نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۴، بهمن - اسفند ۱۳۹۹، ص. ۲۰۵۹-۲۰۴۷

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 14, Feb.-Mar. 2021, p. 2047-2059

مقاله پژوهشی

تغییرات زمانی و مکانی ردپای اکولوژیکی و ارزش اقتصادی آب در محصول گوجه فرنگی در ایران

مهرناز یحیی‌زاده برنطین[۱]، ام‌البنین بذرافشان[۲*]، یحیی اسماعیل‌پور[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۶/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۸/۱۱

چکیده

در این مطالعه، تغییرات مکانی و زمانی اجزاء ردپای اکولوژیکی آب در محصول گوجه فرنگی فاریاب و میزان ارزش اقتصادی آب مجازی طی دوره آماری ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۶ در استان‌های تولید کننده در ایران برآورد شده است. نتایج نشان داد متوسط ردپای اکولوژیکی آب در محصول مذکور ۳۲۷/۲ متر مکعب در هر تن است که به ترتیب سهم آب سبز، آبی و خاکستری ۴/۶، ۸۳/۵ و ۱۱/۹ درصد است که به‌ترتیب استان بوشهر (۸۶/۸ متر مکعب بر تن) و استان قم (۷۷۱/۶ متر مکعب بر تن) دارای کمترین و بیشترین ردپای آب در ایران هستند. بالاترین سهم آب سبز مربوطه به استان‌های بوشهر، جنوب کرمان، مازندران و هرمزگان و بیشترین سهم آب آبی مربوط به استان‌های لرستان، کهگیلویه و بویر احمد و خراسان رضوی است. متوسط ارزش اقتصادی آب مجازی گوجه فرنگی در ایران ۰/۷۸ دلار در هر متر مکعب است که به ترتیب بالاترین (۱/۶۸دلار بر متر مکعب) و پائین ترین (۰/۲۹ دلار بر متر مکعب) مربوط به بوشهر و کهکیلویه و بویراحمد است. متوسط سالانه حجم آب مجازی تولید گوجه فرنگی ۳۹۲۵/۹ میلیون متر مکعب است که سهم استان‌های قم، گیلان و خراسان جنوبی در صادرات آب مجازی بالاترین است. نهایتا نتایج این تحقیق مشخص کرد که با توجه به محدودیت آب و خاک در ایران، شاخص ردپای اکولوژیکی، میزان حجم آب مجازی و آگاهی از تجارت آب مجازی اطلاعات مفیدی را برای اولویت‌بندی کشت گوجه در مناطق مستعد ارائه می‌نماید و در 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، ارزش اقتصادی آب، ردپای آب، گوجه فرنگی فاریاب

مقدمه

ایران در قلب منطقه خشک خاورمیانه قرار دارد که حدود ۱/۱ درصد مساحت کره زمین را شامل می‌شود، این در حالیست که تنها از یک‌چهارم بارش‌های جوی کره زمین برخوردار است و بحرانی‌ترین منطقه جهان از لحاظ منابع آبی به شمار می‌رود. اکنون ۱۶ کشور از بین کشورهایی که بالاترین تنش آبی را دارند در خاورمیانه قرار گرفته‌اند و ایران در رتبه چهاردهم تنش آبی در جهان قرار دارد و پیش بینی‌ها نشان می‌دهند که تا سال ۲۰۳۰، به رتبه سیزدهم جهانی می‌رسد (وحید و رنجبر، ۱۳۹۷). بخش کشاورزی ۷۰ تا ۹۰ درصد از آب شیرین را در کره زمین مصرف میکند و در ایران، سهم این بخش بیش از ۹۰ درصد است که عامل تشدید کننده بحران آب در ایران محسوب می‌شود (محسن زاده و فکوهی، ۱۳۹۸). کشاورزی نقش بسیار مهمی در اقتصاد هر کشور دارد و برای تولید محصولات کشاورزی با شرایط متفاوت، باید مقدار آب مصرف شده محاسبه گردد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۵).

ردپای آب،[3] شاخصی برای نشان دادن حجمی از آبی است که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم برای تولید کالا و یا ارائه هرگونه خدمات به مصرف می‌رسد. این عددبرای محصولات کشاورزی، شامل مجموع آب شیرین مصرف‌شده در طی فرآیندهای زنجیره تولید یک محصول خواهد بود (Hoekstra and Chapagain, 2008). در چرخه هیدرولوژی، منابع آب به دودسته آب آبی و آب سبز تقسیم‌بندی می‌شوند. آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی آب آبی را تشکیل می‌دهند، درحالی‌که به رطوبت خاک در مناطق غیراشباع آب سبز می‌گویند. منشاء آب آبی و آب سبز، بارندگی است. آب باران بعد از نفوذ در خاک و قبل از این‌که به منطقه اشباع برسد آب سبز را تشکیل

۱- کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران
۳و۲- عضو هیات علمی گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران
(*-نویسنده مسئول: Email: o.bazrafshan@hormozgan.ac.ir)
DOR: 20.1001.1.20087942.2021.14.6.6.7

3 -Water footprint

می‌دهد، درحالی‌که آب‌های زیرزمینی (منطقه اشباع) و همچنین رواناب حاصل از این بارندگی که به رودخانه‌ها و دریاچه‌ها، پشت سدها و تالاب‌ها می‌پیوندد، آب آبی را شامل می‌شوند (Hoekstra and Hung, 2002). آب خاکستری، به حجم آبی اطلاق می‌شود که طی فرایند تولید محصولات آلوده‌شده و کیفیت اولیه خود را ازدست‌داده است. این آب‌ها وارد سیستم‌های طبیعی آبی می‌شود. میزان آبی که لازم است تا بتوان کیفیت آب‌های آلوده را به سطح استاندارد و مطلوب رساند، معادل حجم آب مجازی خاکستری در نظر گرفته می‌شود (Obuobie et al., 2005).

با مطرح شدن 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. مطالعات زیادی به منظور نهادینه کردن این مفهوم در مدیریت یکپارچه منابع آب انجام شده است (Zhang et al., 2014). برای اینکه بتوان اثر الگوی مصرف را بر منابع طبیعی نشان داد می‌توان از مفهوم آبرانه یا ردپای اکولوژیکی آب استفاده نمود. این مفهوم اولین بار در سال ۲۰۰۲ توسط هوکسترا و هانگ معرفی گردید (Ababaei and Ramezani Etedali, 2017). ردپای اکولوژیکی آب یک محصول به‌عنوان کل حجم آب شیرینی که برای تولید یک محصول استفاده می‌شود، تعریف‌شده است (بذرافشان و گرکانی نژادمشیزی، ۱۳۹۶). مفهوم ردپای اکولوژیکی آب مجازی در سطوح منطقه‌ای، ملی و بین‌المللی برای تحلیل بهره‌وری مصرف آب مورداستفاده قرارگرفته است (رمضانی اعتدالی و همکاران، ۱۳۹۵)

انتقال آب مجازی یکی از مکانیزم‌های ذخیره‌سازی منابع آب داخلی کشور و دستیابی به امنیت آبی در مقیاس ملی می‌باشد. تجارت بین‌المللی محصولات کشاورزی (واردات محصولات آب‌بر و صادرات محصولات کم‌آب بر) منجر به ذخیره منابع‌آب سطحی و زیرزمینی در سطح ملی می‌گردد (Bazrafshan et al., 2020). آب مجازی، تنها مفهومی است که بیان‌کننده محتوای آب (عمدتاً محصولات کشاورزی) بوده و ابعادی از قبیل زمان و مکان و نحوه مصرف آب را شامل می‌شود.ردپای اکولوژیکی آب مفهومی مشابه و گسترده‌تر از آب مجازی است، چراکه، این مفهوم علاوه بر اینکه ابعاد مکانی و زمانی را در بر می‌گیرد، ارتباطی میان فرموله کردن سیاست‌گذاری‌ها و ارزیابی اثرات آن به‌حساب می‌آید. در واقع مفهوم ردپای اکولوژیکی آب در مقیاس یک محصول، همان مفهوم آب مجازی را تداعی می‌کند، اما در مقیاس‌های بزرگ‌تر، از آب مجازی به‌عنوان ابزاری برای محاسبه استفاده می‌کند (Ababaei and Ramezani Etedali, 2017).

طی سال‌های اخیر مطالعات مفیدی با هدف بازبینی و بررسی ردپای اکولوژیکی 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 گرکانی نژاد مشیزی (۱۳۹۸) به بررسی ردپای آب و کارایی مصرف آب محصول زعفران در ۱۹ استان پرداختند. بذرافشان و همکاران (Bazrafshan et al., 2018) 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. نتایج نشان داد، میزان ردپای آب سبز، آبی، سفید و خاکستری به ترتیب ۱۲٪، ۴۲٪، ۴۰٪ و ۶ ٪ است. استان لرستان، آذربایجان شرقی و اصفهان کمترین ردپا و بالاترین ارزش اقتصادی آب را داشته در حالی‌که چهار محال و بختیاری، سمنان و فارس بیشترین مقدار ردپا و کمترین ارزش اقتصادی را دارا می‌باشند. بذرافشان و همکاران (Bazrafshan et al., 2020) شاخص ردپای آب و ارزش اقتصادی آب محصول خرما در سه رقم نرم، نیمه خشک و خشک در دوره زمانی ۲۰۱۶-۲۰۰۸ مورد ارزیابی قرار دادند. بیشترین و کمترین میزان ردپای آب و ارزش اقتصادی آب به‌ترتیب متعلق به خرمای خشک و خرمای نیمه خشک است. مقایسه محصول خرما با ۴۳ محصول دیگرکشاورزی در ایران نشان داد که خرمای خشک رتبه ۳۳ شاخص ردپای آب و رتبه ۱۸ در ارزش اقتصادی آب را دارد.

گوجه فرنگی یکی از صیفی‌جات مهم در ایران است؛ در سال‌های اخیر سطح زیر کشت این محصول به شدت افزایش یافته است، به گونه‌ای که به عنوان یک گیاه زراعی در سطوح وسیع مورد کشت و کار قرار می‌گیرد (Golkar et al., 2008). کشور ایران با تولید سالیانه ۱۸۳۹۱۶/۵ تن گوجه فرنگی در رتبه هفتم جهان قرار گرفته است؛ همچنین گوجه فرنگی دومین محصول کشاورزی صادراتی کشور است. لذا در یک جمع‌بندی می‌توان گفت، مرور تحقیقات نشان می‌دهد، تخمین‌هایی از ردپای اکولوژیکی آب در مقیاس جهانی و داخلی برای اغلب محصولات استراتژیک زراعی و باغی صورت گرفته است، اما مطالعات بسیار کمی در خصوص محصولات صیفی وجود دارد. این تحقیق به تحلیل زمانی و مکانی ردپای گوجه فرنگی فاریاب در مقیاس ملی و استانی طی دره آماری ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۶ پرداخته است. لذا هدف از ارائه این مقاله ۱) برآورد ردپای اکولوژیکی آب (آب سبز، آبی و خاکستری) و ارزش اقتصادی در محصول گوجه‌فرنگی آبی در دوره زمانی مذکور در مقیاس استانی و ملی، ۲) تحلیل زمانی و مکانی تغییرات ردپای آب در محصول گوجه‌فرنگی در ایران ۳) برآورد میزان تجارت آب مجازی این محصول در کشور است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش اطلاعات مربوط به سطح زیر کشت، عملکرد در واحد سطح، مقدار تولید محصول گوجه‌فرنگی با استناد از سال‌نامه جهاد کشاورزی و منابعی مانند گزارش‌های دولتی تهیه شده است. همچنین داده‌های اقلیمی از سازمان هواشناسی هر استان (سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۹۷) فراهم شد که شامل شامل: تبخیر و تعرق، حداقل و حداکثر دما، بارش، رطوبت و ساعات آفتابی طی دوره آماری مورد مطالعه است. ۲۹ استان در ایران تولید کننده گوجه فرنگی فاریاب هستند (جدول ۱) که بطور متوسط طی این دوره سالانه ، به‌ترتیب بیشترین و کمترین تولید مربوط به استان فارس (۹۵۸ هزار تن) و گیلان (۱۲۵/۶ تن) است.

در این مطالعه، ردپای اکولوژیکی آب سبز، آبی و خاکستری در تولید گوجه فرنگی در سطح ایران با به‌کارگیری چارچوب اصلی هوکسترا و چاپاگین(Hoekstra and Chapagain, 2008) طی دوره آماری ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۶ برآورد گردید.

$$WF_{Green}=\frac{(P_e)*10}{Y} \quad (۱)$$

$$WF_{Blue}=\frac{(ET_C-P_e)*10}{Y} \quad (۲)$$

$$WF_{Gray}=\frac{a*NAR}{C_{Max}-C_{Nat}}*\frac{1}{Y} \quad (۳)$$

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 بر حسب کیلوگرم بر هکتار نرخ مصرف کود برای هر گیاه، C_{Max} غلظت بحرانی نیتروژن بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد. مقادیر P_e با استفاده از روش $USDA$ و ET_c با استفاده از روش فائو- پنمن مونتیث و با بکارگیری مدل کراپ واپ[1] محاسبه می‌گردد. همچنین مقادیر a در شرایط فاریاب٪۱۰ در نظر گرفته می‌شود (Hoekstra and Chapagain, 2008). لازم به ذکر است که میزان بارش موثر، تبخیر و تعرق گیاهی و نیاز آبی در هر دشت در هر استان بصورت جداگانه براورد و سپس متوسط وزنی هر یک از موارد ذکرشده در هر استان محاسبه گردید.

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

$$WF_{E_{(Green)}}=\frac{WF_{Green}}{NB} \quad (۴)$$

$$WF_{E_{(Blue)}}=\frac{WF_{Blue}}{NB} \quad (۵)$$

$$WF_{E_{(Gray)}}=\frac{WF_{Gray}}{NB} \quad (۶)$$

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 بر میلیون ریال و NB سود خالص بر حسب میلیون ریال بر تن می‌باشد (بذرافشان و گرکانی نژاد مشیزی، ۱۳۹۶).

میزان آب مجازی صادرشده (VWC_E, virtual water content exported) عبارتست، اختلاف کل حجم اجزای ردپای اکولوژیکی که صرف تولید محصول شده با آب مجازی مصرف شده در داخل کشور؛ که آب مجازی مصرفی برای محصول مورد نظر از حاصل‌ضرب سرانه مصرف هر نفر در یک سال برای محصول مورد نظر در جمعیت آن کشور بدست می‌آید(Bazrafshan et al., 2019). براساس الگوی پیشنهادی بهینه در طرح امنیت غذایی کشور (مرکز ملی آمار ایران، ۱۳۹۶) میزان مصرف سرانه گوجه‌فرنگی تازه برای هر ایرانی ۵۰ کیلوگرم در سال است.

نتایج و بحث

ردپای اکولوژیکی آب در استان‌های تولید کننده گوجه فرنگی فاریاب ایران

اجزاء ردپای اکولوژیکی آب در محصول گوجه فرنگی در جدول ۲ خلاصه شده است. در ایران، ردپای آب سبز در محدوده‌ی ۱/۵ تا ۳۸/۸ مترمکعب برتن، آب آبی ۴۶/۲- ۶۳۸ متر مکعب بر تن و آب خاکستری ۱۲/۲ تا ۱۰۱/۹ متر مکعب بر تن متغیر است. متوسط کل ردپای آب در تولید گوجه‌فرنگی در سطح ملی ۳۲۷/۲ متر مکعب بر تن می‌باشد که از این مقدار سهم آب سبز ۴/۶ ٪، آب آبی ۸۳/۵ ٪، و آب خاکستری ۱۱/۹ ٪ است. متوسط ردپای آب سبز ۱۵ متر مکعب بر تن است که استان‌های بوشهر، جنوب کرمان، مازندران و هرمزگان دارای بالاترین سهم به ترتیب ۳۲/۶ ٪، ۲۱/۲ ٪، ۲۱/۱۰ ٪ و ۲۱٪ و استان‌های کرمان، سمنان و تهران به ترتیب ۴ ٪، ۵ ٪ و ۶ ٪ کمترین سهم ردپای آب سبز را دارند (شکل ۱).

متوسط میزان ردپای آب آبی در تولید گوجه فرنگی فاریاب ۲۷۳/۳ متر مکعب بر تن است. استان‌های لرستان، کهگیلویه و بویر احمد و خراسان رضوی به ترتیب با ۹۴/۴ ٪، ۹۴/۲ ٪، ۹۲/۶ ٪ بیشترین سهم آب آبی را نسبت به مجموع ردپای آب در کشور دارا

1- CROPWAT

هستند و در مقابل استان‌های خوزستان و بوشهر با حدود ۳۱/۵ ٪ و ۵۳/۳ ٪ کمترین سهم ردپای آب آبی را دارند.

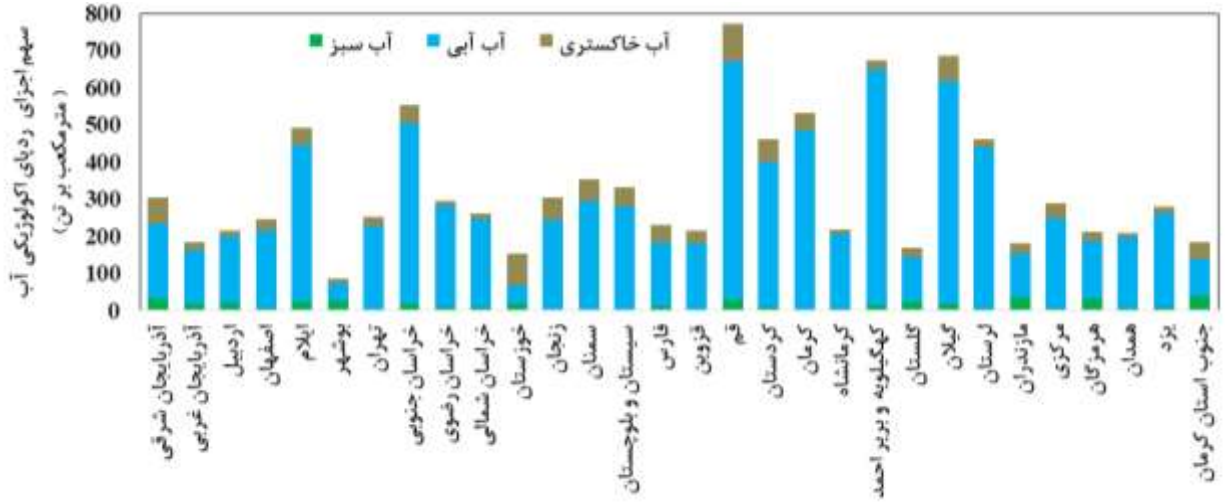
بررسی سهم ردپای آب سبز و آبی نشان می‌دهد (شکل ۱) در استان‌های گیلان، گلستان و مازندران علیرغم قابل توجه بودن مقدار باران، سهم زیادی از ردپای آب مربوط به آب آبی است. با توجه به قابل توجه بودن سهم بارش در استان‌های فوق، می‌توان با اعمال گزینه‌های مدیریتی مانند تغییر ژنوتیپ با هدف سازگاری بیشتر در دوره مرطوب، کوتاه نمودن دوره گلدهی با هدف جلوگیری از ورود به دوره خشکی و جابجایی تاریخ گلدهی و رشد گوجه‌فرنگی امکان توسعه کشت دیم را فراهم آورد (محمودنیامیمند و همکاران، ۱۳۹۱).

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

استان	کد	متوسط وزنی تولید(تن)	سهم ملی(٪)	مصرف کود(کیلوگرم)	عملکرد(تن)	سطح زیرکشت (هکتار)	ارزش اقتصادی آب(دلار بر مترمکعب)
آذربایجان شرقی	۱	۲۳۵۱۷۲/۳	۴/۲۶	۳۵۰	۳۸/۴	۶۱۱۸/۲	۰/۹۷
آذربایجان غربی	۲	۱۹۳۲۸۹/۴	۳/۵۰	۱۵۰	۳۵/۸	۵۴۵۴/۶	۱
اردبیل	۳	۵۸۸۳۰/۷	۱/۰۷	۱۰۰	۳۰/۹	۱۸۴۸/۸	۰/۸۷
اصفهان	۴	۵۰۳۳۴/۹	۰/۹۱	۲۲۵	۳۹/۷	۱۳۵۵/۹	۰/۸۰
ایلام	۵	۹۴۵۰/۲	۰/۱۷	۱۷۵	۲۱/۹	۴۴۳/۱	۰/۴۴
بوشهر	۶	۶۲۸۶۶۰/۸	۱۱/۳۹	۱۰۰	۴۲/۵	۱۵۰۹۰/۱	۲/۲۵
تهران	۷	۱۴۷۲۹۲/۸	۲/۶۷	۲۰۰	۴۰/۸	۳۹۲۰/۳	۰/۷۶
جنوب استان کرمان	۸	۴۵۷۴۳۱/۱	۸/۲۹	۲۵۰	۲۸/۳	۳۹۵/۸	۱/۰۲
خراسان جنوبی	۹	۵۱۶۳/۶	۰/۰۹	۱۲۵	۱۳/۴	۱۴۶۳۴/۷	۰/۳۵
خراسان رضوی	۱۰	۵۲۴۰۴۴/۶	۹/۵۰	۱۰۰	۳۶/۵	۴۱۹۹/۳	۰/۶۳
خراسان شمالی	۱۱	۱۲۶۹۸۳/۴	۲/۳۰	۹۰	۳۰/۹	۸۹۱۷/۱	۰/۷۲
خوزستان	۱۲	۳۱۲۵۲۹/۳	۵/۶۶	۶۰۰	۳۵/۲	۴۷۲۰/۷	۱/۲۹
زنجان	۱۳	۱۵۱۴۵۵/۵	۲/۷۵	۳۵۰	۳۱/۵	۲۱۹۹	۰/۶۴
سمنان	۱۴	۶۲۴۹۷/۵	۱/۱۳	۳۲۵	۲۸/۷	۱۸۴۴	۰/۵۳
سیستان و بلوچستان	۱۵	۳۷۱۷۷/۹	۰/۶۷	۲۰۰	۲۰/۱	۱۹۱۱۴/۷	۰/۵۷
فارس	۱۶	۹۵۷۹۴۱/۳	۱۷/۳۶	۴۵۰	۵۰/۳	۹۰۲۸/۳	۰/۷۹
قزوین	۱۷	۴۰۱۲۱۵/۶	۷/۲۷	۳۰۰	۴۴/۷	۳۶/۵	۰/۹۳
قم	۱۸	۸۲۷/۱	۰/۰۱	۲۲۵	۲۲/۲	۱۱۳۵/۷	۰/۵۵
کردستان	۱۹	۲۴۸۰۱/۰	۰/۴۵	۲۵۰	۲۲/۳	۲۱۱/۴	۰/۴۶
کرمان	۲۰	۴۷۴۷/۸	۰/۰۹	۲۰۰	۲۳/۵	۴۱۹۷/۳	۰/۳۹
کرمانشاه	۲۱	۱۸۶۷۸۸/۵	۳/۳۹	۱۰۰	۴۴/۸	۲۹۶/۵	۰/۹۹
کهگیلویه و بویر احمد	۲۲	۶۱۹۶/۵	۰/۱۱	۱۰۰	۲۳/۹	۸۴۱۱/۹	۰/۲۹
گلستان	۲۳	۲۶۷۹۰۱/۱	۴/۸۶	۱۵۰	۳۳/۳	۱۱/۸	۱/۱۲
گیلان	۲۴	۱۲۵/۶	۰	۱۲۵	۱۳/۵	۲۳۹۵/۸	۰/۴۴
لرستان	۲۵	۶۲۷۸۴/۲	۱/۱۴	۱۰۰	۲۵/۲	۱۴۳۱/۷	۰/۴۴
مازندران	۲۶	۵۰۵۲۲/۵	۰/۹۲	۱۵۰	۳۰/۵	۸۰۳/۹	۱/۱۱
مرکزی	۲۷	۲۳۲۶۵/۳	۰/۴۲	۲۵۰	۳۲/۷	۱۳۸۵۸/۲	۰/۶۷
هرمزگان	۲۸	۳۸۴۳۴۹/۱	۶/۹۷	۱۳۷/۵	۲۷/۷	۳۰۸۶/۸	۰/۹۱
همدان	۲۹	۱۳۲۲۹۰/۶	۲/۴۰	۱۰۰	۴۲/۸	۴۷۷/۱	۰/۹۴
یزد	۳۰	۱۳۴۲۵/۹	۰/۲۴	۱۰۰	۲۸/۶	۱۶۲۵۸/۱	۰/۶۶
کل	–	۵۵۱۷۴۹۶/۲	۱۰۰	۶۰۷۷/۵	۹۴۰	۱۵۱۸۹۷/۱	–
میانگین	–	۱۸۳۹۱۶/۵	۳/۳	۲۰۲/۶	۳۱/۴	۵۰۶۳/۲	۰/۷۸
ماکزیمم	–	۹۵۷۹۴۱/۳	۱۷/۳۶	۶۰۰	۵۰/۳	۱۹۱۱۴/۷	۲/۲۵
مینیمم	–	۱۲۵/۶	۰	۹۰	۱۳/۴	۱۱/۸	۰/۲۹

جدول ۲- اجزای ردپای اکولوژیکی آب در گوجه فرنگی فاریاب (متر مکعب بر تن)

استان	سبز	آبی	خاکستری	کل
آذربایجان شرقی	۳۳/۰	۱۹۹/۵	۷۳/۲	۳۰۵/۷
آذربایجان غربی	۱۶/۷	۱۴۷/۷	۲۱/۳	۱۸۵/۶
اردبیل	۲۰/۱	۱۷۸/۸	۱۶/۵	۲۱۵/۴
اصفهان	۵/۳	۲۰۹/۹	۲۹/۹	۲۴۵/۱
ایلام	۲۴/۱	۴۲۳/۰	۴۳/۹	۴۹۱/۰
بوشهر	۲۸/۳	۴۶/۲	۱۲/۳	۸۶/۸
تهران	۱/۵	۲۲۵/۴	۲۵/۶	۲۵۲/۵
جنوب استان کرمان	۳۸/۸	۹۹/۵	۴۴/۹	۱۸۳/۱
خراسان جنوبی	۱۸/۲	۴۸۷/۴	۴۹/۵	۵۵۵/۱
خراسان رضوی	۸/۱	۲۷۴/۵	۱۳/۹	۲۹۶/۵
خراسان شمالی	۷/۷	۲۳۸/۶	۱۵/۱	۲۶۱/۴
خوزستان	۱۷/۴	۴۸/۷	۸۸/۵	۱۵۴/۵
زنجان	۲/۸	۲۴۰/۴	۶۰/۵	۳۰۳/۷
سمنان	۱/۸	۲۹۵/۰	۵۸/۰	۳۵۴/۸
سیستان و بلوچستان	۳/۰	۲۷۷/۵	۵۰/۵	۳۳۱/۱
فارس	۱۲/۴	۱۷۳/۴	۴۵/۱	۲۳۰/۹
قزوین	۲/۹	۱۷۷/۸	۳۵/۷	۲۱۶/۴
قم	۳۱/۷	۶۳۸/۰	۱۰۱/۹	۷۷۱/۶
کردستان	۱۰/۰	۳۸۸/۶	۶۲/۴	۴۶۱/۰
کرمان	۲/۳	۴۸۴/۴	۴۶/۸	۵۳۳/۵
کرمانشاه	۶/۴	۱۹۹/۹	۱۲/۴	۲۱۸/۶
کهگیلویه و بویر احمد	۱۶/۴	۶۳۴/۴	۲۲/۷	۶۷۳/۵
گلستان	۲۴/۷	۱۲۰/۹	۲۳/۴	۱۶۹/۰
گیلان	۱۷/۱	۶۰۰/۹	۶۶/۹	۶۸۵/۰
لرستان	۴/۳	۴۳۴/۶	۲۱/۳	۴۶۰/۳
مازندران	۳۸/۱	۱۱۴/۳	۲۷/۸	۱۸۰/۲
مرکزی	۶/۷	۲۳۴/۶	۴۰/۱	۲۹۰/۴
هرمزگان	۳۴/۴	۱۵۱/۸	۲۶/۰	۲۱۲/۱
همدان	۵/۴	۱۹۱/۷	۱۲/۲	۲۰۹/۳
یزد	۹/۳	۲۵۳/۳	۱۷/۹	۲۸۰/۵
میانگین	۱۵	۲۷۳/۳	۳۸/۹	۳۲۷/۲
ماکزیمم	۳۸/۸	۶۳۸/	۱۰۱/۹	۷۷۱/۶
مینیمم	۱/۵	۴۶/۲	۱۲/۲	۸۶/۸



شکل ۱- سهم اجزای ردپای اکولوژیکی آب در استان‌های تولیدکننده گوجه فرنگی فاریاب در ایران

ردپای آب خاکستری در تولید گوجه‌فرنگی فاریاب در ایران ۳۸/۹ متر مکعب بر تن می‌باشد که استان‌های خوزستان، جنوب کرمان و آذربایجان شرقی به ترتیب ۵۷/۳ ٪، ۲۴/۵ ٪ و ۲۳/۹ ٪ بیشترین سهم ردپای آب خاکستری را دارند و استان‌های کهگیلویه و بویر احمد، لرستان و خراسان رضوی کمترین سهم ردپای آب خاکستری ۳/۴ ٪ ، ۴/۶ ٪ و ۴/۷ ٪ را دارا می‌باشند. کاهش ردپای آب خاکستری به‌دلیل مصرف پائین کودهای شیمیایی سبب اثرات زیست‌محیطی کمتر به منابع آب و خاک و کاهش ردپای کل می‌گردد.

تغییرات زمانی و مکانی ردپای اکولوژیکی آب و ارزش اقتصادی در محصول گوجه فرنگی فاریاب در ایران

جهت بررسی تغییرات زمانی ردپای اکولوژیکی و ارزش اقتصادی آب در گوجه فرنگی ، میزان ردپا و میزان ارزش اقتصادی در کل کشور به‌صورت میانگین وزنی در تمام استان‌ها برآورد گردید. . شکل ۲، روند تغییرات زمانی ارزش اقتصادی آب و ردپای اکولوژیکی آب را نشان می‌دهد. بطور کل، روند ارزش اقتصادی آب افزایشی و روند ردپای اکولوژیکی آب، کاهشی است. طبق رابطه (۴ -۶) هر قدر ردپای آب بیشتر باشد، ارزش اقتصادی آب کاهش می‌یابد. لذا طی سال‌های ۱۳۸۶-۸۷؛ ۱۳۹۱-۹۲ و ۹۳، با بالاترین ردپای آب و کمترین ارزش اقتصادی مواجه هستیم. افزایش ردپای آب به‌طور مستقیم به عملکرد، مدیریت زمین و غیرمستقیم عوامل اقلیمی بستگی دارد (Bazrafshan et al., 2020).

شکل۳، تغییرات مکانی ردپای اکولوژیکی آب در محصول گوجه فرنگی فاریاب در ۲۹ استان نمایش می‌دهد. براساس شکل ۲، دامنه تغییرات ردپای اکولوژیکی بین ۷۷۱/۶-۸۶/۸ متر مکعب بر تن در سال است که عموم مناطق کشور در محدوده تغییرات ۸۶/۸ تا ۳۳۳/۹ متر مکعب بر تن قرار دارند. بیشترین ردپا مربوط به مناطق مرکزی و جنوب شرقی ایران و کمترین مربوط به محدوده نقاط شمال، جنوب و غرب کشور است.

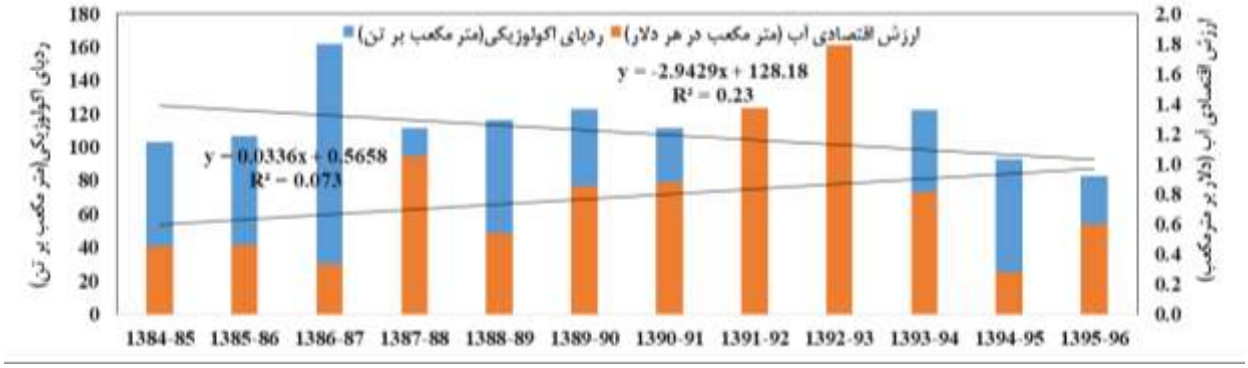
شکل ۴ تغییرات مکانی ارزش اقتصادی آب در محصول گوجه فرنگی فاریاب در ۲۹ استان ایران نمایش می‌دهد ، بر اساس شکل فوق، تغییرات ارزش اقتصادی آب بین ۰/۲۹ تا ۲/۲۵ متر مکعب در دلار است که عموم مناطق کشور در محدوده تغییرات ۰/۲۹ تا ۰/۷۷ متر مکعب در دلار قرار دارند. تنها بخش‌هایی از استان‌های جنوب کرمان، بوشهر، خوزستان، گلستان، مازندران و آذربایجان غربی در محدوده زیادی از ارزش اقتصادی آب هستند.

حجم آب مجازی و تجارت آب مجازی در محصول گوجه فرنگی فاریاب در مقیاس ملی و استانی

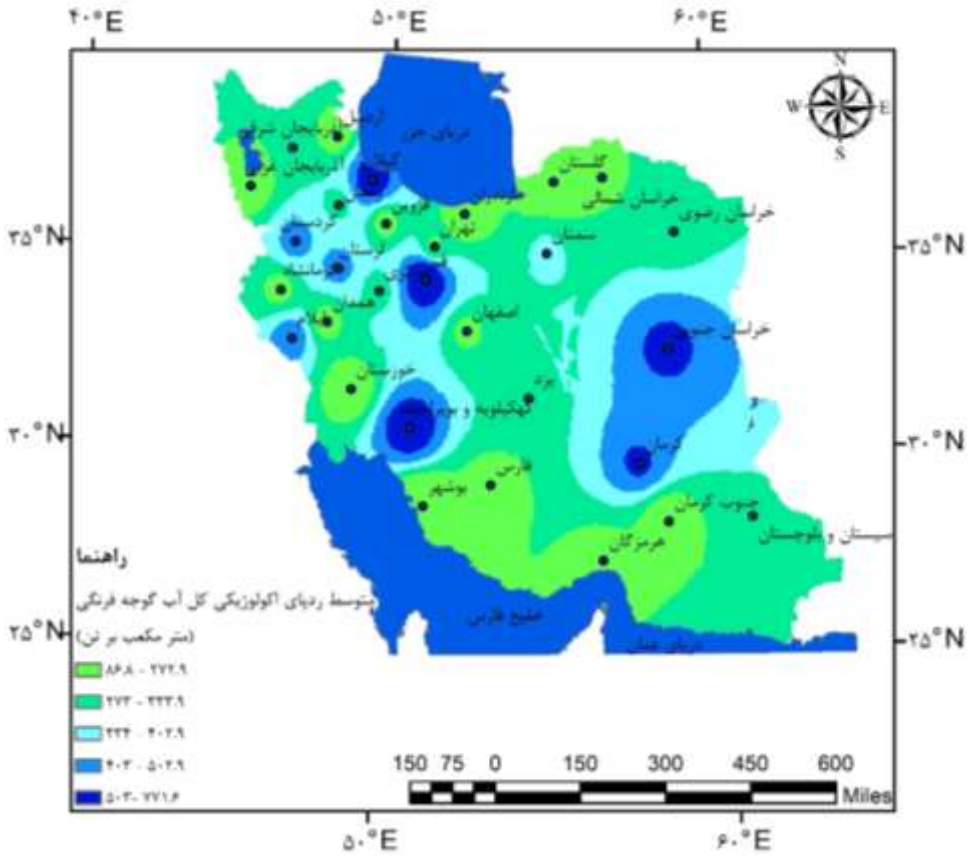
بررسی حجم آب مجازی نشان می‌دهد (جدول ۳) کل حجم آب مجازی گوجه فرنگی در ایران ۱۱۷۷۷۶/۲ میلیون متر مکعب است که از این مقدار به ترتیب حجم آب سبز، آبی و خاکستری ۵۳۸۶/۹، ۹۸۳۹۵/۵، ۱۳۹۹/۷ میلیون متر مکعب است. که استان‌هایی نظیر قم، گیلان، کهگیلویه و بویر احمد، خراسان جنوبی و کرمان به ترتیب با مجموع ۹۲۵۹/۸، ۸۲۱۹/۷، ۸۰۸۱/۵، ۶۶۶۱/۶ و ۶۴۰۲ میلیون متر مکعب، حجم بسیار بالای ردپای اکولوژیکی آب در تولید گوجه فرنگی در ایران دارند. در این پنج استان سهم بالای حدود ۷/۹، ۷، ۶/۹ ۵/۷ و ۵/۴ درصد از مجموع ردپای اکولوژیکی آب سبز و آبی است که حدود ۲۵ درصد از کل ردپای گوجه فرنگی در اراضی فاریاب در ایران در مقیاس ملی را به خود اختصاص داده است. البته در این پنج استان میزان ردپای آب آبی از دلایل دیگر بالا بودن مجموع ردپای آب در

تولید گوجه فرنگی فاریاب است.

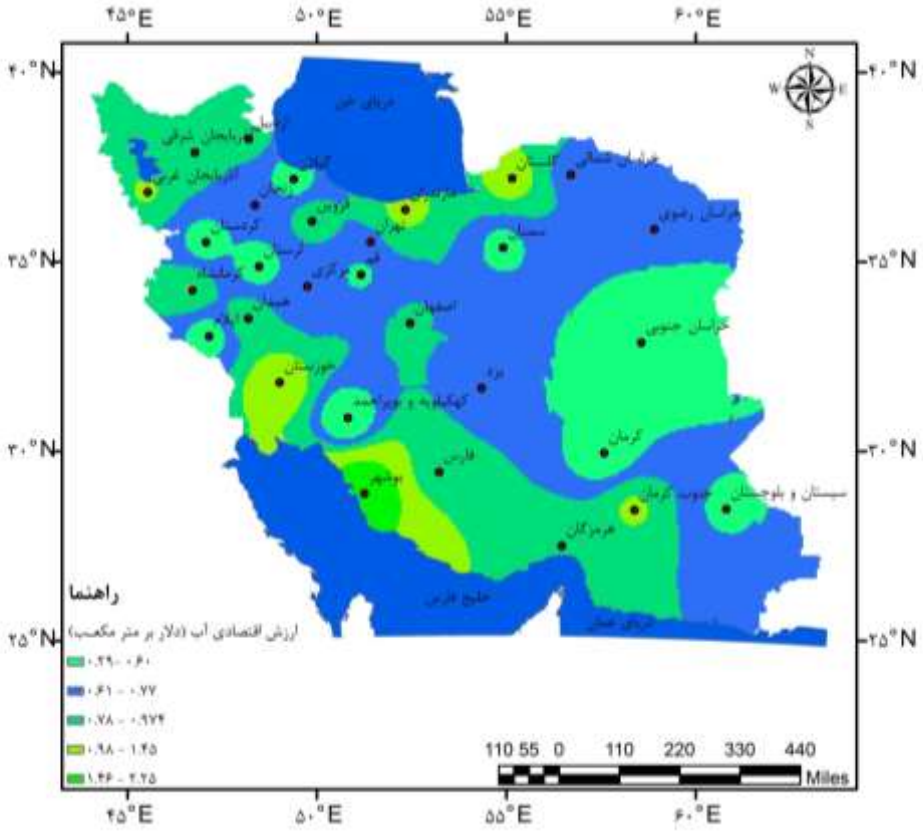
حجم ردپای آب خاکستری در گوجه فرنگی در مجموع سالانه به‌طور متوسط ۳۸/۹ متر مکعب بر تن است که با مصرف بهینه کودهای شیمیایی، امکان کاهش سهم آب خاکستری وجود دارد. چرا که کود کمتری به سمت آب‌های زیر زمینی آبشویی شده و یا توسط رواناب سطحی هدر می‌رود (Jenkinson, 2001).



شکل ۲- تغییرات زمانی ارزش اقتصادی آب و ردپای اکولوژیکی آب در محصول گوجه فرنگی فاریاب در ایران



شکل ۳- تغییرات مکانی اجزاء ردپای اکولوژیکی آب درمحصول گوجه فرنگی فاریاب در ایران



شکل ٤- تغییرات مکانی ارزش اقتصادی آب در محصول گوجه فرنگی فاریاب در ایران

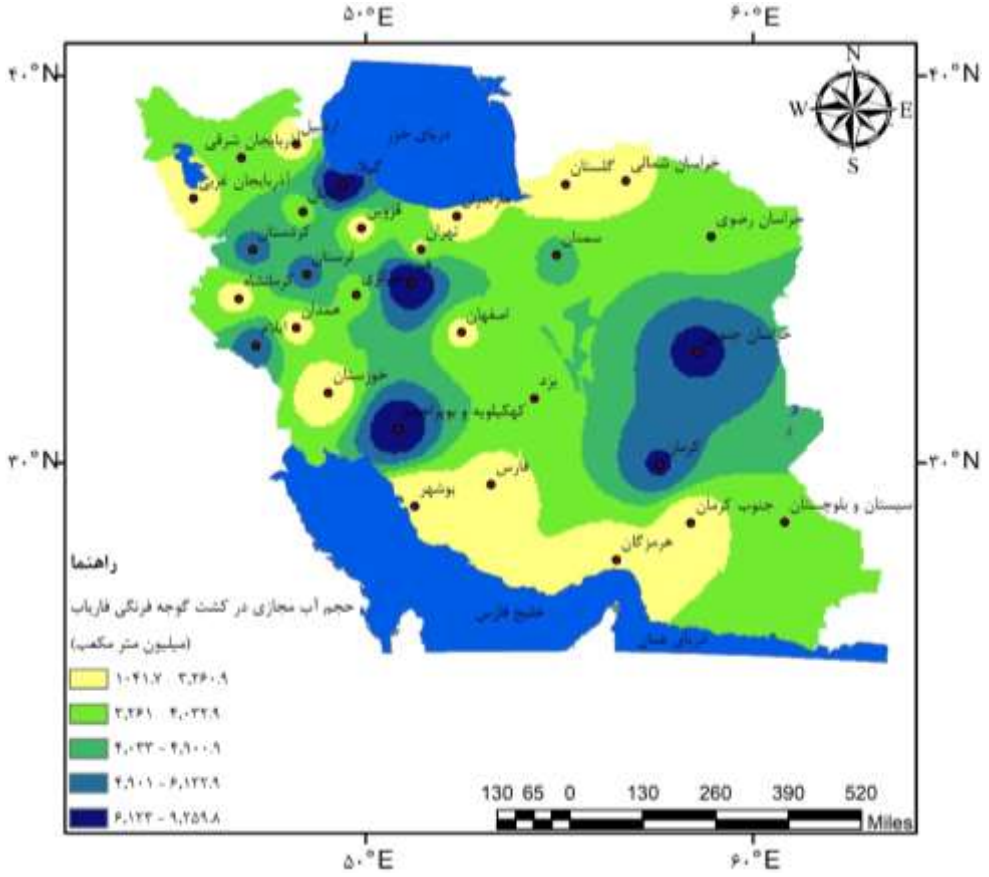
سهم ردپای آب آبی در گوجه‌فرنگی فاریاب در ایران، ۸۳/۵ درصد است که حجم آن بالغ بر ۳۲۷۹/۹ متر مکعب بر تن است. ۶۷ درصد سطح زیر کشت گوجه‌فرنگی در استان‌های خشک و نیمه خشک است که با میزان بارش مؤثر کم، تبخیر و تعرق نیاز آبی بالای گیاه مواجه هستند. از طرفی در این استان‌ها تلفات آبیاری به دلیل شیوه نامناسب آبیاری نیز سبب افزایش سهم ردپای آب آبی شده است، به‌طوریکه عدم مدیریت نامناسب در نحوه‌ی 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 ضروری به نظر می‌رسد. بیشترین سطح زیر کشت گوجه فرنگی فاریاب مربوط به استان‌های فارس، جنوب کرمان، بوشهر، خراسان رضوی و هرمزگان و بالاترین حجم آب مصرفی مربوط به استان‌های قم، گیلان، کهگیلویه و بویر احمد، خراسان جنوبی و کرمان می‌باشد که با توجه به محدود بودن آب‌های سطحی و تنش آبی موجود در آن‌ها تقریبا کل آب آبی از آب‌های زیرزمینی تأمین می‌شود و از طرفی بیشترین عملکرد و بهره‌وری محصول در استان‌های فارس، کرمانشاه، قزوین، همدان و بوشهر را دارند. افزایش بهره‌وری در اراضی فاریاب می‌تواند راه حل مناسبی برای حفظ منابع آبی تجدید پذیر و استفاه مؤثر از بارش در منطقه باشد.

تغییرات مکانی حجم آب مجازی و زمانی حجم آب مجازی و تجارت آب مجازی در ایران

متوسط تغییرات مکانی حجم آب مجازی بر حسب میلیون متر مکعب در سال در سطح کشور در شکل ۵ نمایش داده شده است. پهنه زیادی از کشور در محدوده تغییرات ۴۹۰۰/۹- ۱۰۴۱/۷ میلیون متر مکعب بوده و از پراکنش تقریبا منظمی برخوردار می‌باشد. استان‌های خراسان جنوبی، کرمان و کهگیلویه و بویر احمد، قم، ایلام، لرستان، کردستان و گیلان دارای حجم بالایی از آب مجازی هستند. بیشترین سهم تولید در گوجه فرنگی آبی در کشور در استان‌های فارس، بوشهر، خراسان رضوی، جنوب کرمان و قزوین به خود اختصاص می‌دهد اما بیشترین حجم آب مجازی با توجه به ردپای اکولوژیکی بالا مربوط به غرب و شمال غرب کشور است.

جدول ۳- متوسط حجم آب مجازی در استان‌های تولیدکننده گوجه فرنگی فاریاب در ایران

مجموع حجم آب مجازی در گوجه فرنگی فاریاب(میلیون متر مکعب)					
استان	سبز	آبی	خاکستری	کل	سهم ملی(٪)
آذربایجان شرقی	۳۹۶/۴	۲۳۹۳/۶	۸۷۸/۲	۳۶۶۸/۲	۳/۱
آذربایجان غربی	۲۰۰/۶	۱۷۷۱/۸	۲۵۵/۱	۲۲۲۷/۵	۱/۹
اردبیل	۲۴۱/۱	۲۱۴۵/۸	۱۹۷/۶	۲۵۸۴/۵	۲/۲
اصفهان	۶۳/۷	۲۵۱۹/۱	۳۵۸/۳	۲۹۴۱/۰	۲/۵
ایلام	۲۸۹/۱	۵۰۷۶/۶	۵۲۶/۹	۵۸۹۲/۶	۵/۰
بوشهر	۳۳۹/۴	۵۵۴/۸	۱۴۷/۵	۱۰۴۱/۷	۰/۹
تهران	۱۸/۴	۲۷۰۴/۵	۳۰۶/۶	۳۰۲۹/۵	۲/۶
جنوب استان کرمان	۴۶۵/۴	۱۱۹۳/۶	۵۳۸/۶	۲۱۹۷/۶	۱/۹
خراسان جنوبی	۲۱۸/۷	۵۸۴۸/۵	۵۹۴/۴	۶۶۶۱/۶	۵/۷
خراسان رضوی	۹۶/۸	۳۲۹۴/۵	۱۶۶/۹	۳۵۵۸/۱	۳/۰
خراسان شمالی	۹۲/۷	۲۸۶۳/۱	۱۸۱/۵	۳۱۳۷/۳	۲/۷
خوزستان	۲۰۸/۸	۵۸۳/۹	۱۰۶۱/۷	۱۸۵۴/۴	۱/۶
زنجان	۳۳/۲	۲۸۸۴/۶	۷۲۶/۴	۳۶۴۴/۲	۳/۱
سمنان	۲۱/۴	۳۵۳۹/۵	۶۹۶/۳	۴۲۵۷/۳	۳/۶
سیستان و بلوچستان	۳۶/۴	۳۳۳۰/۱	۶۰۶/۶	۳۹۷۳/۱	۳/۴
فارس	۱۴۹/۰	۲۰۸۰/۹	۵۴۰/۶	۲۷۷۰/۵	۲/۴
قزوین	۳۴/۳	۲۱۳۳/۱	۴۲۸/۹	۲۵۹۶/۳	۲/۲
قم	۳۸۰/۶	۷۶۵۵/۷	۱۲۲۳/۴	۹۲۵۹/۸	۷/۹
کردستان	۱۱۹/۹	۴۶۶۳/۴	۷۴۹/۳	۵۵۳۲/۵	۴/۷
کرمان	۲۸/۱	۵۸۱۲/۹	۵۶۱/۱	۶۴۰۲/۰	۵/۴
کرمانشاه	۷۷/۲	۲۳۹۸/۲	۱۴۸/۴	۲۶۲۳/۸	۲/۲
کهگیلویه و بویر احمد	۱۹۶/۴	۷۶۱۲/۲	۲۷۲/۸	۸۰۸۱/۵	۶/۹
گلستان	۲۹۶/۱	۱۴۵۰/۵	۲۸۱/۱	۲۰۲۷/۷	۱/۷
گیلان	۲۰۵/۷	۷۲۱۰/۷	۸۰۳/۳	۸۲۱۹/۷	۷/۰
لرستان	۵۱/۲	۵۲۱۵/۷	۲۵۶/۲	۵۵۲۳/۱	۴/۷
مازندران	۴۵۷/۴	۱۳۷۲/۱	۳۳۳/۰	۲۱۲۶/۶	۱/۸
مرکزی	۸۰/۸	۲۹۲۳/۵	۴۸۰/۸	۳۴۸۵/۱	۳/۰
هرمزگان	۴۱۲/۴	۱۸۲۱/۶	۳۱۱/۵	۲۵۴۵/۵	۲/۲
همدان	۶۴/۲	۲۳۰۰/۹	۱۴۶/۰	۲۵۱۱/۲	۲/۱
یزد	۱۱۱/۶	۳۰۴۰/۱	۲۱۴/۷	۳۳۶۶/۴	۲/۹
کل	۵۳۸۶/۹	۹۸۳۹۵/۵	۱۳۹۹۳/۷	۱۱۷۷۷۶/۲	۱۰۰
میانگین	۱۷۹/۶	۳۲۷۹/۹	۴۶۶/۵	۳۹۲۵/۹	۳/۳
ماکزیمم	۴۶۵/۴	۷۶۵۵/۷	۱۲۲۳/۴	۹۲۵۹/۸	۷/۹
مینیمم	۱۸/۴	۵۵۴/۸	۱۴۶/۰	۱۰۴۱/۷	۰/۹



شکل ۵- تغییرات مکانی متوسط حجم کل آب مجازی سالانه در محصول گوجه فرنگی فاریاب در ایران طی دوره مورد بررسی

جهت بررسی بیلان آب مجازی، میزان کل آب مجازی صرف شده در تولید گوجه فرنگی در ایران به ازای هر سال برآورد گردید و برای محاسبه تجارت آب مجازی در هر سال و همچنین میزان سرانه مصرف جمعیت در هر سال بصورت جداگانه محاسبه و برای تمامی استان‌ها در مقیاس ملی برآورد گردید. شکل ۶، روند تغییرات زمانی بیلان آب مجازی که صرف تولید گوجه‌فرنگی شده، مصرف آب مجازی توسط جمعیت در هر سال و میزان تجارت آب مجازی مازاد در مقیاس ملی نمایش می‌دهد. طی سال‌های مورد بررسی، با توجه به روند آب مجازی حاصل از تولید گوجه فرنگی، میزان تجارت آب مجازی مازاد کاهش یافته است. کاهش تجارت آب مجازی به تغییرات جمعیت و آب مجازی که سالانه صرف تولید شده بستگی دارد. طبق نتایج بدست آمده در بررسی تغییرات زمانی ردپای آب محصول گوجه فرنگی طی دوره مورد مطالعه (شکل ۲) مهم ترین دلیل کاهش حجم آب مجازی که صرف تولید گوجه فرنگی شده، کاهش ردپای آب است.

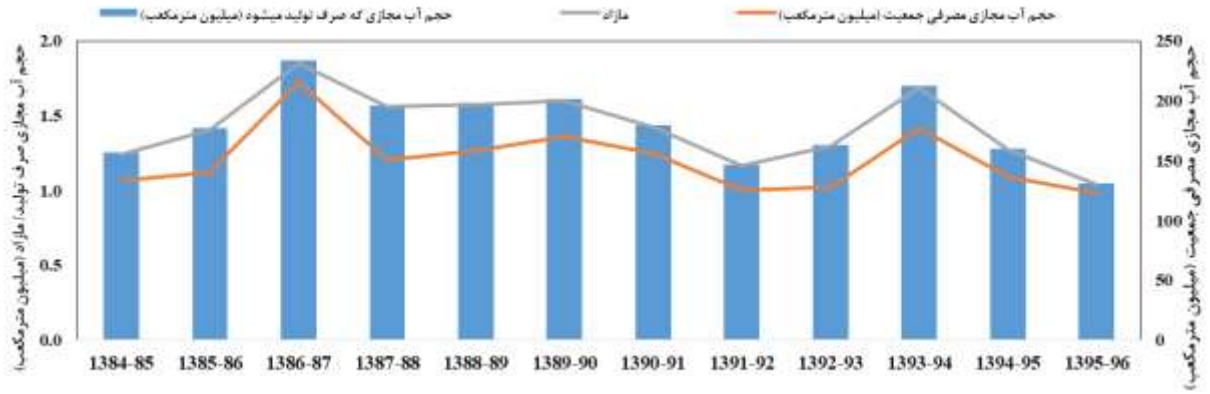
نتایج بررسی صادرات آب مجازی محصول مذکور در ایران نشان می‌دهد که روند صادرات بر حسب شرایط زمانی در نوسان است. بالاترین میزان صادرات گوجه در ایران مربوط به سال ۱۳۸۶-۸۷ با حدود ۲۴۸ هزار تن بوده و عمده صادرات محصول در سال مزبور به کشورهای افغانستان، امارات، روسیه، آذربایجان و عراق صورت گرفته است (قلی پور و محمد زاده، ۱۳۹۲).

نتیجه‌گیری

در این مطالعه مشخص گردید که استان‌های قم، گیلان، کهگیلویه و بویر احمد، خراسان جنوبی و کرمان استان‌های پرمصرف آب هستند و استان‌های بوشهر، خوزستان، گلستان، مازندران و جنوب کرمان کم مصرف‌ترین استان‌ها و همچنین دارای بالاترین ارزش اقتصادی می‌باشند. استان‌های کهگیلویه و بویر احمد، خراسان جنوبی، کرمان، لرستان، ایلام، گیلان و کردستان دارای کمترین ارزش اقتصادی کشت گوجه‌فرنگی کشور را دارند. بالابودن ردپای آب سبب کاهش ارزش اقتصادی آب می‌گردد.

طی دوره مورد مطالعه میزان ردپای آب و سطح زیر کشت، کاهش یافته و عملکرد محصول افزایش یافته است. با توجه به دو دهه خشکسالی فراگیر در ایران بیشتر تولید گوجه فرنگی کشور ناشی از مصرف آب آبی و خاکستری از طریق استخراج بیش از حد آب‌های زیرزمینی است ارزیابی این شاخص در مقیاس ملی و استانی و آگاهی

از سهم هر استان به لحاظ ردپای اکولوژیکی آب و بهره‌وری اقتصادی آب در تولید این محصول می‌تواند گام مهمی در جهت کشت پایدار گوجه فرنگی در ایران باشد.



شکل ٦- تغییرات بیلان آب مجازی در محصول گوجه فرنگی در ایران

منابع آب بویژه در مناطق مرکزی ایران بسیار محدود است، که نتیجه سیاست نادرست دولت در توسعه اراضی کشاورزی طی دو دهه گذشته بوده است. طی بیست سال گذشته، سیاست دولت ایران، خودکفایی تولید محصولات استراتژیک بوده و هیچگاه تولید، توسعه و یا توقف کشت و صادرات و واردات محصولات کشاورزی با دیدگاه آب مجازی، ردپای اقتصادی و ردپای اکولوژیکی آب نبوده است. اما اخیرا در برنامه ششم توسعه در دستور کار قرار گرفته است. لذا با توجه به این مقوله می‌توانیم با برنامه‌ریزی صحیح کشت محصولات کشاورزی، میزان دسترسی خود را به منابع آب جهانی افزایش دهیم.

نتیجه نهایی این پژوهش مشخص کرد با توجه به محدودیت آب و خاک در ایران، شاخص ردپای اکولوژیکی، میزان حجم آب مجازی و آگاهی از تجارت آب مجازی اطلاعات مفیدی را برای اولویت‌بندی کشت محصول در مناطق مستعد ارائه می‌نماید و در نهایت پیشنهاد می‌شود که دیدگاه حاضر جهت تخصیص منابع آب کشاورزی و سیاستگذاری توقف و یا توسعه کشت در مقیاس استانی و ملی واردگردد.

منابع

بذرافشان، ا.، و گرگانی نژاد مشیزی، ز. ۱۳۹۶. تحلیل تغییرات زمانی و مکانی آب مجازی در محصول گوجه فرنگی در استان هرمزگان تحت تغییر اقلیم. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع غذایی)، ۳۲(۱): ۴۳-۲۹.

بذرافشان، ا.، و گرگانی نژاد مشیزی، ز. ۱۳۹۸. ارزیابی کارایی مصرف آب و ردپای آب در محصول زعفران در ایران. نشریه زراعت و فناوری زعفران، ۷(۴): ۵۰۵-۵۱۹.

حسینی، ا.، مهرگان، ن. و ابراهیمی، م. ۱۳۹۵. تعیین الگوی کشت بهینه محصولات زراعی با تاکید بر پیشینه کردن منافع اجتماعی و واردات خالص آب مجازی (مطالعه موردی دشت بهار همدان). تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۸(۳): ۱۴۴-۱۲۳.

حاتمی، ع.، و نوربخش، س. ۱۳۹۷. بازسازی معنایی بحران آب در شرق اصفهان براساس نظریه‌ی زمینه‌ای. جامعه شناسی کاربردی، ۷۳ (۱) ۱۲۳-۱۴۲.

رمضانی اعتدالی، ه.، شکوهی، ع. و مجتبوی، ا. ۱۳۹۵. بهره‌گیری از مفهوم ردپای آب مجازی در تولید محصولات اصلی برای عبور از بحران آب منطقه قزوین. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۳۱(۲):۴۳۳-۴۲۲.

قلی‌پور، س. و محمدزاده، ر. ۱۳۹۲. بررسی بازار گوجه فرنگی در جهان و ایران و ارائه رهنمودهایی جهت کاهش تهدیدهای پیش روی آن در ایران. دو ماهنامه بررسی‌های بازرگانی، ۶۳ (۱۱): ۷۳-۶۰.

محسن زاده، ر.، و فکوهی، ن. ۱۳۹۸. بحران آب در سایه کشاورزی افزایی و کشاورزی زدایی کشور: تشریح ارتباط بحران آب در بخش کشاورزی و وابستگی به نفت در کشور، ۱۱(۱): ۲۶۷-۲۹۲.

محمودنیا میمند، م.، فارسی، م.، مرعشی، س.ح.، و عبادی، پ. ۱۳۹۱. بررسی پاسخ‌های فیزیولوژیکی چهار گونه گوجه فرنگی به تنش خشکی . علوم باغبانی، ۲۶(۴): ۴۰۹-۴۱۶.

وحید، م.، و رنجبر، م. ۱۳۹۷. آسیب شناسی بعد سیاسی حکمرانی آب

در ایران(۱۳۹۲-۱۳۶۸). فصلنامه علمی _ پژوهشی سیاستگذاری عمومی، ۴: ۲۲۳-۲۰۳.

Ababaei, B., and Etedali, H.R. 2017. Water footprint assessment of main cereals in Iran. Agricultural Water Management 179: 401-411.

Bazrafshan, O., Etedali, H.R., Moshizi, Z.G.N., and Shamili, M. 2018. Virtual water trade and water footprint accounting of Saffron production in Iran. Agricultural Water Management 213: 368-374.

Bazrafshan, O., Zamani, H., Ramezanietedli, H., Moshizi, Z.G., 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: 105941.

Bazrafshan, O., Zamani, H., Etedali, H.R., and Dehghanpir, S. 2019. Assessment of citrus water footprint components and impact of climatic and non-climatic factors on them. Scientia Horticulturae 250: 344-351.

Golkar, F., Farahmand A., and Fardad H. 2008. Effect of irrigation water on yield and water use efficiency in tomato. Journal of Water Engineering 1: 13- 19.

Hoekstra, A.Y., and Chapagain. A.K. 2008. Globalization of water: Sharing the planets freshwater resources. Blakwell Publishing, Oxford, UK.

Hoekstra, A.Y., and Hung, P.Q. 2002. Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. Value if the Water Research Report Series. No. 11, UNESCO-IHE, Delft.

Islamic, Republic Iran Meteorological Organization, 2016. WWW.IRIMO.ir

Jenkinson, D.S. 2001. The impact of humans on the nitrogen cycle, with focus on temperate arable agriculture. Plant and Soil 228. 1: 3-15.

Satatistical Center of Iran, 2016. WWW.amar.org

Obuobie, E., Gachanja, P.M., and Dorr, A.C. 2005. The Role of Green water in Food Trade. Term paper for the Interdixciplinary Course, International Doctoral Studies. Center of Development Research University of Bonn.

Zhang, C., McBean E.A., and Huang J. 2014.A Virtual Water Assessment Methodology for Cropping Pattern Investigation. Water Resource Management 28: 2331–2349.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 14, Feb.-Mar. 2021, p. 2047-2059

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۴، بهمن - اسفند ۱۳۹۹، ص. ۲۰۵۹-۲۰۴۷

Assessing Spatio-temporal Changes of Ecological Water Footprint and Economic Value of Water in Tomato Production at Iran

M. Yahyazadeh Berentin[1], O. Bazarfshan[2]*, Y. Esmaelpour[3]
Recived: Sep.01, 2020 Accepted: Nov.01, 2020

Abstract

In this study, spatial and temporal changes of ecological footprint components and the economic value of virtual water of tomato crop have been estimated during the 2005 - 2017 in the producing provinces. The results showed that the average ecological footprint of water in the mentioned product is 327.2 m^3/ton, which is the share of green, blue and gray water footprint is 4.6%, 83.5% and 11.95, respectively. Bushehr province (86.8 m^3/ton) and Qom province (771.6 m^3/ton) have the lowest and highest water footprints in Iran, respectively. The highest share of green water footprint is related to Bushehr, Southern Kerman, Mazandaran and Hormozgan provinces while the highest share of blue water footprint is related to Lorestan, Kohgiluyeh, Boyer-Ahmad and Khorasan Razavi provinces. The average economic value of virtual water in Iran is 0.78 USD/m3, which is the highest (1.68 USD/m^3) and the lowest (0.29 USD/m^3) in Bushehr, Kohkiluyeh and Boyer-Ahmad, respectively. The average volume of virtual water for tomato production is 3925.99 MCM per annual, of which The share of Qom, Guilan and South Khorasan provinces in the export of virtual water is the highest. 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: Economic value of water footprint, Irrigated tomato, Virtual water, Water footprint

1- M.Sc. of Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Agriculture, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran
2,3- Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Natural Resources and Agriculture, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran
(*- Corresponding Author Email: O.bazrafshan@hormozgan.ac.ir)