

آب مجازی و افزایش بهره وری آب در کشاورزی

عبدالرحیم هوشمند^۱، باقر یوسفی^۲، فاطمه الماسی^۳

^۱استاد یار گروه آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران Hooshmand_a@scu.ac.ir

^۲دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران Bagher.Yousefi@gmail.com

^۳دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران Fatima_6547@yahoo.com

چکیده

آبی که در مراحل مختلف تولیدات کشاورزی و دیگر کالاها استفاده می شود، آب مجازی ذخیره شده در آن ها نامیده می-شود. با توجه به اهمیت کشاورزی، در این مقاله به آب مجازی در کشاورزی پرداخته می شود. تجارت محصولات کشاورزی جریانی از آب مجازی را به وجود می آورد. این جریان، یک جریان درون منطقه ای و بین المللی می باشد. در هر کشوری یکی از اهداف، صرفه جویی در آب مجازی است. با توجه به ارتباط آب مجازی و میزان بهره وری آب، افزایش بهره وری آب در کشاورزی، می تواند به عنوان ابزاری کارآمد در صرفه جویی آب مجازی باشد. در ادامه راه کارهایی برای صرفه جویی در آب مجازی و بهره وری آب ارائه شده، که شامل فناوری های نوین در مدیریت سیستم آبیاری و روش های مدیریتی و زراعی می باشد که از مهمترین آنها استراتژی ASCP، استفاده از روش های نوین آبیاری و همچنین استفاده از مدل های ریاضی است.

واژه های کلیدی: آب مجازی، بهره وری آب، استراتژی ASCP، مدل های ریاضی.

مقدمه

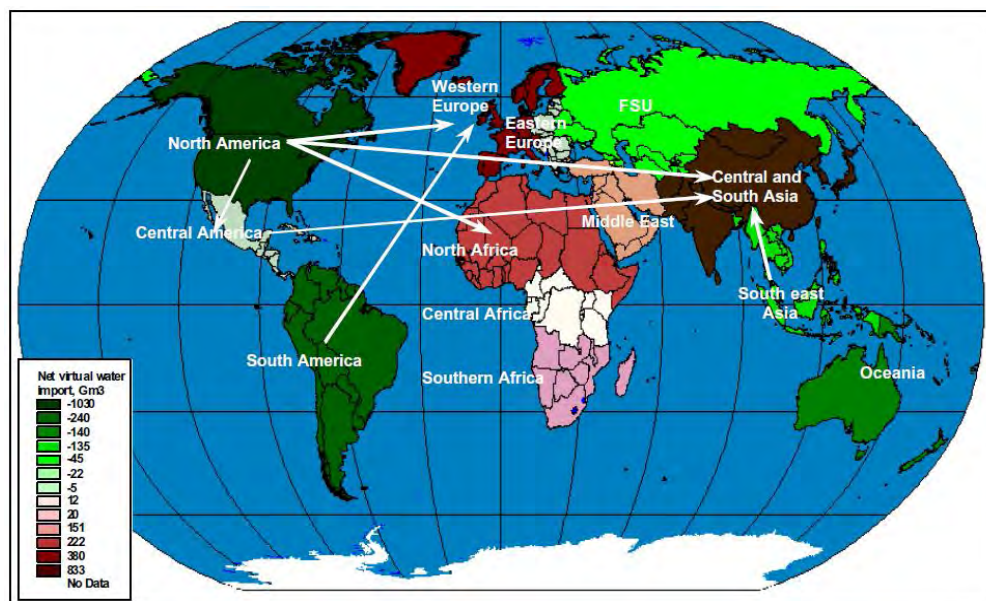
یکی از دغدغه های اساسی در دنیا به خصوص مناطق خشک و نیمه خشک، کافی نبودن آب برای مصارف گوناگون از جمله کشاورزی است. بخش کشاورزی به عنوان پر مصرف ترین بخش در حدود ۷۴ درصد از منابع آب شیرین جهان را مصرف می کند (۲۳). برخی از کشور های کم آب برای تأمین بخشی از این آب با نادیده گرفتن ظرفیت های طبیعی به پمپاژ بیش از حد آب های زیر زمینی و نمک زدایی آب دریا می پردازند که چیزی در حدود ۵ برابر گرانتر از محصول می شود (۱۶). در حال حاضر حجم کل منابع آب تجدید شونده کشور ۱۳۰ میلیارد متر مکعب است که حدود ۹۰ میلیارد متر مکعب آن استحصال گردیده که ۸۵ میلیارد متر مکعب آن در بخش کشاورزی و ۵ میلیارد متر مکعب در صنعت، شرب و بهداشت مصرف می شود (۱). با توجه به اقلیم خشک و نیمه خشک، کشور نیازمند توجه بیش از پیش به آب مجازی است. آب مجازی به عنوان یکی از شاخصه های ارزیابی بهره وری آب، مفهوم تازه ای است که در سال های اخیر نظر برنامه ریزان و صاحب نظران علوم آب را به خود جلب کرده است.

آب مجازی^۱ :

آبی که در مراحل مختلف تولیدات کشاورزی و دیگر کالاها استفاده شده است آب مجازی ذخیره شده در کالا نامیده می- شود. برای مثال تولید یک کیلوگرم غلات نیاز به یک یا دو متر مکعب آب دارد (۲۱). آب مجازی برای اولین بار توسط آلن^۲ در سال ۱۹۹۳ تعریف شد (۲۲). یک کشور با منابع آب در معرض خطر سعی می کند کالاهایی که در تولید آن ها به آب زیادی نیاز دارد را از طریق واردات تهیه و کالا و خدماتی که آب کمتری نیاز دارند را صادر کند. هنگامی که یک کشور کالایی را به یک کشور صادر می کند، این در اصل صادرات آب مجازی می باشد. با توجه به اینکه بخش اعظم منابع آب را کشاورزی مصرف می کند، سهم عمده این تجارت را تولیدات کشاورزی به خود اختصاص داده است. در این صورت برخی از کشورها، کشورهای صادر کننده آب می باشند. تجارت آب واقعی بین مناطق غنی از آب و مناطق با مشکل کمبود آب، در کل برای مسافت های طولانی از لحاظ هزینه واقعاً گران تمام خواهد شد، اما در حالت مجازی این تجارت قابل اجرا می باشد.

آب مجازی در سطح بین الملل

در بین سال های ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۹، به طور متوسط ۶۹۵ میلیارد متر مکعب در سال تجارت جهانی آب انجام گرفته است. برای مقایسه کل آب مصرفی که برای تولید محصولات کشاورزی در کل جهان استفاده می شود، در حدود ۵۴۰۰ میلیارد متر مکعب در سال تخمین زده شده است (۲۱). این بدین معنی است که ۱۳ درصد آب استفاده شده برای تولید محصولات کشاورزی در دنیا، در مصرف داخلی استفاده نمی شود، بلکه از آن در صادرات از نوع مجازی استفاده می کنند. بزرگترین کشورها در تجارت آب مجازی ایالات متحده، کانادا، تایلند، آرژانتین و هند بوده و بزرگترین واردکنندگان سریلانکا، ژاپن، هلند، کره و چین می باشند. در شکل (۱) جریان آب مجازی را در سطح بین المللی می بینیم.



شکل (۱): تجارت آب مجازی بین سال های ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۹ (۲۰)

اگر تولید محصولات در کشورهای وارد کننده نسبت به کشورهای صادر کننده آب بیشتری نیاز داشته باشند صرفه جویی در آب جهانی صورت می گیرد. مثلاً ژاپن در سال ۱۹۹۵ با واردات ۲۷ میلیون تن، ۳۷ کیلومتر مربع از منابع آب داخلی را حفظ کرد (۱۷). زمانیکه تولید محصولات در کشورهای وارد کننده نسبت به کشورهای صادر کننده آب مجازی، آب کمتری نیاز داشته باشد، مصرف آب جهانی افزایش می یابد (۱۷).

1- Virtual water
2 - Allen

آب مجازی در ایران

در بحث داخلی نیز آب مجازی از اهمیت ویژه ای برخوردار است و ما می توانیم با واردات کالاهای پرآب و صادر کردن کالاهای کم آب سهمی بسزا در منطقه داشته باشیم. باغستانی و مهرابی بشر آبادی طی سال های ۱۳۸۰-۸۲ نشان دادند که واردات آب مجازی از ۱۷۶ میلیارد متر مکعب در سال ۱۳۸۰ به ۱۲۷ میلیارد متر مکعب در سال ۸۲ کاهش یافته است. همچنین صادرات آب مجازی از ۱۵ میلیارد متر مکعب در سال ۱۳۸۰ به ۲۰/۹ میلیارد متر مکعب در سال ۱۳۸۲ افزایش یافته است (۱۰). در درون کشور می توان با استفاده از شبکه های مجازی آب، بسیاری از نیازهای آبی و غذایی مناطق را بهبود بخشیده و تأمین آن خودکفایی در گندم و بعضی دیگر از محصولات استراتژیک را می طلبد، که در اینجا بهبود عملکرد آب نسبت به قبل بیشتر در اهمیت قرار می گیرد و نیاز به مطالعات بیشتر را در داخل کشور طلب می نماید.

بهره وری آب :

مفهوم بنیادی بهره وری آب کشاورزی، استفاده صحیح از آب به همراه افزایش تولید محصولات کشاورزی است. افزایش همزمان کارایی مصرف آب و افزایش تولید در واحد سطح با مفهوم «افزایش تولید به ازای هر واحد حجم آب مصرفی» ملاک عمل قرار می گیرد. در واقع، در بحث بهره وری باید به دو مفهوم راندمان که عبارت است از مقدار ظرفیت فعلی به ظرفیت اسمی و اثر بخشی که عبارت است از درجه و میزان نیل به اهداف تعیین شده به صورت همزمان توجه شود. به طور کلی هر عملی که منجر به استفاده مناسب تر از آب در کشاورزی گردد، منجر به افزایش بهره وری آب خواهد شد. در این زمینه شاخص هایی برای ارزیابی وجود دارد، این ارزیابی را می توان، به عنوان نمونه با استفاده از کارایی مصرف آب در تولید انجام داد.

$$WUE = DM / (T + E)$$

معادله (۱)

در معادله (۱)، WUE: کارایی مصرف آب در تولید (کیلوگرم بر متر مکعب)، DM: ماده تولید شده (کیلوگرم در هکتار)، T: تعرق (متر مکعب در هکتار) و E: تبخیر (متر مکعب در هکتار) می باشد (۱۳).

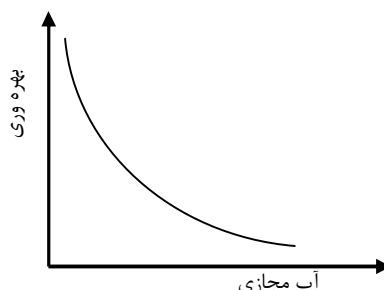
نگاهی کلی بر وضعیت بهره وری آب در ایران

مطالعات انجام شده در کشور نشان می دهد که بهره وری آب کشاورزی رضایت بخش نمی باشد (صادقی عطار، ۱۳۷۴). متأسفانه طی نیم قرن آبیاری مدرن در کشور و علی رغم ظرفیت های فوق العاده در بخش کشاورزی، عملکرد و توزیع محصول به ازای سطح و میزان آب مصرفی بسیار پایین است و کار قابل توجهی در امر ارتقاء بهره وری آب کشاورزی انجام نشده است و این در حالی است که بقای کشاورزی ایران به شدت به آبیاری وابسته است.

ارتباط بهره وری و آب مجازی

با توجه به رابطه زیر افزایش بهره وری می تواند موجب صرفه جویی در مصرف آب مجازی شود که این امر در نمودار نشان داده شده است:

$$\text{آب مجازی} = \frac{1}{\text{بهره وری آب}} \quad (۱۲)$$



حال با توجه به ارتباط آب مجازی و میزان بهره وری آب، می توان با افزایش بهره وری آب در کشاورزی به عنوان ابزاری کارآمد، گامی بزرگ در صرفه جویی آب مجازی برداریم. به طور کلی روش های افزایش بهره وری آب در بخش کشاورزی در چهار گروه روش های فنی، مدیریتی، سازمانی و زراعی تقسیم می شود که در این مقاله به برخی از مهمترین آنها اشاره می-شود.

۱- فناوری های نوین در مدیریت سیستم های آبیاری :

۱-۱) کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی

یک سیستم اطلاعات جغرافیایی قادر است تا کلیه داده ها و اطلاعات مکانی و توصیفی یک شبکه را در یک محیط یکپارچه در اختیار طراحان و مدیران قرار دهد. تعیین نیاز آبیاری و مقدار آب مورد نیاز در ابتدای هر آبیگر از عواملی است که بدون برنامه ریزی دقیق، باعث هدررفت بسیار زیاد آب می شود. این موضوع بستگی به الگوی کشت، مساحت مزرعه، تبخیر و تعرق، دور آبیاری، راندمان آبیاری مزرعه و کانال های انتقال آب دارد که با توجه به ماهیت مکانی پارامترهای ذکر شده استفاده از GIS می تواند انجام محاسبات را تسهیل کند.

در یک تحقیق با تهیه سیستم اطلاعات جغرافیایی برای شبکه های آبیاری و زهکشی کوثر در استان خوزستان موارد زیر مشخص گردید:

- تعیین مناطق بحرانی از نظر شوری و زهکشی
- تعیین آب مورد نیاز هر مزرعه یا آبیگر بر اساس الگوی کشت انتخابی، پارامترهای هواشناسی و مشخصات خاک منطقه که کاربر تنها با انتخاب آبیگر مورد نظر می تواند میزان آبی را که در آن نقطه بایستی تحویل زارع یا آبیار گردد به دست آورد (۹).

۲-۱) استفاده از آب مغناطیسی

با توجه به خصوصیات آب مغناطیسی می توان از آن در کشاورزی جهت افزایش کارایی مصرف آب، افزایش درصد و سرعت جوانه زنی و کاهش مصرف بذر و افزایش بازده محصولات به همراه بهبود کیفیت محصول استفاده کرد که این موضوع می تواند در نهایت منجر به صرفه جویی در آب مجازی شود (۴).
سالیها^۳ در سال ۲۰۰۵ با مطالعه روی برخی از پارامترهای گیاه به این نتیجه رسیدند که آبیاری با آب مغناطیسی سبب می شود بازده گیاه و کیفیت محصول افزایش یابد (۱۵).
بوغاتین^۴ (۱۹۹۹) با انجام آزمایشات مزرعه ای در زمینه استفاده از آب مغناطیسی به نتایجی دست یافتند که بر اساس آن بازده محصول و کیفیت آن تا ۱۵ درصد افزایش می یابد (۱۹).

۳-۱) استفاده از مدل های ریاضی برای ارزیابی عملکرد و بهینه سازی بهره برداری کانال های آبیاری

از عوامل عمده ضعیف بودن عملکرد کانال های آبیاری و کاهش بهره وری آب کشاورزی، تحویل و توزیع نامناسب آب به ویژه تحویل آب مازاد بر نیاز به مزارع زیردست کانال های آبیاری است که یک راه موثر برای ارتقاء بهره وری آب کشاورزی، بهینه سازی بهره برداری از کانالهای آبیاری با توجه به نیازمندیهای موجود است. امکان پذیرترین مدل های ریاضی که بدین منظور تهیه می شوند می توانند ابزار مناسبی برای نیل به این هدف باشند. به عنوان مثال مدل ICSSDOM با دارا بودن دقت و کارایی بالا می تواند ابزاری سودمند جهت استفاده مسئولین بهره برداری از شبکه های آبیاری قرار گیرد.

3 - Saliha

4 - Bogatin

۲) روش های مدیریتی و زراعی

۱-۲) انتخاب روش آبیاری مناسب

مقایسه روش آبیاری سطحی و آبیاری تحت فشار به منظور دستیابی به صرفه جویی آب از جمله تحقیقاتی است که تاکنون برای محصولات مختلف صورت گرفته است. اکبری (۱۳۷۷) در تحقیقی روی محصول سیب زمینی در منطقه فریدن اصفهان نشان داد روش بارانی در مقایسه با روش شیاری از عملکرد بالاتری برخوردار بوده و موجب ۳۵ درصد صرفه جویی در مصرف آب شده است (۱۱).

۲-۲) تعیین دور مناسب آبیاری

با تعیین دور مناسب آبیاری می توان گامی در جهت کاهش مصرف آب برداشت و باعث حفظ ذخیره آب شد. به عنوان مثال، یکی از روش های موجود برای کاهش مصرف آب در کشت برنج، قطع آبیاری و تغییر روش آبیاری سنتی مرسوم به غرقاب دائم به آبیاری متناوب با اعمال دور آبیاری مناسب می باشد ولی قطع آبیاری در هر مرحله ای از مراحل چند گانه رشد گیاه باعث کاهش محصول می گردد (هوانگ و همکاران^۵ ۱۹۸۸).

۳-۲) استفاده از روش های نوین آبیاری

تحقیقات نوری و برومند نسب، در منطقه کشت و صنعت کارون برای نیشکر رقم (CP69-1062) آبیاری جویچه ای یک در میان در طی مراحل مختلف رشد نتایج مثبتی در جهت افزایش درصد شکر استحصالی دارا می باشد. با این روش آبیاری در شرایط تحقیق، صرفه جویی آب تا حد ۳۶ درصد امکان پذیر می باشد. که به این معنی است که این روش باعث افزایش بهره وری آب و صرفه جویی در آب مجازی شده است (۳).

۴-۲) مدیریت زمان آبیاری

برومند نسب و همکاران با مطالعه بر روی اثر زمان آبیاری بارانی در عملکرد پنبه نشان دادند که آبیاری بارانی در شب و اوایل صبح باعث افزایش عملکرد محصول می شود. همچنین روش آبیاری بارانی در اواسط روز و بعد از ظهر عملکرد محصول را کاهش می دهد (۵).

۵-۲) تاثیر کود دهی بر افزایش کیفیت محصول و کارائی آب

کود آبیاری به عنوان یک تکنولوژی موثر در زراعت های همراه با سیستم های آبیاری جدید باعث افزایش کمی و کیفی محصول و افزایش کارائی مصرف آب و کود می شود. افزایش قابل ملاحظه ای در میزان محصول و کارائی مصرف آب تحت روش کود آبیاری قطره ای نسبت به روش آبیاری جوی پشته همراه با کوددهی سنتی در زراعت گوجه فرنگی در کرج مشاهده شده است (۱۸). در مطالعه دیگری در ایران استفاده از روش آبیاری بارانی در کود آبیاری ذرت علوفه ای باعث افزایش کارائی مصرف آب به طور قابل توجهی شده است (۲).

۶-۲) استراتژی ASCP^۶

فرامرزی و همکاران^۷ (۲۰۱۰) طی یک استراتژی آب مجازی درون کشور، با نام ASCP (تنظیم ساختار الگوی کشت) توانستند که راهکارهای بزرگی را برای صرفه جویی در مصرف آب و تولید محصول بیشتر ارائه دهند به عنوان مثال یکی از

5 - Hwang et al.

6 - Adjustment of the Structure of Cropping Pattern.

نتایج آنها این بود که می توان گندم بیشتری با مصرف آب کمتری تولید کرد و ۳۱ تا ۱۰۰ در صد از کل کمبود گندم در استان های دارای کمبود را می توان به وسیله استان هایی که گندم مازاد بر مصرف تولید می کنند، تامین کرد.

۷-۲) کم آبیاری

نتایج تحقیقاتی در مورد رقم برنج محلی چمپای کامفیروزی در سال ۱۳۸۰ نشان داد آبیاری غرقابی دو روز در میان با توجه به صرفه جویی ۳۶ درصدی آب مصرفی نسبت به آبیاری غرقابی پیوسته و از طرفی عدم کاهش عملکرد دانه و افزایش بازده مصرف آب قابل توصیه می باشد (۷).

۸-۲) پایش وضعیت مرطوب خاک

در طی تحقیقی در استان خراسان، نتایج به دست آمده از اندازه گیری های مستمر طی دو سال نشان داد: - اندازه گیری مرطوب خاک قبل از اعمال آبیاری به کاهش مصرف و افزایش راندمان آبیاری منجر خواهد شد (۸).

جمع بندی

ظهور آب مجازی توانست، توجه کشور های مختلف جهان را به جریان بزرگ آب مجازی که توسط تولیدات کشاورزی در حال جریان است، جلب کند. نظر به اینکه ایران جزء کشورهای خشک و نیمه خشک محسوب می شود، توجه به سیاست های مدیریت منابع آب که در آن به توسعه تجارت آب مجازی بر اساس مزیت نسبی و همکاری همه جانبه تاکید شده است، امری ضروری است. با توجه به اینکه نیاز به تولید برخی از محصولات استراتژیک مانند گندم در داخل کشور امری مهم می باشد، نیاز به افزایش بهره وری آب در بخش کشاورزی نیز دارای اهمیت زیادی می باشد، تا علاوه بر تامین نیاز داخلی، در آب مصرف شده برای تولید محصولات کشاورزی و یا همان آب مجازی، صرفه جویی قابل ملاحظه ای صورت گیرد. در این مقاله راهکارهایی در دو بخش فناوری های نوین در مدیریت سیستم آبیاری و روش های مدیریتی و زراعی ارائه شد، که اگر همگی به صورت اصولی پیاده شوند در نهایت منجر به صرفه جویی در آب مجازی و ذخیره سازی این آب می شود که می توان از آن در گسترش اراضی کشاورزی و تولید بیشتر محصول استفاده نمود.

منابع

- ۱- علیزاده، ا. ۱۳۸۳. اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه امام رضا(ع). ۳۴ ص.
- ۲- واعظی، ع. و همکاران (۱۳۸۰). اثر کودهای شیمیایی به روش کود آبیاری بر عملکرد ذرت علوفه ای. مجموعه مقالات هفتمین کنگره علوم خاک ایران صص ۴۵۱-۴۵۰.
- ۳- نوری، م. برومند نسب، س. ۱۳۸۸. بررسی اثر آبیاری جویچه ای یک در میان متغیر در مراحل مختلف رشد روی عملکرد کمی و کیفی نیشکر رقم 69-1062، مجله علوم و مهندسی آبیاری جلد سی و دوم شماره ۱. صص ۵۵-۴۹.
- ۴- زنگنه یوسف آبادی، الف. ۱۳۸۴. بررسی آزمایشگاهی تاثیر استفاده از آب مغناطیسی روی آبشویی خاک های شور. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- ۵- برومند نسب، س. کاشفی پور، م. سهرابی مشک آبادی، ب. ۱۳۸۸. بررسی تاثیر زمان آبیاری بارانی بر عملکرد و اجزای عملکرد پنبه. مجله علوم مهندسی آبیاری. جلد سی و دوم شماره ۱. صص ۴۸-۴۳.
- ۶- صادقی عطار، م. ۱۳۷۴. بهره برداری بهینه از شبکه آبیاری و زهکشی دز. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز.

- ۷- پیرمردیان، ن. و سپاسخواه، ع. و مفتون، م. ۱۳۸۲. تاثیر کم آبیاری و مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد و بازده مصرف آب در برنج. یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. تهران.
- ۸- بذاق جمالی، ج. و احمدیان، ج. جوانمرد، س. و گلمکانی، ت. و ملکی زاده، ص. ۱۳۸۲. ضرورت پایش وضعیت رطوبت خاک در افزایش بهره وری آب کشاورزی. یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. تهران.
- ۹- دیانی، ش. و محمدی، ک. و موسوی زاده، م.ح. ۱۳۸۲. کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در مدیریت بهینه آب مصرفی شبکه های آبیاری و زهکشی. یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. تهران.
- ۱۰- باغستانی، ع.ا. و مهرابی بشر آبادی، ح. ۱۳۸۶. مفهوم آب مجازی و کاربرد آن در تعیین الگوی تجارت محصولات کشاورزی ایران. نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، کرمان، بهمن ماه.
- ۱۱- اکبری، م. ۱۳۷۷. مقایسه روش های آبیاری بارانی و سطحی (شیاری) روی عوامل کمی و کیفی سبب زمین، کرج، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، نشریه شماره ۱۲۱.
- ۱۲- احسانی، م. خالدی، ه. برقی، ی. ۱۳۸۷. مقدمه ای بر آب مجازی. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
- ۱۳- گروه کار استفاده پایدار از منابع آب برای تولید محصولات کشاورزی. ۱۳۸۲. مدیریت آب آبیاری در مزرعه. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۱۶۵ص.
- 14- Faramarzi, M., H. Yang, J. Mousavi, R. Schulin, C. R. Binder, and K. C. Abbaspour. Analysis of Intra-Country Virtual Water Trade Strategy to Alleviate Water Scarcity in Iran. *Hydrology and Earth System Sciences* 14, no. 8 (2010): 1417-33.
- 15- Saliha, B.B. 2005. Bioefficacy testing of GMX online magnetic water conditioner in grapes var. Muscat. Tamil Nadu Agriculture University. Project completion Project.
- 16- Shuva, H. 1997. Concepts of water security, food security, water stress and "virtual water" for arid countries. Proceeding of the IXth World Water Congress - International Water Resources Association - Montreal, Canada.
- 17- Frature, C. de, Cai, X., Amarasinghe, U., Rosegrant, M., and Molden, D. 2004. Dose International Cereal Trade Save Water? The Impact of Virtual Water Trade on Global Water Use. Comprehensive Assessment Research Report 4, Colombo, Sri Lanka, Comprehensive Assessment Secretariat.
- 18- Sagheb, N., Hobbi, M.S. (1999). Field evaluation of urea fertilizer and water use efficiency by tomato under trickle Fertigation and furrow irrigation. Water balance and fertigation for crop improvement in west Asia. IAEA. TECDOC-1266.
- 19- Bogatin, j. 1999. Magnetic treatment of irrigation water: Experimental Results and Application conditions. *Environ. Sci. Technol.* No. 33. pp 1280-1285.
- 20- Chapagain, A. k. and Hoekstra, A. Y. (2003). Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products. Value of Water Research Report Series No. 13, UNESCO-IHE Institute for Water Education, Delft, The Netherlands.
- 21- 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 of Water Research Report Series No. 11, UNESCO-IHE Institute for Water Education, Delft, The Netherlands.
- 22- Allan, J. A. "Virtual Water - the Water, Food, and Trade Nexus Useful Concept or Misleading Metaphor?" *Water International* 28, no. 1 (2003): 106-13.
- 23- IWMI (International Water Management Institute). (2006). Water for food, water for life. From the Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. Stockholm World Water Week.
- 24- Hwang, Gi., Kim, Kt., Oh, Nk., Jeong, Ju. 1989. The effect of drought at the reproductive stage on the degeneration sterility, ripening and nutrient uptake of rice. Research Report of the Rural Development Administration, Rice. 31:1. Pp 36-42.