرگ و کرخه به ترتیب ۳۶ و ۲۳/۸ درصد کمتر از آورد رودخانه‌ها بود؛ حال آنکه در حوضه جراحی به ۷۲- درصد کاهش یافت که بیانگر عدم تأمین حداقل نیاز محیط‌زیست است. باید توجه داشت که آورد رودخانه کرخه نسبت به کارون دارای رفتار نوسانی شدیدتر بوده که این رفتار در تحلیل خطی میانگین آوردها قابل پیش‌بینی نیست و در خشکسالی‌ها کمتر از عدد یاد شده است. از این رو برنامه‌ریزی پویا در زمینه تغییر الگوی کشت، ارائه انواع بیمه‌های خشکسالی، اجرای زیرساخت‌های خرید موقت حق‌آبه توسط دولت و دیگر سیاست‌های حمایتی در حوضه‌هایی مانند کرخه که رفتار نوسانی شدید دارد پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: خوزستان، خشکسالی، حوضه آبریز، الگوی کشت.

How to cite this article: Khorramian, M. & Varjavand, P. (2024). Investigating the Water Withdrawal from Surface Resources and the Beneficial Water Consumption in the Agricultural Sector of Khuzestan Province. Journal of Water and Sustainable Development, 10(4), 41-48. doi: http://dx.doi.org/10.22067/jwsd.v10i4.2306-1253

مقدمه

الگوی کشت بیانگر درصد سطح زیر کشت محصولات مختلف یک منطقه در فاصله زمانی مشخص است که در مقیاس کلان یک نظام کشاورزی با مزیت اقتصادی پایدار و مبتنی بر سیاست‌های کلان کشور، دانش بومی کشاورزان و بهره‌گیری بهینه از پتانسیل‌های منطقه‌ای با رعایت اصول اکوفیزیولوژیک تولید محصولات کشاورزی در راستای حفظ محیط زیست را مشخص می‌کند. تناسب الگوی کشت پیشنهادی با ظرفیت کمی و کیفی منابع آب منطقه ضرورتی انکارناپذیر است. علاوه بر این تناسب الگوی کشت با اقلیم، ظرفیت حاصلخیزی خاک و ظرفیت عرضه و تقاضا نیز مهم است. خشکسالی‌های مستمر در بسیاری از مناطق ایران و در نتیجه کاهش و محدودیت منابع آب از یک سو و افزایش تقاضا در بخش‌های صنعت، شرب و محیط زیست از سوی دیگر موجب شده تا رقابت بین بخش‌های مختلف بر سر آب کشاورزی تشدید یافته به نحوی که با کاهش تدریجی آورد رودخانه‌ها، تعداد چاه‌های زیرزمینی افزایش و سطح آب‌های زیرزمینی کاهش یافته است. علیرغم ضرورت انکارناپذیر تغییر الگوی کشت، در عمل پیاده کردن آن ساده نیست و امکان بروز پیامدهایی از قبیل افزایش و یا کاهش درآمد کشاورزان، افزایش یا کاهش نیاز به نیروی کار و دستمزد آنان، دگرگونی در قیمت زمین، تشویق یا ممانعت از انجام فعالیت‌های جنبی کشاورزی نظیر دامداری، تغییر در نظام‌های بهره‌برداری و تغییر نگرش به کشاورزی وجود دارد (Mahesh، ۱۹۹۹). با این وجود اجرای دقیق و کارشناسانه الگوی کشت مزیت‌هایی همانند تأمین امنیت غذایی، مهار بحران‌های خشکسالی با ایجاد توازن در منابع آب موجود و سطح زیر کشت، تلاش برای افزایش بهره‌وری منابع پایه (آب و خاک) و بهینه‌سازی سایر نهاده‌های تولید، شناسایی خلأهای تولید و سامان‌دهی فرایند تولید و اصلاح نظام بازار محصولات کشاورزی را به همراه خواهد داشت. زوله و جمشیدی (۱۳۹۰) مزایای اجرای الگوی کشت بهینه را تضمین امنیت غذایی و پایداری تولید به صورت حفاظت منابع پایه و افزایش بهره‌وری عوامل تولید، ایجاد ضرورت در بهینه‌سازی الگوی مصرف، استفاده اصولی از منابع پایه تولید (آب و خاك)، دسترسی به تولید پایدار در بخش کشاورزی،در ازای بهره‌برداری و بهره‌وری مناسب از منابع پایه و کاهش اثرات سوء خشکسالی عنوان نموده‌اند. سالیانی (۱۳۷۵) عوامل محیط‌زیستی را در طراحی و پیاده‌سازی الگوی کشت مهم دانسته و نکاتی را برای طراحی و پیاده‌سازی الگوی کشت پیشنهاد داد. مادح خاکسار و آینه‌بند (۱۳۹۰) طرح زراعی-اقتصادی الگوی کشت شبکه آبیاری و زهکشی هندیجان را با تأکید بر منابع آب با به‌کارگیری برنامه‌ریزی خطی بررسی نموده و نشان دادند که با افزایش قیمت آب، تراکم کشت و درآمد به ازای هر واحد آب مصرفی و کل درآمد کشاورز در تمام گزینه‌های مفروض کاهش یافت. فرجنیا و احمدی‌عدلی (۱۳۹۰) با بررسی نحوه اصلاح الگوی کشت و کاهش مصرف آب در دشت تبریز به تأثیر آن در بحران دریاچه ارومیه پرداختند. این محققان پیش‌بینی کردند که با اصلاح الگوی کشت نیاز خالص آبیاری از ۱۱۷ به ۹۸ میلیون مترمکعب کاهش یابد. مطالعه نصابیان و همکاران (۱۳۹۳) در استان فارس نشان داد که الگوهای کشت معرفی شده نسبت به الگوهای رایج و حتی الگوهای تک‌هدفه در تأمین کلی آرمان‌های چندگانه برتری داشته و تأثیر قابل‌توجهی بر افزایش بازده برنامه‌ای، کاهش مصرف آب و کود شیمیایی خواهد داشت. مولوی و همکاران (۱۳۹۵) تأثیر سیاست‌های اصلاح الگوی کشت و کم‌آبیاری را با به‌کارگیری مدل‌سازی پویا در حوضه آبریز ارس ارزیابی نموده و نشان دادند که انتخاب مناسب الگوی کشت و اعمال کم‌آبیاری با توجه به معیارهای اقتصادی و منابع آب تغییر خواهد کرد. این محققان نتیجه گرفتند در صورتی که استفاده از سایر راهکارهای صرفه‌جویی در مصرف آب همانند توسعه آبیاری تحت‌فشار و اصلاح مدیریت آبیاری سطحی میسر نباشد، ترکیب گزینه کم‌آبیاری به میزان ۴۰ درصد با گزینه الگوی کشت بهینه و الگوی کشت اقتصادی در مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی حوضه ارس نقش مؤثری خواهد داشت. محمدی و همکاران (۱۳۹۸) اثر افزایش کارایی مصرف آب بر تغییر الگوی کشت را با تأکید بر اهداف سیاست‌گذاران و زیست محیطی در استان فارس با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی چند هدفه و با در نظرگیری گزینه‌های افزایش راندمان آبیاری شامل ۴۰، ۵۰، ۵۵، ۶۰، ۶۵ و ۷۰ درصد بررسی نمودند. تحلیل گزینه‌ها نشان داد که افزایش راندمان آبیاری موجب افزایش بازده ناخالص و مصرف کود شیمیایی و تنوع در الگوی کشت شد اما تأثیر چندانی در کاهش ریسک بازده ناخالص نداشت. Rawabdeh و همکاران (۲۰۱۰) برای بهینه‌سازی الگوی کشت در بخش جنوبی دره اردن با هدف دستیابی به تعادل منابع و مصارف آب، گزینه‌های مدیریتی بهبود عملکرد سیستم‌های کشاورزی آبی دره اردن را در شرایط عادی و خشکسالی ارائه کردند. نتایج نشان داد که بهره‌وری آب در جنوب دره کمتر از قسمت شمالی دره بوده و بهبود عملکرد کشاورزی آبی در منطقه از طریق اصلاح الگوی کشت (کشت نخل خرما و گوجه‌فرنگی به جای موز در منطقه جنوب) قابل دستیابی است. از سوی دیگر کم‌آبیاری تنظیم شده (برای مرکبات در شمال و برای جو در جنوب) می‌تواند راهکار خوبی در بهبود بهره‌وری آب در دوره‌های کم‌آبی باشد. Elnmer و همکاران (۲۰۱۵) در دلتای رودخانه نیل در مصر تأثیر چهار سناریوی مختلف الگوی کشت بر مصرف آب را تحلیل نمودند. الگوی کشت ملی سیاست کشاورزی مصر مصوب سال ۲۰۱۲، الگوی کشت توسعه داده شده توسط وزارت کشاورزی مصر و دو الگوی کشت پیشنهادی نویسندگان بود. نتایج نشان داد که تغییر سیاست قیمت محصولات منجر به کاهش مصرف آب شد. همچنین

نتایج نشان داد که توسعه یک مدل بهینه‌سازی که بتواند ابتدا در منطقه مورد مطالعه و سپس در کل کشور اجرا شود گامی نو برای سیاست ملی کشاورزی است که مصرف آب آبیاری را حداقل و سود بهره‌وری را حداکثر نماید. Fernández و همکاران (۲۰۲۰) چالش برنامه‌ریزی آبیاری در مناطق نیمه‌خشک اسپانیا را با نگاه ویژه به طراحی و پیاده‌سازی الگوی کشت ارزیابی نموده و نشان دادند که برنامه‌ریزی بهینه آبیاری مستلزم سرمایه‌گذاری مداوم در تجهیزات، هزینه‌های عملیاتی و نگهداری و خدمات فنی و نگهداری به همراه تعریف الگوی کشت مناسب است.

بررسی نتایج مطالعات مختلف نشان می‌دهد که تحلیل الگوی کشت موجود و تغییر آن می‌تواند از گزینه‌های مهم برای رویارویی با شرایط تغییر اقلیم و خشکسالی باشد. استان خوزستان با سطح زیرکشت زراعی آبی و دیم به ترتیب ۹۷۰ و ۲۳۱ هزار هکتار با تولید ۱۶/۵۷ میلیون تن در اراضی آبی و ۱۷۹هزار تن دیم رتبه اول در سطح زیرکشت و تولید محصولات زراعی را در کشور دارد. در زمینه محصولات باغی سطح اراضی آبی و دیم به ترتیب ۴۸ هزار هکتار و ۷۸۴ هکتار با تولید ۳۸۱ هزار تن و ۲۴۰۰ تن است (احمدی و همکاران، ۱۴۰۰). این سطح زیرکشت و تولید شامل انواع محصولات بالغ بر ۳۰ محصول زراعی و باغی است که خشکسالی‌های اخیر موجب تنش خشکی و کاهش عملکرد محصولات شده است. با توجه به تأمین بیش از ۹۰ درصد از آب کشاورزی استان از منابع آب سطحی، شناسایی الگوی کشت موجود و میزان نیاز به برداشت آب از منابع سطحی می‌تواند مسیر را برای برنامه‌ریزی اجرای الگوی کشت بهینه هموار نماید.

مواد و روش‌ها

این مطالعه با هدف ارزیابی و تحلیل الگوی کشت سال ۹۹-۱۳۹۸ از دیدگاه مدیریت آب کشاورزی در استان خوزستان صورت گرفت. وسعت استان معادل ۶۳۲۵۳ کیلومترمربع و بین مدار جغرافیایی ۲۹ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۲۸ دقیقه طول شرقی در جنوب غربی کشور و در شمال غربی خلیج فارس واقع شده است (مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران، ۱۳۹۴). در این مطالعه پراکنش شهرستانی ۲۶ محصول زراعی غالب در الگوی کشت موجود (گندم، جو، شلتوک، ذرت دانه‌ای، چغندرقند، نیشکر، کلزا، ذرت علوفه‌ای، گوجه‌فرنگی، یونجه، سیب‌زمینی، پیاز، لوبیا دانه‌ای، لوبیا سبز، ماش، خیار، خربزه، هندوانه، طالبی، کنجد، بادمجان، قصیل، کلم، کاهو، هویج و سبزیجات) از آمارنامه‌های کشاورزی محصولات سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ استان خوزستان استخراج شد (احمدی و همکاران، ۱۴۰۰). دلیل اصلی انتخاب این سال آبی نرمال بودن سال آبی از نظر شرایط خشکی و تری است. به منظور تکمیل الگوی کشت در زمینه محصولات باغی، از آمارنامه کشاورزی محصولات باغبانی سال ۱۳۹۸ استان خوزستان استفاده شد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۹) که در آن سطح، پراکنش جغرافیایی و تولید محصولات باغبانی به تعداد ۱۰ محصول عمده استان شامل خرما، پرتقال، نارنج، نارنگی، لیموشیرین، لیموترش، انجیر، انگور، انار و زیتون در نظر گرفته شد.

مبنای تحلیل و مقایسه الگوی کشت استفاده از شاخص کل حجم آب مصرفی بود که برای برآورد آن تبخیرتعرق پتانسیل و واقعی محاسبه شد. به این صورت که بیشترین عملکرد گزارش شده در اراضی بهره‌برداران (در بازه زمانی ۹۹-۱۳۶۱) به عنوان عملکرد پتانسیل و تبخیرتعرق واقعی برای دستیابی به این عملکرد به عنوان مقدار تبخیرتعرق پتانسیل در نظر گرفته شد. برای این منظور مقدار تبخیرتعرق پتانسیل برمبنای عملکرد پتانسیل محصولات مختلف در شهرستان‌های استان خوزستان از سامانه نیاز آبی گیاهان کشور (موسسه تحقیقات خاک و آب)[1] و برای یک دوره آماری ۱۰ سال آبی منتهی به سال‌های آبی ۱۴۰۰-۱۳۹۸ از سامانه مذکور استخراج شد. این برنامه علی‌رغم کاستی‌های متعدد، مرجع استفاده در الگوی کشت مصوب استان بوده (مردی، ۱۴۰۱) است؛ لذا اطلاعات آن استفاده شد. ورودی‌های برنامه شامل نوع محصول، تاریخ کاشت و برداشت بوده که بر اساس اطلاعات محلی هر شهرستان تکمیل و نتایج استخراج شد. تبخیرتعرق واقعی گیاهان در شرایط غیراستاندارد صورت می‌گیرد. این شرایط غالباً ناشی از کمبود رطوبت در خاک (کم‌آبیاری حاصل از کمبود آب در منطقه) است که نتیجه آن کاهش عملکرد محصول نسبت به حد پتانسیل است. در این مطالعه عملکرد واقعی محصول (Y_a) بر اساس عملکرد مورد انتظار سند الگوی کشت و بیشترین عملکرد در مزارع بهره‌برداران به عنوان عملکرد پتانسیل (Y_p) (بر اساس بیشترین عملکرد گزارش شده در آمارنامه‌های کشاورزی استان خوزستان طی سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۶۱) و تبخیرتعرق برآورد شده از سامانه نیاز آبی برای رسیدن به این عملکرد معادل تبخیرتعرق پتانسیل (ET_p) در نظر گرفته شد. لذا با داشتن نسبت بین عملکرد واقعی و پتانسیل و ضریب حساسیت گیاه (Ky)، نسبت تبخیرتعرق واقعی به پتانسیل از رابطه (۱) و مقدار تبخیرتعرق واقعی (ET_a) از حاصل‌ضرب این نسبت در مقدار تبخیرتعرق پتانسیل حاصل از برنامه نیاز آب محاسبه شد.

$$(1-Y_a/Y_p)=Ky\ (1-ET_a/ET_p) \qquad (1)$$

Ky ضریب واکنش عملکرد گیاه به آب که مقدار آن از منابع معتبر استخراج شد (Doorenbos و Kassam، ۱۹۷۹؛ Arthi و همکاران، ۲۰۱۸)، ET_a تبخیرتعرق واقعی متناسب با عملکرد مورد انتظار و ET_p تبخیرتعرق گیاه در شرایط عملکرد پتانسیل که از سامانه نیاز آبی گیاهان کشور استخراج شد. در مورد باغاتی که به روش قطره‌ای

آبیاری می‌شوند، نیاز آبی بر اساس عملکرد و روش آبیاری قطره‌ای از رابطه (۲) محاسبه شد (علیزاده، ۱۳۸۱).

$$T_r=ET_a(P_s+0.15(1-P_s)) \quad (۲)$$

که در آن T_r نیاز آبی متناسب با روش آبیاری (برای روش‌های آبیاری تشتکی و قطره‌ای) و P_s نسبت سطح سایه‌انداز است که در تحقیق حاضر با فرض درخت بالغ محاسبه شده است. بارش مؤثر (P_e)، بارشی که به سطح زمین رسیده و در محیط ریشه گیاه ذخیره شده باشد، از روش پیشنهادی وزارت کشاورزی آمریکا (USDA) و برنامه نیاز آب محاسبه و پس از آن نیاز خالص آبیاری (I_n)، تفاضل تبخیرتعرق واقعی گیاه و بارش مؤثر، از رابطه (۳) به دست آمد (علیزاده، ۱۳۸۱).

$$I_n=ET_a-P_e \quad (۳)$$

راندمان کاربرد آب، نسبت آب ذخیره شده در عمق توسعه ریشه گیاه به مقدار آب تحویلی به مزرعه، شاخصی برای نمایش میزان استفاده بهینه از منابع آب در یک قطعه زراعی است و غالباً بستگی به سامانه آبیاری و مدیریت بهره‌بردار دارد. سامانه غالب در بسیاری از مناطق استان خوزستان آبیاری سطحی است؛ لذا در این مطالعه فقط میزان برداشت از منابع آب سطحی در نظر گرفته شد. مطالعات نشان داده که میانگین راندمان کاربرد در شیوه‌های مختلف آبیاری سطحی در ایران بین ۵۲/۵ تا ۵۵/۳ و در استان خوزستان ۴۶/۹ درصد است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۵) که در صورت طراحی و مدیریت درست در بهره‌برداری تا حد ۶۵ درصد قابل افزایش است (USDA. ۱۹۹۷). از این رو در گزارش حاضر دو حالت راندمان کاربرد آب ۶۵ درصد (USDA. ۱۹۹۷) و ۴۶/۹ درصد (عباسی و همکاران،۱۳۹۵) در محاسبات در نظر گرفته شد. با توجه به مقادیر یادشده، می‌توان گفت که نیاز آبشویی عملیات آبیاری نیز در تلفات آب آبیاری لحاظ شده و نیازی به اعمال آن نیست. با اعمال این راندمان در مقدار نیاز خالص آبیاری (مصرف مفید) مقدار آب تحویلی به ابتدای قطعه زراعی (آب کاربردی) محاسبه شد. کانال‌های اصلی، درجه یک، دو و سه عهده‌دار توزیع آب در شبکه آبیاری است. از این رو برای تعیین آب مورد نیاز برداشتی از شبکه‌های آبیاری و زهکشی، راندمان انتقال و توزیع شبکه‌های آبیاری و زهکشی موجود به تفکیک شهرستان، بر اساس مطالعات قبلی (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۸؛ سلامتی و همکاران، ۱۳۹۷) در محاسبات اعمال شد.

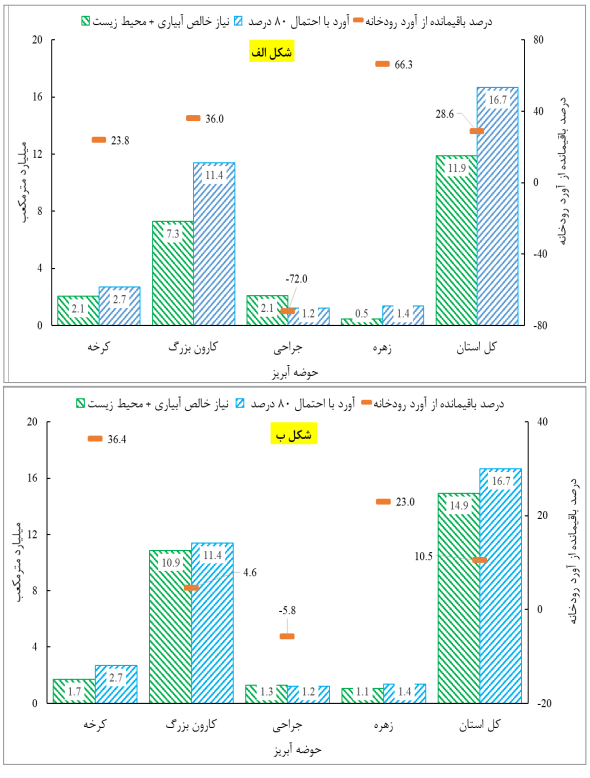
نتایج و بحث

طبق محاسبات انجام شده کل حجم آب مصرفی (نیاز آبی ناخالص) در تناوب و سطح زیرکشت سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ (به استثنای گلخانه‌ها، دام و طیور و محصولاتی با سطح اندک که در مجموع حدود ۴ درصد سطح زیرکشت می‌باشد) ۱۸۸۵۶ میلیون مترمکعب برآورد شد که با عدد کلی ارائه شده در جدول (۱) (مقدار برداشت ۲۱۰۶۷ میلیون مترمکعب به شرط اعمال مصارف گلخانه، دام و طیور) همخوانی دارد. حدود ۴۳۱۰ میلیون مترمکعب از عدد ۱۸۸۵۶ میلیون مترمکعب نیاز خالص آبیاری (اختلاف بین تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه و باران موثر) محصولات کشاورزی است که در عمل میزان مصرف واقعی آب بیش از این مقدار است.

جدول ۱- مجموع برداشت آب از منابع آب زیرزمینی و سطحی استان خوزستان (برنامه سازگاری با کم آبی خوزستان، ۱۴۰۰)

نوع برداشت	حجم برداشت (میلیون مترمکعب)	درصد
کشاورزی، گلخانه، دام و طیور	۲۱۰۶۷	۸۵
صنعت، معدن و تجارت	۱۲۰۰	۵
شرب و بهداشت و فضای سبز	۸۰۳	۳
آبزی‌پروری	۱۶۰۲	۷
مجموع	۲۴۶۷۶	۱۰۰

آورد رودخانه با مجموع نیاز محیط‌زیستی و مصرف واقعی سال آبی نرمال (سال ۹۹-۱۳۹۸) با درجه اعتماد ۸۰ درصد در شکل (۱-الف و ب) مقایسه شده است. شکل (۱-الف) حقابه محیط‌زیست بر اساس سند ملی خشکسالی و شکل (۱-ب) بر اساس مطالعات محققان در حوضه‌های مختلف استان خوزستان محاسبه شده است (بنی‌حبیب و همکاران،۱۳۹۸؛ حمادی و همکاران، ۱۳۹۴؛ کریمی و همکاران، ۱۳۹۶). درجه اعتماد ۸۰ درصد به مفهوم آن است که از هر ۱۰ سال ۲ سال خشکسالی اتفاق بیافتد. با مقایسه مجموع نیاز مصرف کشاورزی و محیط‌زیست با آورد رودخانه‌ها با اعتماد ۸۰ درصد ملاحظه می‌شود که با فرض استفاده از سند ملی خشکسالی، مصرف واقعی و محیط‌زیست در حوضه کرخه ۲۳/۸ درصد کمتر از آورد رودخانه است حال آنکه این شرایط در کارون بزرگ ۳۶ درصد و در حوضه جراحی به ۷۲- درصد کاهش یافته است. به این مفهوم که در حوضه جراحی شرایط به‌گونه‌ای است که حداقل نیاز محیط‌زیست تأمین نشده است. این در حالی است که مصرف واقعی کشاورزی در سطح هر حوضه بیش از این مقدار است. به عنوان نمونه ۶۴/۴ درصد از خوزستان در اقلیم فراخشک گرم واقع شده و تبخیرتعرق ناشی از علف‌های هرز در سطح مزارع و به‌ویژه باغات که در فصل تابستان برای خنک‌کردن محیط اطراف درخت نگهداری می‌شوند و یا تبخیر از سطوح مرطوب نهرها و کانال‌ها (که غالباً دارای علف هرز بوده و به صورت مستمر تبخیرتعرق دارند) و یا سطوح مزارعی که به تازگی آبیاری شده‌اند و در معرض نور شدید آفتاب قرار دارند و موارد مشابه قابل ملاحظه بوده اما در این محاسبات وارد نشده است.

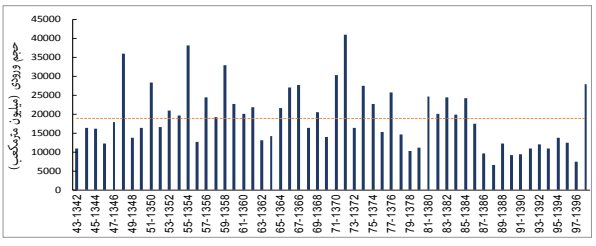


شکل۱-مقایسه‌مجموع‌نیاز‌خالص‌آبیاری‌ومحیط‌زیست‌درزیرحوضه‌های استان خوزستان در سال آبی ۹۹-۱۳۹۸ (مبنای حقابه محیط‌زیست از برنامه سازگاری با خشکسالی (شکل الف) و مطالعات مستند (شکل ب) اخذ شده است)

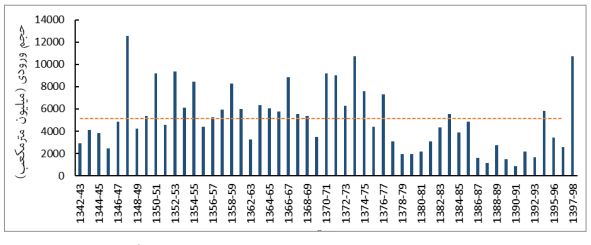
تحلیل‌ها بر اساس نیاز محیط‌زیست پیشنهادی توسط محققان (شکل ۱-ب) نیز شرایط مشابهی داشته با این تفاوت که درصد باقیمانده از آورد رودخانه جراحی ۵/۸- درصد و مجموع کل استان ۱۰/۵درصد است. مجموع این نتایج نشان می‌دهد علی‌رغم استفاده از داده‌های هواشناسی در شرایط نرمال و در نظر گرفتن حداقل مصارف کشاورزی، میانگین درصد باقیمانده از آورد رودخانه کمتر از استانداردهای جهانی است که در ادامه با معرفی و بکارگیری یک شاخص مناسب این مهم ارزیابی خواهد شد. یکی از عوامل تأثیرگذار، توسعه کشاورزی به صورت افزایش سطح زیرکشت و نوع الگوی کشت است که هر دو می‌توانند در افزایش میزان مصرف آب در سطح حوضه دخالت داشته باشند.

طی سال آبی مورد مطالعه در حوضه جراحی میزان آورد رودخانه با احتمال ۸۰ درصد، کمتر از حداقل مقدار مصرف آب کشاورزی و نیاز محیط‌زیستی است (شکل ۱) که نشانگر شرایط بد محیط‌زیستی است. از سوی دیگر این مقادیر برای حوضه کارون بزرگ، متناسب با در نظرگیری نیاز محیط‌زیستی حاصل از مطالعات و یا برنامه سازگاری با خشکسالی، می‌تواند کاملاً متفاوت باشد. نکته قابل توجه آنکه نمودار شکل (۱) متناسب با هر حوضه آبریز و برای سال نرمال آبی تهیه شده است، لذا در هر سال آبی بسته به شرایط خشکسالی و ترسالی و میزان آورد رودخانه، کمبود یا مازاد آب نسبت به نیاز کشاورزی و محیط‌زیست متفاوت است که این امر ضرورت برنامه‌ریزی پویا را متناسب با فعالیت‌های کشاورزی و سیاست‌های حمایتی در هر حوضه نشان می‌دهد. به‌طور مثال حوضه کرخه ظاهراً بهترین شرایط را در منابع و نیازهای آبی دارد (شکل ۱) حال آنکه مشخص است پس از سال آبی ۹۹-۱۳۹۸ که یک سال نرمال بود، این حوضه تنش‌های آبی شدیدی را به همراه مناقشات اجتماعی- سیاسی پشت سر گذاشت (ایرنا، ۱۴۰۰). این امر در نتیجه عدم توجه به روند تغییرات آورد رودخانه و میزان پایداری آن نسبت به زمان در توسعه فعالیت‌های کشاورزی است. برای تحلیل این موضوع آورد رودخانه‌های کارون و کرخه در یک بازه زمانی ۵۰ ساله منتهی به سال آبی ۹۸-۱۳۹۷، با یکدیگر مقایسه شد (شکل ۲ و ۳). همان‌طور که ملاحظه می‌شود آورد رودخانه کرخه رفتار نوسانی بیشتری را نسبت به کارون نشان داده (ضریب تغییرات ۵۳ در مقابل ۴۱ درصد) به نحوی که آوردهای حداکثر نسبی بیشتر و دوره‌های خشکی شدیدتری را تجربه کرده است. این رفتار در تحلیل خطی میانگین آوردها قابل پیش‌بینی نیست، لذا با وجود اینکه در شرایط نرمال، طبق شکل (۱)، منابع و نیازهای حوضه همخوانی خوبی داشته است، تجربه بیانگر وجود تنش‌های آبی شدید در این حوضه است. تعریف انواع بیمه‌های خشکسالی، اجرای زیرساخت‌های خرید موقت حق‌آبه توسط دولت و دیگر سیاست‌های حمایتی در حوضه‌هایی مانند کرخه که رفتار نوسانی شدید دارند، می‌تواند بسیار مفید باشد. نکته حائز اهمیت آن است که در محاسبات مصرف واقعی آب، صرفاً نیاز خالص آبیاری لحاظ شده است که با مقادیر حقیقی مصرف آب متفاوت است. در این شرایط تبخیر سطحی از کانال‌ها، آبراهه‌ها و سطح خاک، تعرق علف‌های هرز، انواع نشت و نفوذ از کانال‌ها و آبراهه‌ها و سایر شکل‌های مختلف دیگر مصرف لحاظ نشده است. بنابراین مجموع نیاز آبیاری خالص و نیاز محیط‌زیست محاسبه شده، حداقل نیاز آبی حوضه در استان خوزستان است و اعداد برداشت آب در شرایط واقعی بیشتر است. طبق مطالعات ۲۰ درصد برداشت آب به عنوان آب برگشتی برای مصارف کشاورزی در نظر گرفته می‌شود که البته تمامی آن به دلیل آلودگی، قابل استفاده مجدد نیست (شاهدی و طالبی‌حسین‌آباد، ۱۳۹۵).جدول (۲) مصرف واقعی آب و نیاز محیط‌زیست هر حوضه را با آورد رودخانه مقایسه کرده است. در این جدول ۲۰ درصد آب برگشتی و ۸۰ درصد مصرف واقعی آب (اعم از مفید و غیرمفید) از آب برداشتی برای مصارف بخش کشاورزی در نظر گرفته شده است. در این‌صورت در شرایط مدیریت مبتنی بر راندمان‌های واقعی کاربرد آب در مزرعه، انتقال و توزیع و با توجه به سطح زیرکشت و عملکرد محصولات زراعی و باغی سال ۹۹-۱۳۹۸، میزان آب باقیمانده از آورد رودخانه‌های استان بین ۱۸/۸ تا ۱۸۱/۶- درصد متغیر بوده که بیانگر کمبود شدید آب می‌باشد. وقوع سیلاب کم‌سابقه در سال آبی مذکور و

پرشدن مخازن آب و همچنین بارش‌های فرا نرمال، باعث تأمین آب مورد نیاز محصولات و افزایش حجم تولید شد، ولی توسعه زیرساخت‌های کشاورزی و ایجاد حقابه‌های مبتنی بر آن می‌تواند زنگ خطر جدی در ۸۰ درصد مواقع آورد رودخانه‌های استان باشد، به نحوی که در صورت رسیدن به شرایط بهینه راندمان‌های انتقال، توزیع و کاربرد آب در مزرعه (که عملاً غیرقابل دسترسی است)، میزان باقیمانده آب آورد رودخانه‌های استان ۵۸/۲ تا ۹۹/۶- درصد با متوسط ۱۳/۲ درصد متغیر خواهد بود (جدول ۲). این اعداد بیانگر فشار بسیار زیاد کشاورزی بر منابع آب استان خوزستان است به نحوی که در صورت دستیابی به بهترین حالت نیز کمبود منابع آب استان بسیار مشهود است. از سوی دیگر دستیابی به عملکرد بهینه در مزارع و باغات استان مستلزم افزایش مصرف مفید (تبخیرتعرق پتانسیل) و فشار مضاعف بر منابع آب است حال آنکه اعداد و ارقام بیانگر آن است که مدیریت منابع آب استان نیاز مبرم به کاهش حجم آب کشاورزی دارد.



شکل ۲- حجم جریان سالانه رودخانه کارون در ایستگاه هیدرومتری گتوند و تله زنگ



شکل ۳- حجم جریان سالانه رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری پای پل

جدول ۲- مقایسه آورد رودخانه با احتمال ۸۰ درصد با نیاز محیط زیستی و مصرف واقعی آب در سال آبی ۹۹-۱۳۹۸

	نیاز محیط‌زیست براساس برنامه سازگاری با خشکسالی	مصرف واقعی (۸۰ درصد آب برداشتی)*		باقیمانده آورد رودخانه با احتمال ۸۰ درصد	
		راندمان‌های واقعی (۴۶/۹ درصد)	راندمان‌های بهینه (۶۵ درصد)	راندمان‌های واقعی (۴۶/۹ درصد)	راندمان‌های بهینه (۶۵ درصد)
حوضه آبریز	میلیون مترمکعب در سال			درصد	
کرخه	۱۶۱۰	۱۵۳۹	۷۲۴	-۱۷/۰	۱۳/۳
کارون بزرگ	۴۲۲۰	۱۰۷۶۷	۴۹۱۵	-۳۱/۵	۱۹/۹
جراحی	۱۴۷۵	۱۹۵۸	۹۵۸	-۱۸۱/۶	-۹۹/۶
زهره	۲۸۵	۸۲۴	۲۸۶	۱۸/۸	۵۸/۲
کل استان	۷۵۹۰	۱۵۰۸۸	۶۸۳۳	-۳۶/۰	۱۳/۲

عوامل مختلف هیدرولوژیکی، اکولوژیکی و اجتماعی در تعیین کمترین حد ذخیره آب در یک رودخانه یا حوضه آبریز مؤثر بوده و برای این منظور شاخص‌های مختلفی جهت بهینه‌سازی معرفی شده که از جمله آن‌ها شاخص‌های تعیین مناسبات اکولوژیکی[۲] است (Eriyagama و همکاران،۲۰۲۰). یکی از مهم‌ترین شاخص‌های اکولوژیکی طبق نظر Steinmetz و Sundqvist (۲۰۱۴) حد تنظیم جریان آب حوضه، نسبت حجم ذخیره کل به حجم آورد سالانه، است (حجم ذخیره کل معادل با مصرف واقعی آب کشاورزی فرض شده است که پس از برداشت آب در مقیاس حوضه آبریز عملا به جریان حوضه برگشت نخواهد داشت) که به پنج بازه شرایط خیلی‌خوب (۰)، خوب (۹۹/۹-۰)، متوسط (۱۹/۹۹-۱۰)، نامطلوب (۴۹/۹۹-۲۰) و ضعیف(≤۵۰) تقسیم شده است. با فرض آنکه حجم ذخیره معادل با مصرف واقعی آب از جدول (۲) و حجم آورد سالانه با احتمال ۸۰ درصد آب‌های سطحی استان خوزستان به عنوان آورد سالانه در نظر گرفته شود، طبق این شاخص شرایط استان خوزستان برای راندمان‌های واقعی در درجه ضعیف (با شاخص ۹۰/۵) و برای راندمان‌های بهینه در درجه نامطلوب (با شاخص ۴۱) قرار خواهد گرفت. باید توجه داشت که محاسبات برای یک سال آبی نرمال (سال ۹۹-۱۳۹۸) صورت گرفته و انتظار نمی‌رود که در شرایط خشکسالی، نرخ کاهش نیاز آبی بخش کشاورزی متناسب با آن کاهش یابد و مسلماً در این شرایط کیفیت شاخص مورد بررسی به شدت کاهش خواهد یافت. مجموع این نتایج نشان می‌دهد علی‌رغم استفاده از داده‌های هواشناسی در شرایط نرمال و در نظر گرفتن حداقل مصارف کشاورزی، میانگین درصد باقیمانده از آورد رودخانه کمتر از استانداردهای جهانی است.

با توجه به اینکه دستیابی به راندمان‌های بهینه انتقال، توزیع و مصرف آب کشاورزی عملاً بسیار دشوار و یا غیرممکن است و برداشت آب برای شرب و صنعت در این محاسبات لحاظ نشده است، باید پذیرفت توسعه غیرمتناسب با منابع آب در بخش

کشاورزی برای اکوسیستم استان خوزستان و جوامع انسانی بسیار خطرناک است. از سوی دیگر با توجه به هزینه بالای اجرای زیرساخت‌های کشاورزی استان، به نظر بهترین راهکار موجود، تغییر الگوی کشت به نفع محصولات کم آب‌بر در کنار افزایش راندمان آبیاری و کنترل آب تحویلی به بخش کشاورزی به منظور تأمین حق‌آبه محیط‌زیست است. نکته قابل‌توجه آن است که به منظور تأمین آب مصرفی در بخش کشاورزی، نیاز است بخشی از آب سطحی حوضه به‌وسیله سدها و سازه‌های آبگیر و سیستم‌های پمپاژ کنترل شود، لذا این موضوع مسئله سیلاب‌ها و شرایط وقوع آن را به شدت تحت تأثیر قرار خواهد داد. این مقدار کنترل در واقع آب مورد نیاز جهت برداشت در بخش کشاورزی است که با توجه به محاسبات انجام شده برای سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ به ترتیب ۶۴، ۷۸ و ۱۱۳ درصد آورد رودخانه‌های استان خوزستان در سه بازه زمانی درازمدت، احتمال وقوع ۶۰ و ۸۰ درصد می‌باشد. این نسبت کنترل و انحراف آب‌های سطحی استان می‌تواند سیلاب‌های طبیعی و مناطق تحت پوشش (خروجی‌های حوضه‌های آبریز منتهی به استان) را به شدت تحت تأثیر قرار داده و تأمین آب دوره‌ای این مناطق را با مخاطره جدی مواجه سازد.

نتیجه‌گیری

تحلیل الگوی کشت رایج استان خوزستان از دیدگاه مدیریت برداشت آب از منابع سطحی در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸، که جزء سال‌های نرمال آبی به شمار می‌رود، نشان داد که کل برداشت آب از منابع سطحی برای تناوب و سطح زیرکشت به استثنای گلخانه‌ها، دام و طیور و برخی محصولات با سطح اندک (که در مجموع حدود ۴ درصد سطح زیرکشت می‌باشد) ۱۸۸۵۶ میلیون مترمکعب است که از این مقدار ۴۳۱۰ میلیون مترمکعب مصرف واقعی (نیاز خالص آبیاری) را تشکیل می‌دهد. با مبنا قراردادن داده‌های سند ملی خشکسالی، مجموع نیاز مصرف کشاورزی و محیط‌زیست با درجه اعتماد ۸۰ درصد در حوضه کارون بزرگ و کرخه به ترتیب ۳۶/۰ و ۲۳/۸ درصد کمتر از آورد رودخانه‌ها بود؛ حال آنکه در حوضه جراحی به ۷۲/۰- درصد کاهش یافت که بیانگر عدم تأمین حداقل نیاز محیط‌زیست است. باید توجه داشت که آورد رودخانه کرخه در سال‌های مختلف نسبت به کارون نوسان زیادی داشته به نحوی که این رفتار در تحلیل خطی میانگین آوردها قابل پیش‌بینی نیست. از این‌رو در خشکسالی‌ها عدد ۲۳/۸ درصد به مقادیر کمتر کاهش خواهد یافت. لذا برنامه‌ریزی پویا در زمینه الگوی کشت، ارائه انواع بیمه‌های خشکسالی، اجرای زیرساخت‌های خرید موقت حق‌آبه توسط دولت و دیگر سیاست‌های حمایتی در حوضه‌هایی مانند کرخه که رفتار نوسانی شدید دارد پیشنهاد می‌شود.

پی‌نوشت‌ها

1-http://niwr.ir

2-Indicators to measure ecological integrity (ecosystems)

منابع

ایرنا. (۱۴۰۰). جیره‌بندی آب کشاورزی در رودخانه کرخه. کد خبر 84656634. https://irna.ir/xjHzVr

احمدی، کریم، عبادزاده، حمیدرضا، حاتمی، فرشاد، عبدشاه، هلدا، و کاظمیان، آرزو. (۱۳۹۹). آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۸، جلد سوم: محصولات باغبانی. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، تهران، ایران.

احمدی، کریم، عبادزاده، حمیدرضا، حاتمی، فرشاد، محمدنیا افروزی، شهریار، اسفندیاری‌پور، الهام، و عباس‌طاقانی، رضا. (۱۴۰۰). آمارنامه کشاورزی سال ۹۹-۱۳۹۸، جلد اول: محصولات زراعی. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، تهران، ایران.

بنی‌حبیب، محمد ابراهیم، نجفی‌مرغملکی، سجاد، و شبستری، محمدهادی. (۱۳۹۸). مدل برنامه‌ریزی یکپارچه منابع آب برای بررسی و پیش‌بینی تأمین حقابه زیست‌محیطی هورالهویزه از حوضه‌های آبریز ترکیه، عراق و ایران. مجله پژوهش آب ایران، ۱۳(۳۲-۱)، ۱۱۵-۱۲۶.

بی‌نام. ۱۴۰۰. برنامه سازگاری با کم آبی خوزستان. ویرایش چهارم (نهایی). کارگروه ملی سازگاری با کم آبی. ۶۶ صفحه.

حمادی، کاظم، نوذریان، لیلا، و حسونی‌زاده، هوشنگ. (۱۳۹۴). محاسبه نیاز آب زیست‌محیطی حوضه کارون بزرگ و زیرحوضه آبریز کارون علیا. دو فصلنامه تخصصی علوم و مهندسی آب، ۵(۱۱)، ۳۵-۴۵.

زوله، مهرداد، و جمشیدی، امین رضا. (۱۳۹۰). اهمیت الگوی کشت در جهت توسعه پایدار کشاورزی و ارائه راهکارهای مناسب برای اصلاح آن. اولین همایش ملی راهبردهای دستیابی به کشاورزی پایدار، ۵ خرداد ماه، اهواز، ایران.

سالیانی، طوبی. (۱۳۷۵). طراحی الگوی کشت در طرح‌های توسعه منابع آب با استفاده از تکنیک برنامه‌ریزی خطی در نرم‌افزار EXCEL. نشریه اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۴(۱۵)، ۹۱-۱۱۰.

سلامتی، نادر، ورجاوند، پیمان، آبسالان، شکراله، عزیزی، آذرخش، گوشه، سید محی‌الدین، حبیبی‌اصل، جعفر، نادری، احمد، جعفرنژادی، علی‌رضا، و لک‌زاده، ایرج. (۱۳۹۷). ارزیابی راندمان توزیع در شبکه‌های آبیاری استان خوزستان. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج، ایران. شماره فروست ۵۴۰۳۰.

شاهدی، مهری، و طالبی حسین‌آباد، فاطمه. (۱۳۹۵). یادداشت تحلیلی: آشنایی با مفاهیم پایه در سیستم منابع آب. نشریه آب و توسعه پایدار، ۳(۲)، ۱۱۷-۱۱۹. doi: 10.22067/JWSD.V3I2.63304

عباسی، فریبرز، سهراب، فرحناز، و عباسی، نادر. (۱۳۹۵). ارزیابی وضعیت راندمان آب آبیاری در ایران. مجله تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی، ۱۷(۶۷)، ۱۱۳-۱۲۸. doi: 10.22092/aridse.2017.109617

عزیزی، آذرخش، ورجاوند، پیمان، آبسالان، شکراله، سلامتی، نادر، گوشه، سیدمحی‌الدین، حبیبی‌اصل، جعفر، نادری، احمد، جعفرنژادی، علی‌رضا، و لک‌زاده، ایرج. (۱۳۹۸). ارزیابی راندمان انتقال در شبکه‌های آبیاری مدرن و سنتی استان خوزستان. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج، ایران. شماره فروست ۵۶۷۲۸.

علیزاده، امین. (۱۳۸۱). طراحی سیستم‌های آبیاری، جلد اول. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع). چاپ پنجم. مشهد، ایران.

فرجنیا، اصغر، و احمدی‌عدلی، رسول. (۱۳۹۰). اصلاح الگوی کشت دشت تبریز و کاهش مصرف آب گامی مؤثر در مقابله با بحران دریاچه ارومیه. یازدهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، ۱۸ بهمن ماه، کرمان، ایران.

کریمی، سامان، سالاری‌جزی، میثم، و قربانی، خلیل. (۱۳۹۶). برآورد جریان زیست‌محیطی رودخانه با استفاده از روش‌های هیدرولوژیکی تنانت، تسمن، انتقال منحنی تداوم جریان و مدل ذخیره رومیزی. مجله اکوهیدرولوژی، ۴(۱)، ۱۷۷-۱۸۹.

مادح‌خاکسار، آزاده، و آینه‌بند، امیر. (۱۳۹۰). طراحی زراعی-اقتصادی الگوی کشت شبکه آبیاری و زهکشی هندیجان با تأکید بر منابع آب. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۹(۱)، ۲۸-۳۸. doi: 10.22067/GSC.V9I1.10492

محمدی، حمید، سرگزی، علی‌رضا، و سارانی، ولی‌اله. (۱۳۹۸). بررسی اثر افزایش کارایی مصرف آب بر تغییر الگوی کشت با تأکید بر اهداف سیاست‌گذاران و زیست محیطی در استان فارس. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، ۲۱(۱۰)، ۱۴۵-۱۵۸. doi: 10.22034/JEST.2019.15616

مردی، م. (۱۴۰۱). برنامه الگوی کشت محصولات زراعی سال ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در استان خوزستان. جلد اول، ویرایش پنجم. ۳۸ صفحه.

مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران. (۱۳۹۴). مطالعات آمایش استان خوزستان. سازمان برنامه و بودجه استان خوزستان، اهواز، ایران.

مولوی، حسین، لیاقت، عبدالمجید، و نظری، بیژن. (۱۳۹۵). ارزیابی سیاست‌های اصلاح الگوی کشت و مدیریت کم‌آبیاری با استفاده از مدل‌سازی پویایی سیستم (مطالعه موردی: حوضه آبریز ارس). مجله مدیریت آب و آبیاری، ۶(۲)، ۲۱۷-۲۳۶. doi: 10.22059/JWIM.2017.63781

نصابیان، شهریار، محمدی، حمید، و کیخا، علی‌رضا. (۱۳۹۳). تأثیر اصلاح الگوی کشت بر کاهش کود و آب فعالیت‌های کشاورزی: مطالعه موردی استان فارس. نشریه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، ۱۶(۳)، ۷۵-۹۱.

Arthi, T., Lalitha, R., & Vallalkannan, S. 2018. Yield, crop response factor andwater productivity of paddy under deficit irrigation condition. Res. J. Agric. Sci., 9, 291-295. doi: 4918-0702-2018-071

Doorenbos, J., & Kassam, A.H. (1979). Yield response to water. Irrigation and drainage paper, 33, 257.

Elnmer, A., Khadr, M., & Zeidan, B.A. (2015). Optimal water productivity of crop pattern in central Nile delta, Egypt. In Proceedings of the 18th International Water Technology Conference (IWTC18), Sharm ElSheikh, Egypt. (pp. 12-14).

Eriyagama, N., Smakhtin, V., & Udamulla, L. (2020). How much artificial surface storage is acceptable in a river basin and where should it be located: a review. Earth-Science Reviews, 208, 103294. doi: 10.1016-2020-103294

Fernández García, I., Lecina, S., Ruiz-Sánchez, M.C., Vera, J., Conejero, W., Conesa, M.R., Domínguez, A., Pardo, J.J., Léllis, B.C., & Montesinos, P. (2020). Trends and challenges in irrigation scheduling in the semi-arid area of Spain. Water, 12(3), 785. doi: 10.3390/w12030785

Mahesh, R. (1999). Causes and consequences of change in cropping pattern: A location-specific study (p. 56). Kerala Research Programe on Local Level Development, Centre for Development Studies.

Rawabdeh, H., Shatanawi, M., Scardigno, A., & Todorovic, M. (2010). Optimization of the cropping pattern in Northern and Southern part of the Jordan Valley under drought conditions and limited water availability. Economics of Drought and Drought Preparedness in a Climate Change Context. Options Méditerranéenes Série A, 95, 199-206.

Steinmetz, M., & Sundqvist, N. (2014). Environmental impacts of small hydropower plants-a case study of Borås Energi och Miljö's hydropower plants. Master of Science thesis. Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden.

USDA. (1997). Irrigation Guide. Natural Resources Conservation Service, (September), 754.