Archive of SID

تحلیل مکانی و زمانی تغییرات آب مجازی گندم در استان سیستان و بلوچستان

سمیرا سالاری[۱]، فاطمه کاراندیش[۲]، عبداله درزی نفت‌چالی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۶/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۱۵
مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد

چکیده

در این پژوهش، تغییرات مکانی و زمانی میزان آب مجازی گندم به‌عنوان یکی از محصولات استراتژیک استان سیستان و بلوچستان، بررسی شد. برای این منظور، از داده‌های ۱۲ ساله هواشناسی، عملکرد محصول، سطح زیرکشت و شیوه آبیاری استفاده شد. متوسط ۱۲ ساله آب مصرفی خالص برای تولید گندم در استان برابر ۳۰۳ میلیون مترمکعب بود که ۹/۲ درصد آن از طریق آب سبز تامین شد. میزان خالص آب مجازی بین مقادیر ۱/۵۹ (شهرستان خاش) تا ۶/۱۸ (شهرستان زابل) مترمکعب بر کیلوگرم متغیر بود و میانگین ۱۲ ساله آن در سطح استان برابر با ۳/۴۲ مترمکعب بر کیلوگرم به‌دست آمد. میانگین واردات و صادرات آب مجازی استان به‌ترتیب ۱۰۴۳ و ۴۳/۲ میلیون مترمکعب بود و شهرستان‌های زاهدان و زهک به ترتیب بزرگ‌ترین واردکننده و صادرکننده آب مجازی استان بودند. نتایج نشان داد که ۱۰ درصد کاهش تلفات آب در نتیجه‌ی بهبود راندمان آبیاری، می‌تواند با ۱۱/۷ درصد کاهش در میزان آب مصرفی برای تولید گندم، شاخص خودکفایی را ۱۸/۲ درصد افزایش و وابستگی به واردات آب مجازی به استان را تا ۳/۶۲ درصد کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: آب آبی، آب سبز، بهره‌وری آب آبیاری، شاخص کم‌آبی، عملکرد گندم.

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشگاه زابل، زابل، ایران. Email: Ssalari@ymail.com
[۲] استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه زابل، زابل، ایران (نویسنده مسئول)، تماس: ۰۹۱۲۶۷۵۳۹۰۱. Email: Karandish_h@yahoo.com F.karandish@uoz.ac.ir
[۳] استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. Email: abdullahdarzi@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

کشور ایران، با میانگین بارندگی سالانه حدود ۲۵۰ میلی‌متر، علی‌رغم داشتن یک درصد از کل جمعیت جهان، تنها ۰/۳۶ درصد از کل حجم آب قابل استحصال دنیا را در اختیار دارد (میرئی و فرشی، ۱۳۸۲). آمارها نشان می‌دهد که جمعیت کشور تا سال ۱۴۱۰، به بیش از ۱۰۰ میلیون نفر خواهد رسید. تامین غذای این جمعیت به بیش از ۱۵۰ میلیارد مترمکعب آب در سال نیاز خواهد داشت که این مقدار آب در کشور موجود نمی‌باشد (علیزاده و کشاورز، ۲۰۰۵). محدودیت منابع آب از یک‌سو و عدم توزیع یکنواخت آن در سطح کشور از سوی دیگر، امنیت غذایی کشور به‌ویژه در مناطق گرم و خشک را به معضلی مهم تبدیل نموده و لزوم اتخاذ تدابیر مدیریتی در راستای سازگاری با این کسری آب را مشهود می‌سازد. در این راستا، اصلاح الگوی مصرف آب در بخش کشاورزی، با سهم مصرف بیش از ۹۰ درصد از منابع آب شیرین کشور، نقش مهمی در نیل به اهداف مذکور خواهد داشت. این امر، مستلزم تعیین میزان واقعی مصرف آب محصولات کشاورزی می‌باشد. اصطلاح آب مجازی یا مفهوم میزان آب مصرفی طی فرآیند تولید یک کالا یا فرآورده کشاورزی، معیار مناسبی برای تعیین میزان مصرف واقعی آب محسوب شده و با استفاده از آن، میزان تقاضای واقعی آب یک کشور برآورد می‌شود. این مفهوم اولین بار در سال ۱۹۹۳ ارائه شد (آلن، ۱۹۹۳). منبع آب مجازی می‌تواند آب سبز (بخشی از تبخیر-تعرق که در طول فصل کشت مستقیما از بارندگی تامین می‌شود) یا آب آبی (بخشی از تبخیر-تعرق که از منابع آب سطحی یا زیرزمینی تامین می‌شود) باشد (هوکسترا و هونگ، ۲۰۰۲، چاپاگین و همکاران، ۲۰۰۶، روحانی و همکاران، ۱۳۸۷). با بیانی دیگر، چنانچه در طول فصل کشت، در محل مورد نظر، بارندگی اتفاق بیفتد، بارش موثر به‌صورت مستقیم در منطقه ریشه ذخیره شده و مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد که به آن آب سبز می‌گویند. این در حالی است که اگرچه منبع تامین آب آبی نیز بارش است، لکن از آنجایی‌که در فصل غیرکشت اتفاق افتاده است، لذا جهت استفاده از آن‌ها برای تامین نیاز آبی گیاه، باید برداشت آب از منابع آب سطحی و یا زیرزمینی در طول فصل کشت صورت بگیرد. به همین منظور این منبع آب، آب آبی نامیده می‌شود. تحلیل مکانی میزان آب مجازی محصولات مختلف با هدف شناخت بهترین الگوی کشت در یک منطقه از دیدگاه آب مجازی، ضمن فراهم نمودن زمینه استفاده بهینه از منابع و ظرفیت‌های موجود، موجب کاهش مصرف آب از یک‌سو و افزایش میزان تولید محصولات کشاورزی از سویی دیگر می‌شود. بررسی‌ها نشان داد که تولید محصولات مورد نیاز کشورهای واردکننده طی سال‌های ۲۰۰۱-۱۹۹۷ نیازمند ۱۶۰۵ کیلومتر مکعب آب بوده و تولید آن به‌واسطه تجارت آب مجازی باعث کاهش این مقدار به ۱۲۵۳ کیلومتر مکعب و صرفه‌جویی ۳۵۲ کیلومتر مکعب آب خواهد شد (چاپاگین و همکاران، ۲۰۰۶). ایران در دوره زمانی ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۹ میلادی با ۲۹/۱ میلیارد متر مکعب واردات خالص آب مجازی در رتبه نوزدهم واردکنندگان آب مجازی و با صادرات ۵ میلیارد مترمکعب آب مجازی در رتبه ۵۵ جهان طی سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۲ میلادی قرار داشت (هوکسترا و هونگ، ۲۰۰۲). نتایج تحقیقی روی برخی محصولات مهم ایران نشان داد که غلات، حبوبات، خشکبار و دانه‌های روغنی بر اساس میزان آب مجازی برآورد شده آن‌ها، محصولاتی پرمصرف و میوه‌ها، سبزی‌ها و محصولات صنعتی، محصولاتی کم‌مصرف می‌باشند (روحانی و همکاران، ۱۳۸۷). با تعیین ردپای آب برخی از محصولات مهم کشاورزی در دنیا معلوم شد که برنج و گندم با مصرف ۱۳۵۹ و ۷۶۷ گیگامترمکعب به ترتیب در رتبه‌های اول و دوم از نظر شدت مصرف آب قرار دارند (چاپاگین و همکاران، ۲۰۰۶).

بررسی ردپای اکولوژیک آب در ایران نشان داد که کشور ایران با واردات خالص آب مجازی و کسر صادرات آب مجازی خالص و ناخالص (با در نظر

www.SID.ir

Archive of SID

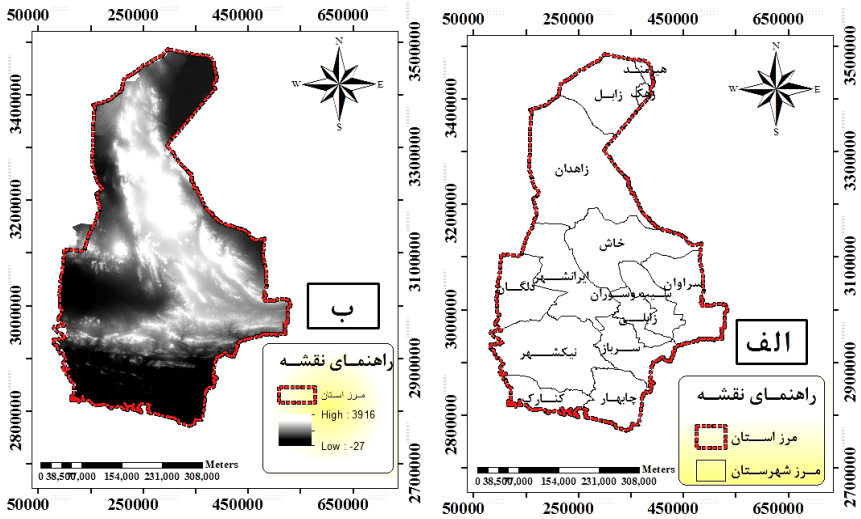
گرفتن راندمان آبیاری ۶۰ درصد)، به ترتیب ۱۲ و ۲۰ میلیارد مترمکعب از منابع آب داخلی خود را ذخیره کرد (عربی‌یزدی و همکاران، ۱۳۸۸). نقش مدیریت صحیح دولتی آب آبی در مرتفع نمودن مشکلات کم‌آبی و کاهش هزینه تولید محصولات کشاورزی در کشورهایی با سهم آب مجازی بالا، در پژوهشی گزارش شد (نیک‌نژاد، ۱۳۸۸). همچنین جایگزین نمودن برخی محصولات با آب مجازی بالا با محصولاتی با ارزش افزوده آب بیشتر متناسب با وضعیت اقلیمی، به‌عنوان راهکاری اساسی برای افزایش تجارت آب مجازی استان گلستان ارایه شد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۰). ارزیابی وضعیت کشاورزی استان هرمزگان نشان داد که کل واردات و صادرات آب مجازی استان به‌ترتیب ۱۲۸۴/۳ و ۱۱۳۱/۱ میلیون مترمکعب در سال بود و سهم بخش زراعی، باغی و دامی از واردات آب مجازی به ترتیب ۶۱/۴، ۱۰و ۲۸/۶ درصد و از صادرات آب مجازی به ترتیب ۳۵/۳، ۵۹/۲۰ و ۵/۵ درصد به دست آمد (بابازاده و سرائی تبریزی، ۱۳۹۱).

در غالب تحقیقات مذکور، تنها وضعیت میزان آب مجازی و تجارت آن در مناطق مختلف بررسی شد. با استفاده از مفهوم آب مجازی می‌توان مناطق مختلف را از نظر کشت یک محصول، با هدف رسیدن به کم-ترین میزان آب مجازی، اولویت‌بندی نمود که این موضوع تاکنون مورد توجه قرار نگرفته است. با توجه به اهمیت این موضوع به‌ویژه برای مناطق گرم و خشک ایران که بخش اعظم نیاز آبی گیاهان از طریق آبیاری تامین می‌شود، در این پژوهش، ، بخش‌های مختلف استان سیستان و بلوچستان براساس میزان آب مجازی گندم به‌عنوان یکی از محصولات مهم کشور، اولویت‌بندی شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعه و شرایط اقلیمی

استان سیستان و بلوچستان در محدوده جغرافیایی ۲۵ درجه و ۳ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۹ دقیقه عرض شمالی و ۵۸ درجه و ۴۹ دقیقه تا ۶۳ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی قرار داشته و با وسعتی معادل ۱۸۱۷۸۵ کیلومترمربع، پهناورترین استان کشور می‌باشد (شکل ۱-الف). پهنه ارتفاعی این استان بین ۲۷- تا ۳۹۱۶ متر قرار دارد (شکل ۱).



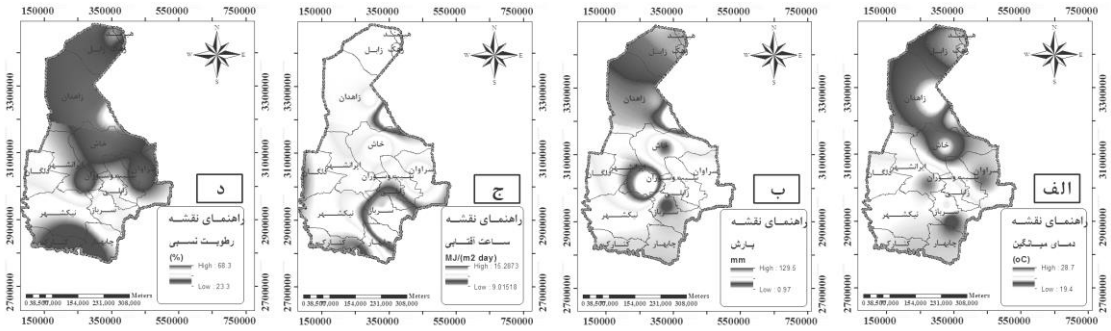
شکل (۱): محدوده استان سیستان و بلوچستان و شهرستان‌های موجود (الف) و مدل رقومی ارتفاعی منطقه (ب)

www.SID.ir

Archive of SID

این استان با میانگین بارندگی سالانه ۵۰ میلی‌متر در شمال استان (بخش سیستان) و ۱۰۰ میلی‌متر در جنوب آن (بخش بلوچستان) و متوسط کل ۷۰ میلی‌متر ازجمله مناطق خشک ایران بوده و از نظر طبقه‌بندی اقلیمی کوپن، دارای اقلیم بیابانی می‌باشد. میانگین بلندمدت دمای حداقل و حداکثر سالانه در اغلب شهرهای استان به ترتیب ۱۲ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد بوده و میزان حداکثر دما در تابستان در برخی شهرها همچون ایرانشهر و زابل اغلب به بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد نیز می‌رسد. گندم از جمله محصولات مهم استان بوده و در اغلب شهرهای آن به‌صورت آبی کشت می‌شود.

بررسی پراکنش مکانی میانگین متوسط دمای سالانه، رطوبت نسبی، تابش و میزان بارندگی در طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۰ در شکل (۲) نشان می‌دهد که در مجموع، متوسط ۱۲ ساله دما در سطح استان برابر با ۲۴/۶ درجه سانتی‌گراد بود و به‌طور تقریبی ۷/۹۸ درصد کمتر از مقدار متوسط ۵۰ ساله آن بود. گرم‌ترین و سردترین مناطق استان طی این سال‌ها به‌ترتیب شهرستان‌های سرباز و زاهدان با متوسط درجه حرارت ۲۸/۷ و ۱۹/۵ درجه سانتی‌گراد و میانگین رطوبت نسبی ۳۶/۴ و ۲۹/۲ درصد بود. شهرستان‌های سرباز و چابهار به ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین سهم تابش دریافتی را داشتند. مقدار متوسط ۱۲ ساله بارش در سطح استان برابر با ۷۵/۵ میلی‌متر (۷/۹ درصد بیشتر از میانگین ۵۰ ساله) بود و کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار آن به ترتیب در شهرستان‌های ایرانشهر و نیک‌شهر رخ داد.



شکل (۲): پراکنش مکانی مقادیر (الف) متوسط دمای میانگین سالانه، (ب) بارش، (ج) تابش و (د) رطوبت نسبی در دوره مطالعه

جمع‌آوری داده‌ها و انجام محاسبات

آمار هواشناسی کلیه ایستگاه‌های هواشناسی استان از سازمان هواشناسی استان سیستان و بلوچستان و اطلاعات مربوط به میزان عملکرد، سطح زیرکشت، شیوه آبیاری و تقویم کشت گندم از سازمان جهاد کشاورزی استان سیستان و بلوچستان به تفکیک هر شهرستان برای بازه زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۱ جمع‌آوری شد. میزان تبخیر-تعرق مراحل مختلف رشد گندم با استفاده از نرم‌افزار CROPWAT برای کل دوره آماری برآورد شد. این برنامه قادر است با دریافت اطلاعات هواشناسی، خاک، ضرایب گیاهی و اطلاعات مربوط به تقویم گیاه موردنظر بر اساس بیلان رطوبت موجود در خاک، میزان نیاز آبی گیاه را در طول فصل کشت محاسبه کند. سپس، میزان آب مجازی گندم به‌وسیله رابطه (۱) محاسبه شد (هوکسترا و هونگ، ۲۰۰۲):

$$VWCc = \frac{CWRc}{Tpc} \qquad (۱)$$

در این رابطه، VWCc میزان آب مجازی گیاه (متر مکعب آب به ازای هر کیلوگرم محصول)، CWRc میزان

www.SID.ir

Archive of SID

آب مورد نیاز گیاه موردنظر (مترمکعب در هکتار) و Tpc متوسط عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار) می‌باشد. همچنین، شاخص بهره‌وری آب به‌صورت معکوس میزان آب مجازی محاسبه شد. از رابطه (۲) برای محاسبه شاخص شدت مصرف آب در بخش کشاورزی استفاده شد (احسانی و همکاران، ۱۳۸۷):

$$WI = \frac{AWU}{TWU} \qquad (۲)$$

که در این رابطه، WI شاخص شدت مصرف آب (درصد)، AWU کل مصارف آبی در بخش کشاورزی و TWU کل منابع آب موجود استان بر حسب میلیون مترمکعب در سال می‌باشد. شدت مصرف آب در تولید گندم نیز از تقسیم میزان آب مصرفی در تولید گندم (WUw) به کل آب اختصاص یافته به بخش کشاورزی برآورد شد. میزان شاخص وابستگی به واردات آب مجازی (WD) و شاخص خودکفایی گندم (WSS) در سطح استان به ترتیب با استفاده از روابط (۳) و (۴) به‌دست آمد (هوکسترا و هونگ، ۲۰۰۲):

(۳)

$$\begin{cases} WD = \dfrac{NVWI}{NVWI + WUw} \times 100 \ldots\ldots if NVWI > 0 \\ WD = 0 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots if NVWI \le 0 \end{cases}$$

$$WSS = 100 - WD \qquad (۴)$$

که در این رابطه‌ها، NVWI میزان خالص واردات آب مجازی (تراز خالص آب مجازی) می‌باشد که از تفاضل واردات و صادرات آب مجازی تعیین می‌شود. براساس محاسبات انجام شده، روند تغییرات آب مجازی و شاخص بهره‌وری آب کشاورزی در طول دوره آماری بررسی و سال‌های بحرانی مشخص شد. همچنین، با تهیه نقشه‌های تغییرپذیری مکانی در محیط GIS، مناطق با مشکلات حاد شناسایی و اولویت‌بندی آن‌ها از نظر میزان آب مجازی و بهره‌وری آب کشاورزی در سال‌های منتخب صورت گرفت.

نتایج و بحث

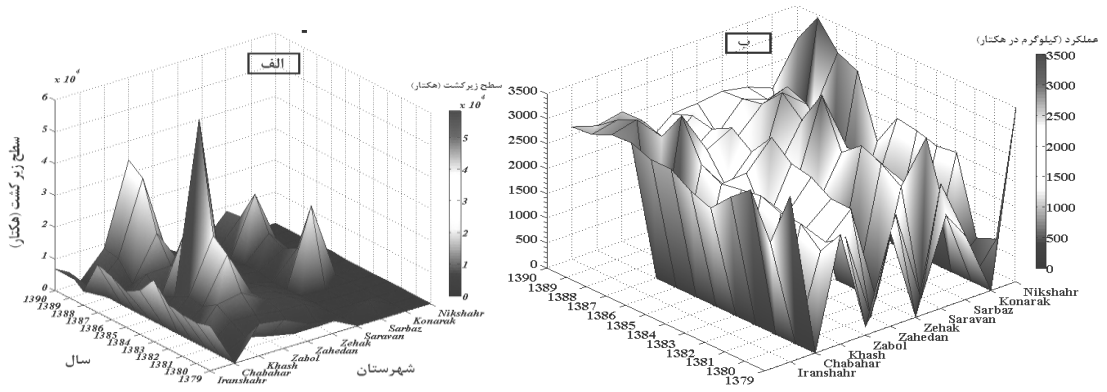
سطح زیرکشت، عملکرد و نیاز آبی خالص گندم

کم‌ترین و بیش‌ترین سطح زیرکشت گندم استان در سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۰ به‌ترتیب ۲۱۷۷۱ هکتار (سال ۱۳۸۰) و ۸۷۲۷۲ هکتار (سال ۱۳۸۵) بود. در تمامی سال‌ها، به‌طور متوسط حدود دو سوم سطح زیرکشت گندم به سه شهرستان ایرانشهر، زابل و زهک اختصاص داشت (شکل ۳-الف). همچنین، به طور متوسط، بالاترین سطح زیرکشت گندم (۳۷ درصد از کل سطح زیرکشت) مربوط به شهرستان زابل بود. این شهرستان با متوسط عملکرد ۱۲ ساله ۱۶۳۰/۸ کیلوگرم در هکتار، بیشترین سهم را در تولید سالانه گندم در استان داشت (شکل ۳-ب). شهرستان‌های ایرانشهر و زهک نیز به ترتیب با داشتن متوسط عملکرد ۲۷۳۰ و ۱۱۳۰ کیلوگرم در هکتار و متوسط سطح زیرکشت ۱۹۸۰۳ و ۷۱۷۸ هکتار، به ترتیب دومین و سومین تولید کننده گندم استان بودند. شهرستان کنارک با سطحی کمتر از یک درصد از کل سطح زیرکشت گندم استان و متوسط عملکرد ۱۵۳۲ کیلوگرم در هکتار، کمترین گندم استان را تولید نمود. شکل ۴-الف متوسط ۱۲ ساله نیاز آبی خالص گندم (NWR)[1] در هر شهرستان را طی دوره مطالعه نشان می‌دهد. کم‌ترین و بیش‌ترین میزان NWR به ترتیب مربوط به شهرستان‌های خاش (۳۵۵ میلی‌متر) و نیکشهر (۷۵۲ میلی‌متر) بود. به جز شهرستان‌های زهک، خاش و سرباز، میزان NWR در باقی مناطق استان بالاتر از مقدار میانگین ۱۲ ساله استان (۵۸۲ میلی‌متر) بود. بر اساس شکل ۴-ب، در بخش اعظم استان به جز شهرستان‌های زابل و سراوان، تعداد سال‌های با نیاز آبی خالص کم‌تر از میانگین در هر شهرستان، بین ۱۶ تا ۶۶ درصد بیشتر از تعداد سال‌های با نیاز آبی خالص بیش‌تر از مقدار میانگین برای گندم بود.

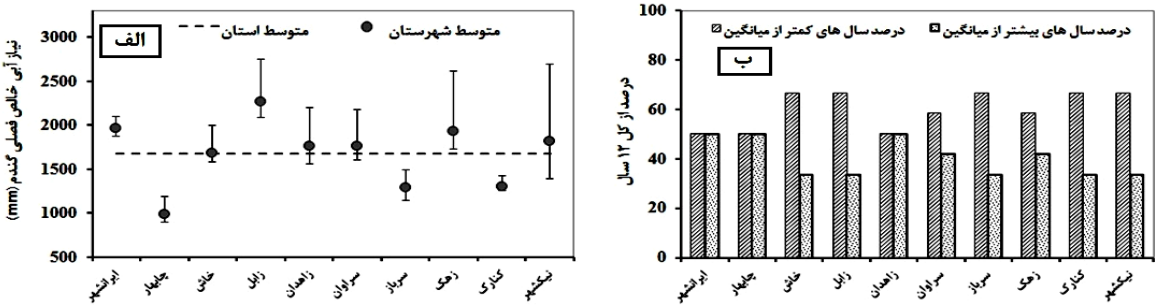
[1] . Net water requirement (NWR)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۳): (الف) سطح زیر کشت و (ب) مجموع عملکرد گندم در شهرستان‌های مختلف در بازه زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۰



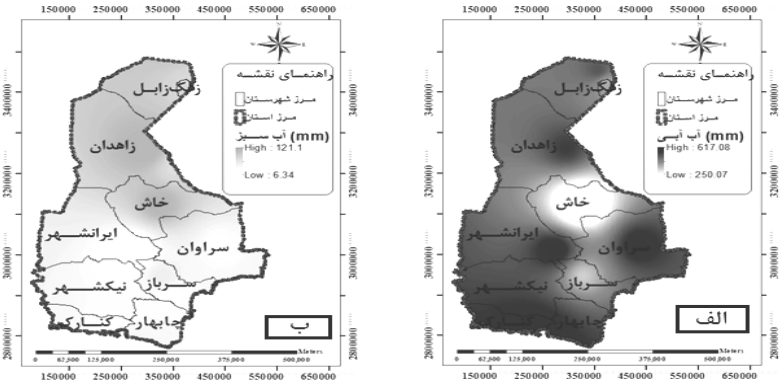
شکل (۴): (الف) متوسط نیاز آبی خالص گندم در شهرستان‌های مختلف و (ب) درصد سال‌های با نیاز آبی بیشتر و کمتر از میانگین شهرستان طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۰

آب سبز، آب آبی و آب مجازی

آب سبز بر اساس روش USDA در محیط CROPWAT محاسبه شد. در این روش، آب سبز حداقل مقدار بین میزان تبخیر-تعرق واقعی گیاه و بارش موثر می‌باشد. لکن از آنجایی به دلیل اقلیم خشک منطقه مطالعاتی، در تمام فصل کشت، میزان بارش از نیاز آب گیاه کم‌تر بود، لذا آب سبز همان بارش موثر در نظر گرفته شد. آب سبز سهم ناچیزی در فرایند تولید گندم در مناطق مختلف استان داشت (شکل ۵-ب). از مجموع ۳۰۳ میلیون متر مکعب آب خالص مصرفی در تولید گندم در استان (میانگین ۱۲ ساله)، حدود ۹/۲ درصد به‌وسیله آب سبز (۳۰/۱ میلیون متر مکعب) و ۹۰/۸ درصد از طریق آبیاری (آب آبی) تامین شد (شکل ۵-الف). میزان آب سبز در سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۰ به ترتیب با مقادیر ۹۰/۶ (۳۰/۶ درصد از کل آب خالص مصرفی) و ۴/۹ (۱/۸ درصد از کل آب خالص مصرفی) میلیون متر مکعب رتبه‌های اول و آخر را در سهم آب سبز دریافتی در سال‌های مورد بررسی به خود اختصاص دادند. همچنین، کم‌ترین و بیش‌ترین سهم آب سبز دریافتی کشت گندم به شهرستان‌های زهک (۵/۷ درصد از متوسط ۱۲ ساله ۵۷/۴ میلیون متر مکعب آب خالص مصرفی در شهرستان) و خاش (۲۵/۱ درصد از متوسط ۱۲ ساله ۲۲/۶۷ میلیون متر مکعب آب خالص مصرفی در شهرستان) اختصاص داشت.

www.SID.ir

Archive of SID



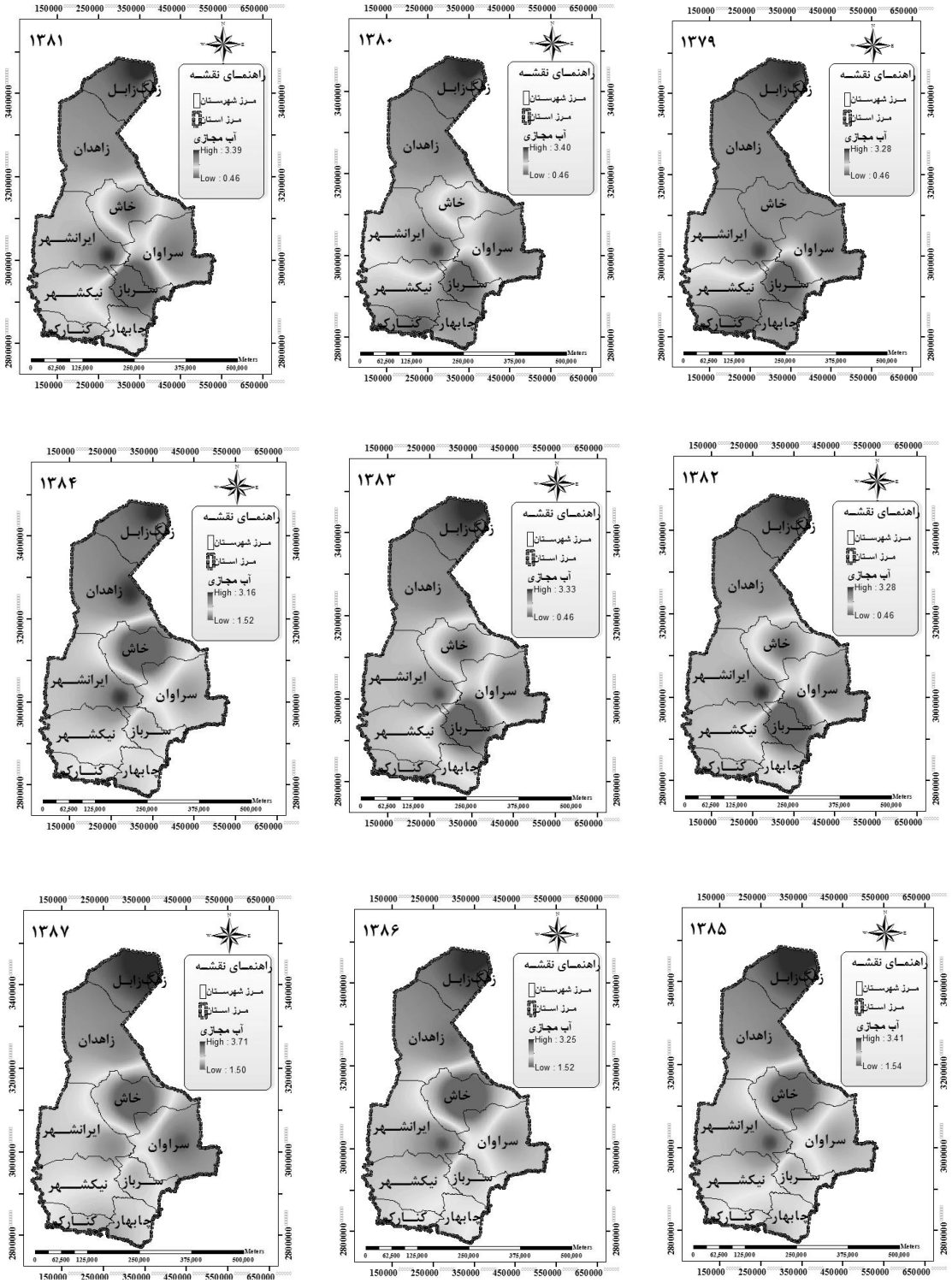
شکل (۵): (الف) میزان متوسط آب خالص آبی و (ب) آب خالص سبز گندم طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۰

میانگین ۱۲ ساله مجموع آب آبی خالص مصرفی در فرایند تولید گندم در سطح استان برابر با ۵۳۱ میلی‌متر بود و میزان آب آبی در نواحی جنوبی استان کم‌تر و در نواحی شمالی و مرکزی آن بیش‌تر از این مقدار بود. با احتساب راندمان آبیاری ۳۸ درصد برای آبیاری گندم در سطح استان، عمق ناخالص آبیاری (آب آبی) گندم بین ۹۶۰ (سال ۱۳۹۰) تا ۱۶۱۳ (سال ۱۳۷۹) میلی‌متر متغیر خواهد بود که بر اساس گزارشات جهاد کشاورزی در سال ۹۰ به میزان ۵۲/۱ (سال ۱۳۷۹) تا ۴۰/۶ (سال ۱۳۹۰) درصد کم‌آبیاری در بازه زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۰ لحاظ شد.

میانگین مکانی وزنی آب مجازی در سطح استان بین ۲/۴۸ (سال ۱۳۸۵) تا ۹/۲۶ (سال ۱۳۷۹) مترمکعب بر کیلوگرم متغیر بود و میانگین ۱۲ ساله آن برابر با ۳/۴۲ مترمکعب بر کیلوگرم بود (شکل ۶). ۱۷۰ درصد افزایش در میزان آب مجازی در سال ۱۳۷۹ در مقایسه با میانگین ۱۲ ساله آن را می‌توان به عملکرد پایین گندم در شهرستان زابل (۱۶۴ کیلوگرم در هکتار) و سطح زیرکشت وسیع آن (۸۸۹۴ هکتار، ۲۱ درصد از کل سطح زیرکشت) در این سال نسبت داد. این تاثیر تا به حدی است که با حذف سال ۱۳۷۹ از محاسبات، میانگین ۱۱ ساله آب مجازی خالص طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰، ۱۶/۶ درصد کمتر (۲/۸۶ مترمکعب بر کیلوگرم) از میانگین ۱۲ ساله آن می‌شود. دلیل این امر را می‌توان در عوامل موثر بر میزان آب مجازی جست. آب مجازی محصولات کشاورزی متاثر از نیاز آبی و عملکرد محصول می‌باشد که خود به شرایط اقلیمی و محل کشت وابسته است (عربی‌یزدی و همکاران، ۱۳۸۸). نتایج این پژوهش نیز وجود یک رابطه خطی بین میزان نیاز آبی خالص فصلی گندم و میزان آب مجازی را با ضریب تبیین ۷۹ درصد نشان می‌دهد. لذا، با لحاظ هر دو عامل نیاز آبی و عملکرد، نتایج اولویت‌بندی استان بر حسب آب مجازی خالص نشان داد که اولویت‌های اول تا سوم کاشت گندم به ترتیب متعلق به شهرستان‌های خاش (۱/۵۹)، سرباز (۱/۷۴) و چابهار (۲/۴۲ مترمکعب در کیلوگرم) می‌باشد. با لحاظ راندمان آبیاری ۳۸ درصد در سطح استان، برای تولید هر کیلوگرم گندم در این شهرستان‌ها، به ترتیب ۴/۱۸، ۳/۶۱ و ۳/۸۷ مترمکعب آب مورد نیاز می‌باشد. شهرستان زابل نیز با میانگین ۱۲ ساله آب مجازی خالص ۶/۲۸ مترمکعب بر کیلوگرم در آخرین اولویت کشت گندم (رتبه دهم) قرار دارد. با این وجود، بر حسب میانگین ۱۱ ساله، شهرستان‌های کنارک و نیک‌شهر به ترتیب با داشتن میانگین آب مجازی خالص ۱۱ ساله ۵/۳ و ۴/۳ مترمکعب بر کیلوگرم، در الویت‌های دهم و نهم کشت گندم قرار داشته و زابل (۳/۴ مترمکعب بر کیلوگرم) در رتبه هشتم قرار دارد.

www.SID.ir

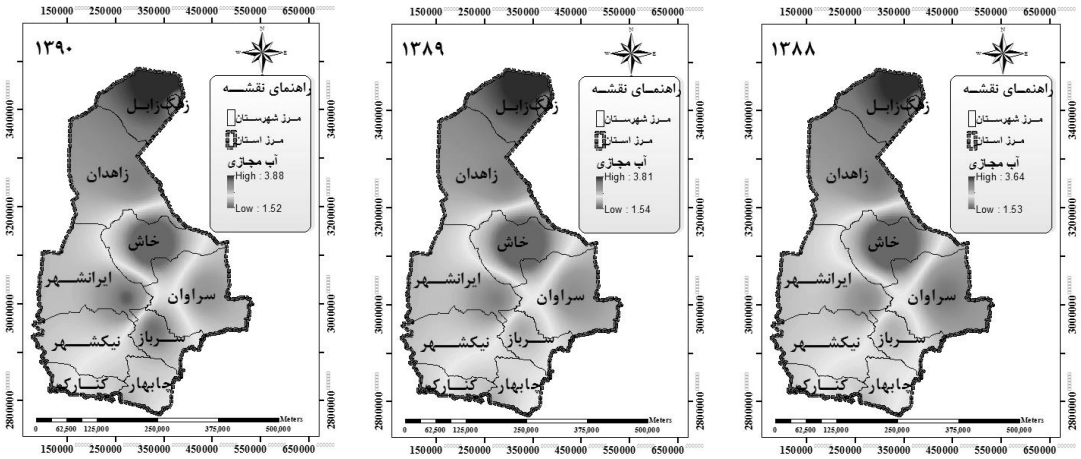
Archive of SID



شکل (۶): پراکنش مکانی آب مجازی خالص (کیلوگرم بر مترمکعب) در سطح استان

www.SID.ir

Archive of SID



ادامه شکل (۶): پراکنش مکانی آب مجازی خالص (کیلوگرم بر مترمکعب) در سطح استان

با لحاظ استاندارد جهانی یک متر مکعب برای تولید هر کیلوگرم محصول و لحاظ راندمان آبیاری ۳۸ درصد، تقریبا تمام مناطق استان دارای میزان آب مجازی ناخالص بالاتر از حد استاندارد در تمام سال‌های مورد بررسی بودند (شکل ۶). مقدار آب مجازی خالص گندم در برخی کشورهای مهم تولیدکننده از جمله استرالیا، برزیل، چین، فرانسه، هند، ایران، اندونزی، ایتالیا، ژاپن، روسیه، انگلیس و امریکا بین ۰/۵ تا ۳ مترمکعب بر کیلوگرم (با میانگین جهانی ۱/۵ مترمکعب بر کیلوگرم) گزارش شد. همچنین، متوسط آب مجازی خالص گندم در ایران (۳ مترمکعب بر کیلوگرم) تقریبا ۲ برابر متوسط جهانی آن می‌باشد (محمدی و تعالی‌مقدم، ۱۳۹۰). نتایج پژوهش‌های انجام شده در ایران، استان سیستان و بلوچستان را در سال ۱۳۸۵ از جمله مناطق با آب مجازی بالاتر از حد استاندارد برای تولید گندم نسبت به سایر مناطق ایران معرفی می‌کند (عربی‌یزدی و همکاران، ۱۳۸۸). همچنین، نتایج بررسی ردپای آب محصولات مختلف زراعی حاکی از آب‌بر بودن گندم در مقایسه با سایر محصولات زراعی می‌باشد (هوکسترا، ۲۰۰۳). در پژوهشی دیگر نیز گندم، بعد از برنج در رتبه دوم از نظر شدت مصرف آب قرار گرفت (چاپاگین و همکاران، ۲۰۰۶). یکی از مهم‌ترین دلایل بالا بودن میزان آب مجازی ناخالص در استان را می‌توان به پایین بودن توان تولید گندم به دلیل کم-آبیاری‌های موجود نسبت داد. کاهش سطح آبیاری، ضمن کاهش میزان تبخیر-تعرق گیاه، تاثیر منفی بر شاخص‌های رشد موثر بر میزان فتوسنتز گیاه گذاشته و در نهایت زمینه کاهش عملکرد محصول را فراهم می‌آورد (کلوکه و همکاران، ۲۰۰۴، پایرو و همکاران، ۲۰۰۶ و ۲۰۰۹). تلفات بالای آبیاری در سیستم آبیاری سطحی نیز با فراهم نمودن زمینه افزایش حجم آب مصرفی در فرایند تولید محصول، از جمله عوامل مهم در افزایش میزان آب‌مجازی ناخالص می‌باشد. با بیانی دیگر، به ازای هر ۱۰ درصد افزایش راندمان آبیاری، شاخص بهره‌وری آب آبی به میزان ۲۶/۳ درصد افزایش یافته و باعث ۱۱/۷ درصد صرفه‌جویی آب مصرفی در فرایند تولید محصول می‌شود. این مساله، ضمن تاثیر مستقیم بر کاهش آب مجازی به دلیل کاهش حجم آب مصرفی، با از بین بردن تبعات منفی کم‌آبیاری و افزایش عملکرد، می‌تواند باعث بهبود مضاعف آب مجازی و در نتیجه، کاهش فشار بر منابع آبی استان شود.

تجارت آب مجازی

میانگین ۱۲ ساله صادرات، واردات و تراز آب مجازی خالص (بدون لحاظ راندمان آبیاری) در سطح

www.SID.ir

Archive of SID

استان با درنظر گرفتن سرانه مصرف ۱۵۸/۱ کیلوگرم گندم در سال به ترتیب برابر ۸۴۰/۳، ۳۴/۸ و ۸۰۵/۵ میلیون متر مکعب بود. جدول ۱ تراز آب مجازی استان در سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۰ را نشان می‌دهد. با احتساب راندمان آبیاری ۳۸ درصد، بیش‌ترین میزان صادرات آب مجازی در سال ۱۳۸۵ و برابر ۴۸۶/۵ میلیون متر مکعب بوده و در سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۸۱، ۱۳۸۲، ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ هیچگونه صادرات آب مجازی وجود نداشت. همچنین میزان واردات آب مجازی ناخالص با راندمان آبیاری ۳۸ درصد در سال‌های ۱۳۷۹ (حداکثر) و ۱۳۸۰ (حداقل) به ترتیب ۱۸۱ درصد بیش‌تر و ۵۰/۳ درصد کمتر از میانگین ۱۲ ساله واردات آب مجازی ناخالص (۲۱۱۹/۶ میلیون متر مکعب) استان بود. بررسی پراکنش مکانی آب مجازی در استان نشان داد که شهرستان‌های زاهدان، زابل و نیک‌شهر مهم‌ترین مناطق واردکننده آب مجازی بوده و با مقدار متوسط ۱۲ ساله ۲۴۵/۴ (۲۹/۲ درصد)، ۲۲۲/۵ (۲۶/۵ درصد) و ۱۳۲/۴ (۱۵/۸ درصد از کل واردات آب مجازی استان) میلیون متر مکعب واردات آب مجازی خالص به‌ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم قرار دارند. بر اساس اطلاعات سال ۱۳۹۰، هر واحد افزایش عملکرد گندم در نتیجه‌ی کاهش سطوح کم-آبیاری در هر یک از این سه شهرستان می‌تواند سالانه به ترتیب ۱۲/۴، ۱۰۶/۱ و ۰/۲۷ هزار متر مکعب از واردات آب مجازی خالص (بدون لحاظ راندمان) به استان را بکاهد.

تقریبا ۹۸/۶ درصد از کل صادرات آب مجازی استان مربوط به دو شهرستان زابل و زهک بود که متوسط ۱۲ ساله آن کمتر از ۴ درصد میزان واردات به استان می‌باشد. با این وجود، شهرستان زهک با داشتن متوسط ۱۲ ساله صادرات و واردات خالص آب مجازی به ترتیب ۱۴/۹ و ۲/۵ میلیون متر مکعب، دارای تراز آب مجازی منفی بوده و کمترین سهم را در وارد نمودن آب مجازی به استان داشتند. بر اساس اطلاعات سال ۱۳۹۰، با در نظر گرفتن ۷۵۴۱۹ نفر جمعیت در شهرستان زهک و عملکرد ۲۲۳۵ کیلوگرم در هکتار، سطح زیرکشت برابر با ۸۵۰۰ هکتار و آب مجازی ۱/۸۷ مترمکعب بر کیلوگرم، به ازای هر هکتار افزایش سطح زیرکشت، میزان صادرات آب مجازی خالص به اندازه ۴۱۷۹/۴ متر مکعب افزایش خواهد یافت.

جدول (۱): وضعیت تجارت آب مجازی گندم در استان سیستان و بلوچستان طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۰

سال	ناخالص (با راندمان ۳۸ درصد)			خالص (بدون لحاظ راندمان)		
	صادرات	واردات	تراز تجارت	صادرات	واردات	تراز تجارت
۱۳۷۹	۱۱/۴	۵۹۶۹/۰	۵۹۵۷/۶	۴/۳۳	۲۲۶۸/۲۲	۲۲۶۳/۸۹
۱۳۸۰	۰/۰	۱۰۵۲/۶	۱۰۵۲/۶	۰/۰	۳۹۹/۹۹	۳۹۹/۹۹
۱۳۸۱	۰/۰	۲۸۹۷/۰	۲۸۹۷/۰	۰/۰	۱۱۰۰/۸۶	۱۱۰۰/۸۶
۱۳۸۲	۰/۰	۱۸۹۸/۴	۱۸۹۸/۴	۰/۰	۷۲۱/۳۹	۷۲۱/۳۹
۱۳۸۳	۳/۶	۱۳۷۴/۴	۱۳۷۰/۸	۱/۳۷	۵۲۲/۲۷	۵۲۰/۹۰
۱۳۸۴	۲۱۱/۹	۱۹۳۹/۱	۱۷۲۷/۲	۸۰/۵۲	۷۳۶/۸۶	۶۵۶/۳۴
۱۳۸۵	۴۸۶/۵	۱۷۴۱/۱	۱۲۵۴/۶	۱۸۴/۸۷	۶۶۱/۶۲	۴۷۶/۷۵
۱۳۸۶	۰/۰	۲۰۱۶/۱	۲۰۱۶/۱	۰/۰	۷۶۶/۱۲	۷۶۶/۱۲
۱۳۸۷	۰/۰	۱۶۲۲/۴	۱۶۲۲/۴	۰/۰	۶۱۶/۵۱	۶۱۶/۵۱
۱۳۸۸	۱۸۱/۴	۲۴۱۲/۲	۲۲۳۰/۸	۶۸/۹۳	۹۱۶/۶۴	۸۷۴/۷۰
۱۳۸۹	۸۹/۰	۱۸۲۶/۸	۱۷۳۷/۸	۳۳/۸۲	۶۹۴/۱۸	۶۶۰/۳۶
۱۳۹۰	۱۱۶/۳	۱۷۵۸/۹	۱۶۶۹/۶	۳۳/۹۳	۶۶۸/۳۸	۶۳۴/۴۵

* کلیه اعداد برحسب میلیون متر مکعب می‌باشد

www.SID.ir

Archive of SID

شدت مصرف آب گندم و شاخص وابستگی و خودکفایی به واردات آب مجازی

بر اساس آمار سال ۱۳۹۰، شاخص شدت مصرف آب در کشاورزی برابر با ۹۲ درصد بود و از کل منابع آب مصرفی در استان (۱۸۶۷ میلیون مترمکعب آب سطحی و ۱۴۷۰ میلیون مترمکعب آب زیرزمینی در سال)، ۳۰۹۸ میلیون مترمکعب آن در بخش کشاورزی مصرف می‌شود (جدول ۲). با احتساب راندمان آبیاری ۳۸ درصد برای آبیاری گندم، شدت مصرف آب برای این محصول برابر با ۲۵/۷ درصد می‌باشد. لکن بر اساس سهم واقعی ناخالص اختصاص یافته برای آبیاری گندم در استان (بر اساس آمار جهاد کشارزی) و با لحاظ مجموع سطح زیرکشت ۶۳۸۱۲ هکتار در سال ۹۰، تقریبا ۴۰/۶ درصد کم‌آبیاری برای گندم در سطح استان لحاظ می‌شود. همچنین، با لحاظ همین مقدار آب برای گندم، میزان متوسط ۱۲ ساله کم‌آبی در استان برابر ۴۷/۲ درصد خواهد بود. نی‌ریزی و همکاران (۱۳۸۲) متوسط میزان کم‌آبیاری در دشت‌های ایران را معادل ۵۰ تا ۷۰ درصد بیان داشتند. این کمبود آب باعث کاهش متوسط تولید محصولات سالانه و دایمی به ازای یک مترمکعب آب مصرفی می‌شود (کاوه، ۱۳۸۲). از سویی دیگر، حجم بالای تلفات آبیاری در روش آبیاری سطحی در استان نیز زمینه افزایش میزان آب مجازی ناخالص را می‌افزاید. به ازای ۱۰ درصد کاهش تلفات آبیاری به‌وسیله بهبود سیستم آبیاری در منطقه، ضمن کاهش مشکل کم‌آبی در بخش کشاورزی، میزان آب مجازی ناخالص را به ۶۳۱/۲۵ میلیون متر مکعب (معادل ۹۸۹۲/۳ مترمکعب در هکتار) کاهش داده و موجب صرفه‌جویی سالانه ۱۶۶/۱ میلیون متر مکعب تخصیص آب به گندم شود.

شاخص وابستگی به واردات خالص برای تولید گندم، با درنظر گرفتن حجم آب واقعی اختصاص یافته بر اساس کم‌آبیاری موجود، برابر با ۷۲/۴ درصد بود و این استان تنها به میزان ۲۷/۶ درصد در تولید گندم خودکفا می‌باشد. اگرچه در حال حاضر، رفع کم‌آبیاری و تامین نیاز واقعی گندم بر حسب راندمان موجود (۳۸ درصد) موجب ۵۱/۶ درصد کاهش خودکفایی در تولید گندم می‌شود، اما تامین همزمان نیاز آبی واقعی و ارتقای راندمان آبیاری به ۴۸ درصد می‌تواند میزان وابستگی به واردات آب مجازی را از ۷۲/۴ به ۷۱/۷ درصد کاهش داده و خودکفایی در تولید گندم را تا ۶/۶ درصد افزایش دهد. همچنین، در مقایسه با آبیاری کامل با راندمان ۳۸ درصد، میزان شاخص وابستگی ۳/۶۲ درصد کاهش و خودکفایی در تولید گندم ۱۸/۲ درصد افزایش خواهد یافت. این در حالی است که میزان افزایش شاخص خودکفایی در تولید گندم در نتیجه‌ی ارتقای راندمان سیستم و حل معضل کم‌آبی به مراتب بیشتر از این مقادیر خواهد بود.

جدول (۲): شدت مصرف آب، وابستگی به واردات آب مجازی و خودکفایی در تولید گندم

شاخص	مقدار
کل منابع آب در دسترس (Mm^3)*	۳۳۳۷/۰
کل منابع آب مصرف شده در بخش کشاورزی (Mm^3)	۳۰۹۸/۰
کل آب نا خالص مورد نیاز برای گندم با لحاظ راندمان ۳۸ درصد (Mm^3)	۷۹۷/۴
کل منابع آب واقعی اختصاص داده شده برای مصرف گندم (Mm^3)	۴۲۱/۰
شدت مصرف آب در بخش کشاورزی (درصد)	۹۲/۸
شدت مصرف آب برای آبیاری گندم با لحاظ کم آبیاری ۴۷/۲ درصد در آبیاری سطحی (درصد)	۱۳/۶
شدت مصرف آب برای آبیاری گندم با راندمان ۳۸ درصد (درصد)	۲۵/۷
شدت مصرف واقعی آب در آبیاری گندم با حد ۸۰۰۰ مترمکعب در هکتار (درصد)	۱۳/۶
شاخص وابستگی به واردات آب مجازی با لحاظ کم آبیاری ۴۷/۲ درصد در آبیاری سطحی (درصد)	۷۲/۴
شاخص وابستگی به واردات آب مجازی با راندمان ۳۸ درصد (درصد)	۸۳/۴
شاخص خودکفایی واردات آب مجازی با لحاظ کم آبیاری ۴۷/۲ درصد در آبیاری سطحی (درصد)	۲۷/۶
شاخص خودکفایی واردات آب مجازی با راندمان ۳۸ درصد (درصد)	۱۶/۶

* میلون مترمکعب (Mm3)

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، به بررسی و ارزیابی مکانی و زمانی تغییرات آب مجازی در استان سیستان و بلوچستان طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۰ پرداخته شد. نتایج نشان داد که براساس منابع آب موجود، استفاده از سیستم آبیاری سطحی مستلزم اعمال ۴۷/۲ درصد کم‌آبی در سطح استان می‌باشد. این مساله، باعث شد تا علی‌رغم پتانسیل بالای مناطق مختلف استان در تولید گندم، میزان آب مجازی به دلیل عملکرد کم گندم و راندمان آبیاری ۳۸ درصدی در سطح استان بسیار بالاتر از میانگین آن در ایران و جهان بوده و از جمله مناطق واردکننده آب مجازی در ایران محسوب شود. با این وجود، کاهش ۱۰ درصد در میزان تلفات آب در نتیجه‌ی بهبود سیستم آبیاری می‌تواند با کاهش سالانه ۱۶۶/۱ میلیون مترمکعب آب در تولید گندم و رفع معضل کم‌آبیاری در سطح استان، دست کم ۳/۶۲ درصد شاخص وابستگی به واردات آب مجازی را کاسته و میزان خودکفایی در تولید گندم در استان را تا ۱۸/۲ درصد افزایش دهد. بنابراین، مدیریت صحیح آبیاری ضمن افزایش متوسط عملکرد محصول گندم در واحد سطح و کاهش تلفات آبیاری قادر خواهد بود با کاهش میزان آب مجازی ناخالص، میزان واردات سالانه به استان را کاهش داده و زمینه افزایش خودکفایی در تولید محصول گندم در این استان را فراهم آورد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه زابل که این پژوهش با حمایت و پشتیبانی آن صورت گرفته است قدردانی می‌شود.

منابع

احسانی، م.، ه. خالدی و ی. برقی. ۱۳۸۷. مقدمه‌ای بر آب مجازی. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. تهران. ۱۰۲ صفحه.

بابازاده، ح. و م. سرائی تبریزی. ۱۳۹۱. ارزیابی وضعیت کشاورزی استان هرمزگان از دیدگاه آب مجازی. مجله پژوهش آب در کشاورزی. ۲۶۴: ۴۹۹-۴۸۵.

حسینی، م.، ی. لطفی و ا. مارامایی. ۱۳۹۰. بررسی اجمالی تجارت آب مجازی در استان گلستان. مجموعه مقالات دومین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران. ۱-۱۰.

روحانی، ن.، ه. یانگ، س. سیچانی، م. افیونی، ف. موسوی. و ع. کامکار حقیقی. ۱۳۸۷. ارزیابی مبادله محصولات غذایی و آب مجازی با توجه به منابع آب موجود در ایران. مجله علوم و فنون کشاورزی. ۴۶: ۲۲-۱.

عربی یزدی، ا.، ا. علیزاده و ف. محمدیان. ۱۳۸۸. بررسی رد پای اکولوژیک آب در بخش کشاورزی ایران. نشریه آب و خاک وعلوم کشاورزی. ۲۳۴: ۱۵-۱.

کاوه، ف. ۱۳۸۲. ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی و امنیت غذایی. مجموعه مقالات یازدهمین همایش ملی کمیته آبیاری رو زهکشی.

محمدی، ح. و آ. تعالی مقدم. ۱۳۹۰. تجارت آب مجازی برای محصولات عمده کشاورزی در ایران. مجموعه مقالات دومین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران.

میرئی، م. ح. س. و ع. ا. فرشی. ۱۳۸۲. چگونگی مصرف و بهره‌وری آب در بخش کشاورزی. مجموعه مقالات یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۱۲-۱.

نی‌ریزی، س. ۱۳۸۲. تحلیلی بر کارایی مصرف آب. مجموعه مقالات یازدهمین همایش ملی کمیته آبیاری رو زهکشی.

www.SID.ir

Archive of SID

نیک‌نژاد، د. ۱۳۸۸. مدیریت آب مجازی راهکار مقابله با کم آبی کشورهای خشک و نیمه خشک. مجموعه مقالات همایش ملی الگوهای توسعه پایدار در مدیریت آب. ۲۱-۱.

Alizadeh, A. and A. Keshavarz. 2005. Status of agricultural water use in Iran. Proceeding of Water Conservation, Reuse and Recycling Workshop The National Academic Press. 106-113.

Allan, J. A. 1993. Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydro-political futures would be impossible. Proceeding Priorities for water resources allocation and management. 13-26.

Chapagain, A. K., A. Y. Hoekstra, and H. H. G. Savenije. 2006. Water saving through international trade of agricultural products. Hydrology Earth Journal.10: 455–46.

Hoekstra, A. Y. 2003. Virtual water trade: processing of the international expert meeting on virtual water trade. Value of the Water Research Report. 12: 1-248.

Hoekstra, A. Y. and P. Q. Hung. 2002. Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. Value of Water Research Report. 11:1-120.

Klocke, N. L., J. P. Schneekloth, S. Melvin, R. T. Clark and J. O. Payero. 2004. Field scale limited irrigation scenarios for water policy strategies. Applied Engineering Agriculture. 20: 623-631.

Payero, J. O., S. R. Melvin, S. Irmak and D. Tarkalson. 2006. Yield response of corn to deficit irrigation in a semiarid climate. Agricultural Water Management. 84: 101–112.

Payero, J. O., D. D. Tarkalson, S. Irmak, D. Davison and J. L. Petersen. 2009. Effect of timing of a deficit-irrigation allocation on corn evapotranspiration yield water use efficiency and dry mass. Agricultural Water Management. 96: 1387-1397.

www.SID.ir

Archive of SID

Spatial and temporal analyses of the wheat virtual water variations in Sistan and Blouchestan Province

Samira Salari[1], ***Fatemeh Karandish***[2], ***Abdullah Darzi-Naftchali***[3]

Abstract

The spatial and temporal variation of wheat virtual water, as one of the strategic product in Sistan and Blouchestan Province, has been investigated. To this end, the 12 year weather data, yield, cultivated area and irrigation method were used. The 12 year average of the net wheat water use was 303 million cube meter from which 9.2 percentage was supplied by green water. Regardless of the irrigation efficiency, the net virtual water varied among 1.59 (Khash City) to 6.18 (Zabol City) meter cube per kilogram and its 12-year average was 3.42 meter cube per kilogram in the whole province. Considering the real water volume allocated to the wheat, the 12-year average of the imported and exported virtual water in the entire province was 1043 and 43.2 million cube meter, respectively, and Zahedan and Zehak were, respectively, the biggest importer and exporter of the virtual water. Results showed that decreasing the water loss by 10 percentages through improving irrigation efficiency would increase the sel-sufficiency in whaet production by 18.2% and decrease the dependency to virtual water import by 3.62 percentages due to 11.7 percentage decrease in wheat water use.

Key Words: Blue water, Green water, Irrigation water productivity, Water stress index, Wheat yield.

[1] Assistant Professor, Water Engineering Department, Zabol University, Zabol, Iran.
Email: Ssalari@ymail.com
[2] (corresponding Author) Assistant Professor, Water Engineering Department, Zabol University, Zabol, Iran.
Email: Karandish_h@yahoo.com & F.Karandish@yahoo.com
[3] . Assistant Professor, Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
Email: abdullahdarzi@yahoo.com

www.SID.ir