

ویژه نامه

توسعه پایدار



شرکت آب و فاضلاب مشهد
دفتر توسعه پایدار،
مدیریت مصرف و مطالعات اجتماعی

سال اول . شماره یازدهم . بهمن ماه ۱۴۰۰
رد پای آب

آنچه در این شماره می خوانید:

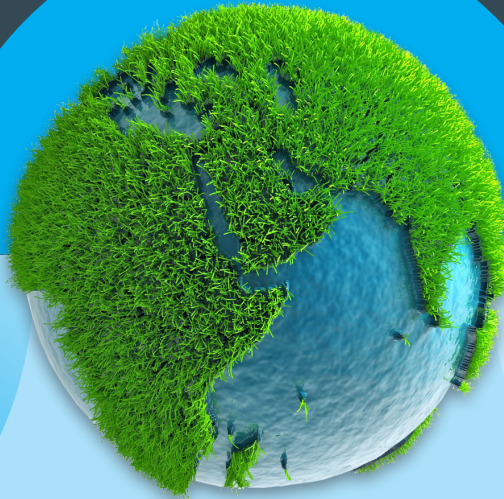
- تعریف آب مجازی
- آب مجازی و بهره‌وری
- اهمیت آب مجازی
- محاسبه رد پای آب
- آب مجازی و کشاورزی
- آب مجازی در ایران



سخنی با خوانندگان گرامی:

نظر به رسالت دفتر توسعه پایدار، مدیریت مصرف و مطالعات اجتماعی در فرهنگ سازی مفاهیم توسعه پایدار و تسری آن در شرکت، بر آن شدیم تا با انتشار سلسله مطالب آموزشی، مفاهیم توسعه پایدار در ابعاد مختلف آن، جهت ایجاد درک مشترک از مفاهیم و همسویی لازم در بین همکاران ارائه گردد.

بدین منظور یازدهمین شماره ویژه نامه توسعه پایدار با موضوع «رد پای آب» جهت استحضار و بهره برداری مقتضی ایفاد می گردد. امید آن که بتوانیم در راستای پایداری خدمات آب و فاضلاب گامی مؤثر برداریم.



گردآوری و تنظیم:

محسن کدخدایی

سرباز نخبه - کارشناس توسعه پایدار

تلفن های تماس:

۳۷۰۰۸۲۸۵ - ۳۷۰۰۸۲۸۴ - ۳۷۰۰۸۴۶۴

تارنما:

<https://sd.abfamashhad.ir>

رایانامه:

s&d@abfamashhad.ir

مقدمه

مستقیم شامل آب شرب، شست و شو، آبیاری فضای سبز و... می‌شوند. در سمت مقابل منظور از مصارف غیر مستقیم، استفاده از محصولات و کالاهایی می‌باشد که در فرآیند تولید آن‌ها حجم مشخصی از آب مورد مصرف قرار گرفته است. این مصارف غیر مستقیم که کمتر در ایران مورد توجه قرار گرفته‌اند، تحت عنوان آب مجازی (Virtual Water) شناخته می‌شوند.

تعریف آب مجازی

مفهوم آب مجازی یا رد پای آب اولین بار در سال ۱۹۹۳ توسط پژوهشگر بریتانیایی پروفیسور جان آنتونی آلن معرفی شد. منظور از آب مجازی مجموع حجم آبی است که در مراحل مختلف تهیه، تولید و ارائه یک محصول به صورت مستقیم یا غیر مستقیم استفاده می‌شود. باید توجه نمود که صفت مجازی در این تعریف به معنای غیر واقعی نیست؛ بلکه بیانگر آن است که بخش عمده آب مصرف شده طی فرآیند تولید، در محصول نهایی وجود فیزیکی نداشته و تنها بخش بسیار ناچیزی از آن در پایان به عنوان آب واقعی در بافت محصول باقی خواهد ماند.

یکی از مشکلات قرن حاضر که حیات بشر را در آینده تهدید خواهد نمود، کمبود منابع پایدار آب می‌باشد. آب اصلی‌ترین عامل در مقدار بهره‌وری دیگر منابع محسوب می‌گردد. در سال‌های گذشته عوامل متعددی از جمله رشد جمعیت، رشد اقتصادی و تغییرات اقلیمی منجر به افزایش مصرف آب و در نتیجه کاهش منابع آبی شده‌اند. از دیدگاه سازمان ملل متحد، مسائل مربوط به بحران و مدیریت آب پس از مشکل جمعیت، دومین مسئله مهم دنیا شناخته شده است؛ به نحوی که نیمی از جمعیت دنیا برای رفع نیازهای خود، به آب کافی و سالم دسترسی ندارند. در خاورمیانه که یکی از مناطق کم آب جهان است، مشکل کمبود آب نمود جدی‌تری داشته است. کشور ایران نیز به علت قرارگیری در اقلیم خشک و نیمه‌خشک، در سال‌های آتی به طور جدی با خطر بروز بحران آب مواجه خواهد بود. به منظور مقابله با این بحران لازم است نسبت به مصرف آب توجه بیشتری صورت گیرد. مصارف آبی به طور کلی به دو دسته مصارف مستقیم و غیر مستقیم تقسیم می‌شوند. مصارف

مصرف غیر مستقیم آب

متوسط بیش از ۳ هزار لیتر در روز



مصرف مستقیم آب

متوسط ۱۰۰ الی ۱۸۰ لیتر در روز



آب مجازی و بهره‌وری

بنابر آنچه تاکنون گفته شد، آب مجازی بیانگر میزان آب مصرفی برای تولید اندازه مشخصی از یک محصول بوده و با واحد مترمکعب بر کیلوگرم سنجیده می‌شود. در طرف مقابل، میزان تولید یک محصول از حجم مشخصی آب، تحت عنوان بهره‌وری آب شناخته شده و با واحد کیلوگرم بر مترمکعب اندازه‌گیری می‌گردد:

$$\text{حجم کل آب مورد نیاز برای تولید یک محصول (m}^3\text{)} = \frac{\text{مقدار محصول تولید شده (kg)}}{\text{میزان کل محصول تولید شده (kg)}}$$

$$\text{بهره‌وری آب} = \frac{\text{حجم کل آب مورد نیاز برای تولید یک محصول (m}^3\text{)}}{\text{میزان کل محصول تولید شده (kg)}}$$

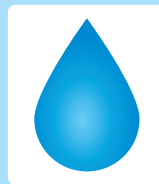
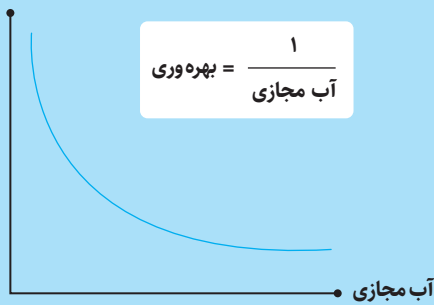
به عبارت دیگر بهره‌وری آب و آب مجازی با یکدیگر نسبت عکس داشته و می‌توان نتیجه گرفت که افزایش بهره‌وری آب در محصولات کشاورزی به صرفه‌جویی آب مجازی کمک می‌نماید.



مفهوم رد پای آب بر اساس نوع منابع آبی مورد استفاده، به سه جزء آبی، سبز و خاکستری تقسیم می‌گردد. منظور از رد پای آبی، میزان آبی است که از منابع آبی (آب‌های سطحی و زیرزمینی) در تولید یک محصول مصرف می‌شود. میزان آبی که از منابع آب سبز (بارندگی و رطوبت موجود در خاک) در تولید محصول استفاده می‌شود نیز با عنوان رد پای سبز شناخته می‌شود. رد پای خاکستری نیز بیانگر میزان آب شیرین مورد نیاز برای رساندن کیفیت آب به حداقل استانداردهای تعریف شده، در اثر استفاده از کودهای شیمیایی می‌باشد. به علت دشوار بودن ارزیابی آلودگی‌های آبی، رد پای منابع آبی و سبز نسبت به منابع آب خاکستری توجهات بیشتری را به خود جلب نموده‌اند.

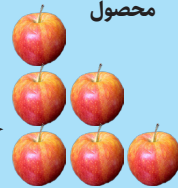
تفاوت آب مجازی و بهره‌وری آب

بهره‌وری



بهره‌وری

تبدیل

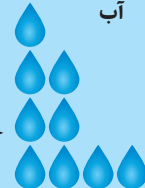


محصول



آب مجازی

تبدیل



آب

اهمیت آب مجازی

مجازی موجب ایجاد فرصت‌های مناسب اقتصادی و کسب سود حداکثری از منابع محدود آبی شده و تصمیمات مدیران را هم‌راستا با سیاست‌های مبتنی بر حفظ منابع ارزشمند زیست‌محیطی می‌نماید.



محاسبه رد پای آب

ردّ پای کل آب، شامل مصارف داخلی و خارجی می‌گردد. ردّ پای آب داخلی به بخشی از آب مجازی که توسط منابع داخل

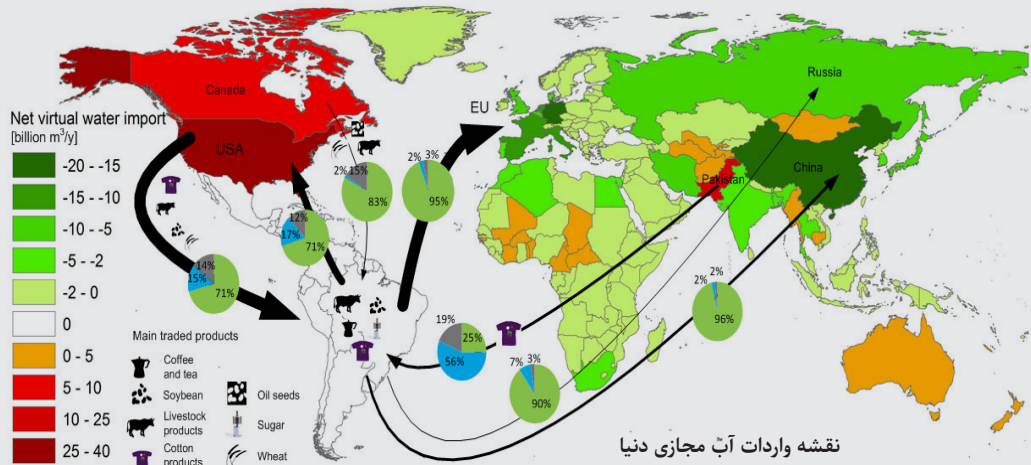
کشور مصرف می‌شود، اطلاق می‌شود؛ در حالی که ردّ پای آب خارجی به مصرف منابع آبی در کشورهای دیگر اشاره دارد.

بررسی مطالعات صورت گرفته در زمینه آب مجازی نشان می‌دهد که به طور کلی دو رویکرد برای محاسبه ردّ پای آب وجود دارد: رویکرد پایین به بالا و رویکرد بالا به پایین

به منظور درک بهتر تفاوت‌های این دو رویکرد، لازم است ابتدا به تمایز مصارف میانی و مصارف نهایی اشاره نمود. منظور از مصارف میانی، استفاده از محصولاتی است که به عنوان نهاده در تولید کالاهای دیگر استفاده می‌شوند؛ در حالی که مصارف نهایی به استفاده کاربران نهایی (اعم از خانواده‌ها و سازمان‌ها) از محصولات اطلاق می‌گردد.

در دهه‌های اخیر آب مجازی به عنوان یک استراتژی در مدیریت پایدار، مؤثر و عادلانه آب مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است. با توجه به توزیع غیر یکنواخت منابع آبی در دنیا، آب مجازی نقش مهمی در تأمین امنیت غذایی جوامع بشری ایفا می‌نماید. زمانی که تجارت کالاها به صورت جهانی انجام می‌شود، آب مجازی محصولات نیز مورد خرید و فروش واقع شده و این موضوع سبب ایجاد یک جریان مجازی از آب بین کشورهای مختلف خواهد گردید. سرمایه‌گذاری در صنعت آب مجازی در سال‌های اخیر با افزایش چشم‌گیری همراه بوده است، به نحوی که پانزده درصد منابع آب قابل استفاده در جهان به شکل مجازی صادر می‌شود. در نظریه تجارت آب مجازی، به منظور کاهش فشار بر منابع آبی، به کشورهای کم‌آب توصیه می‌گردد به جای تولید مواد غذایی از منابع آب داخلی، به واردات مواد غذایی مبادرت ورزیده و منابع داخلی را به فعالیت‌های تجاری پر سود اختصاص دهند.

اگرچه تاریخچه مفهوم ردّ پای آب چندان طولانی نیست، اما تأثیر این نگاه در نحوه راهبری و سیاست‌گذاری مدیریتی در بخش آب برجسته و چشمگیر است. با استفاده از این مفهوم می‌توان تحلیل نمود که چه میزان از آب یک روستا، شهر یا کشور از طریق محصولات صادراتی اعم از صنعتی یا کشاورزی، به بیرون از مرزها صادر شده و در مقابل چه اندازه آب به واسطه کالاهای وارداتی به داخل کشور می‌آید. توجه به مفهوم آب





رویگرد بالا به پایین بر خلاف رویکرد اول، از طریق ردیابی کل زنجیره تأمین منطقه‌ای، ملی یا جهانی، میزان آبی که به صورت مستقیم و غیر مستقیم در زنجیره مصرف گزارش شده است را محاسبه می‌کند. در این رویکرد کل آب مصرفی در فرایند تولید، به جای مصرف‌کنندگان میانی به مصرف‌کنندگان نهایی اختصاص می‌یابد.

رویگرد پایین به بالا، رد پای آب را با محاسبه محتوای آب مجازی کالاها و خدمات بین‌المللی و بر اساس داده‌های دقیق تخمین می‌زند. این رویکرد زنجیره تأمین در صنعت را به طور کامل در نظر نگرفته و تمایزی بین مصرف‌کنندگان میانی و نهایی قائل نیست. علاوه بر این، رویکرد پایین به بالا عمدتاً بر محصولات کشاورزی و غذایی متمرکز است. به دلیل سادگی و در دسترس بودن داده‌های مناسب، این روش به یکی از محبوب‌ترین رویکردها در مطالعات رد پای آب تبدیل شده است.

آب مجازی هر جزء محصول را به صورت جداگانه محاسبه نموده و در پایان به نسبت هر جزء در ترکیب نهایی، میزان کل آب مجازی را به دست آورد.

آب مجازی و کشاورزی

بخش کشاورزی بزرگترین بخش اقتصادی به لحاظ مصرف آب است و تجارت تولیدات کشاورزی از مهم‌ترین بخش‌های تجارت آب مجازی محسوب می‌شود. کشورهای کم‌آب می‌توانند با واردات محصولات آب‌بر، آبی که برای تولید آن محصولات مورد نیاز است را صرفه‌جویی نموده و در بخش‌های دیگر مصرف نمایند. بنابراین می‌توان گفت واردات آب مجازی بر قسمت‌های مختلف اقتصادی و اجتماعی یک کشور اثرگذار بوده و با امنیت غذایی آن ارتباط مستقیم دارد.

با توجه به محدودیت دسترسی به منابع آب شیرین دنیا و بالا رفتن تقاضا برای ذخایر محدود، به منظور اطمینان از تأمین امنیت غذایی جمعیت رو به افزایش دنیا، راه حلی به غیر از ارتقاء بهره‌وری آب در بخش کشاورزی نیست. براساس مطالعات انجام شده در کشور ما، از ۸۶ میلیارد مترمکعب آب مورد استفاده در بخش کشاورزی، حدود ۳۳ درصد برای تولید گندم مصرف گردیده که با توجه به شیوه آبیاری قدیمی، بخش زیادی از آن از دسترس گیاه خارج می‌شود. بنابراین استفاده از روش‌های آبیاری با بازدهی بالا، یک اصل اساسی و مهم برای افزایش بهره‌وری و استفاده درست از آب کشاورزی است. پایین بودن بهره‌وری آب در بخش کشاورزی در کشور ایران، اهمیت توجه به آب مجازی را بیش از پیش نمایان می‌سازد. همچنین با توجه به منفی بودن بیلان آب سفره‌های زیرزمینی در بسیاری از نقاط کشور، لازم است تا حد امکان از کشت محصولات آب‌بر در بخش کشاورزی خودداری گردد.

کیفیت نتایج هر دو روش فوق به کیفیت داده‌های جمع‌آوری شده وابسته بوده و در موارد زیادی منجر به تولید نتایج کاملاً متفاوت می‌شوند به طوری که ممکن است رد پای آب محاسبه شده در آن‌ها تا ۴۸ درصد با یکدیگر تفاوت داشته باشد.

برای محاسبه میزان آب مجازی محصولات در بخش کشاورزی و بخش صنعتی باید تمامی مصارف مستقیم و غیر مستقیم آب (اعم از باران، آب‌های سطحی و زیرزمینی) که در فرایند تولید محصول اهمیت دارند را مورد محاسبه قرار داد. محاسبه دقیق آب مجازی محصولات کشاورزی، کالاهای صنعتی و حتی خدمات، با توجه به نوع و زمان تولید می‌تواند ساده یا بسیار پیچیده باشد. چنانچه فرآیند تولید و عرضه به بازار طولانی باشد یا محصول نهایی از ترکیب چندین جزء کوچکتر به دست آید، در این صورت محاسبه دقیق آب مجازی به مراتب سخت‌تر خواهد بود. به طور معمول محاسبه آب مجازی تولیدات غیر ترکیبی به ویژه محصولات کشاورزی نسبت به سایر تولیدات ساده‌تر است. برای محاسبه آب مجازی محصولات ترکیبی نیز می‌توان میزان



آب مصرف می‌شود. همچنین باید توجه نمود که میزان آب مجازی مصرفی برای تولید محصولات دامی نسبت به محصولات کشاورزی بیشتر است. بر این اساس، میزان آب مجازی مورد نیاز برای تولید فرآورده‌های مختلف، در جدول زیر آورده شده است.

آب مجازی در ایران

بیشتر از سه دهه است که استفاده از آب مجازی در سیاست‌گذاری‌های کشورهای توسعه یافته و مدیریت ذخایر آبی مورد توجه قرار می‌گیرد؛ با این حال علی‌رغم انجام پژوهش‌های ارزشمند، در ایران کمتر به این موضوع پرداخته شده و سیاست معینی در خصوص صادرات و واردات آب مجازی اعمال نشده است.

ایران به دلیل واردات گسترده محصولات کشاورزی و دامی در سال‌های اخیر، همواره در شمار واردکنندگان آب مجازی جهان بوده است؛ اما هنوز واردات مواد غذایی با هدف تجارت آب مجازی صورت نمی‌گیرد. در صورتی که واردات هدفمند آب مجازی می‌تواند بخش‌های مختلف اقتصادی و اجتماعی کشور را تحت تأثیر قرار داده و امنیت غذایی آن را تضمین نماید. منافع حاصل از طرح‌های بلند مدت و کوتاه مدت آب مجازی را می‌توان در دیگر بخش‌های اقتصادی سرمایه‌گذاری کرد و با بحران آب که



میزان آب مجازی یک محصول مشخص، در مناطق مختلف دنیا با یکدیگر یکسان نمی‌باشد. شرایط اقلیمی، شیوه‌های تولید، مکان و زمان تولید، مدیریت و برنامه‌ریزی، فرهنگ و عادات مردم از جمله عوامل مؤثر در میزان آب مجازی محصولات هستند. به عنوان مثال در تولید یک کیلوگرم از غلات به شکل دیم و در شرایط جوی مناسب، بین یک تا دو مترمکعب آب مورد نیاز است؛ در حالی که برای تولید همین مقدار غله در شرایط جوی نامناسب با دما، تبخیر و تعرق بالا، بین سه تا پنج مترمکعب

میزان آب مجازی محصولات مختلف

میزان آب مجازی (لیتر)	عنوان کالا	میزان آب مجازی (لیتر)	عنوان کالا
۲۰۰	یک لیوان شیر (۲۰۰ میلی لیتر)	۱۰	یک کاغذ A4
۲۵۰۰	یک قالب پنیر (۵۰۰ گرمی)	۷۰	یک عدد سیب (۱۰۰ گرمی)
۳۵	یک فنجان چای (۱۲۵ میلی لیتر)	۲۵	یک عدد سیب‌زمینی (۱۰۰ گرمی)
۱۴۰	یک فنجان قهوه (۱۲۵ میلی لیتر)	۵۰	یک عدد پرتقال (۱۰۰ گرمی)
۱۷۰	یک لیوان آب پرتقال	۱۳	یک عدد گوجه‌فرنگی (۷۰ گرمی)
۱۳۵	یک عدد تخم‌مرغ (۴۰ گرمی)	۱۱۷۵	یک عدد هندوانه (۵ کیلوگرمی)
۱۹۰۰	یک کیلوگرم سویا	۲۵۰۰	یک کیلوگرم برنج
۱۴۰۰	یک کیلوگرم جو	۱۳۰۰	یک کیلوگرم گندم
۴۰۰۰	یک کیلوگرم گوشت مرغ	۱۵۰۰۰	یک کیلوگرم گوشت گاو
۱۹۰	یک کیلوگرم پلاستیک	۱۲۵۲۸۴	یک تن شکر از چغندر قند
۸۰۰۰	یک جفت کفش با چرم گاو	۴۱۰۰	یک پیراهن نخی متوسط
۴۰۰۰۰۰	خودرو سواری (۱۱۰۰ کیلوگرمی)	۱۰۸۵۰	یک شلوار جین نخی
۲۳۶۴۹۱	یک تن فولاد	۷۰۰۰	تصفیه یک بشکه نفت خام

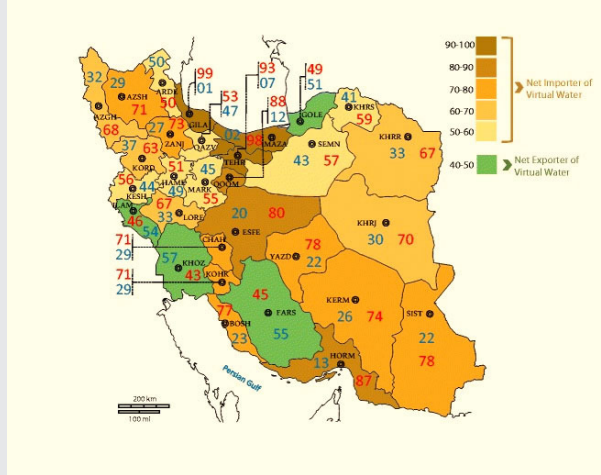


این محصول در چهار فصل کشت و سالانه بیش از ۱۰۰ هزار تن هندوانه به عراق، امارات متحده عربی و کویت صادر می‌شود. به عبارتی دیگر با انجام این حجم از صادرات، سالانه حجم قابل توجهی آب به خارج از کشور صادر می‌شود.

محتوای آب مجازی برخی محصولات کشاورزی در ایران و کشورهای همسایه در جدول ذیل ارائه شده است. بررسی این جدول نشان می‌دهد کشور ترکیه در اغلب محصولات تولیدی، آب کمتری مصرف می‌کند که حاکی از کشاورزی مدرن و سبک آبیاری بهینه این کشور می‌باشد. آگاهی از میزان آب مجازی محصولات کشاورزی در کشورهای مختلف، می‌تواند نقش مؤثری در بهبود سیاست‌گذاری‌های واردات و صادرات کشور داشته باشد.

علاوه بر محصولات کشاورزی، نباید از آب مصرفی سایر صنایع نیز غفلت نمود. یکی از صنایع پر مصرف آبی، صنعت فولاد است. مصرف سالانه آب فولاد مبارکه اصفهان بالغ بر ۶۰ میلیون مترمکعب و معادل ظرفیت مخزن ذخیره یک سد می‌باشد. بنابراین لازم است تولید این محصول صنعتی، به مناطقی منتقل شود که منابع آب کافی در اختیار دارند.

در پایان می‌توان گفت نظریه آب مجازی امکانات بیشتری را برای مدیریت مؤثر آب فراهم آورده و امکان پایش مداوم مسیر و مصرف آب در بخش‌های گوناگون صنعتی و کشاورزی و خدماتی را میسر نموده است. همچنین اعمال سیاست‌های مدیریتی مبتنی بر آب مجازی در برخی از مناطق، می‌تواند به تغییر الگوی کشت و یا تغییر در صنایع عمده فعال در منطقه بیانجامد. امید است با اتخاذ سیاست‌های مؤثر و هدفمند در حوزه آب مجازی، بتوان تا حد امکان از هدررفت این نعمت الهی جلوگیری نمود.



نقشه صادرات و واردات آب مجازی استان‌های کشور

در برخی از نقاط کشور آغاز شده و در سایر مناطق نیز در شرف وقوع است، به مقابله پرداخت.

در کشور ایران تقریباً ۱۲ میلیون هکتار زمین زراعی وجود دارد که هشت میلیون هکتار آن به شکل فاریاب (آبیاری با قنات، چاه و رود) و بقیه به شکل دیم کشت می‌شود. میزان آب مصرفی کشاورزی تقریباً ۹۴ درصد آب مصرفی را به خود اختصاص داده است. این در حالی است که در سراسر دنیا تنها حدود ۶۰ درصد از آب مصرفی هر کشور به کشاورزی اختصاص می‌یابد.

بر اساس آمار وزارت جهاد کشاورزی، ایران با تولید سالانه بیش از ۲ میلیون و ۲۰۰ هزار تن هندوانه، در رتبه چهارم جهان قرار دارد.

مقایسه محتوای آب مجازی محصولات مختلف در ایران و کشورهای همسایه (m³/tom)

ترکیه	عراق	ایران	پاکستان	افغانستان	
۱۳۸۲	۹۵۶۰	۳۳۳۰	۳۲۴۵	۳۵۲۸	گندم
۶۵۸	۳۷۷۵	۶۱۷۶	۳۹۳۰	۳۱۴۲	جو
۱۴۷۶	۷۹۶۸	۴۷۵۲	۱۳۰۵۶	۵۶۲۱	ارزن
۱۲۷۵	۲۵۳۳	۱۴۸۸	۱۱۷۲	۹۴۱	انگور
۱۲۳	۳۸۹	۲۲۴	۳۱۱	۱۷۶	سیب‌زمینی
۳۶۲۵	۷۷۳۵	۱۳۴۸۴	۶۰۶۳	۴۵۲۸	آفتاب‌گردان
۹۶	۶۲۴	۳۲۰	۴۷۴۸	-	گوجه‌فرنگی
۱۰۰	۳۳۴۸	۳۲۳	۳۲۷	۴۸۵	هندوانه