راهکارهای بهبود بهره‌وری از منابع آبی در بخش کشاورزی برای کاهش اثرات خشکسالی

زینب کهریزی
کارشناسی ارشد، گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران،
نویسنده مسئول: Zeinab.kahrizi@modares.ac.ir

خلاصه

امروزه چالش اساسی در نظام‌های کشاورزی، بهره‌وری بهینه از منابع درونی می‌باشد که در این راستا آب به عنوان یکی ازمهم‌ترین عوامل تولید در بخش کشاورزی، نقش کلیدی در مجموعه عوامل محدودکننده تولید دارد. کمبود منابع آبی یکی از مهم‌ترین موانع توسعه کشاورزی است. کشور ایران در منطقه خشک جهان واقع شده است و با خشکسالی‌های متعددی روبه روست. مهم‌ترین اثر مستقیم خشکسالی بر منابع آب کشور است. با توجه به اینکه بخش کشاورزی از بیشترین حجم منابع آبی استفاده می‌کند، برای جلوگیری از بروز خشکسالی و یا کاهش اثرات مخرب آن، پراهمیت‌ترین موضوع استفاده صحیح از منابع آبی می باشد. لذا به عنوان یک ضرورت می‌بایست به بهبود بهره‌وری از مصرف آب به عنوان راهکاری برای بهبود وضعیت منابع آبی، توجه خاصی شود. این مقاله از طریق مطالعه مروری تحلیلی، به بررسی خشکسالی و انواع آن همچنین ارائه‌ی راهکارهای متنوع برای بهبود بهره‌وری از منابع آبی در بخش کشاورزی، برای کاهش اثرات خشکسالی، پرداخته‌است، از قبیل این راهکارها استفاده از فناوری‌های جدید آبیاری، مدیریت بهینه منابع آبی و استفاده از گیاهان مقاوم به خشکسالی، و فعالیت‌های حفاظتی مختلفی همچون پوشش‌دار کردن کانال‌های انتقال آب از منبع تا مزرعه، انتقال آب از طریق لوله‌های مخصوص، تصحیح کردن اراضی کشاورزی، ، ایجاد استخر و حوضچه‌های آبی، جمع آوری‌های هرز آب‌ها و ذخیره آبی، مشارکت کشاورزان در برنامه‌ها و فعالیت‌های حفاظت آب و غیره است. این راهکارها می‌توانند به کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی و کاهش وابستگی به منابع آبی در زمان خشکسالی کمک کنند.

کلمات کلیدی: بهره‌وری آب، خشکسالی، منابع آبی،

مقدمه

امروزه، خشکسالی به عنوان یکی از اصلی‌ترین چالش‌های منابع آبی در سطح جهان به شمار می‌رود. این پدیده در بسیاری از مناطق جهان، به طور ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، تشکیل شده‌است. خشکسالی می‌تواند تاثیرات جدی بر روی اقتصاد، امنیت غذایی، بهداشت و سلامت، محیط زیست و جوامع محلی داشته باشد [۱].

عوامل مختلفی مانند کمبود بارندگی، افزایش جمعیت، تغییرات آب و هوایی، و تغییر کاربری زمین می‌تواند باعث خشکسالی شود. خشکسالی می‌تواند منجر به کاهش تولید محصولات کشاورزی، کاهش درآمد و بیکاری شود و در نتیجه باعث کاهش رفاه جامعه شود. همچنین، خشکسالی می‌تواند به افزایش قیمت مواد غذایی، کاهش کیفیت زندگی و تضعیف سلامتی افراد منجر شود[۲].در سال ۲۰۲۱، بیش از ۵۰ درصد از جمعیت جهان با مشکل کمبود آب مواجه بودند[۳].

براساس مطالعات انجام شده، می توان استنباط کرد که در دهه‌های اخیر روند گرمایش جهانی باعث تضعیف پرفشار سیبری و تقویت پرفشار جنب حاره شده و این حالت موجب عقب نشینی پرفشار سیبری به سمت عرض های جغرافیایی بالاتر و پیشروی بیشتر جنب حاره بر روی ایران شده است [۴]. که این خود باعث از بین رفتن عامل صعود برای رخداد بارش و در نتیجه خشکسالی می‌شود. گواه این امر افزایش دما، کاهش بارش، و به دنبال آن افزایش تبخیر و تعرق در سطح کشور است. به دنبال افزایش دما، ضخامت اتمسفر نیز افزایش یافته است [۵]. حتی تحقیقات ثابت کرده اند که در چهار سده‌ی گذشته مناطق نیمه خشک در ایران به مناطق خشک تبدیل شده اند [۶]. تحقیقات دیرینه‌ی اقلیم شناسی نشان داده است که ایران یک دوره‌ی خشکسالی سیصدساله داشته است و همچنین تغییرات اقلیمی اخیر باعث می شود که یک دوره‌ی خشکسالی شدید و طولانی مدت در پیش باشد[۷]. با توجه به اینکه، در اثر کمبود آب در اثر خشکسالی، تولید محصولات کشاورزی کاهش می‌یابد، در سال ۲۰۱۹، بیش از ۴۵ درصد از تلفات محصولات کشاورزی در ایران به دلیل خشکسالی و بی‌آبی بوده است [۸]. با توجه به این موضوع که نیاز به آب سالم برای شرب و برای تولیدات کشاورزی با توجه رشد فزاینده جمعیت بیش از گذشته شده‌است. امروزه آب، کالای گران‌بهایی محسوب می‌شود که شناسایی منابع سالم و بهره‌برداری صحیح از آن را جزء ضرورت‌های اساسی کرده است[۹]. منابع آبی در زمان خشکسالی بسیار مهم و حیاتی هستند، زیرا در بسیاری از مناطق جهان، خشکسالی باعث کاهش قابل توجهی در منابع آبی شده و در نتیجه باعث کاهش تولید محصولات کشاورزی و افزایش بارش‌های سیلابی خطرناک می‌شود[۱۰]. در یک گزارش سازمان ملل متحد در سال ۲۰۱۸، به بررسی استفاده از منابع آبی در کشاورزی پرداخته شده است. این گزارش نشان می‌دهد که کشاورزی از حدود ۷۰ درصد منابع آبی جهان استفاده می‌کند و به عنوان بزرگترین مصرف‌کننده آب در جهان شناخته می‌شود[۱۱]. در زمان خشکسالی، منابع آبی به شدت کاهش می‌یابند و برای تأمین نیازهای آبی جامعه، بخصوص در کشاورزی و دامداری، نیاز است که از منابع آبی بهینه استفاده شود. بهبود بهره‌وری در استفاده از منابع آبی در زمان خشکسالی، می‌تواند به حفظ منابع آبی، افزایش عمر مفید آن‌ها و کاهش هزینه‌های مربوط به تأمین منابع آبی کمک کند [۱۲]. به طور کلی، خشکسالی به عنوان یکی از بزرگترین چالش‌های موجود در کشاورزی، تأثیرات بسیاری بر روی تولید محصولات کشاورزی دارد که نیازمند راهکارهای مناسب و بهینه سازی منابع آبی در زمان خشکسالی می‌باشد [۱۳]. خشکسالی به عنوان یک وضعیت کمبود آب طولانی مدت، موضوعی چالش برانگیز در بحث آب است. این پدیده یکی از بلایای طبیعی پرهزینه و کم تر شناخته شده است. پایش و پیش بینی خشکسالی ها، به ویژه تعیین دقیق زمان شروع و تداوم آن و هم چنین تحلیل ریسک خشکسالی، اهمیت ویژه‌ای در بهینه‌سازی مصرف منابع آبی، تعیین الگوی کشت مناسب و برنامه‌ریزی جهت کاهش اثرات مخرب خشک‌سالی دارد [۱۴].

در این راستا، این مقاله به بررسی راهکارهای بهبود بهره‌وری از منابع آبی در بخش کشاورزی برای کاهش اثرات خشکسالی پرداخته‌است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق از نوع تحلیلی و مرور ادبیات می‌باشد. مطالعات تحلیلی و مرور ادبیاتی از منابع مختلف برای تحلیل موضوعی خاص استفاده می‌کنند تا به نتایج تحلیلی با نظر متخصصان امر و پژوهشگران حول این موضوع دست یابند. لذا برای انجام این تحقیق از مطالعه کتابخانه‌ای و کاوش اینترنتی به منظور بررسی ادبیات و سوابق مسئله و موضوع تحقیق استفاده گردید.

خشکسالی

خشکسالی به عبارتی، کمبود آب در یک منطقه در طول یک مدت زمانی مشخص است. در این شرایط، مقدار بارش به شدت کاهش یافته و منابع آبی موجود در منطقه کمتر می‌شود. خشکسالی ممکن است به دلیل تنش‌های طبیعی مانند کمبود بارش یا به دلیل فعالیت‌های انسانی مانند بی‌رویه استفاده از منابع آبی رخ دهد [۱۵]. خشکسالی نتیجه کاهش میزان بارندگی در یک دوره زمانی طولانی است که بسته به نوع اقلیم آن منطقه، ممکن است در مقیاس زمانی هفته، ماه، سال و یا چندین سال حادث گردد. خشکسالی پدیده ای اجتناب ناپذیر و ازجمله بلایایی است که باید آن را بدون امکان پیشگیری تلقی نمود، اما می‌توان این پدیده را مدیریت و ساماندهی کرد[۱۶]. تأثیرات خشکسالی بر جوامع بشری بسیار شدید و گسترده است. به طور مثال، کمبود آب می‌تواند به کاهش عملکرد محصولات کشاورزی، کاهش تولید برق از نیروگاه‌های آبی، افزایش قیمت غذا و ایجاد اختلافات بین کشورها در مورد استفاده از منابع آبی منجر شود [۱۷]. در شرایط خشکسالی، میزان بارش آب کمتر از حد معمول است و به همین دلیل میزان رطوبت خاک کاهش می‌یابد. این امر می‌تواند به کاهش عملکرد محصولات کشاورزی، افزایش هزینه‌های تولید، کاهش کیفیت محصولات و افزایش قیمت آنها منجر شود [۱۸]. در مناطق خشکسالی، کشاورزان مجبور به استفاده از منابع آبی زیرزمینی هستند که در برخی موارد می‌تواند باعث کاهش سطح آب زیرزمینی و همچنین کاهش کیفیت آن شود. همچنین، برای تامین آب برای محصولات کشاورزی، کشاورزان ممکن است به سوی استفاده از آب شور یا آب‌های با کیفیت پایین‌تر روی آورند که می‌تواند به کاهش کیفیت محصولات و تأثیرات منفی بر روی سلامت مصرف‌کنندگان منجر شود. [۱۹]. در برخی مناطق، کشاورزان برای تأمین آب برای محصولات خود به سوی ایجاد سدها و تأمین آب از منابع دورتر از منطقه خود می‌روند که ممکن است باعث تأثیرات منفی بر روی محیط زیست و حیات وحش شود. [۲۰]. همچنین، خشکسالی می‌تواند به کاهش تنوع گیاهی و جانوری منطقه و نابودی زیستگاه‌های طبیعی منجر شود. در برخی مناطق، کشاورزان مجبور به کاشت محصولاتی هستند که با شرایط خشکسالی سازگار هستند، که ممکن است به کاهش تنوع گیاهی منطقه و تأثیرات منفی بر روی کیفیت خاک و رشد گیاهان منجر شود. [۲۱]. در کل، خشکسالی می‌تواند به تأثیرات منفی بر روی کشاورزی، محیط زیست و اقتصاد منطقه منجر شود. برای مقابله با این تأثیرات، نیاز به استفاده از روش‌های کشاورزی پایدار و مدیریت منابع آبی اصولی داریم [۲۲].

انواع خشکسالی

خشکسالی پدیده‌ای طبیعی است که به علت برهم‌کنش عوامل مختلف هواشناسی، دارای فرآیند پیچیده‌ای بوده و در همه شرایط اقلیمی و در تمام مناطق کره زمین به وقوع می‌پیوندد. خشکسالی در چهار حالت خشکسالی هواشناسی، خشکسالی آبشناسی، خشکسالی کشاورزی و خشکسالی اقتصادی - اجتماعی قابل تصور است. خشکسالی هواشناسی ناشی از کمبود بارندگی است که در نهایت می‌تواند منجر به خشکسالی آبشناسی و کشاورزی گردد. انواع خشکسالی به‌صورت ذیل است:

- خشکسالی هواشناسی: بر اساس کمبود در بارش رخ میدهد و از مهم‌ترین انواع خشکسالی‌ها می‌باشد که بررسی، پیشبینی و برآورد احتمال وقوع آن به عنوان سرآغاز پدیده خشکسالی میتواند تا حد بسیار زیادی از خسارات این رخداد طبیعی بکاهد و در مدیریت بحران کمک فراوانی به مسئولین امر داشته باشد.
- خشکسالی هیدرولوژیکی: بر اساس کمبود در جریان رودخانه بوجود می‌آید.
- خشکسالی کشاورزی: بر اساس کمبود در رطوبت خاک تعریف میشود.
- خشکسالی اقتصادی-اجتماعی: هنگامی بروز می‌یابد که میزان تقاضای یک کالای اقتصادی بیشتر از عرضه آن باشد که این عدم تعادل (میان عرضه و تقاضا) می‌تواند ناشی از کمبود منابع آب در ارتباط با وضع هوا باشد. در این نوع خشکسالی تنها مقدار منابع آب مورد توجه قرار نمی‌گیرد، بلکه تقاضا برای آب نیز مدنظر قرار خواهدگرفت [۲۳].

آب

آب، مایه‌ی حیات و عنصر سازنده‌ی طبیعت است. آب یک منبع کمیاب و گران‌بها در جهان و به ویژه در منطقه خاورمیانه به‌شمار می‌آید. بیش از ۳۷ درصد سطح زمین را آب پوشانده است. ۳۳ درصد از مجموع آب‌های جهان، محصور در اقیانوس‌ها بوده و شور و غیر قابل استفاده است. از سه درصد باقی مانده، ۱۳ درصد در قالب توده‌های یخ، در درون خاک و در لایه‌های اعماق زمین قرار دارند. تنها ۱۳ درصد، (چهار درصد از مجموع آب‌های جهان) قابل استفاده است و از این مقدار، کمتر از یک درصد در منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا قرار دارند. خشک و لم‌یزرع بودن سه چهارم زمین‌های منطقه، آن را به خشک‌ترین منطقه جهان تبدیل نموده است و دائما" از خشکسالی متناوب، توزیع نامتوازن آب، شکاف عمیق میان عرضه و تقاضا، کاهش شدید کیفیت، افزایش مصرف آب در کشاورزی، قیمت‌های یارانه‌ای و ارائه‌ی خدمات نامناسب و ناکافی توسط سازمان‌های ملی رنج می‌برد ، همچنین استفاده بی‌رویه و ناپایدار از منابع آب، تغییرات اقلیمی، آلودگی آب و کمبود منابع آب، مهم‌ترین چالش‌های مربوط به آب در جهان هستند [۲۴].

منابع آبی

منابع آبی به همه منابع طبیعی آب اطلاق می‌شود که از آن‌ها می‌توان آب را جمع‌آوری کرد، استفاده کرد و به مصرف کاربران نهایی رساند. این منابع شامل رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، سدها، آب شیرین زیرزمینی و آب شور زیرزمینی هستند. همچنین، برخی منابع آبی شامل باران، برف و یخ‌های آب شده در مناطق قطبی نیز محسوب می‌شوند [۲۵].

در شرایط خشکسالی، منابع آبی مانند رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و آب زیرزمینی کاهش می‌یابند و این موجب کاهش دسترسی به آب برای کشاورزان می‌شود. همچنین، تأمین آب برای کشاورزی کاهش می‌یابد و این موجب کاهش عملکرد محصولات کشاورزی و افزایش قیمت آن‌ها می‌شود[۲۶].

تأمین آب پاک با صرف انرژی حداقل از اهمیت ویژه ای برخوردار است. با توجه به محدودیت منابع آب شیرین بهداشتی و هزینه‌های بالای تأمین و بهره‌برداری از منابع موجود، استفاده از انرژی رایگان خورشیدی در استحصال آب پاک از آب شور در مناطق مستعد، توجه بسیاری را به خود جلب کرده است. با توجه به بحران کم آبی، مشکلات استفاده از سوخت‌های فسیلی و پتانسیل موجود در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر، استفاده از سیاست‌های یکپارچه مدیریتی در مدیریت منابع جهت بهره‌وری و افزایش همزمان کارایی این دو منبع حیاتی، بیش از پیش ضروری می نماید [۲۷].

بهره وری

بهره‌وری به معنای رسیدن به بهترین نتیجه با هزینه کمتر است. در واقع، بهره‌وری به معنای استفاده بهینه از منابع، افزایش بهره‌وری و کاهش هدررفت منابع است. این مفهوم در حوزه‌های مختلف اعم از کشاورزی، صنعت، انرژی و غیره، به کار می‌رود [۲۸].

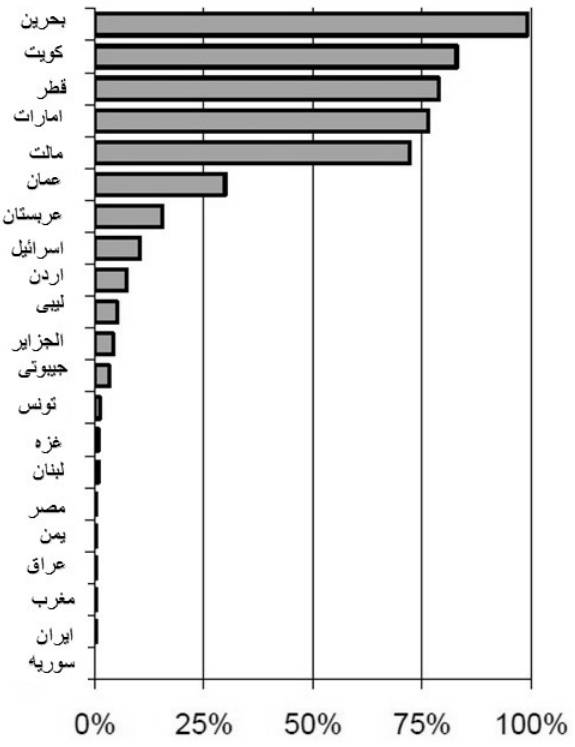
مفهوم بهره‌وری در کشاورزی به استفاده بهینه از منابع آبی، خاک، نهاده‌های کشاورزی و سایر منابع مرتبط با کشاورزی اشاره دارد. بهره‌وری در کشاورزی باعث کاهش مصرف آب، کاهش هزینه‌های مرتبط با کشاورزی و حفظ منابع طبیعی می‌شود [۲۹]. بهره‌وری مصرف آب یکی از شاخص‌های مصرف بهینه‌ی آب آبیاری است. مطابق با تعریف کلی، بهره‌وری آب نسبتی است که در مخرج کسر آن آب کاربردی (آب آبیاری، بارش) و در صورت آن موارد متنابهی از مفاهیم کمی قرار می‌گیرد. این موارد مشتمل بر عملکرد محصول، میزان درآمد (سود) خالص می‌شود [۳۰].

بهینه‌سازی مصرف آب

بهینه سازی مصرف آب به مجموعه روش‌ها و فعالیت‌هایی گفته می‌شود که با هدف افزایش بهره‌وری و حفظ منابع آب، میزان مصرف آب را کاهش و یا با افزایش بهره‌وری آب، تولید بیشتری را از همان حجم آب در دسترس بدست آورند. این بهینه سازی شامل مجموعه روش‌هایی می‌شود که به طور موثرتر و صحیح‌تر از آب استفاده می‌کنند و باعث بهبود کارایی و کاهش هدررفت آب می‌شود [۳۱]. منابع آبی در بسیاری از مناطق جهان تنگنا و کمبود دارند و به دلیل رشد جمعیت و توسعه صنعت و کشاورزی، این نیاز به آب به طور مداوم در حال افزایش است. لذا، بهینه سازی مصرف آب به عنوان یک راهکار اساسی برای مدیریت بهتر منابع آبی در جهان شناخته شده است[۳۲].

راهکارهای بهبود بهره‌وری از منابع آبی

در زمان خشکسالی، بهینه سازی مصرف آب در کشاورزی می‌تواند به حفظ منابع آبی و کاهش هزینه‌های مرتبط با آبیاری کمک کند. روش‌های مختلفی برای بهینه سازی مصرف آب در کشاورزی در زمان خشکسالی وجود دارد که عبارتند از استفاده از روش‌های آبیاری نوین مانند روش‌های آبیاری تحت فشار قطره‌ای و بارانی، آبیاری مکانیزه و آبیاری زیرسطحی به دلیل صرفه‌جویی در مصرف آب و کاهش تبخیر آب مناسب برای استفاده در زمان خشکسالی هستند [۳۳]. همچنین مدیریت دقیق مصرف آب، استفاده از سیستم‌های دقیق آبیاری و کنترل مصرف آب به وسیله سیستم‌های هوشمند و حسگرهای جدید، می‌تواند به بهبود بهره‌وری آب و کاهش مصرف آب در کشاورزی در زمان خشکسالی کمک کند [۳۴]. استفاده از تکنولوژی‌های جدید مانند سیستم‌های هوشمند آبیاری و کشت بدون خاک، می‌تواند به کاهش مصرف آب در کشاورزی در زمان خشکسالی کمک کند [۳۵]. مدیریت منابع آبی، شامل استفاده بهینه از سیستم‌های ذخیره آبی و مدیریت منابع آب زیرزمینی و سطحی، می‌تواند به کاهش مصرف آب در کشاورزی کمک کند [۳۶]. آموزش بهره‌وری آب به کشاورزان و مدیران کشاورزی می‌تواند به بهبود مدیریت منابع آبی و بهره‌وری آب در کشاورزی در زمان خشکسالی کمک کند [۳۷]. همچنین، کشاورزان می‌توانند به توسعه محصولاتی که به خشکی مقاوم هستند توجه کنند. برای مثال، محصولاتی که نیاز کمتری به آب دارند و یا محصولات چند منظوره با بازدهی بالا، مانند گندم، جو، یونجه [۳۸].
ازجمله تمهیدات کاهش و سازگاری با تغییر اقلیم و خشکسالی تصفیه آب دریا یا آب زیرزمینی با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر است که در سال‌های اخیر سرمایه‌گذاری‌های فراوانی در این زمینه صورت گرفته‌است. با وجود اینکه بیش از سه چهارم حجم آب شیرین سازی شده جهان در خاورمیانه تولید می‌شود، سهم کشور ما از این مقدار ناچیز است(نمودار۱)



نمودار ۱. سهم نیاز آبی ملی تأمین نشده با نمک زدایی برای کشورهای خاورمیانه

[1]

با توجه به بحران کم آبی، مشکلات استفاده از سوخت های فسیلی و پتانسیل موجود در زمینه انرژی های تجدیدپذیر، استفاده از سیاست های یکپارچه مدیریتی در مدیریت منابع جهت بهینه سازی و افزایش همزمان کارایی این دو منبع حیاتی، بیش از پیش ضروری می نماید. واقع شدن در ناحیه خاورمیانه، رقابت برای دستیابی به انرژی پاک جهت تأمین آب سالم و کاهش وابستگی به سوخت های زوال پذیر را دوچندان کرده است [۳۹]. به‌طور کلی وضعیت منابع آب و کمبود آب باعث شده است که محققان و دست‌اندرکاران مختلف به ارائه راهبردهای اقتصادی، قانونگذاری، دانش افزایی، مدیریت مشارکتی، مدیریت به زراعی، مدیریت مصرف فناورانه و اخلاق مدار برای حفاظت و بهره برداری پایدار از منابع آب در بخش کشاورزی بپردازند و فعالیت‌های حفاظتی مختلفی همچون به کارگیری فناوری‌های مدرن آبیاری، پوشش دار کردن کانال‌های انتقال آب از منبع تا مزرعه، انتقال آب از طریق لوله‌های مخصوص، تصحیح کردن اراضی کشاورزی، ، ایجاد استخر و حوضچه‌های آبی، جمع آوری‌های هرز آب‌ها و ذخیره آبی، مشارکت کشاورزان در برنامه‌ها و فعالیت‌های حفاظت آب و غیره همگی نمونه‌هایی از رفتارهای حفاظتی آب در بین کشاورزان هستند که در صورت نشر و گسترش آنها می‌توان با افزایش راندمان انتقال آب و راندمان مصرف آب در مزرعه، زمینه مدیریت و بهره‌برداری بهینه طرح آب را در سطح مزارع کشاورزی فراهم آورد اما شرط اثربخشی تمامی این راهکارها ایجاد تمایل حس مسئولیت در بهره برداران آب در بخش کشاورزی است. از این رو ترغیب و سوق دادن کشاورزان به سوی این گونه رفتارها مورد توجه محققان قرار گرفته است [۴۰].

[1] Source: Fichtner, 2011

نتایج و بحث

خشکسالی به عنوان یکی از مشکلات اساسی مناطق خشک و نیمه خشک جهان، باعث کاهش تولید و بهبود بهره‌وری منابع آبی در بخش کشاورزی شده است. به دلیل اینکه بخش کشاورزی از بیشترین حجم منابع آبی استفاده می کند، بهره‌وری این بخش از منابع آبی در زمان خشکسالی اهمیت بسیاری پیدا می کند. در این مقاله، به بررسی راهکارهایی که می تواند بهبود بهره‌وری منابع آبی در بخش کشاورزی در زمان خشکسالی را به همراه داشته باشد و همچنین شناخت خشکسالی و انواع آن پرداخته شده است. بخش کشاورزی به دلیل نیاز به آب برای رشد و تکثیر گیاهان، بیشترین حجم منابع آبی را مصرف می کند. در زمان خشکسالی، کاهش دسترسی به منابع آبی به شدت تأثیر می گذارد و می تواند باعث کاهش تولید محصولات و کاهش بهره‌وری در بخش کشاورزی شود. از جمله راهکارهایی که می تواند بهبود بهره‌وری منابع آبی در بخش کشاورزی در زمان خشکسالی را به همراه داشته باشد، استفاده از فناوری های جدید است. برای مثال، استفاده از فناوری های نوین آبیاری مانند آبیاری به وسیله قطرات، آبیاری تحت فشار و آبیاری بارانی، می تواند باعث کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی شود. همچنین، مدیریت بهینه منابع آبی، شامل بهبود کارایی سیستم های آبیاری، کاهش تراکم کشت، اجرای برنامه های زمان‌بندی شده برای آبیاری و استفاده از سامانه های هوشمند مدیریت منابع آبی، می تواند بهبود بهره‌وری منابع آبی در بخش کشاورزی در زمان خشکسالی را به همراه داشته باشد. همچنین، استفاده از گیاهان مقاوم به خشکسالی، مانند گندم، جو و یونجه، می تواند بهبود بهره‌وری منابع آبی در بخش کشاورزی در زمان خشکسالی را به همراه داشته باشد.بهبود بهره‌وری منابع آبی در بخش کشاورزی در زمان خشکسالی، اهمیت بسیاری دارد. استفاده از فناوری های جدید، مدیریت بهینه منابع آبی و استفاده از گیاهان مقاوم به خشکسالی، از جمله راهکارهایی هستند که می تواند بهبود بهره‌وری منابع آبی در بخش کشاورزی در زمان خشکسالی را به همراه داشته باشد. این راهکارها می تواند به کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی و کاهش وابستگی به منابع آبی در زمان خشکسالی کمک کند.

منابع

1. Dai, A. (2013). Increasing drought under global warming in observations and models. Nature climate change, 3(1), 52-58.
2. Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/
3. United Nations. (2021). World Water Development Report 2021. https://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2021/

۴. علیپور، ی. حجازی زاده، ز. اکبری، م. و سلیقه، م. (۱۳۹۷). بررسی تغییرات پُرفشار جنب حاره تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نوار ایران با رویکرد تغییر اقلیم، مجلهٔ مخاطرات طبیعی محیط زیست. ۷(۱۸): ۱-۱۶ doi: 10.22111 / jneh.2017.3206

۵. اکبری، م. ناصرزاده، م. و صیاد، و (۱۳۹۸). بررسی روند تغییرات ارتفاع ژئوپتانسیلی اتمسفر و دمای شهر تهران در شرایط تغییراقلیم، همایش بین المللی تغییر اقلیم، پیامدها، سازگاری و تعدیل.

6. Gholami, V.; Jolandan, M. A. and Torkaman, J. (2017). Evaluation of climate change in northern Iran during the last four centuries by using dendroclimatology. Natural Hazards, 85(3): 1835-1850.

۷. شیخ بیکلو اسلام، ب. (۱۳۹۷). تأثیرات تغییر اقلیم و خشکسالی بر جوامع انسانی ایران از نوسنگی تاکنون، سیزدهمین کنگره‌ی انجمن جغرافیایی ایران، تهران، https://civilica.com/doc/860430

8. Islamic Republic News Agency. (2019). Iran's agricultural sector hit by drought. https://en.irna.ir/news/83509613/Iran-s-agricultural-sector-hit-by-drought

9. Burrow P.; The global water crisis; Davis Model United Nations Conference 2005, http://www.darismum.com.

10. UN-Water. (2020). The United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change. Retrieved from https://www.unwater.org/publication_categories/world-water-development-report/

11. United Nations (2018). Sustainable Development Goal 6 Synthesis Report on Water and Sanitation. Retrieved from https://www.unwater.org/app/uploads/2019/06/SDG-6-Synthesis-Report-2018-on-Water-and-Sanitation.pdf

12. Karimi, A., Ghasemi, S. S., & Afshar, H. K. (2019). Management of water resources during drought periods. Journal of Water and Land Development, 42(1), 17-26.

13. Singh, R. K., & Reddy, V. R. (2015). Resource use efficiency in agriculture: an overview. Resource use efficiency in agriculture, 1-18

14. Smakhtin, V.U., and Hughes, D.A. 2004. Review, Automated estimation and analyses of drought indices in south Asia. Working Paper 83. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute. 32p

15. Mo, K. C., & Lettenmaier, D. P. (2015). Hydrologic sensitivities of Colorado River runoff to changes in precipitation and temperature. Journal of Hydrometeorology, 16(5), 2043-2054.

۱۶. خانی تملیه، ذ. رضایی، ح. میرعباسی نجف آبادی، ر. (۱۳۹۹). تحلیل دومتغیره ریسک خشکسالی در غرب و شمال غرب ایران با استفاده از الگوریتم PSO و توابع مفصل. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۷(۳)، ۱۲۵-۱۴۴.

17. Shi, P., & Wang, G. (2018). National drought management policy in China: A review. Land Use Policy, 70, 623-632.

۱۸. علوی‌نیا، س. ساداتی نژاد، س و عبداللهی، خ. (۱۳۹۰)، "ارایه مدلی برای پیشبینی خشکسالی هیدرولوژیکی در حوضه کارون یک پژوهش های فرسایش محیطی"، پژوهش‌های فرسایش محیطی. ۱.

19. FAO, 2021: The impact of droughts and floods on food security and livelihoods. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

20. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2021: Drought. https://www.noaa.gov/education/resource-collections/weather-atmosphere/drought

21. United Nations, 2019: Drought in the Drylands: The Invisible Crisis. https://www.un.org/en/events/desertificationday/pdf/drought-invisible-crisis.pdf

22. United Nations, 2021: Drought. https://www.un.org/en/observances/drought-day

۲۳. ستاری، م. میرعباسی‌نجف‌آبادی، ر. علیمحمدی، م. (۱۳۹۵). کاربرد مدل درختی M5 در پیش‌بینی خشکسالی (مطالعه‌ی موردی: مراغه، ایران) .هیدروژئومورفولوژی.92-73 ,(8)3

۲۴. نهازی، غ. (۱۳۸۰). عوامل ایجاد و تشدید بحران کم‌آبی در منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا. مطالعات خاورمیانه، ۱(۱)، ۱۳۱-۱۴۳.

25. United Nations. (2021). Water and Sanitation. https://www.un.org/en/sections/issues-depth/water-and-sanitation/index.html

26. IPCC. (2014). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

۲۷. احتشامی، م. قدیمی، ح. قدیمی، آ. (۱۳۹۴). راهبرد مدیریت یکپارچه آب و انرژی در تأمین امنیت آبی در شرایط خشکسالی .*راهبرد اجتماعی فرهنگی* ۱۵(۴)، ۳۹-۶۴.

۲۸. حسینی، م.، و کوچکی، ع. (۱۳۹۳). بهره‌وری مصرف آب در کشاورزی با رویکرد توسعه پایدار. فصلنامه تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۲۶(۴)، ۲۳-۳۴.

۲۹. میرعباسی نجف‌آبادی، ر.، و احمدی، س. ج. (۱۳۹۶). آموزش بهره‌وری آب در کشاورزی با رویکرد توسعه پایدار. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

۳۰. عباسی،ف. عباسی، ن، توکلی، ع. (۱۳۹۶). بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ چالش ها و چشم اندازها .آب و توسعه پایدار.4(1), 141-144 ,

31. Tian, H., Lu, C., Pan, S., Yang, J., Miao, R., Ren, W., ... & Reilly, J. (2018). Optimizing resource use efficiencies in the food–energy–water nexus for sustainable agriculture: From conceptual model to decision support system. Current Opinion in Environmental Sustainability, 33, 104-113.

32. González Perea, R., Camacho Poyato, E., Montesinos, P., & Rodríguez Díaz, J. A. (2016). Optimization of irrigation scheduling using soil water balance and genetic algorithms. Water resources management, 30, 2815-2830.

33. Evans, R. G., & Sadler, E. J. (2008). Methods and technologies to improve efficiency of water use. Water resources research, 44(7).

34. Playán, E., & Mateos, L. (2006). Modernization and optimization of irrigation systems to increase water productivity. *Agricultural water management*, *80*(1-3), 100-116.

35. De Pascale, S., Dalla Costa, L., Vallone, S., Barbieri, G., & Maggio, A. (2011). Increasing water use efficiency in vegetable crop production: from plant to irrigation systems efficiency. HortTechnology, 21(3), 301-308.

36. Loucks, D. P. (2000). Sustainable water resources management. Water international, 25(1), 3-10.

37. Middlestadt, S., Grieser, M., Hernandez, O., Tubaishat, K., Sanchack, J., Southwell, B., & Schwartz, R. (2001). Turning minds on and faucets off: Water conservation education in Jordanian schools. The Journal of Environmental Education, 32(2), 37-45.

38. Smit, B., & Skinner, M. W. (2002). Adaptation options in agriculture to climate change: a typology. Mitigation and adaptation strategies for global change, 7(1), 85-114.

39. Gorjian, sh and Ghobadian, B. (2015). «Solar Desalination: A Sustainable Solution to Water Crisis in Iran," Renewable and Sustainable Energy Reviews, 48: 571-584 .

۴۰. منتی زاده، م.، و زمانی، غ. (۱۳۹۷). واکاوی علی رفتارهای حفاظت از آب کشاورزان, مطالعه موردی: شهرستان خرم آباد. تحقیقات منابع آب ایران, ۱۴(۳), ۱۰۳-۱۱۷