سال پنجم، شماره ۲، ۱۳۹۷، صفحات ۱۶۹ تا ۱۷۵
نشریه آب و توسعه پایدار

2019, Vol.5, No.2, Pages 169 to 175
Journal of Water and Sustainable Development

مسائل و چالش‌های صرفه‌جویی واقعی آب از طریق افزایش بهره‌وری آب و کاربرد سامانه‌های نوین آبیاری (یادداشت فنی)

نادر حیدری

دانشیار پژوهش مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج.

E-Mail: nrheydari@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۱/۲۹
تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۲/۱۳

چکیده

امروزه باتوجه‌به بحران کمبود شدید منابع آب برای تولیدات کشاورزی موضوع صرفه‌جویی واقعی آب در کشاورزی مطرح شده است. بسیاری از کارشناسان و محققین علوم آب دریافتند راهکارهایی که در حال حاضر برای استفاده بهینه و صرفه‌جویی آب استفاده می‌شوند (افزایش راندمان آبیاری و حتی افزایش بهره‌وری آب) بر توسعه سامانه‌های نوین آبیاری به اصطلاح صرفه‌جو نظیر آبیاری تحت فشار تکیه دارند. این سامانه‌ها در صورت عدم وجود شرایط و تمهیدات لازم به صرفه‌جویی واقعی آب منجر نشده است و در مواردی ممکن است به افزایش مصرف آب منجر شوند. نمونه‌ای از این نظریات و شواهد ارائه شده در منابع علمی کتابی است که توسط فائو در زمینه این موضوع منتشر شده است. در این مقاله تحلیلی ضمن تشریح مفاهیم، اصطلاحات و رویکردهای مرتبط با بحث مصرف مفید و غیرمفید آب نظریات و مباحث مختلف در بحث صرفه‌جویی واقعی آب، میزان کارآمدی و اثر بخشی سامانه‌های نوین آبیاری و در مجموع کلیه فعالیت‌های افزایش بهره‌وری آب با هدف صرفه‌جویی واقعی آب در این زمینه بررسی و نقد تحلیلی شده و نتیجه‌گیری‌های لازم به عمل آمده است. در نتیجه‌گیری مقاله می‌توان اظهار نمود که برای شناخت و انتخاب راهکارهای فنی و اقتصادی موثر بر روی مدیریت تقاضا و مصرف آب باید یک سیستم و چارچوب منظم حسابداری آب در هر حوضه آبریز برقرار شود. همچنین به موازات توجه زیاد به توسعه آبیاری تحت فشار در کشور باید به سایر روش‌های به‌زراعی کاهش دهنده مصرف آب (ET) در کشاورزی (نظیر کاربرد انواع مالچ‌ها و کشاورزی حفاظتی، رعایت تناوب زراعی مناسب و غیره) توجه شود. به‌منظور صرفه‌جویی واقعی آب باید شاخص بهره‌وری آب مبتنی بر ET (و نه مقدار آب به‌کاربرده شده در مزرعه) معیار انتخاب سیستم‌ها و بررسی اثر بخشی راهکارهای فنی و اقتصادی برای صرفه‌جویی واقعی آب قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری آب، آبیاری تحت فشار، صرفه‌جویی آب.

Issues and Challenges of Real Water Saving through Improving Water Productivity and Use of Modern Irrigation Systems (Technical Note)

N. Heydari

Associate Professor, Iranian Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education, and Extension Organization, Karaj, Alborz.

Email: nrheydari@yahoo.com

Received: 18-02-2018
Accepted: 03-05-2018

Abstract

Considering the severe water shortage crisis for producing agricultural products, the concept of real water saving in agriculture has been introduced recently. The reason behind this is that many researchers have realized that many approaches which are used for water saving in agriculture (e.g., improving irrigation efficiency, and even improving agricultural water productivity-WP) rely on the development of modern water-saving irrigation methods such as pressurized irrigation. These systems, when required conditions or relevant context are not fulfilled, may not lead to real water savings and may even cause an increase in water consumption. Examples of these arguments, discussion, and pieces of evidence are provided in the latest book published by FAO. In this analytical paper following explanation of the concepts, terms, the visions on real water saving, and effectiveness of modern irrigation technologies in this regard, all the activities relevant to improving WP, with the objective of water saving in agriculture, are elaborated and discussed. The paper concludes that for the purpose of recognition and selection of technical and economical approaches effective on water demand and use, water accounting framework should be set in a specific basin. Also in parallel to the attention to the development of pressurized irrigation systems in Iran, other approaches and measures, such as agronomic practices for reducing ET in agriculture (e.g. use of mulches, conservation agriculture, and proper crop rotation, etc.) should be selected. Finally, for achieving real water saving, the WP index should be evaluated based on ET and not based on applied water to the field. This should be the necessary criteria in selecting irrigation systems and other measures in regards to their effectiveness on real water savings in agriculture.

Keywords: Water productivity, Pressurized irrigation, Water saving.

DOI: 10.22067/jwsd.v5i2.71076

مقدمه

امروزه بحث‌ها و نظریات جدیدی در خصوص موضوع صرفه‌جویی واقعی آب و نقش سامانه‌های نوین آبیاری به اصطلاح صرفه-جو در این زمینه ارائه شده است. کریس پری[1] محقق اقتصاد آب از موسسه بین‌المللی مدیریت آب (IWMI)[2]، در چندین مقاله (Perry، ۲۰۰۷؛ Perry، ۲۰۱۱؛ Perry و همکاران؛ ۲۰۰۹، Perry و همکاران، ۲۰۱۷) عقاید متداول در زمینه روش‌های صرفه‌جویی آب نظیر افزایش راندمان آبیاری، استفاده از سامانه‌های نوین آبیاری (منظور آبیاری‌های تحت فشار) و نقش مثبت افزایش بهره‌وری آب در این زمینه را نقد نموده است. به عقیده وی بین "انحراف آب"[3] و "مصرف واقعی آب"[4] تفاوت وجود دارد.

در بحث آبیاری، منظور و مفهوم اصلی از "مصرف"[5] این است که آب به‌معنای واقعی مصرف[6] می‌شود. یعنی آب از طریق فرایندهای تبخیر و تعرق و در جریان چرخه هیدرولوژیک مصرف شده و به اصطلاح محو و ناپدید[7] می‌شود. بنابراین افزایش راندمان و کارایی مصرف آب منجر به مصرف آب بیشتر توسط گیاه می‌شود. انجام دقیق آبیاری با یکنواختی بالا ناشی از راندمان بالای آبیاری بر نیاز آبی گیاه منطبق شده و از این طریق مصرف آب گیاه (از طریق تعرق) بیشتر می‌شود. به‌عبارت‌دیگر انتظار می‌رود افزایش راندمان و بهره‌وری آب موجب افزایش مصرف و افزایش تقاضای آب شود. این تعریف به آن معنا نیست که راندمان و بهره‌وری پایین آب مطلوب است بلکه استفاده از واژه‌های "راندمان" و "بهره‌وری آب" بدون ارتباط با محدوده عمل[8]، بدتر از این است که یک واژه بی‌معنی استفاده شود و موجب تصمیم گیری‌های اشتباه در حوزه‌های عمل اقتصادی، هیدرولوژیکی و اکولوژیکی شود (Perry ، ۲۰۰۷).

سازمان فائو[9] کتابی تحت عنوان "آیا فناوری بهبود یافته آبیاری باعث صرفه‌جویی آب می‌شود (مرور شواهد و مدارک)؟"[10] (Perry و همکاران، ۲۰۱۷) منتشر نمود. فائو در ابتدای این کتاب ذکر نموده است که مطالب ارائه شده مربوط به مولفین آن بوده و الزاماً منعکس‌کننده دیدگاه‌ها و یا سیاست‌های فائو نیست. چاپ این کتاب منجر شد واکنش‌های مختلفی به موضوع توسعه آبیاری تحت فشار از سوی محافل علمی و دستگاه‌های علمی اجرایی مرتبط با بحث مدیریت آب در کشور ایجاد شود. دراین‌راستا جلسات و کارگاه‌های هم‌اندیشی در خصوص موضوع (کارگاه تخصصی هم‌اندیشی صرفه‌جویی واقعی آب که در مرکز بررسی‌های استراتژیک ریاست جمهوری در ۱۱ مرداد ۹۵) برگزار شد. نمونه‌های بارز واکنش‌های سازمانی، واکنش کمیته ملی آبیاری و زهکشی (نامه دبیر کل کمیته به کمیسیون‌های تخصصی مختلف مجلس شورای اسلامی) و جلسات هم‌اندیشی اتاق بازرگانی ایران در این زمینه است. در ادامه فرازهایی از نامه کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران و خلاصه‌ای از بیانیه هم‌اندیشی مذکور به‌ترتیب ارائه شده است:

"به‌طورخلاصه نتایج این کتاب موید این حقیقت است که توسعه سامانه‌های آبیاری تحت فشار نقش مثبتی بر عملکرد توزیع آب در مزرعه دارد اما این قبیل شیوه‌های آبیاری اغلب با افزایش مصرف آب همراه هستند و در عمل نقش مثبتی در صرفه‌جویی واقعی آب در سطح حوضه آبریز ندارند."

به‌این‌دلیل تأکید بر آن است که ارزیابی کارایی سامانه‌های آبیاری تحت فشار در مقیاس حوضه آبریز باشد. متاسفانه باور کاهش مصرف واقعی آب کشاورزی ناشی از کاربرد سامانه‌های تحت فشار، فقدان نگاه جامع در این خصوص و نبود فرایند پایش و نظارت کافی بعضا منجر به توسعه سطح اراضی کشت آبی و متعاقباً برداشت بیشتر آب به‌خصوص از منابع آب زیرزمینی شده است".

در ادامه این مقاله به‌منظور آشنایی بیشتر با موضوع صرفه‌جویی واقعی آب و چالش توسعه آبیاری تحت فشار و افزایش بهره‌وری آب و با استفاده از فرازهایی از بحث‌های علمی و فنی کتاب فائو و سایر منابع علمی و بحث‌های کارشناسی جهان و ایران، نظریه‌ها و مفاهیم علمی و چالش‌های مرتبط با موضوع بررسی و تحلیل شود.

چالش صرفه‌جویی واقعی آب و کاربرد سامانه‌های آبیاری به اصطلاح صرفه-جو

• مفاهیم و تعاریف و رویکردها

رویکرد و نقد کتاب فائو به این تفکر اشتباه است که "افزایش راندمان آبیاری از طریق توسعه سامانه‌های آبیاری مدرن (نظیر آبیاری قطره‌ای) منجر به صرفه‌جویی زیادی در آب مصرفی برای آبیاری می‌شود" بنابراین آب مازاد را می‌توان به محیط‌زیست و سایر مصارف تخصیص داد. مزایا و منافع کاربرد فناوری پیشرفته آبیاری در مقیاس مزرعه زیاد است اما با بررسی در مقیاس حوضه آبریز مصرف آب برای آبیاری در عوض کاهش، افزایش یافته است. همچنین قابلیت و پتانسیل کاربرد فناوری‌های پیشرفته آبیاری در افزایش بهره‌وری آب برای اکثر گیاهان زراعی مهم خیلی بالا نیست و در حد متوسط است. یعنی آن‌گونه که انتظار می‌رفت نمی‌باشد (Perry و همکاران، ۲۰۱۷).

درحال‌حاضر تمرکز و توجه زیادی بر روی تجارت آب در جهان از طریق تجارت آب مجازی و رژیم غذایی "پایدار" وجود دارد. اغلب برنامه‌های سرمایه‌گذاری در خصوص صرفه‌جویی آب بر مدرن‌سازی فیزیکی شبکه‌ها و سامانه‌های آبیاری (به‌طورعمده از طریق راهکارهایی مانند انتقال و توزیع آب با لوله، تسطیح لیزری مزارع و توزیع آب در مزرعه توسط سامانه‌های آبیاری تحت فشار (بارانی و قطره ای)، سطحی و زیرسطحی) می‌باشد. فرضیات پشتیبان این راهکارها به قرار زیر هستند:

- مقدار زیادی آب می‌تواند صرفه‌جویی شود. به‌این‌دلیل که مقدار راندمان آبیاری در سامانه های آبیاری سطحی سنتی ۵۰٪ و یا کمتر است.
- عملکرد در واحد سطح می‌تواند افزایش یابد بنابراین بهره‌وری افزایش خواهد یافت، بنابراین سامانه‌های مدرن آبیاری[۱۱] به‌عنوان راه‌حل اساسی بحران کمبود آب در بخش کشاورزی شناخته می‌شوند.

در تعدادی از منابع علمی نظیر Perry و همکاران (۲۰۱۷) با فرضیات ذکر شده مخالفت شده است. به‌دلیل عدم کنترل لازم بر سهمیه‌ها و حقابه‌های[۱۲] آب در این راهکارها شرایط کم‌آبی به‌عنوان نمونه در منطقه NENA[۱۳] بیشتر شده است.

ترکیب و مجموعه مسائل روبه افزایش تقاضا برای آب توانایی دسترسی به آب در شرایط مازاد منبع تامین تجدیدپذیر و روش‌های جدید دسترسی به آب که می‌تواند از مرزها و خطوط محلی و سنتی دسترسی به آب عبور نماید در مجموع چالش‌های حکمرانی آب، فناوری و اقتصادی را در مدیریت منابع آب ایجاد نموده است (Perry و همکاران، ۲۰۱۷):

برای شناخت چگونگی راهکارهای فنی و اقتصادی که بر روی تقاضا و مصرف آب اثرگذار هستند باید یک سیستم و چارچوب منظم حسابداری آب[۱۴] برقرار شود. در این زمینه و به‌منظور واکنش و مواجهه با استفاده ناپایدار از آب شرط اول این است که از واژه‌های درستی که مفهوم (غیرمبهم) دارند، استفاده شود. در قدم اول باید بین کاربرد آب[۱۵] (تولید انرژی برقابی و یا آب مورد استفاده برای شستشو) و مصرف آب[۱۶] (تبخیر و تعرق از گیاهان در یک سامانه آبیاری) تفاوت قائل شد. در حالت اول قسمت اعظم آب مصرفی مستقیما به سیستم هیدرولوژیکی که از آن برداشت شده بود برگشت داده خواهد شد (شاید در محلی دیگر برگشت داده شود و شاید مقداری آب آلوده شده و نیز کیفیّت آن تنزل یابد اما از لحاظ فیزیکی آب موجود بوده و می‌تواند مورد استفاده مجدد قرار گیرد). اما در حالت دوم یعنی وقتی تبخیر و تعرق مصرف شود دیگر آب موجود نبوده و از دسترس خارج شده است.

در شفاف‌سازی واژه‌ها موضوع دوم بحث تلفات[۱۷] است. آنچه‌که از دیدگاه مهندسی تلفات آب نامیده می‌شود (برای مقاصد طراحی و بهره‌برداری از سامانه آبیاری کاملا صحیح است) آبی است که از مرزهای انتهایی یک شبکه آبیاری خارج می‌شود، که این مقدار آب می‌تواند تصفیه شده و مورد استفاده مجدد قرار گیرد. از دیدگاه یک تحلیل‌گر محیط‌زیست این تلفات نبوده بلکه به‌عنوان یک منبع تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی و یا جریان آب احیاکننده تالاب‌ها به‌حساب می‌آید. به‌عبارت‌دیگر تلفات از دیدگاه مهندسی می‌تواند منبع آب از دیدگاه محیط‌زیستی باشد.

باید در ابتدا واژه کاربرد/استفاده از آب[۱۸] را تعریف نمود. بر اساس تعریف تمامی موارد کاربرد/مصرف آب یعنی هرگونه کاربرد آب برای مقاصد معین (مانند آبیاری، استفاده برای انرژی برقابی، شستشو، استفاده در فرایندهای صنعتی و غیره) به شکل رابطه (۱) طبقه‌بندی می‌شود (Perry و همکاران، ۲۰۱۷). رابطه ذیل از قانون بقای ماده تبعیت می‌کند:

کاربرد/استفاده از آب = 1a+1b+2a+2b+3 (۱)

در رابطه (۱):

۱) کاربرد مصرفی آب[۱۹] (تبدیل آب از حالت مایع به حالت بخار) متشکل از:

a) مصرف مفید[۲۰] (مانند تعرّق از گیاه، تبخیر از برج‌های خنک کننده و ...)

b) مصرف غیرمفید[۲۱] (مانند تبخیر از سطح آزاد آب‌ها و خاک‌های خیس، تعرّق از علف‌های هرز و ...)

۲) کاربرد غیرمصرفی آب[۲۲] شامل:

a)جریان‌های قابل بازیافت[۲۳] (آب بازگشت شده به رودخانه یا آبخوان‌ها برای استفاده مجدد)

b) جریان‌های غیرقابل بازیافت[۲۴] (آب جاری شده به دریاها و یا سایر استفاده‌های اقتصادی که دیگر آب قابل بازیافت نیست)

۳) تغییرات در ذخیره سیستم

بنابراین در ارزیابی هر راهکار مقدار عوامل بیلان فوق در قبل و بعد از اعمال راهکار باید تعیین شده تا از توصیف و تعیین اثرات راهکار اطمینان حاصل شود در غیراین‌صورت توصیف‌ها و تجزیه و تحلیل‌های بخشی و جزئی گمراه کننده خواهد بود که نمونه‌هایی از آن‌ها در ادامه ارائه شده است.

بیشتر راهکارها و تمهیدات برای مواجهه با کمبود آب بر روی گزینه‌های فنی تکیه نموده است که می‌تواند راندمان[۲۵] توزیع فیزیکی آب (کاهش تلفات) و یا بهبود بهره‌وری آب توزیع شده به بهره‌برداران (محصول در برابر قطره آب) را افزایش دهد. به‌عنوان‌مثال راندمان کل آبیاری که به‌طورمعمول نسبت آب ذخیره شده در منطقه ریشه، آب مصرف شده توسط گیاه و آب به‌کار برده شده در پروژه می‌باشد و مقدار آن معمولا کمتر از ۴۰ درصد است تعبیر و تفسیر عمومی آن به‌صورت ۶۰ درصد

آب تلف شده می‌باشد. بنابراین با اعمال راهکارهایی نظیر پوشش کانال و فعالیت‌های بهبود مدیریت آب مزرعه (نظیر کاربرد آبیاری‌های قطره‌ای و بارانی و تسطیح و غیره) می‌توان مقدار زیادی از آب را "صرفه‌جویی" نمود. اگر این سناریو در چارچوب حسابداری آب بالا (معادله بیلان) دیده شود تا زمانی‌که مشخص نشود به ظاهر تلفات آب کجا می‌روند نمی‌توان در مورد مقدار آب صرفه‌جویی شده قضاوت نمود. به‌عنوان نمونه تلفات نفوذ عمقی از یک سامانه آبیاری ناکارآمد (مولفه 2a از معادله فوق) منبع تغذیه آبخوان‌ها به‌شمار می‌رود. اگر بخش کشاورزی سطح زیر کشت را گسترش دهد (مصرف مفید آب (مولفه 1a) را افزایش دهد) این عمل نفوذ عمقی به یک آبخوان قابل برداشت و یا جریان قابل برگشت را کاهش می‌دهد. در این شرایط مصرف محلی آب افزایش یافته و سایر مصرف‌کنندگان (مکانی) در طول سال آب کمتری خواهند داشت. مطالب ارائه شده به‌معنی توصیه به یک آبیاری ناکارآمد و راندمان پایین نیست بلکه ایجاد شفافیت و توجه‌به مسائل در هنگام گزارش ارزیابی اثرات فیزیکی کاربرد فناوری‌های نوین آبیاری برای صرفه‌جویی آب است. بنابراین با مخالفت طرفداران آبیاری قطره‌ای، بااستفاده‌از نظریه "استفاده از آبیاری قطره‌ای دو برابر شدن سطح زیر کشت را به‌دنبال دارد" که این‌گونه بیان و تفسیر می‌شود: "باتوسعه سامانه‌های آبیاری و دو برابر شدن سهم آب تحویلی به مزرعه که تمام آن مصرف شده است" می‌توان به این نتیجه دست یافت که مقدار جریان‌های بازگشتی به محیط‌زیست و سایر مصارف، کاهش خواهد یافت.

در زمینه بهبود بهره‌وری فیزیکی آب[۲۶] (WP) چشم‌انداز و اثرگذاری خوبی برای روش‌های افزایش آن مانند کم‌آبیاری و آبیاری تکمیلی وجود نداشته، بنابراین این روش‌ها برای همه محصولات و در تمامی مناطق توصیه نمی‌شود. در مجموع برای یک محصول و اقلیم معین، افزایش عملکرد مستقیما با افزایش آب مصرف شده مرتبط بوده و برای اکثر گیاهان زراعی WP (kg/m3) وقتی حداکثر خواهد بود که آب مصرف شده واقعی (ET) (به‌خصوص T) و عملکرد در هکتار در حداکثر مقدار خود باشند. سایر مصارف آب یعنی (مصرف غیر سودمند) در شرایطی مانند تبخیر از سطح خاک مرطوب یا اندام هوایی گیاه-E غیر قابل اجتناب بوده و بخش و نسبت کوچکی از کل آب مصرفی گیاه (وقتی‌که تعرق گیاهی T در حد ماکزیمم خود در این شرایط است) را تشکیل می‌دهد (Perry و همکاران، ۲۰۱۷). به‌عبارت‌دیگر افزایش بهره‌وری آب الزاما به صرفه‌جویی واقعی آب ممکن است منتهی نشود! یعنی در شرایط بیشینه شدن بهره‌وری آب، مصرف واقعی گیاه (ET و به‌طورعمده T) بالاتر رفته و برخلاف کاهش مخرج کسر بهره‌وری توسط روش‌های مدیریت آب در مزرعه (کاربرد فناوری‌های پیشرفته آبیاری، کاهش به اصطلاح تلفات آب و غیره) "مصرف مفید"[۲۷] آب بالا بوده و سهم عمده‌ای از مولفه‌های بیلان آب مزرعه را تشکیل داده است، دراین‌حالت ممکن است صرفه‌جویی واقعی آب به وقوع نپیوندد.

در مجموع Perry و همکاران (۲۰۱۷) دو اصل کلی زیر را در تحلیل و ارزیابی اثرات تغییرات در فناوری آبیاری پیشنهاد می‌کنند: ۱-حسابداری آب باید تغییرات مصرف آب و اثرات بر جریان‌های بازگشتی را گزارش نماید ۲-افزایش در عملکرد باید با تغییرات در مصرف واقعی آب گیاه ارتباط داده شود.

بحث و بررسی مطالعات موردی

در حوضه آبریزِ Hai[۲۸] کشور چین بررسی داده‌های ۵۰ ساله اخیر در خصوص میزان افت آب زیرزمینی و همچنین پمپاژ از آن نشان داده است، با آنکه حجم آب پمپاژ شده به‌طورمداوم از اواسط سال ۱۹۷۰ کاهش یافته اما افت آب زیرزمینی تقریباً با نرخ ثابتی ادامه داشته است. بخشی از توضیح این امر به‌این‌دلیل است که دولت و کشاورزان به میزان زیادی برروی فناوری بهبود آبیاری سرمایه‌گذاری کردند لذا بخش زیادی از آب برداشت شده مصرف شده است (تبخیر شده). به‌عبارت‌دیگر مصرف واقعی آب ثابت مانده و یا حتی افزایش یافته است درحالی‌که آب به‌کار برده شده در سطح مزرعه (متر مکعب در هکتار) کاهش یافته است. بنابراین به‌جای مدیریت آب باید به مدیریت ET پرداخته شود تا بیلان واقعی آب منطقه مشخص و متعادل شود. Perry و همکاران (۲۰۱۷) پیشنهاد می‌نماید برای تعادل سفره آب زیرزمینی منطقه باید مصرف واقعی آب (ET) ناشی از آبیاری محصولات کشاورزی به میزان ۲۰٪ کاهش یابد و برای کاهش ET راهکارهایی نظیر تغییر الگوی کشت و کاهش سطح زیر کشت اراضی را پیشنهاد نموده است.

در روش‌های به-زراعی و روش‌هایی که منجر به کاهش مصرف آب در کشاورزی می‌شوند (نظیر استفاده از خاک پوشه (مالچ)، تغییر الگوی کشت، کم‌آبیاری و تغییر ارقام گیاهی) در مقابل کمبود شدید منابع آب در حوضه آبریز Hai پاسخگو نبوده و باید سطح زیر کشت و تولید غلات در منطقه کاهش یابد تا از این طریق آب‌های زیرزمینی منطقه به تعادل برسند. از نظر کشاورزان راهکارهای به-زراعی مانند استفاده از مالچ به‌دلیل افزایش عملکرد و تولید مقبول‌تر می‌باشد. اما راهکارهایی نظیر کم‌آبیاری کمتر باوجود اینکه به مدیریت و تلاش زیاد نیاز

دارد، برای آن‌ها مورد تأیید است.
تعدادی از تحقیقات انجام شده در کشور هندوستان بیانگر آن است که شواهد کمی وجود دارد که راهکارهای به‌کارگرفته شده برای صرفه‌جویی آب و یا افزایش بهره‌وری آب منجر به کاهشET به معنای واقعی شده باشد و وقتی می‌توان به صرفه‌جویی آب در حد بهینه دست یافت که در تاریخ کشت تغییراتی ایجاد شده و ارقام گیاهی با طول دوره رشد کوتاه کشت شوند (Perry و همکاران، ۲۰۱۷). در منطقه شمال غربی هندوستان بیش از ۹۰٪ اراضی با سیستم تناوب زراعی برنج-گندم برای جبران بخشی از نیاز آبی خود از آب‌های زیرزمینی استفاده می‌نمایند. در این مناطق افزایش راندمان آبیاری از طریق کاهش تلفات نفوذ عمقی (که فرض شده به آب‌های زیرزمینی می‌پیوندد) به صرفه‌جویی آب کمک نکرده و از افت آب زیرزمینی جلوگیری نمی‌کند. در این مناطق ضروری است فناوری‌هایی که منجر به کاهش ET می‌شود و مقدار محصول تولید شده به‌ازای آب مصرفی (به شکل ET) را افزایش می‌دهند به‌کارگرفته شوند. بهترین فناوری‌های رسیدن به این اهداف شامل فناوری‌های به-زراعی کشت دیرهنگام نشاء برنج و استفاده از ارقام برنج با دوره رشد کوتاه می‌باشد. در این منطقه ترویج جایگزینی کشت برنج با گیاهانی که میزان ET پایین‌تری دارند خیلی امید بخش نیست. بر اساس گزارشات کاربرد مالچ بقایای برنج اثرات مثبتی بر روی کاهش تبخیر و تعرق از سطح خاک در اراضی گندم آبی در منطقه پنجاب هندوستان داشته است.
در فناوری‌های آبیاری آب به‌طور دقیق به پای گیاه داده می‌شود که منجر به کاهش تبخیر غیرمثمر خواهد شد. این نظریه درباره کاربرد این فناوری‌ها در باغات و تاکستان‌ها که فاصله ردیف‌های بین گیاه زیاد است، نسبتاً صادق است؛ اما ممکن است در مورد گیاهان زراعی با تراکم زیاد (نظیر گندم) این‌گونه نباشد. در شرایط کشت‌های با تراکم زیاد تاج گیاه به سرعت رشد نموده و فاصله ردیف‌ها را پر کرده و کاهش تبخیر در بین ردیف‌ها با افزایش تعرق گیاه (ناشی از رشد بالای گیاه) جبران می‌شود. بنابراین تبخیر از سطح خاک خیس (ES) بخش غیرمثمر تبخیر و تعرق (ET) است. کاهش ES بر میزان آب موجود برای تعرق (T) (بخش مثمر ET) اثرگذار خواهد بود (حیدری و دهقانیان، ۱۳۹۷).

چالش افزایش بهره‌وری آب برای صرفه‌جویی واقعی آب؟!

در شرایط فعلی رویکرد دستگاه‌های اجرایی کشور (نظیر وزارت جهاد کشاورزی و وزارت نیرو) صرفا بر افزایش بهره‌وری آب متکی است. این سیاست که بر اساس منابع علمی نظیر تحقیقات موسسه بین‌المللی مدیریت آب[۲۹] و فائو تعریف شده است ممکن است الزاما به صرفه‌جویی واقعی آب منتهی نشود. محاسبه شاخص بهره‌وری آب در کشور از تقسیم عملکرد محصول بر حجم آب به‌کار برده شده (خالص یا ناخالص) که همان آب منحرف شده به سیستم (اصطلاحا آب برداشت شده[۳۰]) می‌باشد، حاصل می‌شود. در حالی‌که بخشی از آب صرف تبخیر و تعرق (ET) همان مصرف واقعی[۳۱] می‌شود، مابقی الزاما به معنی تلفات نبوده و می‌تواند مجددا به سیستم باز گردد. بر اساس فائو (Perry و همکاران، ۲۰۱۷) در شرایط بحران آب و به‌منظور رسیدن به صرفه‌جویی واقعی آب باید مقدار محصول به ازا تبخیر و تعرق حاصل شده را محاسبه کرد. در صورت محاسبه شاخص بهره‌وری آب با این روش محاسبه (قرار دادن ET در مخرج کسر بهره‌وری آب) می‌توان در خصوص اثرگذاری راهکارهای صرفه‌جویی آب (نظیر کاربرد سامانه‌های آبیاری به اصطلاح صرفه-جو، نظیر آبیاری‌های تحت فشار و غیره) قضاوت نمود و اقدامات را بایکدیگر مقایسه کرد.
تبخیر و تعرق نشان‌دهنده تلفات آب از سطح خاک است که طی دو فرآیند جداگانه صورت می‌گیرد (تبخیر از سطح خاک[۳۲] و تعرق توسط گیاه[۳۳]) برای مصرف بهینه آب در آبیاری اولین و اساسی‌ترین گام تعیین دقیق نیاز آبی گیاهان می‌باشد. این نیاز از طریق محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل و ضرب نتیجه به‌دست‌آمده در ضریب گیاهی[۳۴] (Kc) مربوطه انجام می‌شود. روش پنمن مانتیس فائو (FAO ۵۶، ۱۹۹۸) از جمله روش‌هایی است که به‌عنوان یکی از روش‌های استاندارد محاسبه نیاز آبی توصیه شده است (نجفی، ۱۳۸۸). در حوضه‌های آبریز دو پدیده تبخیر از سطح مرطوب خاک و تعرق از سطح گیاهان را نمی‌توان از همدیگر مجزا ساخت بنابراین غالبا این دو فرآیند توام با یکدیگر و به نام تبخیر-تعرق[۳۵] توصیف می‌شوند. تقریبا نیمی از آبی که وارد خاک می‌شود دوباره از طریق فرآیند تبخیر-تعرق به جوّ زمین بازگردانده می‌شود. این نظریه بیان می‌کند که تفکیک تبخیر (E) وتعرق (R) از یکدیگر در عمل امکان پذیر نمی‌باشد اما برخی از محققین تبخیر و تعرق را به‌صورت جداگانه تخمین زدند. از جمله کارهای شاخص انجام شده در این زمینه می‌توان به نشریه FAO ۵۶ (۱۹۹۸) و نرم‌افزار آکواکراپ[۳۶] اشاره نمود (نجفی، ۱۳۸۸). در این دو روش پس از محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل، تفکیک اثرات ناشی از تبخیر از سطح خاک و تعرق از سطح پوشش گیاهی بر روی ضریب گیاهی Kc انجام شد (نجفی، ۱۳۸۸).
راهکارهای بهبود بهره‌وری آب کشاورزی، جدا سازی تعرق (T)

از تبخیر (E) و مشخص نمودن سهم هریک از این مولفه‌ها به‌خصوص در شرایط کم‌آبی یکی از مسائل مهم و قابل توجه می‌باشد. طی سال‌های ۲۰۰۷ الی ۲۰۱۲ میلادی در هفت کشور جهان (نظیر چین و مراکش) از فناوری کاربرد ایزوتوپ برای جداسازی مولفه‌های تبخیر از سطح خاک و تعرق گیاهی گندم زمستانه کشت شده با روش‌های آبیاری مختلف و تحت شرایط اقلیمی متنوع استفاده شده است. بر اساس نتایج این تحقیقات در شمال کشور چین تبخیر به‌طور متوسط ۳۰ درصد تلفات آب آبیاری در طول دوره رشد محصول را شامل می‌شد. لازم به ذکر است این میزان از تبخیر در مراحل مختلف رشد متفاوت بوده و ۶۸ درصد از آن در طی دوره‌ای که پوشش گیاهی هنوز کامل نشده بود بالغ شده است (Heng و همکاران، ۲۰۱۴). نتایج تحقیقات Heng و همکاران (۲۰۱۴).نشان داد استفاده از روش کم‌آبیاری و بهبود برنامه آبیاری نسبت به روش آبیاری کامل می‌تواند تلفات تبخیر از سطح خاک را به میزان ۱۰-۳۰۰ درصد از کل تلفات آب کاهش دهد. بر اساس نتایج پایلوت کشور مراکش سهم تعرق از کل تبخیر و تعرق (ET) برابر ۷۳ درصد بود.

جدا کردن مولفه تبخیر از تعرق[۳۷] از این جهت حائز اهمیت است که با افزایش عملکرد محصول (افزایش صورت کسر بهره‌وری آب) میزان تعرق (از مولفه‌های مخرج کسر بهره‌وری) به همان نسبت افزایش خواهد یافت. شاید در کاربرد بعضی از سامانه‌های آبیاری با هدف افزایش عملکرد محصول، با وجود کاهش ظاهری مصرف آب و افزایش بهره‌وری آب به صرفه‌جویی بیشتر آب منجر نشود که نمونه‌ای از آن کاربرد سامانه‌های آبیاری قطره‌ای زیرسطحی می‌باشد. راندمان آبیاری در این نوع سیستم ۱۰۰ درصد بوده است و تلفات تبخیر از سطح خاک تقریبا ناچیز می‌باشد و مصرف آب در حد تعرق گیاه است. اما با افزایش چندین برابری عملکرد در این سیستم و به تناسب آن افزایش چندین برابری تعرق گیاهی ممکن است مصرف آب در مقیاس وسیع تغییری نکرده باشد و صرفا تولید ماده گیاهی (بیوماس) (با صرف انرژی بیشتر جهت پمپاژ آب در مقایسه با روش آبیاری سطحی) در این حالت افزایش یافته باشد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

اولین شرط در راه تحقق صرفه‌جویی واقعی آب شناخت و فهم درست از تعاریف و تعابیر در زمینه استفاده پایدار از آب است، یعنی از واژه‌های درست و دارای مفهوم (غیرمبهم) استفاده شود. در قدم اول باید بین "کاربرد آب" و "مصرف آب" تفاوت قائل شد. برای شناخت و انتخاب راهکارهای فنی و اقتصادی مؤثر بر روی مدیریت تقاضا و مصرف آب در هر حوضه آبریز باید یک سیستم و چارچوب منظم "حسابداری آب" برقرار شود. به‌جای توجه زیاد به توسعه آبیاری تحت فشار در کشور باید به سایر روش‌های به-زراعی کاهش دهنده مصرف آب (ET) در کشاورزی (نظیر کاربرد انواع مالچ ها و کشاورزی حفاظتی، رعایت تناوب زراعی مناسب و...) توجه بیشتری شود.

در شرایط بحران آب و به‌منظور رسیدن به صرفه‌جویی واقعی آب باید معیار بهره‌وری آب مبتنی بر عملکرد تولیدی به‌ازای آب کاربردی در مزرعه به معیار بهره‌وری آب مبتنی بر تولید به ازا تبخیر و تعرق گیاه (Kg/ET) تغییر یابد. در صورت محاسبه شاخص بهره‌وری آب با این روش می‌توان در خصوص اثرگذاری راهکارهای صرفه جویی آب (کاربرد سامانه‌های آبیاری صرفه‌جو مانند آبیاری‌های تحت فشار و غیره) قضاوت نمود و راهکارها و اقدامات فنی و مدیریتی مختلف را بایکدیگر مقایسه کرد.

پی‌نوشت

1- Chris Perry
2- International Water Management Institute
3- Water Diversion
4- Water Consumption
5-Use
6-Consume
7-Remove
8-Context
9-Food and Agriculture Organization (FAO)
10-Does Improved Irrigation Technology Save Water A Review of The Evidence
11- High-Tec
12- Absence of Control Of Quotas
13- Near East and North Africa (NENA)
14- Water Accounting
15- Using Water
16- Consuming water
17- Losses
18- Water Use
19- Consumptive Use
20- Beneficial Consumption
21- Non-Beneficial Consumption
22- Non Consumptive Use
23- Recoverable Flows
24- Non-Recoverable Flows

25- Efficiency
26- Bio-Physical Water Productivity (WP)
27- Beneficial Consumption
28- Hai
29- International Water Management Institute (IWMI)
30- Withdrawal
31- Depletion
32- Evaporation
33- Transpiration
34- Crop Coefficient
35- Evapotranspiration
36- AquaCrop

۳۷- در خصوص موضوع مهم تبخیر و تعرق گیاهی و جدا نمودن مولفه‌های تبخیر از تعرق در تیمارهای مدیریت آب، کار تحقیقاتی زیادی در کشور و حتی جهان انجام نشده است. توجه به این اولویت تحقیقاتی از نظر جهت‌گیری سیاست‌های اجرایی و تحقیقاتی کشور برای رسیدن به هدف صرفه‌جویی واقعی آب حائز اهمیت است.

منابع

حیدری، ن. و دهقانیان س.ا. ۱۳۹۷. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی: از دیدگاه مدیریت منابع آب. گزارش پژوهشی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

نجفی، م.ح. ۱۳۸۸. http://agromet.blogfa.com/post-184.aspx

FAO 56. 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO irrigation drainage paper 56. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.

Heng L., Nguyen L., Gong D., Mei X. and Amenzou N. 2014. Separating soil evaporation and crop transpiration to improve crop water use efficiency. Geophysical Research Abstracts, 16: 1934-2014.

Perry C. 2007. Efficient irrigation; inefficient communication; flawed recommendations. Irrigation and Drainage-Wiley Inter science, 56: 367–378.

Perry C., Steduto P., Allen R.G., Burt. and C.M. 2009. Increasing productivity in irrigated agriculture: agronomic constraints and hydrological realities. Agricultural Water Management, 96: 1517–1524.

Perry C. 2011. Accounting for water use: Terminology and implications for saving water and increasing production Agricultural Water Management, 98: 1840–1846.

Perry C., Steduto P. and Karajeh F. 2017. Does improved irrigation technology save water?:A review of the evidence. Book, Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO), CAIRO, 1-57.