

ارزیابی تجارت آب مجازی و ارزش اقتصادی آب در پنبه فاریاب در ایران

مهرناز یحیی‌زاده برنطین^۱، ام البنین بذرافشان^{۲*}

^۱ کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

^۲ عضو هیات‌علمی گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۱۶

چکیده

سابقه و هدف: در صورت تداوم افزایش روزافزون جمعیت و به‌دنبال آن افزایش تقاضا برای مصرف آب با توجه به ثابت‌بودن منابع آبی، جهان با بحران شدیدتر آب روبرو خواهد شد. برای بررسی جایابی منابع آب ناشی از ادغام فزاینده اقتصاد جهانی در این چارچوب، آب مجازی تعریف شد. مفهوم آب مجازی، مربوط به مدیریت و توسعه منابع آب، تصویری روشن از نیاز آب برای تأمین مواد غذایی برای جمعیت جهان است. مناطق دارای کمبود آب می‌توانند با واردات محصولاتی که دارای میزان آب مجازی بالایی هستند و صادرات محصولاتی که میزان آب مجازی کمی دارند، بخش زیادی از مشکلات کمبود آب را در داخل کشور حل نمایند. لذا تحقیق حاضر به تغییرات مکانی و زمانی اجزاء ردپای آب در محصول پنبه فاریاب، برآورد میزان ارزش اقتصادی آب و بیلان آب مجازی در مقیاس ملی و منطقه‌ای پرداخته است.

مواد و روش‌ها: برای محاسبه اجزا ردپای آب از چارچوب هوکسترا و چپاگین طی سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۷ استفاده گردید و برای برآورد تبخیر و تعرق از روش فائو-پنمن-مانتیث و برای برآورد نیاز آبی از نرم افزار CROPWAT استفاده گردید. همچنین برای برآورد ردپای اقتصادی آب از رویکرد گرنیس و هوکسترا استفاده شد.

نتایج: نتایج نشان داد متوسط ردپای آب در پنبه ۴۰۱۹ مترمکعب بر تن است که به‌ترتیب سهم آب سبز، آبی و خاکستری ۲/۳، ۸۷/۶ و ۱۰/۱ درصد است. استان خراسان جنوبی (۵۷۱۶ مترمکعب بر تن) و استان البرز (۲۲۳۵/۵ مترمکعب بر تن) دارای بیشترین و کمترین ردپای آب در ایران هستند. بالاترین سهم آب سبز مربوطه به استان‌های مازندران، اردبیل، گلستان (به‌ترتیب ۲۹/۴، ۸/۶ و ۸/۳ درصد) و بیشترین سهم آب آبی مربوط به استان‌های خراسان جنوبی، هرمزگان و یزد (به‌ترتیب با ۹۴/۷، ۹۴/۶ و ۹۴/۳ درصد) است. متوسط ارزش اقتصادی آب مجازی پنبه در ایران ۰/۳۷ دلار در هر مترمکعب است که بالاترین و پایین‌ترین ارزش اقتصادی به

*نویسنده مسئول: o.bazrafshan@hormozgan.ac.ir

ترتیب در استان البرز (۰/۶۲ دلار در هر مترمکعب) و استان خراسان جنوبی (۰/۲۴ دلار در هر مترمکعب) است. در نهایت نتایج این تحقیق مشخص کرد، حجم آب مجازی که در ایران صرف تولید پنبه می‌شود، ۲۷۸ میلیون متر مکعب و با توجه به سرانه مصرف پنبه در ایران (۶۰۰ میلیون مترمکعب) به‌طور متوسط سالانه ۳۲۲ میلیون مترمکعب (معادل ۵۰/۵ هزار تن پنبه) از سایر کشورها به‌صورت آب مجازی به کشور وارد می‌شود که ارزشی آن ۷۰ میلیون دلار در سال است.

جمع‌بندی: در نهایت می‌توان گفت، آگاهی از ردپای آب، ارزش اقتصادی آن و تجارت آب مجازی اطلاعات مفیدی را برای اولویت‌بندی کشت محصولات کشاورزی در مناطق مستعد ارائه می‌نماید و نهایت پیشنهاد می‌شود که دیدگاه حاضر جهت تخصیص منابع آب کشاورزی و سیاستگذاری توقف و یا توسعه کشت در مقیاس استانی و ملی وارد گردد.

واژه‌های کلیدی: آب مجازی، ردپای آب، ارزش اقتصادی آب، آب سبز

مقدمه

ایران به عنوان کشوری با آب و هوای خشک و نیمه‌خشک سهم زیادی از منابع آب خود را در بخش کشاورزی به کار می‌گیرد. این سهم، بخش کشاورزی را به‌عنوان مصرف‌کننده عمده آب مطرح می‌سازد (اویسی و همکاران، ۲۰۱۸). ردپای آب یک دیدگاه نوین برای بررسی استفاده از منابع آب در روند تولید محصولات کشاورزی است (منتصری و همکاران، ۲۰۱۶). با مطرح‌شدن ایده آب مجازی در سال‌های اخیر، روشن شده است که حجم زیادی از آب به صورت مجازی بین کشورهای مختلف جهان جابجا می‌شود. اصطلاح آب مجازی اولین بار در دهه ۹۰ میلادی توسط آلن، برای نشان دادن کل مقدار آب مصرف شده برای تولید یک محصول (اعم از کالای صنعتی و یا محصول کشاورزی) مطرح شد (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۴). آب مجازی، یک ابزار ضروری در محاسبه آب واقعی در یک کشور است که اگر مبادلات آب مجازی ناشی از صادرات و واردات کالاهای کشور را نیز در نظر بگیریم به کمک شاخص ردپای آب می‌توان تقاضای واقعی آب کشور را در اثر نوع الگوی مصرف مردم از منابع آب جهانی تعیین کرد (آلدایا و همکاران، ۲۰۱۰). پژوهشگران با معرفی این شاخص نشان دادند که آیا منابع آب داخلی یک کشور می‌تواند تامین‌کننده نیازهای آبی آن کشور باشد و یا این که هر کشوری چه میزان به منابع آبی کشورهای صادرکننده محصولات وابسته است (هوکسترا و چاپاگین، ۲۰۰۸). مطالعات زیادی به‌منظور نهادینه کردن این مفهوم در مدیریت یکپارچه منابع آب انجام شده است. برای این که بتوان اثر الگوی مصرف را بر منابع طبیعی نشان داد می‌توان از مفهوم آبرانه یا ردپای آب استفاده نمود. این مفهوم اولین بار در سال ۲۰۰۲ توسط هوکسترا و هانگ معرفی گردید (هوکسترا و هانگ، ۲۰۰۲). ردپای آب یک محصول به‌عنوان کل حجم آب شیرینی که برای تولید یک محصول استفاده

می‌شود، تعریف شده است. مفهوم ردپای آب در سطوح منطقه‌ای، ملی و بین‌المللی برای تحلیل بهره‌وری مصرف آب مورد استفاده قرار گرفته است (بذرافشان و همکاران، ۲۰۱۸).

طی سال‌های اخیر مطالعات مفیدی با هدف بازبینی و بررسی ردپا و بهره‌وری اقتصادی آب کشاورزی در ایران و نقاط مختلف جهان به انجام رسیده است که در سال‌های اخیر به دلیل بحرانی‌تر شدن کمبود منابع آب این موضوع با اهمیت بیشتری دنبال شده است. بذرافشان و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی میانگین و سهم اجزای ردپای آب از جمله ردپای آب سبز، آب آبی، آب خاکستری و سفید در محصول زعفران طی دوره زمانی (۲۰۰۸-۲۰۱۴) در سطح استانی و ملی پرداختند که نتایج آن‌ها نشان داد که میزان ردپای آب سبز، آبی، سفید و خاکستری به ترتیب ۱۲، ۴۲، ۴۰ و ۶ درصد است. استان لرستان، آذربایجان شرقی و اصفهان کمترین ردپا و بالاترین ارزش اقتصادی آب را داشته در حالی که چهار محال و بختیاری، سمنان و فارس بیشترین مقدار ردپا و کمترین ارزش اقتصادی را دارا می‌باشند. بذرافشان و همکاران (۲۰۲۰) شاخص ردپای آب و ارزش اقتصادی آب محصول خرما در سه رقم نرم، نیمه‌خشک و خشک را در ایران مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد، بیشترین کمترین میزان ردپای آب و ارزش اقتصادی آب به ترتیب متعلق به خرما خشک و خرما نیمه خشک است. مقایسه محصول خرما با ۴۳ محصول دیگر کشاورزی در ایران نشان داد که خرما خشک رتبه ۳۳ شاخص ردپای آب و رتبه ۱۸ در ارزش اقتصادی آب را دارد. چپاگین و همکاران (۲۰۰۶) طی سال‌های ۱۹۹۷-۲۰۰۱ ردپای آب مصرفی پنبه را در کشورهای تولیدکننده مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد، مصرف جهانی محصولات پنبه‌ای به ۲۵۶ متر مکعب در گرم آب در هر سال نیاز دارد، که حدود ۸۴ درصد از مساحت کل مصرف پنبه مربوط به خارج از اروپا قرار دارد.

پنبه یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی در ایران است، که سطح زیرکشت آن از ۴۰ درصد محصولات صنعتی به کمتر از ۱۳ درصد رسیده است.^۱ سال‌های ۱۳۵۰ تا ۱۳۵۶، پنبه با تولید سالیانه حدود ۲۸۲ هزار تن و با میانگین صادرات یکصد هزار تن، به ارزش سالانه بیش از ۲۱۱ میلیون دلار، جزء مهم‌ترین کالاهای تولیدی و صادراتی غیرنفتی کشور بوده است. در آن دوره، میزان ارزآوری صادرات پنبه ۲۰ تا ۲۵ درصد از کل ارزش صادرات غیرنفتی را تشکیل داده بود. از دست رفتن جایگاه این محصول باعث شده تا ایران به یک کشور واردکننده پنبه تبدیل شود. اگرچه عوامل زیادی در کاهش سطح زیرکشت این محصول نقش داشته‌اند، اما مهم‌ترین عامل آن را می‌توان از دست‌دادن جذابیت اقتصادی این محصول دانست. بالاتر بودن هزینه تولید این محصول نسبت به متوسط جهانی و کشورهای همسایه از یک طرف و کاهش نسبت قیمتی این محصول نسبت به گندم، باعث کمتر شدن سود خالص این

۱- سایت اتاق بازرگانی صنایع، معادن و کشاورزی ایران، ۱۳۹۸/۰۷/۲۸

محصول شده و در نهایت انگیزه کشاورزان برای قرار دادن این محصول در الگوی کشت از دست رفته است. همین امر در نهایت میزان خودکفایی این محصول را به کمتر از ۴۵ درصد کاهش داده است (قنبری شیرسوار، ۱۳۹۸). ایران یکی از کشورهای واردکننده پنبه و محصولات آن از کشور چین، هند و ترکیه است و سالانه حجم زیادی آب را به صورت مجازی از سایر کشورها با ارزبری بسیار بالا در قالب پنبه و محصولات آن وارد کشور می‌کند (توحیدفر و کاویانی، ۲۰۱۱). مرور تحقیقات در ایران نشان می‌دهد، تحقیقی که به تحلیل ردپای ناشی از کشت پنبه در ایران و استان‌های تولید کننده و میزان وابستگی به واردات آب مجازی پردازد صورت نپذیرفته است. لذا هدف از ارائه این مقاله (۱) برآورد ردپای آب (آب سبز، آبی و خاکستری) و ارزش اقتصادی در محصول پنبه آبی در دوره زمانی مذکور در مقیاس استانی و ملی، (۲) تحلیل زمانی و مکانی تغییرات ردپای آب در محصول پنبه در ایران (۳) برآورد میزان تجارت آب مجازی این محصول در کشور.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش اطلاعات مربوط به سطح زیر کشت، عملکرد در واحد سطح، مقدار تولید محصول پنبه با استناد از سال‌نامه جهاد کشاورزی و منابعی مانند گزارش‌های دولتی تهیه شده است. همچنین داده‌های اقلیمی از سازمان هواشناسی ایستگاه سینوپتیک هر منطقه فراهم شد که شامل: حداقل و حداکثر دما برحسب درجه سانتیگراد، مجموع بارش ماهانه، درصد رطوبت، سرعت باد برحسب کیلومتر در روز و ساعات آفتابی برحسب ساعت در روز (داده‌های معرفی شده به استثناء بارش؛ بصورت متوسط روزانه در هر ماه وارد نرم افزار می‌شود) طی دوره آماری مورد مطالعه است. شکل ۱ تغییرات برخی متغیرهای اقلیمی و گیاهی را نشان می‌دهد. ۱۷ استان در ایران تولید کننده پنبه فاریاب هستند (جدول ۱) که به ترتیب بیشترین و کمترین تولید مربوط به استان خراسان رضوی و مازندران با متوسط تولید ۸۲۲۹۴/۳ و ۵۰۵/۵ تن در سال است.

بطور کلی متوسط دوره رشد پنبه در ایران ۱۷۶ روز است. از آنجایی که طول دوره رشد پنبه در هر استانی متفاوت است. لذا، براساس اطلاعات موجود، ۱۷ استان تولید کننده پنبه در کشور به ۴ دسته با دوره مشابه رشدی تقسیم‌بندی می‌شوند، استان سمنان و فارس به ترتیب با ۱۸۵ و ۱۹۵ روز (اردیبهشت تا آبان‌ماه)؛ اردبیل (۱۷۵ روز) خراسان شمالی، خراسان رضوی، مازندران و گلستان (۱۶۵ روز) (اردیبهشت تا مهرماه)؛ اصفهان (فروردین تا آبان‌ماه معادل ۲۰۶ روز)؛ خراسان جنوبی و کرمان (۱۹۶ روز)، تهران، البرز، قزوین، مرکزی و قم (۱۷۶ روز)، یزد و هرمزگان (۱۸۶ روز) (فروردین تا مهر) می‌باشد. در این دوره بارش موثر، تبخیر و تعرق و نیاز آبی برای هر منطقه محاسبه گردید.

آب سبز عبارتست از سهم بارش موثر که در منطقه غیراشباع خاک به مصرف گیاه می‌رسد. آب آبی عبارتست از آب‌های زیرزمینی و رواناب‌های سطحی ناشی از بارش‌ها و آب دریاچه‌ها که به پشت سدها که در بخش آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرند. و آب خاکستری حجم آب شیرینی که برای رقیق‌سازی کودهای شیمیایی در فرایند تولید محصول استفاده می‌شوند. در این مطالعه، ردپای آب سبز، آبی و خاکستری در تولید پنبه در سطح ایران با به‌کارگیری چارچوب اصلی هوکسترا و چاپاگین (۲۰۰۸) طی دوره آماری ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۷ برآورد گردید.

$$WF_{Green} = \frac{(P_e) * 10}{Y} \quad (1)$$

$$WF_{Blue} = \frac{(ET_c - P_e) * 10}{Y} \quad (2)$$

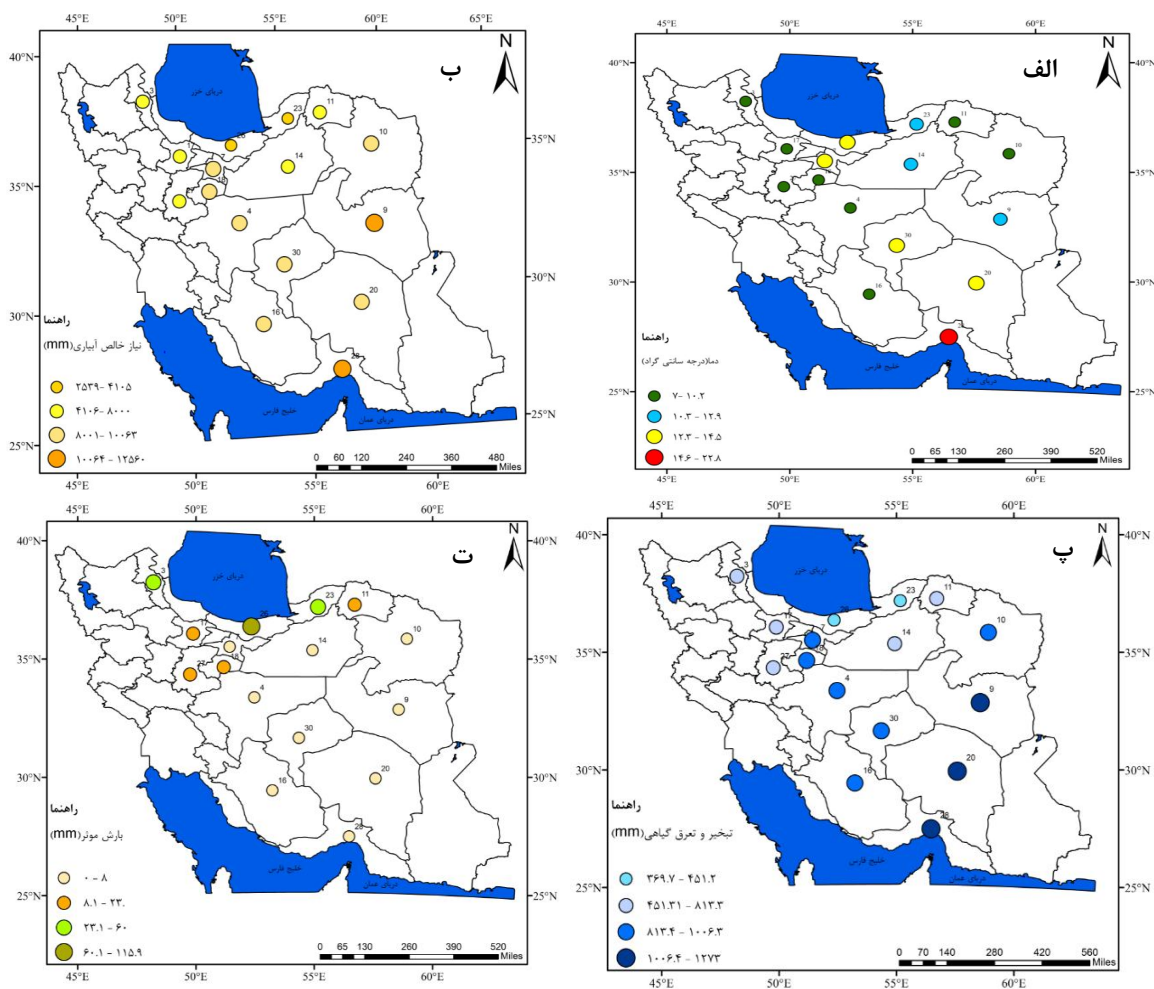
$$WF_{Gray} = \frac{a * NAR}{C_{Max} - C_{Nat}} * \frac{1}{Y} \quad (3)$$

WF_{Green} ردپای آب سبز، WF_{Blue} ردپای آب آبی، WF_{Gray} ردپای آب خاکستری بر حسب متر مکعب در هر تن است. P_e مجموع بارندگی مؤثر در طول دوره رشد هر گیاه بر حسب میلی‌متر، ET_c تبخیر و تعرق هر گیاه بر حسب میلی‌متر، Y عملکرد در محصول بر حسب تن بر هکتار، a درصد تلفات کودهای نیتروژن، NAR نرخ مصرف کود برای هر گیاه بر حسب کیلوگرم بر هکتار، C_{Max} غلظت بحرانی نیتروژن و C_{Nat} غلظت طبیعی نیتروژن بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد. مقدار C_{Max} بر اساس توصیه هوکسترا و چاپاگین (۲۰۰۸) ۱۰ کیلوگرم بر متر مکعب و از مقدار غلظت طبیعی نیتروژن در ایران آماری وجود ندارد. همچنین مقادیر a در شرایط فاریاب ۱۰ درصد در نظر گرفته می‌شود.

مقادیر P_e با استفاده از روش $USDA$ و ET_c با استفاده از روش فائو-پنمن-مانتیث و با بکارگیری مدل کراپ واپ^۱ محاسبه گردید (هوکسترا و چاپاگین، ۲۰۰۸). اطلاعات مورد نیاز جهت محاسبه تبخیر و تعرق گیاهی در برنامه کراپ وات شامل متوسط حداقل دمای روزانه بر حسب درجه سانتیگراد، متوسط حداکثر دمای روزانه بر حسب درجه سانتیگراد، متوسط رطوبت نسبی بر حسب درصد، متوسط سرعت باد کیلومتر در روز، متوسط ساعت آفتابی در روز، متوسط انرژی بازتاب شده از سطح زمین بر حسب مگاژول در مترمربع در روز، تبخیر-تعرق پتانسیل میلیمتر در روز است که مقادیر بصورت متوسط روزانه در ماه مورد نظر از داده‌های روزانه که از سازمان هواشناسی کشور تهیه گردید، مورد استفاده قرار گرفت. در این تحقیق نیاز آبیاری با در نظر گرفتن میزان راندمان آبیاری در هر استان

1. CROPWAT

براساس داده‌های ارائه شده توسط وزارت جهاد کشاورزی محاسبه گردیده است. لازم به ذکر است که میزان بارش موثر، تبخیر و تعرق گیاهی و نیاز آبی در هر دشت در هر استان به صورت جداگانه برآورد شد و با منظور نمودن مساحت هر دشت در متغیرهای ذکر شده، متوسط وزنی هر یک از آن‌ها در هر استان محاسبه گردید.



شکل ۱- تغییرات دما (الف)، نیاز خالص آبیاری (ب)، تبخیر و تعرق گیاهی (پ) و بارش موثر در مناطق مورد مطالعه

برای دستیابی به ارزش ردپای آب مجازی محصولات صادراتی، از مفاهیم ردپای اقتصادی استفاده گردید که با استفاده از روابط زیر محاسبه گردید:

$$WF_{E(Green)} = \frac{NB}{WF_{Green}} \quad (4)$$

$$WF_{E(Blue)} = \frac{NB}{WF_{Blue}} \quad (5)$$

$$WF_{E(Gray)} = \frac{NB}{WF_{Gray}} \quad (6)$$

در این روابط $WF_{E(Green)}$ ردپای اقتصادی آب سبز، $WF_{E(Blue)}$ ردپای اقتصادی آب آبی، $WF_{E(Gray)}$ ردپای اقتصادی آب خاکستری بر حسب متر مکعب و NB سود خالص بر حسب دلار آمریکا می‌باشد (گرنیس و هوکسترا، ۲۰۰۸). میزان آب مجازی صادر شده^۱ عبارتست، اختلاف کل حجم آب مجازی که صرف تولید پنبه شده با آب مجازی مصرف شده در داخل کشور؛ که آب مجازی مصرف شده در داخل کشور برای محصول پنبه؛ از حاصلضرب سرانه مصرف هر نفر در یک سال، در آب مجازی آن در جمعیت آن کشور به دست می‌آید.

نتایج و بحث

ردپای اکولوژیکی آب در استان‌های تولید کننده پنبه فاریاب ایران: اجزاء ردپای اکولوژیکی آب در محصول پنبه در سطح ملی و استانی در جدول ۱ ارائه شده است. در ایران، ردپای آب سبز در محدوده‌ی صفر تا ۶۹۵/۳ مترمکعب برتن، آب آبی ۱۵۲۳/۱ - ۵۳۸۹/۸ متر مکعب بر تن و آب خاکستری ۱۱۳/۵ تا ۸۰۷/۷ متر مکعب بر تن متغیر است. میانگین ردپای آب در تولید پنبه در سطح ملی ۴۰۱۹ متر مکعب بر تن می‌باشد که از این مقدار سهم آب سبز ۲/۳، آب آبی ۸۷/۶ و آب خاکستری ۱۰/۱ درصد است. میزان میانگین جهانی ردپای آب تخمین زده شده توسط گزارش چپاگین و همکاران (۲۰۰۶)، ۸۲۴۲ مترمکعب برتن است، لذا میزان ردپای آب در ایران (۴۰۱۹) مترمکعب بر تن)، تقریباً نصف میانگین جهانی است. کشور چین و یونان به ترتیب با میزان ردپای ۳۳۵۰ و ۳۳۷۹ مترمکعب بر تن کمترین ردپا و هند و پاکستان با ۱۹۶۷۸ و ۱۱۰۰۰ مترمکعب برتن بیشترین ردپا را در دنیا دارا هستند. نکته جالب توجه اینکه در دنیا، بیش از ۵۱ درصد ردپا را آب سبز تشکیل می‌دهد، در حالی که در ایران، سهم آب سبز کمتر از ۳ درصد است.

میانگین ردپای آب سبز ۹۴/۳ متر مکعب بر تن است که استان‌های مازندران، اردبیل و گلستان به ترتیب با ۲۹/۴، ۸/۶ و ۸/۳ درصد بیشترین سهم و استان‌های اصفهان، هرمزگان و یزد (صفر درصد) کمترین سهم ردپای آب سبز را دارا بودند (شکل ۱). استان‌های شمالی و شمال‌غربی بدلیل بارش مناسب طی دوره رشد پنبه دارای ذخیره آب سبز بالا، ردپای آب سبز بالا و مستعد کشت دیم هستند. این استان‌ها مهم‌ترین تولیدکنندگان پنبه دیم در کشور نیز محسوب می‌شوند. لذا تغییر گزینه‌های مدیریتی در مرحله کاشت، داشت، مانند تغییر در تاریخ کاشت و تک آبیاری، و استفاده از گونه‌های مقاوم به کم آبی یا گونه‌های با دوره رشدی کوتاه، استفاده از مالچ‌ها و سوپر جاذب‌ها جهت کاهش تبخیر از سطح خاک می‌تواند کمک شایانی به توسعه کشت دیم در این مناطق نماید (احمدی و همکاران، ۲۰۱۴). در خصوص مقدار آب سبز در استان‌هایی مثل هرمزگان، یزد و اصفهان لازم به ذکر است که در دوره رشد پنبه، بارش موثری دریافت نمی‌کند، لذا سهم آب سبز در تولید پنبه در این مناطق صفر است.

آب آبی بیشترین سهم ردپای آب را در تولید پنبه با مقدار ۳۵۲۰/۵ مترمکعب بر تن به خود اختصاص می‌دهد. استان‌های یزد، هرمزگان و خراسان جنوبی به ترتیب با ۹۴/۷، ۹۴/۶ و ۹۴/۳ درصد بیشترین سهم آب آبی را نسبت به مجموع ردپای آب دارا هستند. از آنجائی که این استان‌ها دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک هستند، با کمترین سهم ردپای سبز، تبخیر بالا و در نتیجه نیاز آبی بالا مواجه هستند. در مقابل استان‌های مازندران و گلستان با حدود ۵۷/۱ و ۷۸/۵ کمترین سهم ردپای آب آبی (بیشترین سهم ردپای سبز) را دارند. ردپای آب خاکستری در تولید پنبه فاریاب در ایران ۴۰۴/۱ متر مکعب بر تن می‌باشد که استان‌های فارس، سمنان و مازندران به ترتیب ۱۹/۲، ۱۷/۴ و ۱۶/۹ بیشترین سهم ردپای آب خاکستری را دارند. این استان‌ها بیشترین مصرف کود را در بین سایرین دارند. استان‌های البرز، خراسان جنوبی و یزد کمترین سهم ردپای آب خاکستری را دارا می‌باشند. متوسط مصرف کود در این استان‌ها ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار است. لذا استفاده از روش‌هایی مانند خاک ورزی صحیح، رعایت تناوب زراعی، استفاده از بذر و نشاء مناسب، مدیریت مزرعه، آزمایش آب و خاک، استفاده از کارشناسان مجرب، استفاده از کودهای زیست محیطی، استفاده از کود آب نگهدار و یا حیوانی کاملاً پوسیده و مدیریت آبیاری (رطوبت خاک اگر در حد اِپتیم نباشد جذب مواد غذایی با مشکل مواجه خواهد شد)، استفاده از فن‌آوری کلرووفیل‌متر و از همه مهمتر سیاست‌هایی جهت ارتقاء آگاهی کشاورزان نسبت به آثار سوء استفاده از نهاده‌های شیمیایی در بلند مدت و تغییر نگرش آنها (یزدانی و همکاران، ۲۰۱۸؛ شهابی‌فر و تهرانی، ۲۰۱۹)، نه تنها سبب کاهش ردپای آب خاکستری می‌شود، بلکه آلودگی آب و خاک ناشی از آن را کاهش می‌دهد.

جدول ۱- اطلاعات محصول تولیدی در استان‌های تولید کننده پنبه فاریاب در ایران

استان	کد	متوسط تولید (تن)	سهم ملی (درصد)	مصروف کود (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد (تن)	آب سبز (متر مکعب بر تن)	آب آبی (متر مکعب بر تن)	آب خاکستری (متر مکعب بر تن)	رد پای کل (متر مکعب بر تن)	ارزش ردپا (دلار بر متر مکعب)
اردبیل	۱	۷۴۸۵/۵	۳/۴	۱۰۰	۲/۳	۲۲۵/۵	۲۵۱۸/۳	۱۸۷/۹	۲۹۳۱/۸	۰/۴۷
اصفهان	۲	۸۳۰۰/۹	۳/۸	۲۲۵	۲/۷	۰/۰	۳۸۷۰/۸	۴۴۲/۷	۳۳۱۳/۵	۰/۳۲
البرز	۳	۱۰۳۰/۸	۰/۵	۱۰۰	۱/۸	۱۸/۲	۲۱۰۳/۹	۱۱۳/۵	۲۲۳۵	۰/۶۲
تهران	۴	۳۰۰۰/۳	۱/۴	۲۰۰	۲/۹	۳۰/۰	۳۲۱۴/۲	۳۴۶/۷	۳۵۹۰/۹	۰/۳۹
خراسان جنوبی	۵	۲۳۸۱۹/۲	۱۱	۱۲۵	۲/۲	۳۷/۰	۵۳۸۹/۸	۲۸۹/۱	۵۷۱۶/۰	۰/۲۴
خراسان رضوی	۶	۸۲۲۹۴/۳	۳۷/۹	۱۰۰	۲/۲	۳۷/۷	۴۰۵۹/۰	۲۳۷/۵	۴۳۳۴/۳	۰/۳۲
خراسان شمالی	۷	۱۴۰۳۱/۱	۶/۵	۹۰	۲/۳	۹۴/۶	۳۱۶۸/۶	۱۹۶/۵	۳۴۵۵/۶	۰/۴۰
سمنان	۸	۹۷۶۷/۵	۴/۵	۳۲۵	۲/۴	۱۰/۰	۳۲۹۳/۱	۶۹۶/۷	۳۹۹۹/۸	۰/۳۵
فارس	۹	۳۳۴۹۲/۴	۱۵/۴	۴۵۰	۲/۸	۸/۰	۳۳۸۱/۸	۸۰۷/۷	۴۱۹۷/۴	۰/۳۳
قزوین	۱۰	۶۸۷/۱	۰/۳	۳۰۰	۲/۲	۶۳/۸	۲۷۹۰/۱	۵۴۵/۷	۳۹۹۹/۶	۰/۴۱
قم	۱۱	۶۳۲۶/۴	۲/۹	۲۲۵	۲/۲	۷۱/۱	۴۱۳۹/۳	۵۳۹/۱	۴۷۴۹/۴	۰/۲۹
کرمان	۱۲	۳۴۵۷/۷	۱/۶	۲۰۰	۲/۱	۴۹/۱	۴۵۵۹/۰	۴۹۳/۴	۵۱۰۱/۵	۰/۲۷
گلستان	۱۳	۱۹۲۷۱/۸	۸/۹	۱۵۰	۱/۹	۲۰۶/۷	۲۲۶۰/۴	۴۱۳/۰	۲۸۸۰/۰	۰/۴۸
مازندران	۱۵	۵۰۵/۵	۰/۲	۱۵۰	۱/۸	۶۹۵/۳	۱۵۲۳/۱	۴۴۹/۹	۲۶۶۸/۳	۰/۵۲
مرکزی	۱۶	۲۴۴۳	۱/۱	۲۵۰	۲/۳	۵۶/۷	۳۴۰۹/۰	۵۳۲/۷	۳۹۹۸/۳	۰/۳۵
هرمزگان	۱۷	۸۱۳/۵	۰/۴	۱۳۷/۵	۲/۴	۰/۰	۵۳۳۷/۲	۳۰۵/۳	۵۶۴۲/۴	۰/۲۵
یزد	۱۸	۶۷۶/۵	۰/۳	۱۰۰	۲/۳	۰/۰	۴۸۳۵/۸۱	۲۷۳/۱	۵۱۰۸/۲	۰/۲۷
میانگین	-	۱۲۷۸۲/۶	۵/۹	۱۸۹/۹	۲/۲	۹۴/۳	۳۵۲۰/۵	۴۰۴/۱	۴۰۱۹/۰	۰/۳۷
حداکثر	-	۸۲۲۹۴/۳	۳۷/۹	۴۵۰/۰	۲/۹	۶۹۵/۳	۵۳۸۹/۸	۸۰۷/۷	۵۷۱۶/۰	۰/۶۲
حداقل	-	۵۰۵/۵	۰/۲	۹۰/۰	۱/۸	۰	۱۵۲۳/۱	۱۱۳/۵	۲۲۳۵/۵	۰/۲۴

تغییرات زمانی و مکانی ردپای اکولوژیکی آب و ارزش اقتصادی در محصول پنبه فاریاب در ایران: جهت بررسی تغییرات زمانی ردپای اکولوژیکی و ارزش اقتصادی آب در پنبه، میزان ردپا و ارزش اقتصادی در کل کشور به صورت میانگین در تمام استان‌ها برآورد گردید. شکل ۳، روند تغییرات زمانی ارزش اقتصادی و ردپای اکولوژیکی آب را نشان می‌دهد. ارزش اقتصادی آب تحت تاثیر قیمت محصول، عملکرد و میزان ردپاست. هر قدر ردپا کمتر و عملکرد و قیمت محصول بالاتر، ارزش اقتصادی

بالاترین ارزش اقتصادی استان البرز (۰/۶ دلار در مترمکعب) و کمترین ارزش اقتصادی استان خراسان جنوبی و هرمزگان (۰/۲ دلار در مترمکعب) می‌باشند. مهم‌ترین دلیل ارزش بالای اقتصادی عملکرد بالا و ردپای آب پائین در استان البرز و برعکس ردپای بالا و عملکرد پائین در هرمزگان و خراسان جنوبی است.

در بررسی ردپا و ارزش اقتصادی آب در محصول پنبه، کشور هند دارای بالاترین ردپای آب (۱۹۶۷۸ متر مکعب بر تن) و کمترین ارزش اقتصادی (۰/۰۷ مترمکعب در دلار) و کشور چین و یونان دارای کمترین ردپای به ترتیب (۳۳۷۹ مترمکعب بر تن) و (۳۶۵۲ مترمکعب بر تن) و بالاترین ارزش اقتصادی (۰/۴۱ و ۰/۳۸ مترمکعب بر تن) می‌باشند. جالب اینکه ایران در بین کشورهای تولید کننده اصلی پنبه در دنیا، دارای رتبه سوم از نظر ردپا و ارزش اقتصادی است و سالانه بیش از ۹۰ درصد مصرف داخل را از کشورهای چین، ترکیه و هند وارد می‌کند (قنبری شیرسوار، ۲۰۱۹).

هم اکنون ۵۵ درصد پنبه مورد نیاز کشور وارداتی است. میزان واردات انواع پنبه در سال ۱۳۹۷ برابر با ۷۰ هزار تن و ارزیابی آن در حدود ۷۹ میلیون دلار بوده است. ترکیه بزرگترین شریک تجاری ایران در واردات محصول پنبه بوده است؛ به طوری که ۳۹ درصد از مقدار وزنی واردات این محصول معادل با ۲۷/۳ هزار تن از این کشور وارد شده است. کشورهای ازبکستان با ۱۱/۸، تاجیکستان با ۱۰/۸، امارات با ۷/۴، چین با ۴/۷، ترکمنستان با ۴/۶، و سایر کشورها با ۳/۵ هزار تن جزء عمده صادرکنندگان این محصول به ایران بوده‌اند^۱ (قنبری شیرسوار، ۲۰۱۹).

حجم آب مجازی و تجارت آب مجازی در محصول پنبه فاریاب در مقیاس ملی و استانی: بررسی
حجم آب مجازی نشان می‌دهد که کل حجم آب مجازی پنبه در ایران ۳۰۵/۳۱ میلیون مترمکعب است (جدول ۲). استان‌هایی نظیر خراسان رضوی، فارس و خراسان جنوبی به ترتیب با مجموع ۱۱۸/۷۷، ۴۶/۸۰، ۴۵/۳۸ میلیون مترمکعب، نسبت به سایر استان‌ها دارای بیشترین رد پای اکولوژیک آب در پنبه فاریاب ایران هستند. البته در این سه استان میزان ردپای آب آبی از دلایل دیگر بالا بودن مجموع ردپای آب در تولید پنبه فاریاب است. متوسط سالانه حجم آب مجازی خاکستری در تولید پنبه در ایران ۸۴/۶۴ میلیون مترمکعب است. این آب سالانه صرف رقیق سازی کودها می‌شود و سبب آلودگی آب و خاک می‌گردد. لزوم استفاده از کودهای زیستی و مایع سبب کاهش ردپای آب خاکستری و کاهش آلودگی منابع می‌گردد.

حجم آب آبی در پنبه فاریاب در ایران، ۸۷/۶ درصد است که سالانه حجم ناشی از آن بالغ بر ۸۱۸/۸۵ میلیون متر مکعب است (جدول ۳). ۸۷/۶ درصد سطح زیر کشت پنبه در استان‌های خشک و نیمه خشک است که با میزان بارش مؤثر کم، تبخیر و تعرق و نیاز آبی بالای گیاه مواجه هستند. از

۱. آمارنامه گمرک جمهوری اسلامی ایران، ۱۳۹۸

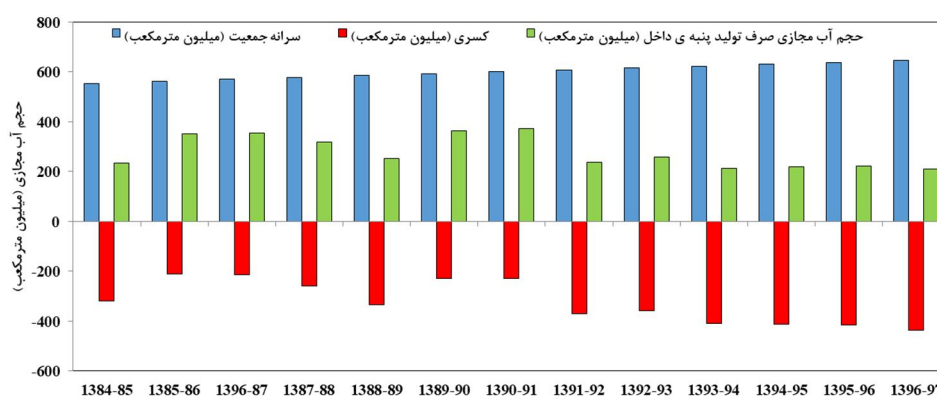
طرفی در این استان‌ها تلفات آبیاری به دلیل شیوه نامناسب آبیاری نیز سبب افزایش سهم ردپای آب آبی شده است، به طوری که عدم مدیریت و نامناسب در نحوه آبیاری، استفاده از روش‌های آبیاری سنتی (غرقابی) سبب افزایش ردپای آب گردیده است که لزوم کنترل تلفات آبیاری، افزایش راندمان به کمک روش‌های نوین و تاریخ مناسب آبیاری در این استان‌ها جهت افزایش بهره‌وری آب عملکرد ضروری به نظر می‌رسد.

بیشترین سطح زیر کشت پنبه فاریاب مربوط به استان‌های خراسان رضوی، فارس، خراسان جنوبی، گلستان و خراسان شمالی است در حالی که بالاترین حجم آب مصرفی مربوط به استان‌های خراسان جنوبی، هرمزگان، یزد، کرمان و قم می‌باشد که با توجه به محدود بودن آب‌های سطحی و تنش آبی موجود در آن‌ها تقریباً کل آب آبی از آب‌های زیرزمینی تأمین می‌شود. از طرفی بیشترین عملکرد و بهره‌وری محصول را استان‌های تهران، فارس و اصفهان دارند. افزایش بهره‌وری در اراضی فاریاب می‌تواند راه حل مناسبی برای حفظ منابع آبی تجدید پذیر و استفاده مؤثر از بارش در منطقه باشد.

جدول ۲- متوسط حجم آب مجازی در استان‌های تولیدکننده پنبه فاریاب در ایران طی دوره ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۷

استان	حجم آب مجازی در پنبه فاریاب (میلیون مترمکعب)				سهم ملی (درصد)
	سبز	آبی	خاکستری	کل	
اردبیل	۱/۶۹	۱۸/۸۵	۱/۴۱	۷/۳۲	۲/۴۰
اصفهان	۰/۰	۳۲/۱۳	۳/۶۸	۱۱/۹۴	۳/۹۱
البرز	۰/۰۲	۲/۱۷	۰/۱۲	۰/۷۷	۰/۲۵
تهران	۰/۰۸	۹/۶۴	۱/۰۴	۳/۵۹	۱/۱۸
خراسان جنوبی	۰/۸۸	۱۲۸/۳۸	۶/۸۹	۴۵/۳۸	۱۴/۸۶
خراسان رضوی	۲/۷۴	۳۳۴/۰۴	۱۹/۵۵	۱۱۸/۷۷	۳۸/۹۰
خراسان شمالی	۱/۴۱	۴۴/۴۰	۲/۷۶	۱۶/۱۹	۵/۳۰
سمنان	۰/۱۰	۳۲/۱۷	۶/۸۱	۱۳/۰۳	۴/۲۷
فارس	۰/۰۷	۱۱۳/۲۶	۲۷/۰۵	۴۶/۸۰	۱۵/۳۳
قزوین	۰/۰۴	۱/۹۲	۰/۳۷	۰/۷۸	۰/۲۶
قم	۰/۴۷	۲۶/۱۹	۳/۴۱	۱۰/۰۲	۳/۲۸
کرمان	۰/۱۲	۱۵/۷۶	۱/۷۱	۵/۸۶	۱/۹۲
گلستان	۴/۳۲	۴۳/۵۶	۷/۹۶	۱۸/۶۱	۶/۱۰
مازندران	۰/۳۵	۰/۷۷	۰/۲۳	۰/۴۵	۰/۱۵
مرکزی	۰/۱۳	۷/۹۹	۱/۲۵	۳/۱۲	۱/۰۲
هرمزگان	۰/۰	۴/۳۴	۰/۲۵	۱/۵۳	۰/۵۰
یزد	۰/۰	۳/۲۷	۰/۱۸	۱/۱۵	۰/۳۸
کل	۱۲/۴۳	۸۱۸/۸۵	۸۴/۶۴	۳۰۵/۳۱	۱۰۰
حداکثر	۴/۳۲	۳۳۴/۰۴	۲۷/۰۵	۱۱۸/۷۷	۳۸/۹۰
حداقل	۰/۰	۰/۷۷	۰/۱۲	۰/۴۵	۰/۱۵

بیلان آب مجازی محصول پنبه در ایران: جهت بررسی بیلان آب مجازی، میزان کل آب مجازی صرف شده در تولید پنبه در ایران به ازای هر سال برآورد گردید. در ادامه، در هر سال میزان سرانه مصرف پنبه توسط کل جمعیت هر سال به صورت جداگانه محاسبه و ضرب در ردپای آب همان سال گردید. بیلان آب مجازی، از اختلاف صادرات با واردات آب مجازی در یک کشور به دست آمد. چنانچه حاصل مثبت شد، یعنی آن کشور صادرکننده آب مجازی و چنانچه منفی شد، وارد کننده آب مجازی است. شکل ۴، روند تغییرات زمانی بیلان آب مجازی، سرانه مصرف جمعیت در هر سال و میزان کسری (معادل واردات) آب مجازی در مقیاس ملی را نمایش می‌دهد. طی سال‌های مورد بررسی، با توجه به روند آب مجازی که صرف تولید پنبه می‌شود، همه ساله با کسری مواجه‌ایم، لذا وارد کننده آب مجازی در محصول پنبه هستیم. میزان حجم آب مجازی که در ایران صرف تولید پنبه می‌شود، ۲۷۸ میلیون متر مکعب است و با توجه به سرانه مصرف پنبه در ایران به ازاء جمعیت متوسط کل ایران (۶۰۰ میلیون متر مکعب) سالانه ۳۲۲ میلیون مترمکعب (معادل ۵۰/۵ هزار تن پنبه) کسری بوده که از سایر کشورها به صورت آب مجازی به کشور وارد می‌شود. این مقدار کسری، ارزشی^۱ حدود ۷۰ میلیون دلار در سال است.



شکل ۴- تغییرات بیلان آب مجازی محصول پنبه در ایران

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر به برآورد ردپای آب مصرفی پنبه، ارزش اقتصادی و بیلان آب مجازی آن می‌پردازد. مطالعه حاضر نشان داد، میزان متوسط ردپای تولید پنبه در ایران ۴۰۱۹ مترمکعب در هر تن با ارزش اقتصادی ۰/۳۷ دلار در هر مترمکعب است که بالاترین ردپا و حجم آب مجازی ناشی از تولید پنبه،

1. Consuming currency

مربوط به استان‌های با بیش از ۵۰ درصد تولید (خراسان رضوی و جنوبی و فارس) در سطح کشور است. مدیریت آب، به‌زراعی، استفاده از ارقام مقاوم به تنش آبی و به‌نژادی در این سه استان به‌تنهایی می‌تواند تغییر چشمگیری در توسعه کشت داشته باشد.

مقایسه ردپا و ارزش آب در تمام استان‌های تولید کننده پنبه نشان داد، که دو استان مازندران و گلستان به واسطه بالا بودن سهم ردپای سبز، می‌توانند با توسعه کشت دیم، حجم آب مجازی در بخش پنبه فاریاب را کاهش دهند. سطح کشت پنبه در کشور تحت تاثیر قیمت آن و محصولات استراتژیکی گندم بوده است. گندم مهم‌ترین رقیب پنبه در ایران محسوب می‌شود که قیمت تضمینی آن تصمیم زارعین برای کشت پنبه در افق‌های زمانی کوتاه و بلندمدت را تحت تاثیر قرار می‌دهد. لذا افزایش قیمت پنبه و از همه مهمتر قیمت تضمینی برای آن می‌تواند سبب ترغیب پنبه‌کاران در ایران و احیای صنعت نساجی در ایران خواهد شد.

مهم‌ترین مسئله این است که بیشتر کشورهای دنیا چه فقیر و چه غنی از تولید پنبه در کشور خود حمایت می‌کنند. طبق نتایج بدست آمده، مشخص شد با توجه به اینکه تولید پنبه در ازبکستان ردپای بالایی دارد (۹۸ درصد آب آبی و ۲ درصد آب سبز)، با این حال در عرصه صادرات پنبه به ایران در جایگاه اول و در دنیا دارای رتبه هفتم است. لذا در صورتی که حمایت دولتی در ایران صورت نگیرد باعث عدم رقابت تولید داخل با واردات می‌شود. از دست رفتن جایگاه این محصول در کشور باعث شده تا ایران به یک کشور واردکننده پنبه تبدیل شود. بالاتر بودن هزینه تولید این محصول نسبت به متوسط جهانی و کشورهای همسایه از یک طرف و کاهش نسبت قیمتی این محصول نسبت به گندم، باعث کمتر شدن سود خالص این محصول شده و در نهایت انگیزه کشاورزان برای قرار دادن این محصول در الگوی کشت از دست رفته است. بنابراین، با توجه به محدودیت‌های ارزی و مشکلات ناشی از تحریم‌ها، پیشنهاد می‌شود اولاً، توسعه تحقیقات جهت کاهش مصرف آب و افزایش عملکرد در واحد سطح صورت بگیرد و از طرف دیگر، انگیزه اقتصادی کشاورزی و سودآوری این محصول تقویت شده تا بدین طریق کشت پنبه از دیدگاه آب مجازی نیز مقرون به صرفه گردد.

در نهایت می‌توان گفت، آگاهی از ردپای آب، ارزش اقتصادی آن و تجارت آب مجازی اطلاعات مفیدی را برای اولویت‌بندی کشت محصولات کشاورزی در مناطق مستعد ارائه می‌نماید و نهایت پیشنهاد می‌شود که دیدگاه حاضر جهت تخصیص منابع آب کشاورزی و سیاست‌گذاری توقف و یا توسعه کشت در مقیاس استانی و ملی وارد گردد.

منابع

1. Ababaei, B., and Etedali, H.R. 2017. Water footprint assessment of main cereals in Iran. *Agricultural Water Management*. 179: 401-411.
2. Abyar, M., and Asgari, M. 2015. The Influence of Price Support Policy on Cotton Acreage Development in Golestan province. *Iranian Journal of Cotton Researches*. 3(2): 27-39.
3. Ahmadi, S., Sohrabi, B., and Amirpanah, H. 2014. Reducing the drought stress effects on yield and yield components of cotton by A200 super absorbent. *Iranian Journal of Cotton Researches*, 2(2): 107-117.
4. Aldaya, M.M., Allan, J.A., and Hoekstra, A.Y. 2010. Strategic importance of green water in international crop trade. *Ecological Economics*. 69: 887-894.
5. Arabi Yazdi, A., Alizadeh, A., and Mohammadian, F. 2009. Study on Ecological Water Footprint in Agricultural Section of Iran, *Journal of Water and Soil*. 23(4): 1-15.
6. Bazrafshan, O., and Gerkani Nezhad Moshizi, Z. 2018. The impacts of climate variability on spatiotemporal water footprint of tomato production in the Hormozgan. *Journal of Water and Soil*. 32(1). (in Persian with English Abstract).
7. Bazrafshan, O., and Gerkani Nezhad Moshizi, Z. 2019. Assessment of Water Use Efficiency and Water Footprint of Saffron Production in Iran. *Saffron agronomy and technology*, 7(4): 505-519. (In Persian).
8. Bazrafshan, O., Zamani, H., Ramezanietedli, H., Gerkani Nezhad Moshizi, Z., Shamili, M., Ismaelpour, Y., and Gholami, H. 2020. Improving water management in date palms using economic value of water footprint and virtual water trade concepts in Iran. *Agricultural Water Management*. 229: 105-941.
9. Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y., Savenije, H.H., 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(1): 186-203.
10. Ghareyazie, B., et al., 2011. Report of Genetic Engineering in Iran. Deputy of Science and Technology of president office. (In Press).
11. Ghanbari Shirsavar, A. 2019. Research report; Investigating the situation of cotton production in Iran. (production mutation strategies).
12. Hoekstra, A.Y., and Chapagain, A.K. 2008. *Globalization of water: Sharing the planets freshwater resources*. Blackwell Publishing. Oxford. UK. Islamic Republic Iran Meteorological Organization, 2016. www.irimo.ir
13. Montaseri, M., Rasouli Majd, N., Behmanesh, J., and Rezaie, H. 2016. Evaluation of Agricultural Crops Water Footprint with Application of Climate Change in Urmia Lake basin. *Journal of Water and Soil*. 30(4): 1075-1089.

14. Oveisi, F., Fattahi Ardakani, A., and Fehrestani Sani, M. 2018. Investigation of Virtual Water and Ecological Footprints of Water in Wheat Fields of Isfahan Province. *Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)*. 23(1): 87-98. (in Persian with English abstract).
15. Shahabi, J., and Tehrani, M. 2020. Reducing Nitrogen Fertilizers with Chlorophyll Meter for Determining Health Production. *Journal of Environmental Science and Technology*, 22(7): 103-111. (in Persian with English abstract).
16. Tohidfar, M., and Kaviyani, M. 2011. *Biotechnology of cotton and aspects of their biosafety*. Modier Flah Press, Iran, 1- 130. (in Persian with English abstract).
17. Yazdani, S., Ramezani, M., Ghasemi, A., and Ghaem-Maghani, S. 2019. Analysis of Factors Affecting the Reduction in Fertilizer Use to Achieve Sustainable Saffron Production (Case Study: Gonabad County). *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 50(3): 421-435. (in Persian with English abstract).
18. Zhang, C., McBean, E.A., and Huang, J. 2014. A Virtual Water Assessment Methodology for Cropping Pattern Investigation *Water Resour Manage* 28:2331–2349.

Virtual Water Trading and economic value of water in irrigated Cotton production at Iran

M. Yahyazadeh Berentin¹, O.B. Bazarfshan^{2*}

¹M.Sc of Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Agriculture, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

²Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Natural Resources and Agriculture, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

Received: 2021.05.12 ; Accepted: 2021.07.08

Abstract

Background and Objectives : The world will face a more severe water crisis if the population continues to increase and consequently the demand for water consumption increases due to the stability of water resources. Virtual water was defined to examine the displacement of water resources due to the increasing integration of the global economy in this framework. The concept of virtual water, related to the management and development of water resources, is a clear picture of the need for water to provide food for the world's population. Areas with water shortages can solve a large part of the problems of water shortage in the country by importing products that have a high amount of virtual water and exporting products that have a low amount of virtual water. Therefore, the present study has dealt with the spatial and temporal variations of water footprint components in Faryab cotton crop, estimating the economic value of water and the balance of virtual water on a national and regional scale. The goals of this study are spatial and temporal distribution of water footprint components have been estimated in irrigated cotton production. The economic value of water footprint has been calculated.

Materials and Methods : The magnitudes of water footprint components in the production of cotton are estimated as average values over the period of 2005-2017 using the calculation framework proposed by Hoekstra and Chapagain. CROPWAT and the FAO Penman-Monteith equation were used as the standard method to estimate the water requirement of cotton. The economic value of water footprint calculated by Grenbes and Hoekstra.

Results: The results showed that the average ecological footprint of water in the mentioned product is 4019 m³/ton, which is the share of green, blue and gray water footprint is 2.3%, 87.6% and 10.1, respectively. Khorasan Jonoubi province (5716 m³/ton) and Alborz province (2235.5 m³/ton) have the highest and lowest water footprints in Iran, respectively. The highest share of green water footprint is related

*Corresponding author; O.bazrafshan@hormozgan.ac.ir

to Mazandaran, Ardebil and Golestan provinces while the highest share of blue water footprint is related to Khorasan Jonoubi, Hormozgan and Yazd provinces. The average economic value of water footprint in Iran is 0.37 USD/m³, which is the highest (0.62 USD/m³) and the lowest (0.24 USD/m³) in Alborz and Khorasan Jonoubi, respectively. Meanwhile, in terms of the economic value of the footprint, Iran is the third largest producer of cotton (after China and Greece). Finally, the results of this study showed that the volume of virtual water used in cotton production in Iran is 278 MCM and considering the per capita consumption of cotton in Iran (600MCM), the average annual 322 MCM (50.5 thousand ton Cotton) is imported from other countries in the form of virtual water with a value of \$ 70 million per year.

Conclusion: Finally, the results of this study showed that due to water and soil limitations in Iran, ecological footprint index, virtual water volume and awareness of virtual water trade provide useful information for prioritizing tomato cultivation in susceptible areas. Therefore, it is suggested that this concept be used for the allocation of agricultural water resources and policy to stop or develop cultivation at the provincial and national scale.

Keywords: Virtual water, Water footprint, Economic value of water, Green water