

تغییرات زمانی و مکانی ردپای اکولوژیکی آب و تجارت آب مجازی در محصول بادام فاریاب و دیم در ایران

کامبیز وفایی^۱، ام‌البنین بذرافشان^{۱*} و هادی رمضانی اعتدالی^۲

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۶/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۴)

چکیده

برآورد ردپای اکولوژیکی آب و تجارت آب مجازی در محصولات مختلف در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران می‌تواند به مدیریت بهتر منابع محدود آب کمک کند. در این مطالعه، تغییرات مکانی و زمانی اجزای ردپای اکولوژیکی آب در محصول باغی بادام فاریاب و دیم برآورد شده و میزان حجم تجارت آب مجازی طی دوره آماری ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۳ در استان‌های تولیدکننده در سطح ملی برآورد شده است. نتایج نشان داد، در باغات دیم، به‌طور متوسط ردپای اکولوژیکی آب ۹/۲ متر مکعب بر کیلوگرم است که سهم آب سبز و خاکستری در کشت دیم ۷۲ و ۲۸ درصد است. استان ایلام و کهگیلویه و بویراحمد دارای بالاترین سهم آب سبز (به ترتیب ۹۱ و ۹۰ درصد) هستند، که دارای قابلیت بالایی در توسعه کشت دیم هستند. در مقابل متوسط ردپای اکولوژیکی آب در باغات فاریاب، ۱۱/۴ متر مکعب بر کیلوگرم است که به ترتیب سهم آب سبز، آبی و خاکستری ۱۹، ۷۱ و ۱۰ درصد است. از این نقطه‌نظر استان‌های سیستان و بلوچستان، خوزستان و هرمزگان به ترتیب با ۹۰ و ۸۹ و ۸۸ درصد بیشترین سهم آب آبی را نسبت به مجموع ردپای اکولوژیکی آب در کشور دارا هستند، که توجه به روش‌های بهینه‌سازی آبیاری ضرورت دارد. حجم کل آب مجازی تولید بادام دیم و فاریاب به ترتیب برابر با ۱۹۲۳ و ۸۲۴۲ میلیون متر مکعب است که از این مقدار، حدود ۹۲ درصد یعنی معادل ۹۳۴۳ میلیون متر مکعب در سال به‌صورت تجارت آب مجازی از کشور صادر می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ردپای آب، بادام دیم و فاریاب، مقیاس استانی، مقیاس ملی

۱. گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران
 ۲. گروه علوم مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، قزوین، ایران
 *: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: O.bazrafshan@hormozgan.ac.ir

مقدمه

ایران یکی از عمده‌ترین کشورهای تولید کننده و صادر کننده بادام است. طبق آمار و اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی و سازمان خواروبار جهانی ایران با سطح زیر کشت بیش از ۱۴۰ هزار هکتار طی سال‌های ۸۸-۱۳۸۳ رتبه سوم تا چهارم را از لحاظ سطح زیر کشت بادام به خود اختصاص داده است، و بعد از کشورهای اسپانیا (حدود ۶۵۰ هزار هکتار)، آمریکا (حدود ۲۹۰ هزار هکتار) و تونس (حدود ۱۹۰ هزار هکتار) قرار دارد. از لحاظ تولید وضعیت ایران مناسب‌تر بوده و در طی سال‌های مورد مطالعه توانسته رتبه خود را از مقام پنجم به سوم ارتقا دهد به طوری که میزان تولید بادام به حدود ۱۲۸ هزار تن رسیده و در بخش صادرات توانسته است جزء ده کشور اول صادر کننده این محصول قرار گیرد (۱۷). بادام با سطح زیر کشت ۱۴۶۰۵۵ هکتار یکی از مهم‌ترین محصولات باغی کشور است. ردپای اکولوژیکی آب شاخصی است برای نشان دادن حجمی از آب که به طور مستقیم یا غیرمستقیم در تولید کالا و یا ارائه هرگونه خدمات به مصرف می‌رسد. این عدد شامل مجموع آب مصرف شده طی فرایندهای زنجیره تولید یک محصول خواهد بود (۴).

برای اینکه بتوان اثر الگوی مصرف را بر منابع طبیعی نشان داد می‌توان از مفهوم آبرانه یا ردپای اکولوژیکی آب استفاده کرد. این مفهوم اولین بار در سال ۲۰۰۲ توسط هوکسترا و هانگ معرفی شد (۱۲). ردپای اکولوژیکی آب یک محصول به عنوان کل حجم آب شیرینی که برای تولید یک محصول استفاده می‌شود، تعریف شده است (۱۳). مفهوم ردپای اکولوژیکی آب مجازی در سطوح منطقه‌ای، ملی و بین‌المللی برای تحلیل بهره‌وری مصرف آب مورد استفاده قرار گرفته است.

انتقال آب مجازی یکی از مکانیزم‌های ذخیره‌سازی منابع آب داخلی کشور و دستیابی به امنیت آبی در مقیاس ملی است. تجارت بین‌المللی محصولات کشاورزی (واردات محصولات آب بر و صادرات محصولات کم آب بر) منجر به

ذخیره منابع آب سطحی و زیرزمینی در سطح ملی می‌شود (۲). آب مجازی، تنها مفهومی است که بیان کننده محتوای آب (بیشتر محصولات کشاورزی) بوده و ابعادی از قبیل زمان و مکان و نحوه مصرف این آب را شامل نمی‌شود، اما ردپای اکولوژیکی آب مفهومی مشابه و گسترده‌تر از آب مجازی دارد، چرا که، این مفهوم ابعاد مکانی و زمانی را به مفهوم آب مجازی می‌افزاید، بنابراین ارتباطی میان فرموله کردن سیاست‌گذاری‌ها و ارزیابی اثرات آن به حساب 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 به عنوان ابزار محاسبه استفاده می‌کنند (۶ و ۱۵).

پژوهشگران متعددی در ایران به بررسی آب مجازی در محصولات مختلف در مقیاس استانی و یا ملی پرداختند که از جمله می‌توان به غلامحسین پور جعفری‌نژاد و همکاران در استان کرمان برای بررسی مزیت نسبی محصول پسته و خرما (۱۰)؛ امیدی و همایی در بررسی مقدار آب مجازی گندم در استان فارس (۱۸)؛ صافی و امیرلطیفی در بررسی حجم آب مجازی نیشکر در خوزستان (۲۲)؛ سالاری و همکاران در تحلیل زمانی و مکانی تغییرات آب مجازی گندم در استان سیستان و بلوچستان (۲۳)؛ شکوهی و همکاران در بررسی حسابداری ردپای اکولوژیکی آب برای تعیین الگوی کشت بهینه در دشت قزوین (۲۵)؛ آبابایی و رضانی اعتدالی در بررسی ردپای اکولوژیکی آب محصولات گندم، جو و ذرت در کل کشور (۱)؛ بذرافشان و گرکانی‌نژاد مشیزی در بررسی ردپای اکولوژیکی آب محصول گوجه‌فرنگی در استان هرمزگان (۶) و بذرافشان و همکاران (۴ و ۵) در ردپای اکولوژیکی آب زعفران و مرکبات در سطح ایران اشاره کرد. پژوهش‌های گفته شده، وضعیت آب مجازی و تجارت آب را برای محصولات مهم و یا عمده مناطق مختلف مورد مطالعه قرار دادند.

لذا در یک جمع‌بندی می‌توان گفت، مرور پژوهش‌ها نشان

در این مطالعه، ردپای اکولوژیکی آب سبز، آبی و خاکستری در تولید بادام در سطح ایران با به‌کارگیری چارچوب اصلی هوکسترا و چاپاگین (۱۱) طی دوره آماری ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۳ برآورد شد. منظور از بادام در این تحقیق بادام با پوست خشک شده است.

نیاز آبی، نیاز آبیاری و بارش مؤثر با استفاده از مدل CropWat محاسبه شد. میزان تبخیر و تعرق گیاهی و نیاز آبیاری با استفاده از روش FAO-Penman-Moneith در شرایط استاندارد و غیراستاندارد محاسبه شد (۳):

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

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

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

در روابط زیر، WF_{Green} ردپای اکولوژیکی آب سبز، WF_{Blue} ردپای اکولوژیکی آب آبی و، WF_{Gray} ردپای اکولوژیکی آب خاکستری بر حسب متر مکعب در هر کیلوگرم است (۲۳). همچنین P_e مجموع بارندگی مؤثر (با استفاده از روش USDA S.C. Method) در طول دوره رشد گیاه به میلی‌متر، ET_c تبخیر و تعرق هر گیاه به میلی‌متر، Y عملکرد هر محصول به تن در هکتار، α درصد تلفات کودهای نیتروژن، NAR نرخ مصرف کود نیتروژن برای هر گیاه به کیلوگرم در هکتار، C_{MAX} غلظت بحرانی نیتروژن به کیلوگرم در متر مکعب، C_{Nat} غلظت واقعی نیتروژن در منابع آب دریافت کننده به کیلوگرم در متر مکعب، D_t عمق آب آبیاری برای هر گیاه در طول فصل رشد به میلی‌متر، و عدد ۱۰ فاکتور تبدیل واحد از میلی‌متر به متر مکعب در هکتار است. مقادیر α در شرایط آبی ۱۰ درصد در نظر گرفته شد (۷). در این مطالعه WF_{Gray} تنها برای کودهای نیتروژن به‌کار گرفته شده است. حداکثر غلظت نیتروژن در منابع آب دریافت کننده بر اساس استاندارد US-EPA⁵ برابر با ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر است و چون اطلاعات دقیقی از غلظت واقعی نیتروژن در منابع آب دریافت کننده در دست نیست، این مقدار برابر صفر در نظر گرفته شد (۷).

می‌دهد، تخمین‌هایی از ردپای اکولوژیکی آب در مقیاس جهانی و داخلی برای اغلب محصولات زراعی صورت گرفته است، اما مطالعات بسیار کمی در خصوص محصولات باغی وجود دارد. این تحقیق به تحلیل زمانی و مکانی ردپای بادام دیم و فاریاب در مقیاس ملی و استانی طی دره آماری ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۳ پرداخته است. ایران چهارمین تولید کننده بادام در دنیاست که بخش عمده‌ای از تولیدات ملی را به سایر کشورها صادر می‌کند، لذا هدف از ارائه این مقاله: (۱) برآورد ردپای اکولوژیکی آب (آب سبز، آبی و خاکستری) در محصول بادام فاریاب و دیم در دوره زمانی ۱۳۸۷-۱۳۹۳ در مقیاس استانی و ملی، (۲) تحلیل زمانی و مکانی تغییرات ردپای آب در محصول بادام در ایران و (۳) برآورد میزان تجارت آب مجازی این محصول از کشور است.

مواد و روش

در این پژوهش، اطلاعات مربوط به سطح زیر کشت، عملکرد در واحد سطح، میزان تولید، میزان کود، راندمان آبیاری، تاریخ کشت و تیپ خاک از سالنامه سازمان جهاد کشاورزی طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ استخراج شد. همچنین داده‌های اقلیمی از سازمان هواشناسی هر استان (۱۴) فراهم شد. داده‌ها شامل متوسط ده ساله بارش، درصد رطوبت نسبی، ساعات آفتابی، حداکثر و حداقل درجه حرارت هوا و سرعت باد طی دوره آماری مورد مطالعه است.

۲۹ استان در ایران تولید کننده بادام فاریاب و ۲۴ استان تولید کننده بادام دیم هستند (جدول ۱)، که از کل سطح زیر کشت درختان بارور (۱۲۹۰۰۰ هکتار) در ایران، ۵۱ درصد آن اراضی فاریاب و مابقی آن به‌صورت دیم کشت می‌شود. این استان‌ها در اقلیم نیمه‌خشک، خشک و مدیترانه‌ای قرار گرفته‌اند. استان چهارمحال و بختیاری با متوسط بارش سالانه ۶۶۱ میلی‌متر و استان یزد با متوسط بارش سالانه ۸۲ میلی‌متر به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین میزان بارش در بین استان‌های تولید کننده بادام در ایران هستند (۱۶).

جدول ۱. اطلاعات محصول تولیدی در استان‌های تولید کننده بادام دیم و فاریاب در ایران

استان	کد	تولید		سهم در سطح استان (درصد)		سهم ملی (درصد)		کود (کیلوگرم در هکتار)		عملکرد (تن در هکتار)	
		آبی	دیم	آبی	دیم	آبی	دیم	آبی	دیم	آبی	دیم
آذربایجان شرقی	۱	۶۹۰۹	۴۹۲	۷۴۰۱	۹۳	۷	۱/۵۲	۵۳	۴۵	۱/۲	۰/۵
آذربایجان غربی	۲	۲۹۵۹	۱۹۸	۳۱۵۷	۹۴	۶	۰/۶۱	۵۸	۴۵	۱/۵	۰/۶
اردبیل	۳	۱۰۷	۱۳۴	۲۴۱	۴۴	۵۶	۰/۱۱	۵۹	۴۵	۱/۳	۰/۴
اصفهان	۴	۶۸۸۶	۳۳۹	۷۲۲۵	۹۵	۵	۱/۰۵	۴۷	۳۵	۱/۲	۰/۵
البرز	۵	۳۳۶	۵	۳۴۱	۹۹	۱	۰/۳۵	۵۵	۴۰	۱/۶	۰/۵
ایلام	۶	۱۲۲	۲۳۲	۳۵۴	۳۴	۶۶	۰/۱۳	۵۶	۴۵	۰/۷	۰/۷
بوشهر	۷	۱۷	۲	۱۸	۹۱	۹	۰/۰۲	۵۱	۳۵	۲/۶	-
تهران	۸	۵۱۸	-	۵۱۸	۱۰۰	-	۰/۵۴	۵۱	۴۵	۳	-
جنوب کرمان	۹	۱۹۳	-	۱۹۳	۱۰۰	-	۰/۲۰	۵۳	۳۵	۱/۶	-
چهارمحال و بختیاری	۱۰	۱۴۳۴۹	۸۲	۱۴۴۳۱	۹۹	۱	۱۴/۸۲	۵۴	۴۵	۱/۷	۰/۵
خراسان جنوبی	۱۱	۵۸۶۳	۳۵۲۱	۹۳۸۴	۶۲	۳۸	۱۰/۹۱	۵۲	۴۵	۱/۴	۰/۵
خراسان رضوی	۱۲	۶۵۵۶	۵۵۰۱	۱۲۰۵۷	۵۴	۴۶	۱۷/۰۵	۵۵	۴۵	۰/۸	۰/۳
خراسان شمالی	۱۳	۱۲۴۸	۱۵۵۰	۲۷۹۸	۴۵	۵۵	۴/۸۰	۵۷	۳۵	۲/۴	۰/۶
خوزستان	۱۴	۱۰۲	۹۱	۱۹۳	۵۳	۴۷	۰/۱۱	۵۳	۳۵	۲/۵	۱/۸
زنجان	۱۵	۱۶۸۵	۱۰۶	۱۷۹۱	۹۴	۶	۱/۷۴	۵۷	۳۵	۱/۵	۰/۵
سمنان	۱۶	۱۳۰۸	۹	۱۳۱۸	۹۹	۱	۱/۳۵	۵۳	۴۵	۱/۵	-
سیستان و بلوچستان	۱۷	۲۳۷	-	۲۳۷	۱۰۰	-	۰/۲۴	۵۱	۳۵	۱/۹	۰/۱
فارس	۱۸	۱۲۷۳۰	۱۴۴۷۱	۲۷۲۰۱	۴۷	۵۳	۱۳/۱۵	۵۸	۴۵	۲	۰/۷
قزوین	۱۹	۶۲۹۱	۲۳۵۹	۸۶۵۰	۷۳	۲۷	۷/۳۱	۵۷	۳۵	۱	۰/۴
قم	۲۰	۷۹۸	۲	۸۰۰	۱۰۰	۰	۰/۸۲	۵۴	۴۵	۱/۱	۰/۱
کردستان	۲۱	۵۲۳	۳۴۱	۸۶۴	۶۱	۳۹	۰/۵۴	۵۷	۳۵	۱/۱	۰/۶
کرمان	۲۲	۶۶۶۵	۶۵۸	۷۳۲۳	۹۱	۹	۶/۸۹	۵۵	۴۵	۱/۱	۰/۳
کرمانشاه	۲۳	۳۳۶۲	۵۸۵	۳۹۴۷	۸۵	۱۵	۳/۴۷	۵۹	۴۵	۲/۱	۰/۵
کهگیلویه و بویراحمد	۲۴	۶۹۲	۲۰۵	۸۹۷	۷۷	۲۳	۰/۷۱	۶۰	۴۵	۱/۲	۰/۸
لرستان	۲۵	۲۵۱۱	۱۴۰	۲۶۵۱	۹۵	۵	۲/۵۹	۶۰	۴۵	۱/۲	۰/۳
مرکزی	۲۶	۵۲۷۷	۱۲۴	۵۴۰۱	۹۸	۲	۵/۴۵	۵۴	۴۵	۱/۱	۰/۴
هرمزگان	۲۷	۷۳۲	۶	۷۳۸	۹۹	۱	۰/۷۶	۵۳	۳۵	۱/۵	۰/۱
همدان	۲۸	۴۲۸۸	۱۰۸۱	۵۳۶۹	۸۰	۲۰	۳/۳۵	۵۷	۴۵	۱/۴	۰/۵
یزد	۲۹	۳۵۲۸	۳۸	۳۵۶۶	۹۹	۱	۳/۶۴	۵۱	۳۵	۰/۵	۰/۲
کل	-	۹۷۷۹۲	۳۲۷۲	۱۲۹۰۶۲	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	-	-
میانگین	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱/۴۷	۰/۱۹
ماکزیمم	-	۲۷۲۰۱	۱۴۴۷۱	۱۴۳۴۹	۱۰۰	۶۶	۱۴/۸۲	۵۸	۴۵	۰/۵	۰/۱
مینیمم	-	۱۸	۲	۱۷	۳۴	۱	۰/۱۱	۴۷	۳۵	۲/۱	۰/۸

سبز در کشت دیم نشان می‌دهد، استان‌های کهگیلویه و بویراحمد و ایلام دارای بالاترین سهم آب سبز (به ترتیب ۹۱ و ۹۰ درصد) و استان بوشهر کمترین ردپای اکولوژیکی آب سبز را دارد (۳۳ درصد) (شکل ۱).

لذا در بررسی ردپای اکولوژیکی آب سبز، در اراضی دیم و فاریاب در استان‌های تولید کننده بادام در ایران می‌توان گفت، تفاوت در شرایط آب‌وهوایی، میزان بارش و شرایط متفاوت خاک، منجر به تنوع در مقدار آن شده است، اگرچه استان‌های غربی و جنوب غربی به دلیل بارش مناسب دارای بارش مؤثر بالایی هستند، اما همین استان‌ها، دارای ردپای آب سبز بالایی هستند که آنها را مستعد کشت دیم می‌سازد. لذا تغییر گزینه‌های مدیریتی در مرحله کاشت، داشت و به‌کارگیری سامانه‌های آبیگر مانند تراس و بانکت برای استفاده مفید و کارا از آب باران، استفاده از گونه‌های مقاوم به کم‌آبی و تراکم در واحد سطح و فاصله کشت می‌تواند کمک زیادی به توسعه کشت در مناطق و تبدیل اراضی بادام فاریاب به دیم کند (۱۹).

در بادام فاریاب، ردپای اکولوژیکی آب سبز در محدوده ۷/۲-۰/۴ متر مکعب بر کیلوگرم، آب آبی ۲۶/۴-۲/۵ متر مکعب بر کیلوگرم و آب خاکستری ۱/۴-۰/۶ متر مکعب بر کیلوگرم متغیر است. میانگین کل ردپای اکولوژیکی آب در تولید بادام در استان‌های منتخب ۱۱/۴ متر مکعب بر کیلوگرم است که از این مقدار ۱۹ درصد آب سبز، ۷۱ درصد آب آبی و ۱۰ درصد آب خاکستری است (شکل ۳). در بادام فاریاب، متوسط ردپای آب سبز، ۲/۲ متر مکعب بر کیلوگرم است که استان‌های کهگیلویه و بویراحمد، ایلام، لرستان و کرمانشاه دارای بالاترین سهم به ترتیب ۳۶، ۳۵ و ۳۴ درصد و استان‌های یزد و قم و سیستان و بلوچستان با ۴، ۶ و ۸ درصد کمترین سهم ردپای اکولوژیکی آب سبز را دارند (شکل ۲). آب آبی را دارا هستند. ردپای اکولوژیکی آب خاکستری در تولید بادام فاریاب در ایران حدود ۱/۱ متر مکعب بر کیلوگرم است که استان‌های آذربایجان شرقی، قزوین و آذربایجان غربی به ترتیب با ۱۷، ۱۶ و ۱۵ درصد بیشترین سهم ردپای اکولوژیکی آب خاکستری و استان خوزستان و خراسان جنوبی

پس از محاسبه اجزای ردپای اکولوژیکی آب، مجموع هر یک از این اجزا در سطح استان به صورت متوسط وزنی این مقادیر با استفاده از روابط زیر محاسبه شد:

$$WFV_{i,x} = \text{Prod}_{i,x} WF_{i,x} \quad i=1, \dots, 29 \quad (5)$$

$$AWF_{i,x} = \frac{\alpha_i WFV_{i,x}}{\alpha_i \text{Prod}_{i,x}} \quad (6)$$

که در آنها، i شاخص محصول، x جزء ردپای اکولوژیکی آب (آبی، سبز و خاکستری)، Prod حجم تولید بادام در هر استان (Mton)، WFV کل حجم هر یک از اجزای ردپای اکولوژیکی آب (MCM)، AWF متوسط هر یک از اجزای ردپای اکولوژیکی آب (m^3/ton) هستند. ردپای اکولوژیکی آب آبی برای بادام دیم محاسبه نمی‌شود.

میزان آب مجازی صادر شده (VWC_E , virtual water content exported) عبارت است از: اختلاف کل حجم اجزای ردپای اکولوژیکی عبارتست از: اختلاف کل حجم اجزای ردپای اکولوژیکی برحسب میلیون مترمکعب که صرف تولید محصول شده با آب مجازی مصرفی توسط جمعیت 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 به دست می‌آید (۲۵). براساس الگوی پیشنهادی بهینه در طرح امنیت غذایی کشور (۲۴) میزان مصرف سرانه بادام هر ایرانی ۰/۵۰۲ گرم در سال است.

نتایج و بحث

ردپای اکولوژیکی آب در بادام دیم و فاریاب در ایران و استان‌های تولید کننده

اجزای ردپای اکولوژیکی آب در محصول بادام دیم و فاریاب در جدول ۲ خلاصه شده است. در بادام دیم، ردپای اکولوژیکی آب سبز در محدوده ۵/۵-۱۳/۵ متر مکعب بر کیلوگرم و آب خاکستری ۸/۴-۰/۲ متر مکعب بر کیلوگرم متغیر است. میانگین کل ردپای اکولوژیکی آب در تولید بادام دیم در ایران ۹/۲ متر مکعب بر کیلوگرم است که از این مقدار سهم آب سبز و خاکستری به ترتیب ۷۲ و ۲۸ درصد است. بررسی ردپای اکولوژیکی آب

جدول ۲. اجزای ردپای اکولوژیکی آب در بادام دیم و فاریاب در استان‌های تولید کننده بادام در ایران

ردپای اکولوژیکی آب در بادام فاریاب (متر مکعب بر کیلوگرم)				ردپای اکولوژیکی آب در بادام دیم (متر مکعب بر کیلوگرم)			استان
کل	خاکستری	آبی	سبز	کل	خاکستری	سبز	
۳۸/۲	۶/۴	۲۶/۴	۵/۴	۱۴	۴/۷	۹/۳	آذربایجان شرقی
۱۰/۹	۱/۷	۵/۹	۳/۳	۱۰/۸	۱/۱	۹/۷	آذربایجان غربی
۱۰/۲	۱	۶/۸	۲/۴	۵/۹	۱	۴/۹	اردبیل
۸/۹	۰/۴	۷/۳	۱/۲	۶/۶	۲	۴/۶	اصفهان
۴/۶	۰/۱	۳/۴	۱/۱	۳/۱	۰/۴	۲/۷	البرز
۲۰/۲	۲/۲	۱۰/۸	۷/۲	۵/۳	۰/۵	۴/۸	ایلام
۶/۶	۰/۲	۵/۶	۰/۸	۱۲/۱	۸/۲	۳/۹	بوشهر
۳/۲	۰/۱	۲/۵	۰/۶	-	-	-	تهران
۸/۲	۰/۲	۷/۱	۰/۹	-	-	-	جنوب کرمان
۶/۳	۰/۲	۴/۴	۱/۷	۶/۹	۱/۴	۵/۴	چهارمحال و بختیاری
۷/۱	۰/۳	۵/۹	۰/۹	۳/۴	۱	۲/۴	خراسان جنوبی
۱۴/۳	۱/۴	۱۰/۳	۲/۶	۱۹/۳	۸/۴	۱۰/۹	خراسان رضوی
۱۱/۳	۱	۷/۸	۲/۵	۱۶/۳	۷/۱	۹/۲	خراسان شمالی
۴/۹	۰/۱	۴/۴	۰/۴	۰/۷	۰/۲	۰/۵	خوزستان
۱۲/۶	۱/۶	۷/۸	۳/۲	۱۵/۶	۲/۱	۱۳/۵	زنجان
۶/۷	۰/۲	۵/۷	۰/۸	-	-	-	سمنان
۶/۴	۰/۲	۵/۸	۰/۴	-	-	-	سیستان و بلوچستان
۵/۴	۰/۲	۴/۱	۱/۱	۴/۳	۰/۹	۳/۴	فارس
۲۱/۴	۳/۵	۱۳	۴/۹	۷/۷	۱/۳	۶/۴	قزوین
۱۲/۹	۱	۱۰/۸	۱/۱	-	-	-	قم
۱۰	۰/۸	۶	۳/۲	۷/۳	۰/۹	۶/۴	کردستان
۱۳	۰/۸	۱۰/۸	۱/۴	۱۲/۶	۷/۲	۵/۴	کرمان
۴/۷	۰/۲	۲/۹	۱/۶	۱۷/۶	۷/۹	۹/۸	کرمانشاه
۱۵/۷	۲/۳	۷/۷	۵/۷	۷/۹	۰/۷	۷/۲	کهگیلویه و بویراحمد
۸/۸	۰/۵	۵/۳	۳	۱۳/۲	۲/۴	۱۰/۸	لرستان
۹/۱	۰/۵	۶/۴	۲/۲	۸/۷	۲/۲	۶/۵	مرکزی
۱۲/۳	۰/۵	۱۰/۷	۱/۱	-	-	-	هرمزگان
۸/۲	۰/۶	۵/۳	۲/۳	۹/۹	۲/۲	۷/۷	همدان
۲۶/۸	۴/۱	۲۱/۶	۱/۱	۲/۹	۱/۸	۱/۲	یزد
۱۱/۴	۱/۱	۸	۲/۲	۹/۲	۲/۹	۶/۴	میانه
۳۸/۲	۶/۴	۲۶/۴	۷/۲	۱۹/۳	۸/۴	۱۳/۵	ماکریم
۳/۲	۰/۱	۲/۵	۰/۴	۰/۷	۰/۲	۰/۵	مینیم

۲/۴ درصد را دارا هستند.

ردپای اکولوژیکی آب بر اجزای مصرف آب شامل آب سبز، آبی و خاکستری دلالت دارد که کل مصرف آب از زمان کاشت تا برداشت است. که هر یک اثرات و هزینه‌های متفاوتی بر آب در دسترس دارند. مصرف آب سبز در تولید محصولات دیم از آب باران است که روی محیط زیست اثرات سوئی ندارد و در مقابل در کشت آبی، آب آبی از آب‌های سطحی و یا زیرزمینی است که اثرات آن بر محیط زیست مشهود است و آب خاکستری نیز سبب آلوده شدن آب و خاک می‌شود (۲۰ و ۲۱). لذا WF به مصرف مستقیم و غیرمستقیم آب در تولید محصولات کشاورزی و اثرات زیست‌محیطی ناشی از آن دارد که کاربرد آن می‌تواند ارزیابی جامع‌تری از ارزش اقتصادی آب، بهره‌وری آب زراعی و اولویت‌بندی زمانی و مکانی کشت به ما ارائه دهد (۱۵).

متوسط کل ردپای اکولوژیکی آب در تولید بادام در ایران ۱۰/۴ متر مکعب بر کیلوگرم است، که این مقدار در مقیاس جهانی توسط هوکسترا و چاپاگین (۱۱)؛ ۹/۸ متر مکعب بر کیلوگرم، در کالیفرنیا ۱۰/۲۴ متر مکعب بر کیلوگرم (۹) و در تونس (۸) ۲۰/۸ متر مکعب بر کیلوگرم گزارش شده است. تفاوت در مدیریت کاشت، داشت و برداشت، مصرف کود زیاد در اراضی کم بازده، شرایط آب‌وهوایی، عرض جغرافیایی و خاک از جمله مهم‌ترین دلایل در میزان ردپای اکولوژیکی آب در نواحی مختلف است.

تغییرات زمانی و مکانی ردپای اکولوژیکی آب در محصول

دیم و فاریاب بادام در ایران

برای بررسی تغییرات زمانی ردپای اکولوژیکی در بادام دیم و فاریاب، میزان ردپا در هر محصول (دیم و فاریاب) در کل کشور به صورت میانگین تمام استان‌ها برآورد شد. شکل ۳، تغییرات زمانی ردپا را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، میزان کل ردپای آب در بادام فاریاب بیشتر از دیم است اما روند تغییرات ردپا در دو محصول طی دوره مورد

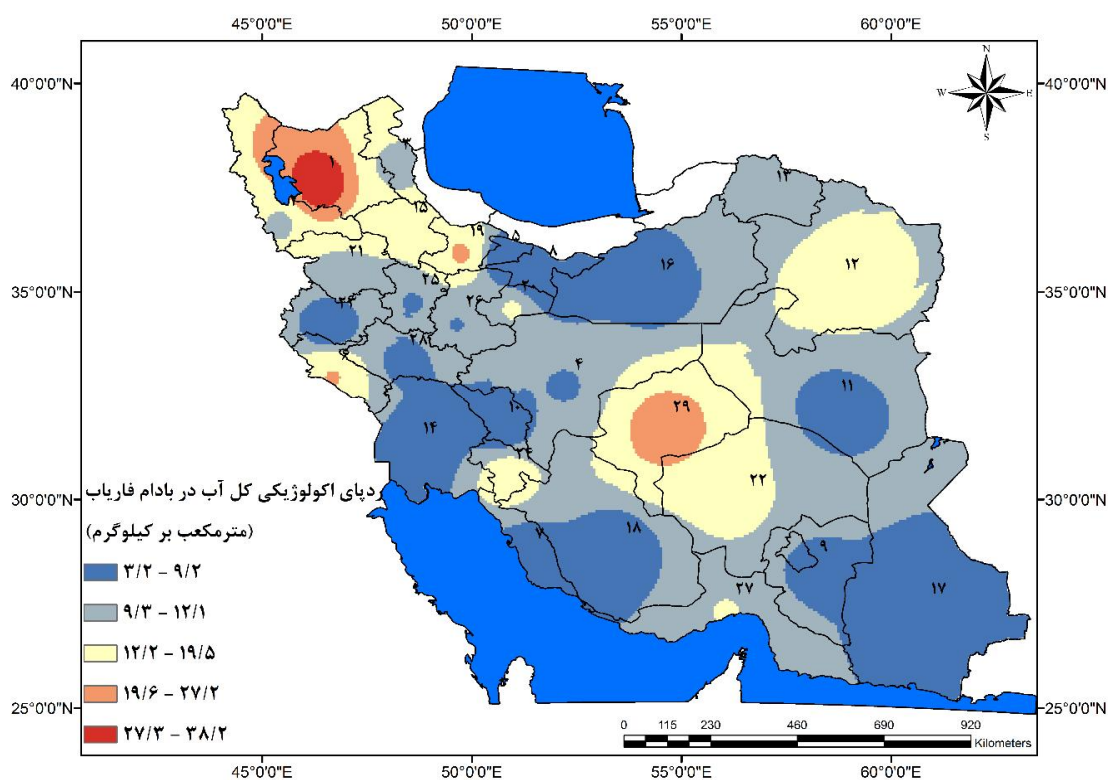
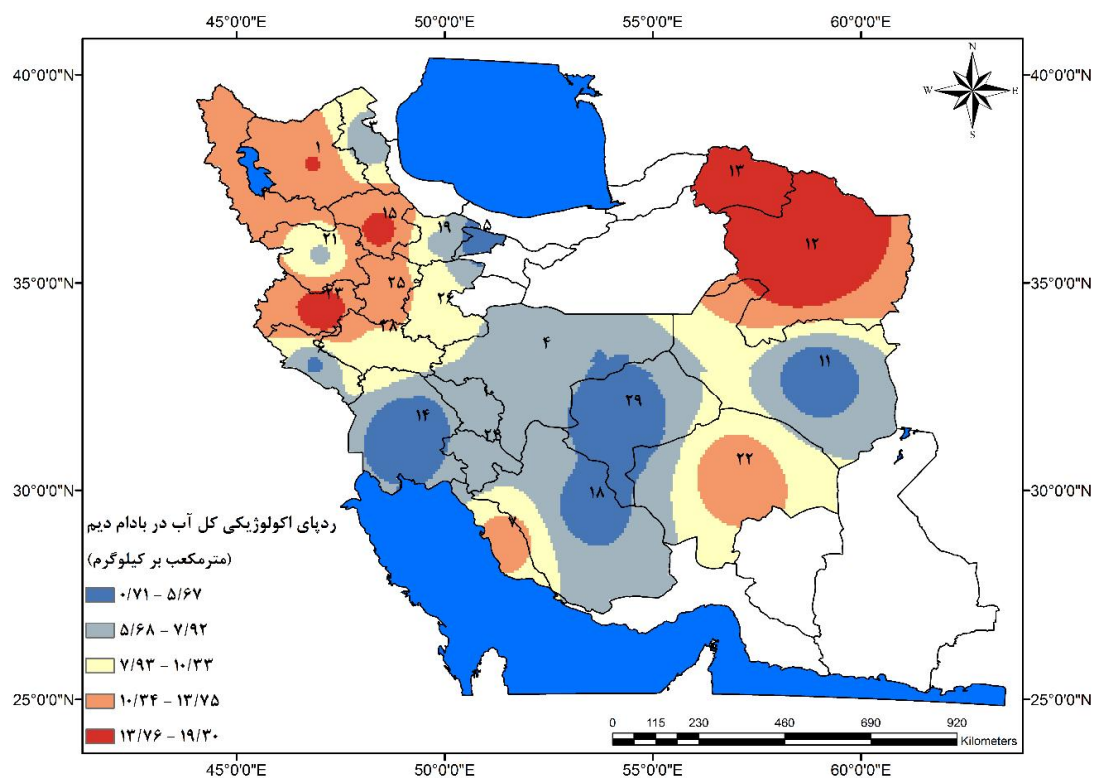
مطالعه تقریباً مشابه است. طی سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۹۱ مقدار ردپای دو محصول بیشتر از سایر سال‌ها برآورد شده است. در این سال‌ها، طبق گزارش سازمان هواشناسی (۱۴)، خشکسالی‌های شدیدی در ایران گزارش شده است. خشکسالی‌ها منجر به افزایش نیاز آبی، کاهش عملکرد و متعاقباً افزایش ردپای آب می‌شود (۵).

شکل ۴، تغییرات مکانی ردپای اکولوژیکی آب در محصول دیم و فاریاب را در ایران در ۲۲ استان نمایش می‌دهد. بر اساس شکل فوق، دامنه تغییرات ردپای اکولوژیکی آب در بادام دیم در ایران ۰/۷ تا ۱۹/۳ متر مکعب بر کیلوگرم در سال است که، کمترین ردپا مربوط به بخش‌های مرکزی و جنوب غربی ایران و بیشترین ردپا مربوط به بخش‌های شمال شرق و شمال غرب ایران است. در مورد بادام فاریاب، دامنه تغییرات ردپای اکولوژیکی بین ۳/۲ تا ۳۸/۳ متر مکعب بر کیلوگرم در سال است که عموم مناطق کشور در محدوده تغییرات ۳/۲ تا ۱۲/۱ متر مکعب بر کیلوگرم قرار دارند. تنها وسعت کمی از کشور در محدوده زیادی از ردپای اکولوژیکی هستند، که شامل بخش کوچکی در مرکز و شمال غرب ایران است.

حجم آب مجازی و تجارت آب مجازی در محصول بادام

دیم و فاریاب در مقیاس ملی و استانی

بررسی حجم آب مجازی نشان می‌دهد (جدول ۳) به‌طور متوسط سالانه ۱۹۲۳ میلیون متر مکعب آب مجازی صرف بادام دیم می‌شود که ۱۲۷۳ آن آب سبز و تقریباً نیمی از آن (۶۵۱ میلیون متر مکعب) آب خاکستری است. بر اساس نتایج، در استان البرز، تقریباً ۹۹ درصد از کل باغات دیم آن توسط آب سبز تأمین شده و به‌خاطر پایین بودن مصرف کود، حجم آب مجازی خاکستری بسیار ناچیز است. استان کردستان، کهگیلویه و بویراحمد و ایلام نیز در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند. این استان‌ها دارای پتانسیل بالای توسعه کشت دیم هستند و برای توسعه کشت دیم در آنها بایستی سازمان‌های متولی امر، به‌دنبال



شکل ۴. تغییرات مکانی اجزای ردپای آب در محصول بادام دیم و فاریاب در ایران (کد هر استان در جدول ۱ ارائه شده است).
(رنگی در نسخه الکترونیکی)

جدول ۳. متوسط حجم آب مجازی در بادام دیم و فاریاب در استان‌های تولید کننده بادام در ایران

استان	کل حجم آب مجازی در بادام دیم (میلیون متر مکعب)			کل حجم آب مجازی در بادام فاریاب (میلیون متر مکعب)			سهم ملی (درصد)	
	سبز	خاکستری	کل	سبز	آبی	خاکستری	دیم	آبیاری
آذربایجان شرقی	۳۲	۱۶/۱	۴۸/۱	۲۶۲/۵	۱۲۷۹/۱	۳۰۸/۱	۲/۵	۲۲/۴
آذربایجان غربی	۱۳/۴	۱/۵	۱۴/۹	۶۷/۶	۱۲۲/۱	۳۵/۵	۰/۸	۲/۷
اردبیل	۴/۶	۱	۵/۵	۱/۸	۵/۱	۰/۷	۰/۳	۰/۱
اصفهان	۱۰/۹	۴/۸	۱۵/۷	۵۵/۹	۳۵۰/۲	۱۷/۹	۰/۸	۵/۱
البرز	۰/۱	۰/۰۰۱	۰/۱	۱/۹	۵/۷	۰/۲	۰/۰	۰/۱
ایلام	۸/۸	۰/۸	۸/۶	۶/۲	۹/۲	۱/۹	۰/۴	۰/۲
بوشهر	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۶	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
تهران	-	-	-	۲/۳	۹/۲	۰/۲	-	۰/۱
جنوب کرمان	-	-	-	۱/۳	۹/۶	۰/۳	-	۰/۱
چهارمحال و بختیاری	۳/۱	۰/۸	۳/۹	۱۶۷/۵	۴۴۳/۱	۲۱/۵	۰/۲	۷/۷
خراسان جنوبی	۵۹/۲	۲۴/۳	۸۳/۵	۳۶/۱	۲۴۲/۳	۱۰/۶	۴/۳	۳/۵
خراسان رضوی	۴۱۹/۲	۳۲۲/۴	۷۴۱/۵	۱۲۱/۵	۴۷۱/۶	۶۴/۲	۳۸/۶	۸/۱
خراسان شمالی	۹۹/۶	۷۷/۴	۱۷۷	۲۲/۲	۶۸/۵	۸/۷	۹/۲	۱/۲
خوزستان	۰/۳	۰/۱	۰/۵	۰/۳	۳/۱	۰/۱	۰/۰۱	۰/۰۱
زنجان	۱۰	۱/۵	۱۱/۶	۳۷/۹	۹۱/۷	۱۸/۴	۰/۶	۱/۸
سمنان	-	-	-	۶/۹	۵۲/۳	۲/۲	-	۰/۷
سیستان و بلوچستان	-	-	-	۰/۷	۹/۶	۰/۳	-	۰/۱
فارس	۳۴۱/۱	۸۹/۴	۴۳۰/۵	۱۰۲/۱	۳۶۷/۵	۱۵/۳	۲۲/۳	۵/۹
قزوین	۱۰۶	۲۰/۷	۱۲۶/۷	۲۱۷/۵	۵۷۱/۵	۱۵۴/۸	۶/۶	۱۱/۴
قم	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۶/۳	۶۰/۱	۵/۸	۰/۰۱	۰/۹
کردستان	۱۵/۳	۲/۱	۱۷/۴	۱۱/۷	۲۲/۱	۲/۹	۰/۹	۰/۴
کرمان	۲۵	۳۳	۵۸	۶۳/۱	۵۰۱/۸	۳۵/۳	۳	۷/۳
کرمانشاه	۴۰/۱	۳۲/۲	۷۲/۳	۳۸/۷	۶۹/۴	۴	۳/۸	۱/۴
کهگیلویه و بویراحمد	۱۰/۳	۱	۱۱/۳	۲۷/۵	۳۷/۳	۱۱/۳	۰/۶	۰/۹
لرستان	۱۰/۶	۲/۴	۱۳	۵۲/۱	۹۳/۸	۸	۰/۷	۱/۹
مرکزی	۵/۶	۱/۹	۷/۵	۸۰/۱	۲۳۶/۶	۱۷/۴	۰/۴	۴/۱
هرمزگان	-	-	-	۵/۴	۵۴/۹	۲/۵	-	۰/۸
همدان	۵۷/۹	۱۶/۸	۷۴/۸	۶۹/۷	۱۵۹/۷	۱۸/۴	۳/۹	۳
یزد	۰/۳	۰/۵	۰/۸	۲۷/۳	۵۳۳/۳	۱۰۲/۳	-	۸
مجموع	۱۲۷۲/۵	۶۵۰/۸	۱۹۲۳/۳	۱۴۹۲/۲	۵۸۸۱	۸۶۸/۸	۱۰۰	۱۰۰
میانگین	۵۳	۲۷/۱	۸۰/۱	۵۱/۵	۲۰۲/۸	۳۰	-	-
ماکریم	۴۱۹/۲	۳۲۲/۴	۷۴۱/۵	۲۶۲/۵	۱۲۷۹/۱	۳۰۸/۱	۳۸/۶	۲۲/۴
مینیم	۰/۱	۰/۰۰۱	۰/۱	۰/۱	۰/۶	۰/۱	۰/۰۱	۰/۰۱

حجم آب برگشت‌پذیر در ایران، سالانه ده درصد از این حجم صرف تولید بادام در ایران می‌شود.

۴۹ درصد از سطح زیر کشت باغات بادام در ایران دیم بوده که حجم آب مجازی آن، سالانه یک چهارم حجم آب مجازی بادام فاریاب است. باغات فاریاب در ایران وابستگی زیادی به آب‌های زیرزمینی دارند. لذا، مدیریت زراعی کابردی و پیرو آن بهره‌وری از بارش برای توسعه باغات دیم، حفاظت از منابع آبی، ذخیره حجم زیادی از آب در منطقه و کاهش ردپای اکولوژیکی آب آبی فراهم می‌سازد.

با توجه به بررسی تجارت آب مجازی در بادام، از کل آب مجازی صرف شده تنها حدود ۸ درصد آن در داخل کشور مصرف شده و ۹۲ درصد آن به کشورهای نظیر امارات متحده عربی، ترکیه، قطر، ترکمنستان، افغانستان، هند، بحرین و کویت صادر می‌شود (۱۸). لذا با در نظر گرفتن مزیت اقتصادی محصولات کشاورزی و صادرات محصولات با مصرف آب پایین‌تر، می‌توان به ذخیره و حفظ منابع آب سطحی و زیرزمینی کشور کمک زیادی کرد.

حجم آب مجازی آب خاکستری در بادام دیم و فاریاب مقادیر تقریباً مشابهی هستند و در مجموع سالانه به‌طور متوسط ۱۴۲۷ میلیون متر مکعب آب، صرف رقیق‌سازی کودهای شیمیایی در این اراضی می‌شود، لذا مدیریت بهینه کود شیمیایی و استفاده از انواع کودهای ارگانیک و زیستی نه تنها سبب کاهش ردپای اکولوژیکی آب خاکستری می‌شود، بلکه آلودگی آب و خاک ناشی از آن را کاهش می‌دهد (۴).

سهم آب مجازی آبی در بادام فاریاب در ایران، ۷۰ درصد است که حجم ناشی از آن بالغ بر ۵۸۸۱ میلیون متر مکعب است. ۷۰ درصد سطح زیر کشت بادام در ایران در استان‌های خشک و نیمه‌خشک است که با میزان بارش مؤثر کم، تبخیر و تعرق و نیاز آبی بالای گیاه مواجه هستند. از طرفی در این استان‌ها تلفات آبیاری به‌دلیل شیوه

سیاست‌های تشویقی باشند. در مقیاس ملی، استان خراسان رضوی و فارس بالاترین حجم آب مجازی مصرفی ۱۱۷۲ میلیون متر مکعب (معادل ۶۱ درصد کل حجم آب) در بخش دیم را دارد. این دو استان در مجموع ۶۲ درصد از محصول بادام دیم را در سطح ملی تولید می‌کنند. افزایش عملکرد در واحد سطح و کاهش مصرف کودهای شیمیایی، سبب کاهش ردپای اکولوژیکی آب در این دو استان و کاهش حجم کل ردپای بادام دیم در سطح کشور می‌شود.

متوسط حجم آب مجازی در بادام فاریاب در ایران سالانه ۸۲۴۴ میلیون متر مکعب است که از این مقدار به ترتیب حجم آب سبز، آبی و خاکستری ۱۴۹۴، ۵۸۸۱ و ۸۶۹ میلیون متر مکعب است. که استان‌هایی نظیر آذربایجان شرقی، قزوین و خراسان رضوی با مجموع ۱۸۴۹، ۹۴۴ و ۶۵۸ میلیون متر مکعب، باعث حجم بسیار بالای ردپای اکولوژیکی آب در تولید بادام فاریاب شده است. در این سه استان سهم بالایی (حدود ۸۶، ۷۷ و ۸۱ درصد) از مجموع ردپای اکولوژیکی آب سبز و آبی است که حدود ۴۱/۵ درصد از کل ردپای بادام در اراضی فاریاب در ایران در مقیاس ملی را به‌خود اختصاص داده است.

در مجموع سالانه به‌طور متوسط، حجم کل آب مجازی ناشی از بادام دیم و فاریاب ۱۰۱۶۷ میلیون متر مکعب است. سرانه مصرف هر ایرانی ۵/۰ کیلوگرم در سال است که با در نظر گرفتن متوسط جمعیت ۸۰ میلیون نفری طی دوره آماری مورد بررسی (۲۴)، ۸۲۴ میلیون متر مکعب حجم آب مجازی مصرف شده توسط جمعیت در داخل ایران است و سالانه ۹۳۴۳ میلیون متر مکعب آب به‌صورت مجازی به دیگر کشورها صادر می‌شود. در بررسی حجم آب مجازی گندم، جو و ذرت در ایران توسط آبابایی و رضوانی اعتدالی (۱)، نتایج نشان داد، حدود نیمی از آب برگشت‌پذیر (۴۸۴۹۶ میلیون متر مکعب) در ایران صرف کشت این محصولات می‌شود که بیشترین سهم آب مجازی در ایران مربوط به گندم (۲۷ درصد کل حجم آب برگشت‌پذیر) است. با در نظر گرفتن صد هزار میلیون متر مکعب

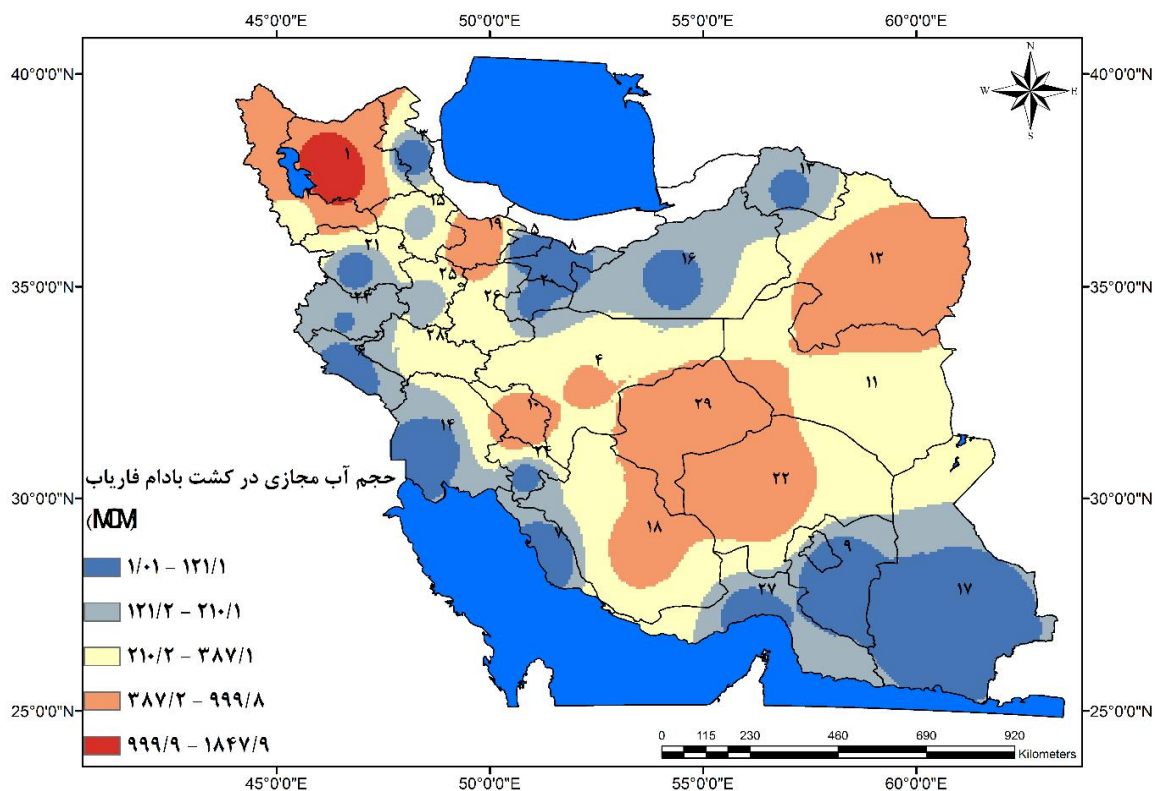
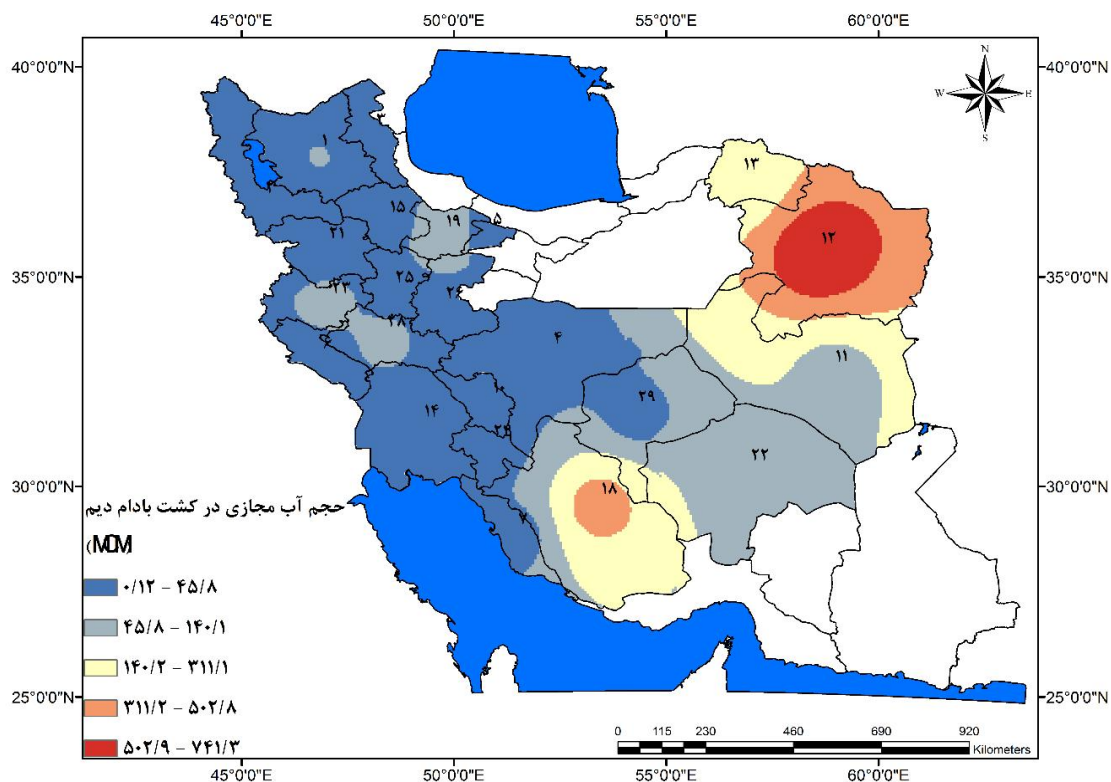
پراکنش تقریباً منظمی برخوردار است. بخش‌های مرکزی و شمال غربی ایران دارای حجم بالایی از آب مجازی هستند. بیشترین سهم تولید در تولید بادمجازی در کشور را استان چهارمحال و بختیاری، خراسان رضوی و فارس به خود اختصاص می‌دهد، اما بیشترین حجم آب مجازی با توجه به ردپای اکولوژیکی بالا، مربوط به بخش‌های شمال غربی ایران است.

برای بررسی تغییرات زمانی حجم آب مجازی، میزان کل آب مجازی مصرف شده در تولید بادمجازی در ایران به ازای هر سال برآورد شد و برای محاسبه تجارت آب مجازی در هر سال، میزان سرانه مصرف جمعیت هر استان به صورت جداگانه محاسبه و برای تمامی استان‌ها در مقیاس ملی برآورد شد. شکل ۶، تغییرات حجم آب مجازی که صرف تولید بادمجازی شده، مصرف آب مجازی توسط جمعیت در هر سال و تجارت سالانه آب مجازی را در مقیاس ملی نمایش می‌دهد. بر اساس نتایج، طبق افزایش جمعیت از سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۲، میزان مصرف آب مجازی توسط جمعیت نیز افزایش یافته است. تجارت آب مجازی از اختلاف میزان آب مجازی که صرف تولید محصول مورد نظر شده به آب مجازی مصرف شده در داخل کشور توسط جمعیت برآورد می‌شود. طی سال‌های مورد بررسی، با توجه به روند افزایش جمعیت، میزان تجارت آب مجازی نیز کاهش یافته است، به طوری که طی سال‌های ۱۳۸۹، ۱۳۹۰، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳، کاهش محسوسی دیده می‌شود. طی این سال‌ها، میزان آب مجازی که صرف تولید بادمجازی شده نیز کاهش یافته است. کاهش تجارت آب مجازی، به تغییرات جمعیت و آب مجازی که سالانه صرف تولید شده بستگی دارد. لذا طبق نتایج به دست آمده در بررسی تغییرات زمانی ردپای آب بادمجازی طی دوره مورد مطالعه (شکل ۳)، مهم‌ترین دلیل کاهش کل حجم آب مجازی که صرف تولید بادمجازی شده (شکل ۶) و متعاقباً کاهش تجارت آب مجازی، کاهش ردپای آب در این سال‌هاست.

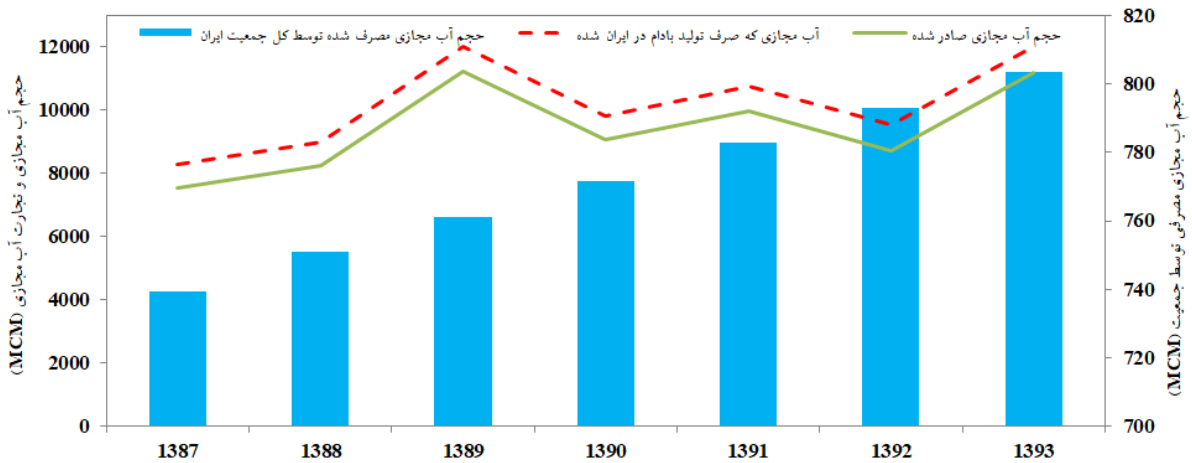
نامناسب آبیاری نیز سبب افزایش سهم ردپای اکولوژیکی آب آبی شده است، به طوری که عدم مدیریت صحیح و نامناسب در نحوه آبیاری، و استفاده از روش‌های آبیاری سنتی (غرقابی) سبب افزایش ردپای اکولوژیکی آب شده است که لزوم کنترل تلفات آبیاری، افزایش راندمان آبیاری به کمک روش‌های نوین و تاریخ مناسب آبیاری در این استان‌ها برای افزایش بهره‌وری آب و عملکرد ضروری به نظر می‌رسد. بیشترین سطح زیر کشت بادمجازی و حجم آب مصرفی مربوط به استان چهارمحال، خراسان رضوی، کرمان و یزد است. با توجه به محدود بودن آب‌های سطحی و تنش‌های آبی موجود در آنها، تقریباً کل آب آبی از آب‌های زیرزمینی تأمین می‌شود. از طرفی، اراضی دیم این استان‌ها نیز عملکرد پایینی دارند. مدیریت و افزایش بهره‌وری اراضی زراعی دیم می‌تواند راه حلی مناسب برای حفظ منابع آبی تجدیدپذیر و استفاده مؤثر از بارش در منطقه باشد.

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

تغییرات مکانی حجم کل آب مجازی بر حسب میلیون متر مکعب در سال، در مقیاس استانی در سطح کشور ایران در شکل ۵ نمایش داده شده است. بر این اساس، محدوده تغییرات حجم آب مجازی ناشی از تولید بادمجازی در ایران بین ۰/۱۲ تا ۷۴۱ میلیون متر مکعب است و استان‌هایی که عمده‌ترین تولیدکنندگان بادمجازی هستند، در محدوده ۰/۱۲ تا ۱۴۰ میلیون متر مکعب قرار می‌گیرند. این استان‌ها، میزان ردپای اکولوژیکی کمتری را نیز به خود اختصاص می‌دهند. عمده‌ترین تولیدکنندگان بادمجازی در استان فارس، خراسان رضوی هستند که میزان آب مجازی بالایی را نیز به خود اختصاص داده‌اند. در خصوص تغییرات مکانی آب مجازی در بادمجازی، گفتنی است که پهنه زیادی از کشور، در محدوده تغییرات ۱/۱ تا ۳۸۷ میلیون متر مکعب بوده و از



شکل ۵- تغییرات مکانی حجم کل آب مجازی در محصول بادام دیم و فاریاب در ایران (کد هر استان در جدول ۱ ارائه شده است) (رنگی در نسخه الکترونیکی)



شکل ۶. تغییرات زمانی حجم آب مجازی و تجارت آب مجازی در ایران (رنگی در نسخه الکترونیکی)

فاریاب است. لذا توجه به تبدیل اراضی فاریاب در مناطق مستعد به کشت دیم با اصلاح شیوه‌های مدیریت آب و زمین امری ضروری به نظر می‌رسد.

منابع آب به‌ویژه در مناطق مرکزی ایران بسیار محدود و در حال حاضر تنش‌های آبی رو به افزایش 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 به‌تازگی 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.

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 محصول در مناطق مستعد ارائه می‌کند و در نهایت پیشنهاد می‌شود که دیدگاه حاضر برای تخصیص منابع آب کشاورزی و سیاست‌گذاری توقف و یا توسعه کشت در مقیاس استانی و ملی وارد شود.

نتیجه‌گیری

تحقیق فوق با هدف تغییرات زمانی و مکانی ردپای اکولوژیکی آب، حجم آب مجازی و تجارت آب مجازی در محصول بادم در اراضی دیم و فاریاب کشور صورت پذیرفته است. ۲۹ استان در کشت فاریاب و ۲۴ استان در کشت دیم، به این محصول باغی مبادرت می‌ورزند. ایران چهارمین تولید کننده بادم در دنیا است که سالانه حجم زیادی از محصول تولید شده را روانه کشورهای همسایه می‌کند.

طی دوره مورد مطالعه، میزان ردپای اکولوژیکی آب و سطح زیر کشت در ایران افزایش یافته و عملکرد کاهش یافته است (کشت دیم و آبی). با توجه به دو دهه خشکسالی فراگیر در ایران، بخش اعظم تولید بادم فاریاب در ایران 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 در تولید این محصول می‌تواند گام مهمی در جهت صنعت پایدار بادم در ایران باشد.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد، پتانسیل بالقوه اراضی دیم که ۴۹ درصد از سطح زیر کشت بادم را در ایران به‌خود اختصاص می‌دهد، می‌تواند سبب کاهش ردپای اکولوژیکی آب در تولید بادم در مقیاس ملی و استانی شود. چرا که میزان حجم آب مجازی مصرفی ناشی از تولید آن تقریباً یک چهارم کشت

منابع مورد استفاده

1. Ababaei, B. and H. Ramezani Etedali. 2017. Water footprint assessment of main cereals in Iran. *Agricultural Water Management* 179: 401-411.
2. Ababaei, B. and H. Ramezani Etedali. 2015. Estimation of water footprint parsts in national wheat production. *Journal of Water and Soil* 29(6): 1458-1468. (In Farsi).
3. Allan, J. A. 1997. Virtual water: A long-term solution for water short Middle Eastern economies? Paper presented at the 1997 British Assoc. Festival of Sci., University of Leeds, UK.
4. Bazrafshan, O., H. Ramezani Etedali, Z. Gerkanı Nezhad Moshizi and M. Shamili. 2019a. Virtual water trade and water footprint accounting of Saffron production in Iran. *Agricultural Water Management* 213: 368-374.
5. Bazrafshan, O., H. Zamani, H. Ramezani Etedali and S. Dehghanpir. 2019b. Assessment of citrus water footprint components and impact of climatic and non-climatic factors on them. *Scientia Horticulturae* 250: 344-351.
6. Bazrashan, O. and Z. Gerkaninezhad Moshizi. 2018. The impacts of climate variability on spatiotemporal water of tomato production in the Hormozgan. *Journal of Water and Soil* 32(1): 29-43. (In Farsi).
7. Chapagain, A. K., A. Y. Hoekstra, H. H. G. Savenije and R. Gautam. 2006. The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. *Ecological Economics* 60: 186-203.
8. Chouchane, H., A. Y. Hoekstra, M. S. Krol and M. M. Mekonnen. 2015. The water footprint of Tunisia from an economic perspective. *Ecological Indicators* 52: 311-319.
9. Fulton, J., M. Norton and F. Shilling. 2019. Water-indexed benefits and impacts of California almonds. *Ecological Indicators* 96: 711-717.
10. Gholamhossienpour Jafarinejad, A., A. Alizadeh and A. Neshat. 2013. Study on Ecological Water Footprint and indicators of virtual water in Agricultural Section of Kerman Province. *Irrigation and Water Engineering* 4(1): 80-89.
11. Hoekstra, A. Y. and A. K. Chapagain. 2008. *Globalization of Water: Sharing the Planets Freshwater Resources*. Blackwell Publishing, Oxford, UK.
12. 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 if the Watre Research Report Series. No. 11, UNESCO-IHE, Delft.
13. Hoekstra, A. Y., A. K. Chapagain, M. M. Aldaya and M. M. Mekonnen. 2011. *The Water Footprint Assessment Manual*. Earthscan, London.
14. Islamic Republic Iran Meteorological Organization, 2016. WWW.IRIMO.ir
15. Lu, Y., X. Zhang, S. Chen, L. Shao and H. Sun. 2016. Changes in water use efficiency and water footprint in grain production over the past 35 years: a case study in the North China Plain. *Journal of Cleaner Production* 116: 71-79.
16. MAJ 2017. Ministry of Agriculture Jihad. WWW.maj.ir.
17. Mekonnen, M. M. and A. Y. Hoekstra. 2011. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products, *Hydrology and Earth System Sciences* 15: 1577-1600.
18. Omidı, F. and M. Homae. 2015. Deriving crop production functions to estimate wheat virtual water and irrigation water price. *Cereal Research* 5(2): 131-143.
19. Pirayesh, H. R. and A. Khazaeian. 2012. Using almond (*Prunus amygdalus* L.) shell as a bio-waste resource in wood based composite. *Composites* 43: 1475-1479.
20. Rahemi, A. and A. Yadollahi. 2006. Rainfed almond orchards in Iran, ancient and new methods and the value of water harvesting techniques. In IV International Symposium on Pistachios and Almonds 30 Nov, 2006.
21. Ridoutt, B. G. and S. Pfister. 2010. A revised approach to water footprinting to make transparent the impacts of consumption and production on global freshwater scarcity. *Global Environment* 20: 113-120.
22. Safi, R. and S. Amirlatifi. 2015. Evaluation of sugarcane cultivation in the Khuzestan province in the context of virtual water. *Water Resources Engineering* 8(25): 87-96.
23. Salari, S., F. Karandish and A. Darzi-Naftchali. 2015. Spatial and temporal analyses of the wheat virtual water variations in Sistan and Blouchestan Province. *Irrigation and Water Engineering* 5(2): 81-94.
24. Satatistical Center of Iran, 2016. WWW.amar.org.
25. Shokoohi, A., H. Ramezani Etedali, S. Mojtabavi and V. P. Singh. 2016. Using water footprint accounting for optimizing crop patterns respecting sustainable development (case study: Qazvin plain). *Iran Water Resources Research* 12(3): 99-113. (In Farsi).

Spatial and Temporal Changes of Ecological Water Footprint and Virtual Water Trade in Irrigated and Rain-fed Almond Production at Iran

K. Vafaei¹, O. Bazrafshan^{1*} and H. Ramezanietedali²

(Received: September 12-2019 ; Accepted: December 25-2019)

Abstract

Estimating the ecological water footprint and the virtual water trade in different agricultural crops in arid and semi-arid regions can help better manage the limited water resources. This research calculated temporal and spatial ecological water footprint of rain-fed and irrigated almond production in national and provincial scale using during 2008 to 2014. The results show that annual average water footprint in rainfed almond is 9.2 m³/kg, which the share of green and grey water is 72% and 28%, respectively which Ilam and Kohgiluyeh & Boyerahmad have a largest share in green water footprint with 91% and 90%, respectively. In addition to, in irrigated almond, the annual average water footprint is 11.4 m³/kg, which the share of green, blue and grey water is 0.19%, 71% and 10%, respectively. Sistan & Balouchestan, Khuzestana and Hormozgan have the highest share in blue water footprint. The total volume of water footprint of rain-fed and irrigated almond production is 1923 and 8242 MCM, respectively. Also, results show that about 92 percent of the total volume virtual water (equivalent to 9343 MCM per year) in almond production, has been exported to other countries through the virtual water trade.

Keywords: Water footprint, Rain-fed and Irrigated Almond, Provincial Level, National Level.

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

2. Water Sciences and Engineering Department, Imam Khomeini International University (IKIU), Qazvin, Iran.

*: Corresponding author, Email: O.bazrafshan@hormozgan.ac.ir