2017, Vol.3, No.2, Pages 19 to 26
Journal of Water and Sustainable Development

سال سوم، شماره ۲، اسفند ۱۳۹۵، صفحات ۱۹ تا ۲۶
نشریه آب و توسعه پایدار

Evaluation of Virtual Water, Water Productivity and Ecological Footprint in Wheat and Maize Farms in West of Iran: A Case Study of Kouzaran Region, Kermanshah Province

M. Khoramivafa[1*], M. Nouri[2], F. Mondani[1] and H. Veisi[3]

1,2- Assistant of professor & Graduate M.Sc. in Agroecology, Campus of Agriculture & Natural Research, Razi University, Iran. 3- Research Centre of "Education for Sustainable Development", Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Iran.

*(Corresponding Author Email: khoramivafa@razi.ac.ir)

Received: 25-11-2015
Accepted: 23-8-2016

بررسی آب مجازی، بهره‌وری و ردپای اکولوژیک آب در مزارع گندم آبی و ذرت در منطقه کوزران (شهرستان کرمانشاه)

محمود خرمی‌وفا[1*]، مهدی نوری[2]، فرزاد مندنی[1]، هادی ویسی[3]

۱ و ۲- به ترتیب استادیار و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی. ۳- دانشیار پژوهشکده علوم محیطی دانشگاه شهید بهشتی.

*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: khoramivafa@razi.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۴/۹/٤
تاریخ پذیرش: ۹۵/٦/۲

Abstract

The study of virtual water and water productivity in agricultural crops requires the establishment of relations where represent the actual amount of water in order to produce the respective crop. This feature presents a new approach in studies regarding agricultural ecology. This survey evaluates the virtual water, water productivity and ecological water footprint of wheat and corn fields in the Kouzaran region which is located in the center of Kermanshah province in the period of 2013 to 2014. Results showed that the amount of virtual water in wheat systems in the region with irrigation efficiency equal to 100, 40 and 32 percent were 2202, 3523 and 3699 m3/ton, respectively. For the aforementioned efficiencies, these numbers for corn were 2417, 3867 and 4060 ton/m3, respectively. The amount of water productivity for wheat systems were 0.454, 0.283 and 0.27 whilst for corn systems were 0.413 and 0.258 and 0.246 ton/m3. The ecological water footprint for irrigated wheat systems with 4851 hectares of cultivated land was 18251150 m3/year and for corn systems with 2523 hectares of cultivated land was 10550601 m3/year. According to the findings of the current study, is suggested that considering the severe water shortages in the region, cultivation of high-consuming crops such as corn must be stopped and alternative plants like saffron must be replaced in the Kouzaran's farmers' agricultural planning. Improving productivity and efficiency of irrigation as well as decreasing irrigated wheat cultivation must be considered as main priorities in the region, simultaneously much more investments should be allocated to rain-fed wheat cultivation and supplementary irrigation in order to overcome current problems.

Keywords: Virtual water, productivity, Ecological footprint, Kermanshah.

چکیده

بررسی مقدار آب مجازی سپس مقدار بهروری، در فرآورده‌ی کشاورزی، نیاز به پی‌ریزی روابطی است که نشان‌دهنده مقدار واقعی مصرف آب برای تولید آن فرآورده باشد. این امر رویکرد جدیدی را در پایش‌های بوم‌شناختی کشاورزی نمایان می‌سازد. در این مطالعه آب مجازی، میزان بهره‌وری و رد پای اکولوژیک آب مزارع گندم آبی و ذرت منطقه کوزران در سال زراعی ۹۲-۹۳ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مقدار آب مجازی مزارع گندم در منطقه برای بازده‌ی آبیاری معادل ۱۰۰، ۴۰ و ۳۲ درصد به ترتیب برابر ۲۲۰۲، ۳۵۲۳ و ۳۶۹۹ مترمکعب بر تن بود. این مقادیر برای مزارع ذرت به ترتیب ۲۴۱۷، ۳۸۶۷ و ۴۰۶۰ متر مکعب بر تن بدست آمد. مقادیر بهره‌وری برای مزارع گندم ۰/۴۵۴، ۰/۲۸۳ و ۰/۲۷ و برای مزارع ذرت ۰/۴۱۳، ۰/۲۵۸ و ۰/۲۴۶ تن بر مترمکعب با بازده‌های آبیاری ذکر شده بود. ردپای اکولوژیک آب برای مزارع گندم آبی با سطح زیر کشت ۴۸۵۱ هکتار ۱۸۲۵۱۱۵۰ مترمکعب در سال و برای مزارع ذرت با سطح زیر کشت ۲۵۲۳ هکتار ۱۰۵۵۰۶۰۱ مترمکعب برآورد شد. با توجه به نتایج حاصل شده از این پژوهش پیشنهاد می‌شود که کشت گیاهان پرمصرفی مانند ذرت دانه‌ای با توجه به شرایط وخیم آبی منطقه متوقف شده، گیاهان جایگزینی مانند زعفران که نیاز آبی کمتری دارند در برنامه زراعی کشاورزان منطقه کوزران گنجانده شوند و سرمایه‌گذاری بیشتری در جهت توسعه کشت محصولاتی مانند کلزا که با وضعیت آب و هوایی منطقه سازگاری بهتری دارند صورت پذیرد. همچنین نسبت به افزایش بهره‌وری و بازده آبیاری و به موازات آن کاهش کشت گندم آبی اقدام شود و سرمایه‌گذاری اصلی به بخش کشت گندم دیم و آبیاری تکمیلی آن اختصاص یابد.

واژه‌های کلیدی: آب مجازی، بهره‌وری، رد پای اکولوژیک، کرمانشاه.

DOI: 10.22067/jwsd.v3i2.50280

مقدمه

آب مجازی[1] مقدار آبی است که یک فراورده کشاورزی از ابتدایی‌ترین مرحله تا انتهای مراحل تولید مصرف می‌کند و از آن با عنوان‌هایی چون آب مجازی، آب تعبیه شده، یا آب بیرونی نیز یاد شده است (Hoekstra، ۲۰۰۳). بحث درباره آب مجازی ابتدا توسط تونی آلن[2] (۱۹۹۳) مطرح شد. او اشاره کرد که کشورهایی که با کمبود منابع آب شیرین روبرو هستند به ویژه در منطقه خاورمیانه، می‌توانند با واردات محصولاتی که نیاز آبی بالایی دارند، فشار بر منابع آبی خود را کاهش دهند. او پیشنهاد کرد که تجارت آب مجازی می‌تواند راه حل مناسبی در جهت حل مشکلات جغرافیای سیاسی[3] کشورهای این منطقه باشد (Allan، ۲۰۰۳). در میان ۱۰ کشور جهان، ایران و پاکستان پرمصرف‌ترین کشورها از نظر آب آبی معرفی شده‌اند. در مقابل مصرف آب مجازی در ایالات‌متحده آمریکا و هندوستان در بخش آب سبز و آبی بوده است که نشانگر استفاده بهتر این کشورها از مزارع دیم و رطوبت خاک است (Fader و همکاران، ۲۰۱۱). تجزیه تحلیل شبکه جهانی تجارت آب مجازی نشان داده است که آینده تجارت آب مجازی به‌صورت روزافزون ناهمگون خواهد شد و کشورها اهمیت بسیار بیشتری به آن خواهند داد (Dalin و همکاران، ۲۰۱۲).

حرکت به سمت استفاده اقتصادی‌تر از آب در کشاورزی سال‌هاست آغاز شده است و افزایش بهره‌وری آب کشاورزی بخشی از برنامه‌های اصلی تمام فعالین عرصه کشاورزی است (Kijne و همکاران، ۲۰۰۳). به عبارت ساده‌تر بهره‌وری آب زراعی تولید واحدهای بیشتر محصول در قبال مصرف کمتر آب است که نشان‌دهنده بازده بیشتر یک سامانه کشاورزی است. رویکرد رد پای بوم‌شناختی بر این پایه بنیان نهاده شده است که انسان برای ادامه زندگی، بر محیط اطراف خود تأثیراتی می‌گذارد، این تأثیرات چه مقدار هستند و سهم هر انسان یا جامعه انسانی چقدر است؟ (سرایی و زارعی، ۱۳۸۹). استفاده از این رویکرد در بخش‌های مختلف از جمله منابع آبی امکان پذیر است و نمایانگر تأثیر انسان بر زیست‌بوم پیرامون خود از جمله منابع آبی است. رد پای بوم‌شناختی آب[4] شاخصی است که برای ملموس ساختن مقادیر مصرف آب در فرآیند تولید مورد استفاده قرار می‌گیرد و می‌تواند آب مصرف شده را به صورت جهانی، در یک کشور یا منطقه به دقت مورد پیمایش قرار دهد. آب مجازی موجود در فرآورده‌های وارد شده به همراه آب مجازی مصرف شده، نمایانگر نیاز واقعی آب منطقه است. به همین دلیل در بررسی آب مجازی فرآورده‌های کشاورزی، رد پای بوم‌شناختی آب داخلی و خارجی[5] آن فرآورده مورد بررسی قرار می‌گیرد. رد پای بوم‌شناختی عبارت است از مقدار تأثیری که تولید یک فرآورده کشاورزی بر منابع آبی می‌گذارد. این تأثیرات عبارتند از مقدار آبی که از منابع آب سطحی و زیرسطحی تأمین شده و مورد مصرف قرار می‌گیرد (آب آبی)[6]، مقدار آبی که به صورت رطوبت در خاک نگه داشته شده است (آب سبز)[7]، و مقدار آبی که طی مراحل تولید یک فرآورده آلوده می‌شود (آب خاکستری)[8] (Chapagain و همکاران، ۲۰۰۶؛ Mekonnen و Hoekstra، ۲۰۱۰) .

عربی یزدی و همکاران (۱۳۸۸)، رد پای اکولوژیک در بخش کشاورزی را بر اساس الگوهای غذایی و مصرف مورد قبول کشور بر مبنای داده‌های صادرات و واردات مواد غذایی در سال ۱۳۸۵، مورد بررسی قرار دادند. نتایج بررسی آنها رد پای اکولوژیک آب کشور در سال مذکور را ۱۰۴ میلیارد مترمکعب نشان داد. همچنین آنها گزارش کردند در سال ۱۳۸۵ کشور با واردات خالص آب مجازی و کسر صادرات آب مجازی بدون در نظر گرفتن بازده آبیاری ۶۰ درصدی، ۲۰ میلیارد مترمکعب از منابع آب داخلی خود را ذخیره کرده است. مکنون و همکاران (۱۳۹۰)، به این نتیجه رسیده‌اند که کمبود منابع آبی در بخش کشاورزی به دلیل کمبود منابع آب فیزیکی نیست؛ بلکه این کاستی‌ها به دلیل مدیریت ضعیف منابع آب است. نتایج دوست محمدی و ایزدپناه (۱۳۹۲)، نشان داد که با افزایش ۰/۳۲ درصدی در بازده آبیاری، حدود ۹۱/۷۳ میلیون مترمکعب آب صرفه‌جویی می‌شود؛ که با این حجم آب و با بهره‌وری یک کیلوگرم به ازای مصرف یک مترمکعب آب می‌توان ۹۱۷۳۲/۵۷ تن گندم تولید کرد. در تحلیل مکانی و زمانی تغییرات آب مجازی گندم در استان سیستان و بلوچستان مشاهده شد که آب مصرفی خالص برای تولید گندم در این استان برابر ۳/۳ میلیون مترمکعب است. همچنین ۱۰ درصد کاهش تلفات آب در نتیجه‌ی بهبود بازده آبیاری، می‌تواند با ۱/۱۷ درصد کاهش در میزان آب مصرفی برای تولید گندم، شاخص خودکفایی را ۱۸/۲ درصد افزایش و وابستگی به واردات آب مجازی به این استان را تا ۳/۶۲ درصد کاهش دهد (سالاری و همکاران، ۱۳۹۳). Rockström (۲۰۰۳) در بررسی خود با عنوان چالش آب در انقلاب سبز کشورهای درحال‌توسعه اعلام نمود که بالابردن بهره‌وری آب می‌تواند موجب کاهش فشار بر منابع آب شیرین جهانی شود.

باید توجه داشت که مقدار آب مجازی مورد نیاز برای تولید هر کالا یا محصول و در پی آن رد پای بوم‌شناختی آب با توجه به شرایط اقلیمی، فرهنگی، مدیریت و برنامه ریزی در هر کشور و حتی منطقه، متفاوت است (Chapagain و همکاران، ۲۰۰۶) این مسئله موجب می‌شود که مطالعات برآورد مقدار آب مجازی در هر منطقه امری ضروری باشد (Finger، ۲۰۱۳).

استان کرمانشاه با مساحت ۲۴۶۴۰ کیلومتر مربع یکی از مهم‌ترین مراکز کشاورزی کشور است. بخش کوزران با وسعت تقریبی ۸۰۰ کیلومترمربع یکی از قطب‌های مهم تولیدی کشاورزی این استان است. بیشترین سطح زیر کشت محصولات آبی در بخش کوزران مربوط به مزارع گندم و ذرت است. با توجه به تغییرات اقلیمی، خشکسالی‌های چند سال گذشته و کشت پی در پی محصولات آبی، زیان‌های بسیاری به منابع آبی منطقه وارد شده است که تأثیرات آن به‌صورت خشک شدن فصلی سراب‌ها[۹] و چشمه‌های دائمی و نیز افت شدید سطح ایستابی چاه‌ها نمود پیدا کرده است. بر این اساس بررسی تأثیرات کشت گندم آبی و ذرت بر منابع آبی این منطقه امری مهم به نظر می‌رسد.

مواد و روش

پژوهش حاضر در بخش کوزران (سنجابی) که از بخش‌های تابع شهرستان کرمانشاه با وسعت تقریبی ۸۰۰ کیلومترمربع در موقعیت جغرافیایی °۳۴ و ´۱۵ تا °۳۴ و ´۴۰ عرض شمالی و °۴۶ و ´۲۵ تا °۴۶ و ´۴۵ طول شرقی با ارتفاع ۱۳۵۰ متر که تقریباً در مرکز استان کرمانشاه واقع گردیده است، اجرا شد.

به منظور محاسبه آب مجازی و میزان بهره‌وری آب کشاورزی از روابط (۱) و (۲) استفاده شد (عربی یزدی و همکاران، ۱۳۸۸).

$$SWDc = CWRc/CYc \quad (۱)$$

$$CWP = 1/SWD \quad (۲)$$

که در آن، SWD و CWR به ترتیب نیاز ویژه آب گیاه و نیاز خالص آبی (صرف‌نظر از باران مؤثر)، CY متوسط عملکرد محصول (تن در هکتار) و CWP بهره‌وری آب کشاورزی هستند.

برای برآورد نیاز خالص آبی محصول (CWR) از نرم‌افزار استاندارد فائو (CROPWAT.8) استفاده شد. برای این منظور اطلاعاتی شامل مشخصات مزارع گندم و ذرت منطقه از نظر موقعیت، نوع و عمق خاک، آمار سطح زیر کشت و میزان تولید مزارع گندم و ذرت، روش‌های آبیاری مرسوم و بازده آبیاری (از طریق سازمان جهاد کشاورزی استان کرمانشاه)، طول فصل رشد، تاریخ کاشت و برداشت (از طریق کشاورزان) بدست آمد. برای دریافت اطلاعات از کشاورزان منطقه از روش پرسشنامه استفاده شد. بدین منظور پس از برآورد تعداد پرسشنامه‌ها به وسیله فرمول شارک کوکران نمونه‌برداری خوشه‌ای انجام شد. تعداد ۹۲ پرسشنامه مخصوص گندم‌کاران و ۵۶ پرسشنامه مخصوص ذرت‌کاران پس از بررسی روایی و پایایی ادبیات در میان کاربران سامانه‌ها توزیع شد. از آنجاییکه اطلاعات گیاهی مورد نظر جهت تنظیمات نرم افزار (CROPWAT.8) الزامیست، مقدار ضریب گیاهی (Kc) و عمق ریشه گندم آبی و ذرت از داده‌های استاندارد فائو بدست آمد. همچنین از اطلاعات اقلیمی و بارندگی بلند مدت برای استفاده در نرم‌افزار (CROPWAT.8) بهره‌برداری شد.

برای محاسبه ردپای اکولوژیک آب در منطقه از روش «بالا به پایین»[۱۰] استفاده شد. در این روش ردپای اکولوژیک آب هر منطقه شامل دو مؤلفه ردپای اکولوژیک آب داخلی (WFi) و ردپای اکولوژیک آب خارجی (WFe) است (Van oel و همکاران، ۲۰۰۸):

$$WF = WFi + WFe \quad (۳)$$

ردپای اکولوژیک آب داخلی (WFi) از کسر مقدار آب مجازی که با صادرات کالا یا خدمات از منطقه خارج می‌شود (Ve.d)، از کل مقدار آب مصرف شده از منابع داخلی که جهت تولید استفاده شده است (WU)، محاسبه می‌شود. در این مطالعه آب مصرفی در مزارع گندم و ذرت و آب مجازی براساس صادرات این دو محصول بدست آمده است.

$$WFi = WU - Ve.d \quad (۴)$$

ردپای اکولوژیک آب خارجی (WFe) برابر با حجم منابع آبی است که برای تولید محصولات وارداتی به منطقه مصرف شده است (Vi)؛ البته اگر محصولات وارداتی به منطقه دوباره به مناطق دیگر صادر شود، آب مجازی این محصولات (Ve.r) را باید از ردپای اکولوژیک آب خارجی کسر نمود (Hoekstra و همکاران، ۲۰۰۹).

$$WFe = Vi - Ve.r \quad (۵)$$

برای برآورد صادرات آب مجازی (Ve)، مقدار آب مجازی محصولات صادراتی تولیدشده در داخل منطقه (Ve.d) و مقدار آب موجود در محصولات وارداتی (آب پنهان) که دوباره صادر می‌شوند (Ve.r)، را باید جمع نمود (Hoekstra و همکاران، ۲۰۰۹).

$$Ve = Ve.d + Ve.r \quad (۶)$$

نتایج و بحث

براساس اطلاعات بدست آمده سطح زیر کشت هر دو گیاه گندم و ذرت در سال زراعی ۹۳-۹۲ نسبت به میانگین ده ساله پیش از آن، کاهش یافته ولی عملکرد در واحد سطح با افزایش همراه بوده است (جدول ۱).

جدول ۱- سطح زیرکشت، مقدار تولید و عملکرد گندم آبی و ذرت منطقه کوزران
در سال زراعی ۹۲- ۹۳ و میانگین ده ساله پیش از آن

سال زراعی	سطح زیر کشت (هکتار)		مقدار تولید (تن)		عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	
	گندم آبی	ذرت	گندم آبی	ذرت	گندم آبی	ذرت
میانگین ۱۰ ساله	۵۳۲۸	۲۷۴۱	۲۱۳۱۲	۱۹۱۸۷	۴۰۰۰	۷۰۰۰
۹۳-۹۲	۴۸۵۱	۲۵۲۳	۲۱۸۰۰	۱۸۹۲۲	۴۵۰۰	۷۵۰۰

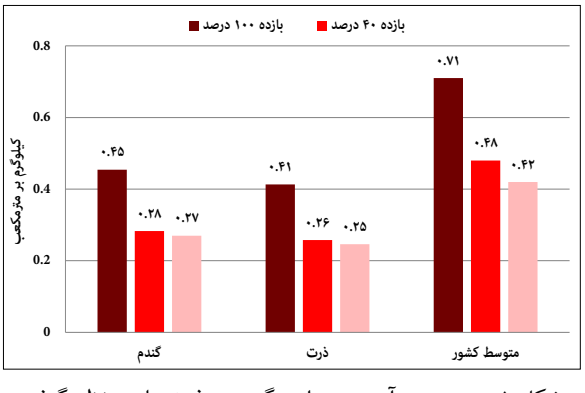
جدول (۲) مقدار آب مجازی مورد نیاز برای هر تن گندم و ذرت را در منطقه کوزران با بازده‌های مختلف نشان داده است. براساس آمار وزارت جهاد کشاورزی بازده آبیاری در کشور ۴۰ درصد است؛ با این حال FAO (۲۰۰۰) بازده آبیاری در ایران را معادل ۳۲ در صد اعلام کرده است که این مقدار یکی از کمترین بازده‌های آبیاری در سطح جهان است.

جدول ۲- مقدار آب مجازی در منطقه کوزران (مترمکعب بر تن) با در نظر گرفتن بازده‌های متفاوت در سال زراعی ۹۲- ۹۳

نوع محصول	بازده آبیاری (درصد)		
	۱۰۰	۴۰	۳۲
گندم	۲۲۰۲	۳۵۲۳	۳۶۹۹
ذرت	۲۴۱۷	۳۸۶۷	۴۰۶۰

مقدار بهره‌وری آب یکی از مهم‌ترین شاخص‌های بخش آب در کشاورزی است که باید توجه ویژه‌ای به آن داشت. بر همین اساس مقدار بهره‌وری آب در مزارع تولید گندم آبی و ذرت منطقه کوزران با احتساب بازده‌های آبی مورد نظر سازمان جهاد کشاورزی (آمارنامه کشاورزی، ۹۲-۹۱) و گزارش‌های سازمان خوار و بار جهانی (FAO، ۲۰۰۰) در شکل (۱) نشان داده شده است.

براساس آخرین اطلاعات آماری (آمارنامه کشاورزی،۹۲-۹۱) مقدار کل تولید محصولات مزارع آبی کشور ۶۱/۹ میلیون تن در سال زراعی ۹۲-۹۱ بوده است (جدول ۳). در این سال ۸۶ میلیارد مترمکعب آب در بخش فاریاب کشاورزی کشور برای تولید این مقدار محصول مصرف شده است که نشان می‌دهد مقدار بهره‌وری آب کشور در بخش کشاورزی ۰/۷۱ کیلوگرم بر متر مکعب بوده است. این رقم نشانگر بهره‌وری کم آب در زراعت غلات منطقه نسبت به متوسط کل بهره‌وری آب کشاورزی کشور و به عبارتی پایین بودن بهره‌وری آب منطقه در تولید گندم آبی و ذرت است (شکل ۱).

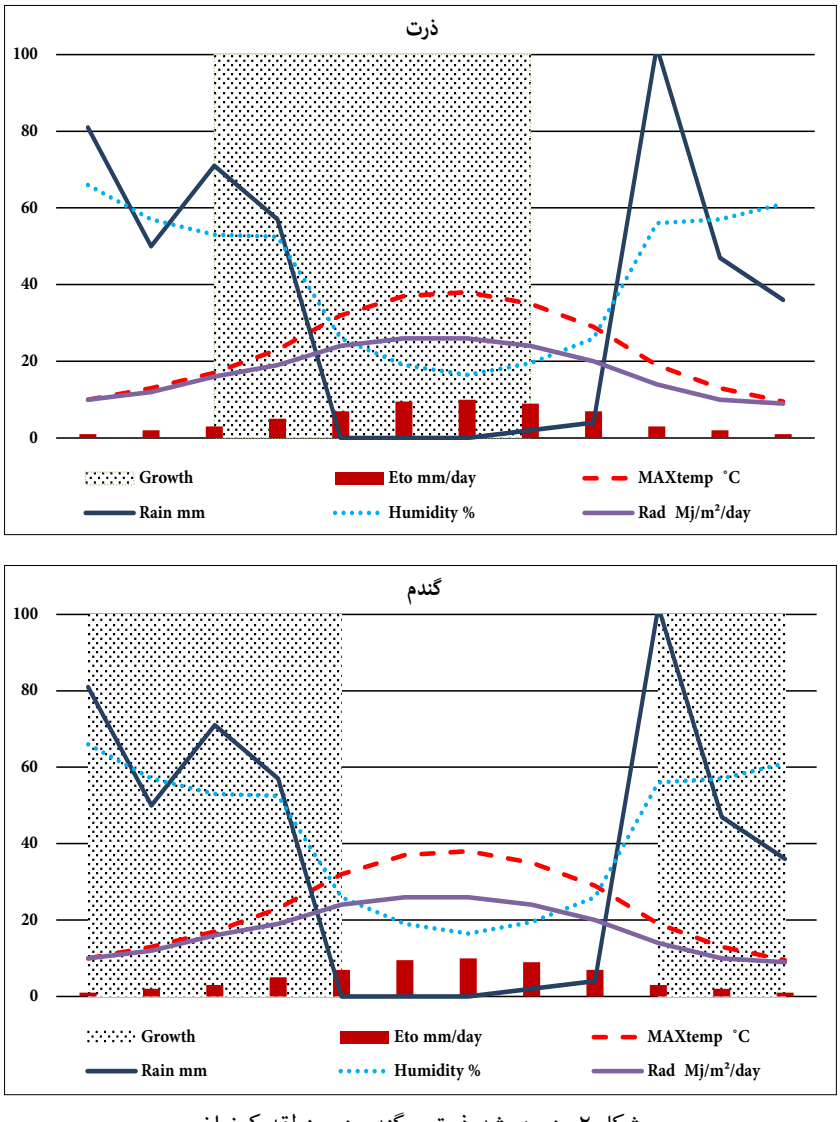


شکل ۱- بهره‌وری آب در مزارع گندم و ذرت با در نظر گرفتن بازده‌های متفاوت در منطقه کوزران و میانگین کشوری

جدول ۳- مقدار منابع آبی و تولید غلات آبی کشور در سال زراعی ۹۲-۹۱

شرح	مقادیر محاسباتی
کل منابع آب در دسترس (میلیارد متر مکعب در سال)	۱۳۰
کل منابع آب مصرف شده در بخش کشاورزی (میلیارد متر مکعب در سال)	۸۶
مقدار کل تولید مزارع آبی کشور (میلیون تن)	۶۱/۹
مقدار کل تولید غلات کشور (میلیون تن)	۱۶/۴
مقدار کل تولید غلات آبی کشور (میلیون تن)	۱۲/۶
مقدار کل گندم و ذرت کشور (میلیون تن)	۸/۶

با وجود اینکه ذرت به عنوان گیاه چهار کربنه از لحاظ فیزیولوژیک کارآیی مصرف آب بالاتری نسبت به گندم دارد اما بهره‌وری مصرف آب پایین‌تری را نشان داد (شکل ۱). دلیل اصلی کاهش بهره‌وری آب در ذرت می‌تواند مربوط به مساعد نبودن شرایط رشد این گیاه و همزمانی بخش وسیعی از دوره رشد آن با آب و هوای نامساعد (حداکثر تبخیر و تعرق و کاهش شدید بارندگی) در منطقه باشد. از سوی دیگر قرار گرفتن بخش بزرگی از دوره رشد گندم در آب هوای مناسب احتمالاً موجب بالارفتن بهره‌وری مصرف آب آن نسبت به گیاه ذرت شده است (شکل ۲). این موضوع نشان می‌دهد که در گزینش کشت این دو گیاه در منطقه بر اساس میزان بهره‌وری، اولویت با گندم است.



شکل ۲- دوره رشد ذرت و گندم در منطقه کوزران

قسمت هاشور زده دوره رشد گیاهان را نشان می‌دهد.

جدول (۴) رد پای اکولوژیک آب در سال زراعی ۹۲-۹۳ در منطقه کوزران را نمایش می‌دهد. با توجه به اینکه حدود ۲۰ درصد از کشاورزان در زمان کاشت از بذر تولیدی خود استفاده می‌کنند این مقدار از رد پای اکولوژیک آب خارجی کسر شد. همچنین منطقه کوزران اقدام به صادرات دوباره محصولات وارداتی خود ننموده است؛ لذا این مقدار در محاسبات صفر در نظر گرفته شد. منطقه کوزران تنها اقدام به ورود بذر نموده است که این بذر و آب مجازی موجود در آن در بخش کشاورزی همین منطقه مصرف شده و به مکان دیگری انتقال داده نشده است.

جدول ۴- رد پای اکولوژیک آب (مترمکعب در سال) در سامانه‌های گندم و ذرت منطقه کوزران سال زراعی ۹۲-۹۳

نوع گیاه	ردپای اکولوژیک آب (با بازده ۴۰ درصد)			سطح زیر کشت (هکتار)
	رد پای آب کل (مترمکعب)	ردپای آب خارجی (مترمکعب)	رد پای آب داخلی (مترمکعب)	
گندم	۷۲۷۳۳۰۴۱	۸۰۷۴۷۳	۷۱۹۲۵۵۶۸	۴۸۵۱
ذرت	۷۳۴۷۸۶۷۵	۳۰۷۳۰۱	۷۳۱۷۱۳۷۴	۲۵۲۳

نتیجه‌گیری

با توجه به ردپای اکولوژیک آب مصرفی در گندم آبی و ذرت منطقه، باید توجه داشت که نه تنها جلوگیری از اتلاف محصول تولید شده بلکه استفاده بهینه از آن نیز می‌تواند موجب صرفه‌جویی بیشتر در مصرف منابع به خصوص آب باشد. در واقع بر اساس یافته‌های این آزمایش، هر کیلوگرم دور ریز نان موجب اتلاف ۳۵۲۳ لیتر آب می‌گردد. همچنین تولید هر کیلوگرم محصول حجیم شده از ذرت تولیدی موجب مصرف ۴۰۶۰ لیتر آب خواهد شد. باید توجه داشت که در تولید محصولات زراعی عواملی مانند افزایش شاخص برداشت، کاربرد کم آبیاری، تنظیم تاریخ‌های کاشت و خاک‌ورزی برای کاهش تبخیر و افزایش نفوذ سطح مزرعه، استفاده دوباره آب با افزایش بهره‌وری موجب صرفه‌جویی در مصرف آب می‌شوند (اسدی و عقیلی، ۱۳۸۸). ذرت گیاهی چهار کربنه است و طبیعتاً باید از کارایی مصرف آب بالاتر و بهره‌وری بیشتری برخوردار باشد (مختاری و همکاران، ۱۳۹۲) درصورتیکه نتایج نشان دهنده عدم بهره وری بهینه در سامانه‌های تولید ذرت در منطقه کوزران است. بهره‌وری کمتر از نظر مصرف آب در سامانه‌های تولید ذرت نسبت به گندم نشان‌دهنده عدم تناسب کشت این گیاه با خصوصیات اقلیمی منطقه است.

این موضوع لزوم تغییر الگوی کاشت در منطقه را قوت می‌بخشد. چرا که مقدار بهره‌وری آب در سامانه‌های تولید گندم و ذرت منطقه از متوسط کشوری پایین‌تر است (شکل ۱) که می‌تواند به دلیل استفاده از روش‌های سنتی آبیاری با هدرروی بالای آبیاری و همچنین عدم سرمایه‌گذاری مناسب بخش کشاورزی در سامانه‌های روز آمد آبیاری در این منطقه باشد. بخش دولتی می‌تواند با ایجاد مشوق‌های مالی و یا ایجاد موانع در استفاده از چاه‌هایی که سیستم آبیاری بهینه ندارند، در تسریع روند تجهیز مزارع به تجهیزات آبیاری مدرن اقدام نماید.

پیشنهادات

- به طور کلی مدیریت منابع آبی شاید مهم‌ترین وظیفه برنامه‌ریزان کلان مملکتی برای سال‌های آینده باشد؛ زیرا پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۵ میلادی، ۵۰ تا ۶۰ درصد مردم جهان با تنش آبی و مشکلات ناشی از کم آبی مواجه شوند. کشور ایران هم که جزو کشورهای نیمه خشک است، از این قاعده مستثنی نیست (احسانی و همکاران، ۱۳۸۷). توجه ویژه به تجارت آب مجازی نیز می‌تواند از راهکارهای مناسب جهت مبارزه با پدیده کم آبی باشد (Lenzen و همکاران، ۲۰۱۲). در این خصوص منطقه کوزران می‌تواند مقداری از آب مورد نیاز خود را از طریق واردات محصولات کشاورزی از سایر مناطق بر طرف نماید. البته باید توجه نمود که آیا این روش می‌تواند زیست‌بوم منطقه را که در اثر استفاده بی‌رویه از چاه‌های کشاورزی دچار تنش خشکی شده است یاری کند یا خیر.

- با توجه به نتایج حاصل شده از این پژوهش، باید گفت که برآورد مقدار آب مجازی می‌تواند یکی از عوامل مناسب گزینش کشت‌های جایگزین در مناطق کشاورزی کشور باشد.

- نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که ادامه کشت گیاهان پرمصرفی چون ذرت دانه‌ای با توجه شرایط وخیم آبی منطقه جایز نیست و باید گیاهان جایگزین دیگری مانند زعفران (مجرد و فیروز زاده، ۱۳۹۳) در برنامه زراعی کشاورزان گنجانده شده و یا سرمایه‌گذاری بیشتری در جهت افزایش سطح زیر کشت گیاهانی مانند کلزا (امیدوار و همکاران، ۱۳۹۳) که نیاز آبی کمتری داشته و دوره رشد مناسبی دارند صورت پذیرد.

- کاهش تولید گندم آبی و ایجاد زیرساخت‌های لازم جهت آبیاری تکمیلی مزارع دیم می‌تواند راهکار دیگری برای کاهش فشار بر منابع آبی منطقه باشد. علاوه بر این اعمال برنامه‌های افزایش بازده آبیاری هم موجب کاهش فشار بر منابع آبی خواهد شد.

پی‌نوشت

1- Virtual Water
2- Tony Allan
3- Geopolitics
4- Ecological Water footprint
5- Internal and external water footprint
6- Blue water
7- Green water
8- Grey water
۹- منظور از سراب، چشمه‌های دایمی با دبی آب بالاست که می‌تواند دریاچه یا رودخانه دایمی ایجاد کند. مانند سراب روانسر و سراب نیلوفر که در باور محلی با واژه چشمه متفاوت است.
10- Top-down

منابع

احسانی، م.، خالدی، ه. و برقی، ی. ۱۳۸۷. مقدمه‌ای بر آب مجازی. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

اسدی، م. و عقیلی، ر. ۱۳۸۸. بهره‌وری مصرف آب محصولات زراعی گندم، برنج، پنبه و ذرت در اراضی آبی دنیا و مقایسه آن با ایران، دوازدهمین همایش آبیاری و زهکشی ایران. تهران، ایران.

امیدوار، ك.، مزیدی، ا. و دوست مرادی، س. ۱۳۹۳. امکان سنجی اقلیمی کشت کلزا در استان کرمانشاه. جغرافیا و توسعه، ۱۲(۳۵): ۹۷ - ۱۱۶.

دوست محمدی، م.، و ایزدپناه، ز. ۱۳۹۲. بررسی تغییرات میزان آب مجازی، میزان تولید، عملکرد، به ازای افزایش کارایی مصرف آب کشاورزی در گندم آبی و دیم. اولین همایش ملی بحران آب، دانشگاه آزاداسلامی واحد خوراسگان، ایران.

سالاری، س.، کاراندیش، ف. و درزی نفتچالی، ع. ۱۳۹۳. تحلیل مکانی و زمانی تغییرات آب مجازی گندم در استان سیستان و بلوچستان. فصلنامه علمی و پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، ۵(۱۸): ۸۱-۹۴.

سرایی، م. و زارعی، ع. ۱۳۸۹. بررسی پایداری منابع بوم‌شناختی با استفاده از شاخص جای‌پای بوم‌شناسی مورد ایران. مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۲(۴۱- ۱): ۹۷-۱۰۶.

عربی یزدی، ا.، علیزاده، ا. و محمدیان، ف. ۱۳۸۸. بررسی رد پای اکولوژیک آب در بخش کشاورزی ایران. نشریه آب و خاک، ۲۳(۴): ۱-۱۵.

مجرد، ف. و غفوری زاده، م. ۱۳۹۳. قابلیت اقلیمی کشت زعفران در استان‌های کرمانشاه و کردستان. تحقیقات جغرافیایی، ۲۹(۱۱۳): ۸۷ -۱۰۱.

مختاری، و. کوچکی، ع، نصیری محلاتی، م. جهان، م. ۱۳۹۲. مقایسه کارآیی مصرف آب بین چند گونه زراعی و دارویی. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۱۱(۳): ۴۰۱-۴۰۷.

مکنون، ر.، طاهرشمسی، ا. روزه‌گیر، ر. و نصیبی، م. ۱۳۹۰. آب مجازی آبی و بررسی اقلام مهم کشاورزی و جابجایی آن در ایران. چهارمین اجلاس مدیریت منابع آب ایران، تهران، ایران.

Allan J.A. 2003. Virtual water – the water, food, and trade nexus: useful concept or misleading metaphor? Water International, 28: 106–112.

Chapagain A.K., Hoekstra A.Y., Savenije H.H.G. and Gautam R. 2006. The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. Ecological Economics, 60: 186-203.

Dalin C., Suweis S., Konar M., Hanasaki N. and Rodriguez Iturbe I. 2012. Modeling past and future structure of the global virtual water trade network. Geophysical Research Letters, 39(24)

Fader M., Gerten D., Thammer M., Heinke J., Lotze-Campen H., Lucht W. and Cramer W. 2011. Internal and external green–blue agricultural water footprints of nations, and related water and land savings through trade. Hydrol. Hydrology and Earth System Sciences, 15(5): 1641-1660.

FAO. 2000. Iran (Islamic Republic of). Water Report. 34.

Finger R. 2013. More than the mean—a note on heterogeneity aspects in the assessment of water footprints. Ecological Indicators, 29: 145–147.

Hoekstra A.Y. 2003. Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, 12–13 December 2003, Netherlands.

Hoekstra A.Y., Chapagain A.K., Aldaya M.M. and Mekonnen M.M. 2009. Water footprint manual, State of the art, Water Footprint Network press, 129 pages.

Kijne J.W., Barker R. and Molden D. 2003. Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities

agement, 26(13): 3725-3742.

Rockström J. 2003. Water for food and nature in drought-prone tropics: vapor shift in rain-fed agriculture. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 358(1440): 1997–2009.

Van oel P.R., Mekonnen M.M. and Hoekstra A.Y. 2008. The external water footprint of the Netherlands: Quantification and impact assessment. UNESCO-IHE, Research Report Series, No. 33.

for Improvement. CAB International, Wallingford, UK.

Lenzen M., Bhaduri A., Moran D., Kanemoto K., Bekchanov M., Geschke A. and Foran B. 2012. The role of scarcity in global virtual water flows. Social Science Research Network, 169: 1436-9931.

Mekonnen M.M. and Hoekstra A.Y. 2010. Mitigating the water footprint of export cut flowers from the Lake Naivasha Basin, Kenya. Water Resources Man-