نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۶، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۸، ص. ۲۰-۱۱

Water Management in Agriculture
Vol. 6, No. 2, Autumn and Winter 2019, 11-20

استفاده از آب‌های شور برای تولید پایدار گندم

علیرضا کیانی[1*] و نورمحمد آبیار[2]

چکیده

افزایش تولید محصولات کشاورزی و درآمد زارعین از اهداف مهم سیاست‌گذاران بخش کشاورزی می‌باشد. اما محدودیت و بحران منابع آب این بخش را با چالش‌های جدی مواجه نموده و به‌تبع مدیریت منابع آب بخش کشاورزی را به چاره‌جویی و استفاده از منابع آب جایگزین به‌ویژه آب‌های شور، برای تداوم فعالیت‌های کشاورزی واداشته است، چرا که با علم موجود، تغییر شرایط اقلیمی با هدف بهبود شرایط کم‌آبی تقریباً غیرممکن است؛ اما با تغییر نگرش مدیریتی در نحوه استفاده از منابع آبی موجود و با کاربرد منطقی آب‌شور به‌عنوان یک منبع آب آبیاری، ضمن افزایش تولیدات کشاورزی می‌توان از رقابت موجود برای آب غیر شور کاست. در این مقاله با استناد به شواهد تجربی و یافته‌های علمی داخلی و خارجی، امکان‌پذیری کاربرد منابع آب‌شور در فعالیت‌های کشاورزی موردبحث و بررسی قرارگرفته است. نتایج حاکی است مصرف آب‌های شور زهکش‌ها که ازنظر معیارهای کیفی جزء آب‌های غیرقابل‌مصرف در کشاورزی محسوب می‌شوند، می‌توانند تأثیر مثبت و تعیین‌کننده‌ای در افزایش تولید و درآمد برخی محصولات کشاورزی مانند گندم، پنبه، گیاهان علوفه‌ای و ... داشته باشند، ضمن اینکه می‌توانند زمینه‌های صرفه‌جویی در مصرف منابع آب شیرین و توسعه سطح کشت را فراهم نمایند. برای مثال آبیاری گندم با آب‌شور زهکش (۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) در استان گلستان، عملکرد محصول را حدود ۱۰ درصد کاهش می‌دهد. همچنین ترکیب آب‌شور زهکش با شوری ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر با آب غیر شور (۱ دسی‌زیمنس بر متر) به نسبت ۵۰ درصد، اگرچه عملکرد گندم را از ۴۰۰۰ کیلوگرم به حدود ۳۶۰۰ کیلوگرم در هکتار کاهش می‌دهد اما با صرفه‌جویی ۵۰ درصدی منابع آب شیرین فرصت جدیدی برای حفظ پایداری منابع آبی و یا توسعه سطح کشت و افزایش تولید ایجاد می‌شود. در پایان مقاله چالش‌های اصلی کاربرد منابع آب‌شور بیان و پیشنهادهایی برای سیاست‌گذاری و کاربرد پایدار این منابع در بخش کشاورزی ارائه‌شده است.

واژه‌های کلیدی: آب‌شور، آبیاری، گندم

مقدمه

افزایش تولید محصولات کشاورزی و درآمد زارعین از اهداف مهم سیاست‌گذاران کشاورزی می‌باشد. امروزه ضرورت تأمین مواد غذایی از یک‌سو و کمبود منابع آبی از سوی دیگر بخش کشاورزی را با چالش‌های جدی مواجه نموده است. سه چالش اولویت‌دار جهانی شامل تغییر اقلیم، کاهش منابع آبی و بیابان‌زایی آبستن حوادث متعددی ازجمله خشک‌سالی، فقر، گرسنگی، ناهنجاری‌های اجتماعی و وابستگی‌های سیاسی شده است. بخش کشاورزی به‌عنوان تأمین‌کننده غذای جوامع بشری نقش کلیدی در کاهش چالش‌های اشاره‌شده دارد. این بخش در کشورهای فقیر برای کاهش فقر و گرسنگی باید به‌اندازه کافی غذا تولید کند و در کشورهای پیشرفته افزون بر تولید غذا باید به غذای باکیفیت نیز بیندیشد و در همه موارد به مسائل زیست‌محیطی برای حفظ پایداری تولید توجه ویژه نماید.

آب‌وخاک مناسب، مهم‌ترین عوامل تولید در بخش کشاورزی محسوب می‌شوند. در کشور ما که آب به‌اندازه زمین‌های زراعی وجود ندارد، برای افزایش تولید و بهره‌وری آب، استفاده از آب‌های شور در کشاورزی یک نیاز ضروری است. با علم موجود، تغییر شرایط اقلیمی باهدف بهبود شرایط کم‌آبی تقریباً غیرممکن است؛ اما با تغییر نگرش در نحوه استفاده از منابع آبی موجود می‌توان تمهیداتی اندیشید تا به استفاده کاراتر از این منبع مهم حیاتی منجر گردد.

[1] استاد بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران (*نویسنده مسئول: akiani71@yahoo.com)
[2] استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
تاریخ دریافت: ۹۸/۰۴/۰۷
تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۰/۱۰

به لحاظ محدودیت شدید منابع آب غیر شور و به دنبال آن شور برای تداوم فعالیت‌های کشاورزی گریزناپذیر خواهد بود. در ایران منابع زیاد آب‌شور با سطوح مختلف شوری وجود دارد. حدود ۳ درصد از منابع آب دنیا شیرین هستند و همین آب‌ها در چرخه تولید کشاورزی و شرب قرار دارند و بازچرخانی می‌شوند و برای بقیه منابع آبی برنامه‌های خیلی کمی برای تولید در بخش کشاورزی و شرب و حتی صنعت وجود دارد. مصرف پایدار این منابع برای مقاصد کشاورزی، نیازمند راهکارها و روش‌های مدیریتی مبتنی بر پژوهش‌های کاربردی است. با کاربرد منطقی آب‌شور به‌عنوان یک منبع آب آبیاری، ضمن افزایش تولیدات کشاورزی می‌توان از رقابت موجود برای آب غیر شور کاست (کیانی، ۱۳۹۴).

بررسی‌ها نشان داده است مقدار تولیدات کشاورزی و درآمد ناشی از آن به‌طور قابل‌توجه‌ای تحت تأثیر تغییرات کمی و کیفی آب آبیاری قرار دارند. مصرف آب‌های شور زهکش‌ها که ازنظر معیارهای کیفی جزء آب‌های غیرقابل‌مصرف در کشاورزی محسوب می¬شوند، تأثیر مثبت و تعیین‌کننده‌ای در افزایش تولید دارد. بنابراین با کاربرد این نوع آب‌ها می‌توان از فشار به منابع آب باکیفیت کاست و با جایگزینی بخشی از آب موردنیاز گیاه با آب‌شور، فرصت جدیدی برای افزایش تولید و درآمد ایجاد نمود. برای حل بحران کم‌آبی ممکن است راه‌کارهای گوناگونی بسته به نگرش‌های مختلف پیشنهاد گردد. در این راستا استفاده از آب‌های شور (آب‌شور زهکش‌ها، فاضلاب‌های تصفیه‌شده صنعتی و خانگی و آب دریا) به‌عنوان یکی از گزینه‌های راهبردی مؤثر، می‌تواند در کاهش اثر خسارت‌بار کم‌آبی نقش کلیدی ایفا کند.

تعریف معیار کیفی آب مورداستفاده

در بین انواع گروه‌بندی‌های کیفی آب، شاخصی که بر مبنای ترکیبات مختلفی از هدایت الکتریکی آب و نسبت جذبی سدیم تعریف می‌شود، در موضوعات کشاورزی بیشترین پذیرش را دارد؛ اما این نوع طبقه‌بندی خیلی کلی بوده و اغلب در پی یافتن این پاسخ هست که چه نوع آبی ازنظر کیفیت مطلوب می‌باشد؟ ممکن است برای مناطقی از دنیا که در آن‌ها کم‌آبی به‌صورت یک مسئله جدی مطرح نیست، کاربرد داشته باشد. در کشور ما نبود و کمبود آب یک مسئله جدی در بخش کشاورزی است، بنابراین در تعریف شاخص‌های کیفی آب نه‌تنها به خوب یا بد بودن آب‌ها برای مصارف کشاورزی بلکه مهم‌تر از آن باید به نحوه و چگونگی استفاده از آب‌های نامتعارف تأکید داشت.

دلایل متعددی وجود دارد که نشان می‌دهد آب‌های با شوری زیاد نتوانسته‌اند زمین‌ها را از کاربری زراعی خارج کنند. از آن جمله کاهش کیفیت آب‌وخاک زراعی، استفاده از منابع آب جایگزین آب می‌توان به مقدار زیادی کلسیم در آب آبیاری، اقلیم (درجه حرارت و بارندگی و توزیع آن)، واکنش متفاوت گیاهان به شوری، روش آبیاری، نوع خاک و نوع املاح موجود در آب آبیاری یا خاک اشاره نمود (کیانی، ۱۳۹۳). اقلیم نقش مؤثری در نوع طبقه‌بندی کیفی آب دارد. ممکن است در منطقه‌ای که دارای رژیم بارندگی مناسبی است، نسبت به منطقه‌ای که مقدار بارندگی آن کم است، گیاه توانایی تحمل شوری بالاتری را داشته باشد. به‌عبارت‌دیگر ممکن است یک نوع آب با درجه مشخص از شوری و سایر شرایط یکسان در یک منطقه با بارندگی مناسب، غیر شور و در منطقه دیگر با بارندگی نامناسب شور طبقه‌بندی شود. روش آبیاری و مدیریت آبیاری و زهکشی نیز نقش مؤثری در طبقه‌بندی کیفی آب دارد. برای مثال در روش کرتی یا نواری شستشوی املاح به خارج از محیط ریشه بهتر از روش جویچه‌ای که موجب تجمع نمک در پشته‌ها می‌شود، عمل می‌کند. یا روش آبیاری بارانی به دلیل جذب املاح از راه برگ‌ها، حساسیت بیشتری نسبت به روش آبیاری سطحی هنگام کاربرد آب‌شور از خود نشان می‌دهد (کیانی، ۱۳۸۳).

نوع خاک نیز یک شاخص مهم طبقه‌بندی کیفی آب‌ها محسوب می‌شود. استفاده از آب‌شور در خاک‌های سنگین نسبت به خاک‌های سبک به دلیل نبود زهکشی و تهویه مناسب، تولید محصول را به مخاطره می‌اندازد. با مصرف بلندمدت آب‌شور در این خاک‌ها که دارای SAR زیاد می‌باشند، لطمات جبران‌ناپذیری به گیاه و ساختمان خاک وارد می‌شود. درنتیجه در خاک‌های سنگین باید معیار طبقه‌بندی کیفی آب با دقت بیشتر از خاک‌های سبک انتخاب شود. نوع یون نیز یکی از شاخص‌های مهم کیفی آب می‌باشد. کاتیون‌های غالب در آب آبیاری به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه-خشک شامل، کلسیم، سدیم و پتاسیم می‌تواند به مصرف گیاه برسد. ولی یون سدیم قابلیت صدمه زدن به خاک و گیاه را دارد. از آنیون‌ها نیز سولفات و نیترات به مصرف گیاه می‌رسند. ولی کلر ممکن است برای گیاه ایجاد مسمومیت نماید؛ بنابراین ملاحظه می‌گردد که استفاده از معیارهایی چون SAR و EC برای طبقه‌بندی کیفی آب، ممکن است معیارهای مناسبی نباشد و در کشور نیاز است تا طبقه‌بندی کیفی آب بر اساس شاخص‌های اشاره‌شده موردبررسی و بازنگری قرار گیرد.

پیامدهای کاربرد آب‌شور

به‌طور طبیعی استفاده از آب‌های شور برای تولیدات کشاورزی آثار و پیامدهایی دارد. اولین گام در حفظ پایداری کشاورزی شناخت

چگونگی آثار کاربرد این نوع آب‌ها در چرخه تولید است. بر پایه آن شناخت است که می‌توان با اعمال راهکارهای مدیریتی موجب تعدیل آثار زیان‌بار ناشی از کاربرد آب‌های شور در همه پدیده‌های مرتبط با تولید پایدار شد؛ زیرا این اثرات می‌توانند پیامدهای گسترده-ای برای نسل‌های کنونی و آینده داشته و درنتیجه پایداری کشاورزی فاریاب را در همه زمینه‌ها تحت‌الشعاع قرار دهند.

به‌طورکلی اثرات شوری روی سه عامل خاک، گیاه و محیط‌زیست قابل‌بررسی است. شاخص‌هایی نظیر هدایت هیدرولیکی، نفوذپذیری و تورم و پراکندگی رس در خاک‌ها تحت تأثیر مسائل شوری آب‌وخاک قرار می‌گیرند. دو عامل افزایش غلظت کل املاح در خاک و کاهش نسبت جذبی سدیم باعث می‌شود تا سرعت نفوذپذیری آب در خاک و هدایت هیدرولیکی خاک افزایش یابد. در خاک‌های سدیمی، آبشویی حتی با آب غیر شور اثر مثبت در جهت تعدیل اثر زیان‌بار سدیمی بودن خاک ندارد. ولی اضافه کردن گچ به این نوع خاک‌ها همراه با شستشوی آن‌ها باعث افزایش نفوذ آب در خاک می‌گردد. سدیم زیاد باعث پخشیده شدن ذرات خاک شده و نفوذ آب به داخل خاک را کاهش می‌دهد. سدیم زیاد در خاک افزون بر کاهش نفوذپذیری، با اشباع موقت سطح خاک، مکان مناسب برای گسترش آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، فرسایش خاک، کاهش اکسیژن و کاهش مواد غذایی قابل‌دسترس می‌شود.

اثرات اسمزی، سمیت یون و نبود تعادل تغذیه‌ای سه عامل اثرگذار شوری روی گیاه است (همایی، ۱۳۸۱). اثرات اسمزی، سمیت یون‌هایی مانند کلر، سدیم و بُر و به هم خوردن تعادل تغذیه‌ای در درون خاک در جذب آب و مواد غذایی توسط گیاه اختلال ایجاد نموده که درنهایت منجر به کاهش رشد گیاه می‌شود. اثرات شوری بر روی رشد و نمو گیاه در شرایط مختلف یکسان نبوده، بلکه تحت تأثیر عواملی مانند، نوع خاک، زهکشی، تعداد و زمان آبیاری، روش آبیاری، نوع، مرحله رشد و گونه و نوع گیاه و اقلیم متفاوت خواهد بود. استفاده طولانی‌مدت از آب‌شور درصورتی‌که مسائل مدیریتی در نظر گرفته نشود، منجر به کاهش حاصلخیزی خاک، تخریب اکوسیستم‌ها و به مخاطره افتادن سلامت عمومی به دلیل آلودگی آب و مانداییی شدن می‌گردد.

تجربیات کاربرد آب‌شور

در سال‌های اخیر، از آب‌شور به‌عنوان آبیاری تکمیلی در مناطقی که با کمبود آب مواجه هستند، به‌طور گسترده استفاده می‌شود (Feng et al., 2019). هم‌اکنون چه در مجامع کشاورزان و چه در منابع علمی و تحقیقاتی تجارب بسیار زیادی از کاربرد آب‌شور در کشاورزی وجود دارد. تجربیات بشری در مواجه با مسائل شوری منابع آب‌وخاک دستاوردهایی ارزشمند را ایجاد کرده است. اقداماتی مانند زهکشی سطحی و زیرزمینی اراضی، اختلاط منابع آب شیرین و شور، کاربرد متناوب آب‌شور- شیرین، روش‌های آبیاری و بسترسازی کاشت برای کاهش تجمعی نمک در نیمرخ خاک، استفاده از گیاهان باتحمل مختلف در تناوب هم، آگاهی بخشی به زارعین در رابطه با پیامدهای اقتصادی، زیست‌محیطی شوری، ترویج یافته‌های نوین علمی به‌ویژه ارقام متحمل و سازگار با شوری، پرداخت یارانه به زارعین برای جلب مشارکت آن‌ها در طرح‌های عمرانی زیربنایی نمونه‌هایی عملی از این راهکارها بشمار می‌روند. محققان مختلفی استفاده از آب‌شور را برای تولید گیاهان نیمه مقاوم و مقاوم به شوری توصیه کردند (Kang et al., 2010; Xue and Ren, 2017). گزارش‌شده است که درصورتی‌که زهکش زیرسطحی وجود نداشته باشد عملکرد ذرت با استفاده از آب‌شور (۸ دسی‌زیمنس بر متر) معادل ۵۰ درصد پتانسیل به دست آمد. زمانی که عمق زهکش زیرزمینی در ۱۰۰ سانتی‌متر نصب شود، با همان آب‌شور عملکرد ذرت به ۸۲ درصد پتانسیل افزایش یافت (Feng et al., 2019). آب‌شور در مناطق مختلف آمریکا شامل جنوب غربی آرکانزاس در کلرادو، رودخانه نمک در آریزونا، رودخانه ریوگراند و پکوس در نیومکزیکو و تگزاس‌غربی به مدت طولانی (۱۰۰ سال) برای آبیاری گیاهانی نظیر پنبه، سورگوم، فلفل و یونجه به‌طور موفقیت‌آمیزی استفاده شد (Rhoades et al., 1992; Erickson et al., 1980). در تونس از آب‌شور برای آبیاری درختان خرما، سورگوم، یونجه و علف چاودار استفاده می‌کنند. پیشینه کاربرد آب‌شور در هندوستان بسیار طولانی بوده و برای تولید گیاهانی چون پنبه، گندم، خردل و ارزن استفاده‌شده است. رشد سریع جمعیت در مصر، کشوری با اقلیم خشک، باعث شده است تا برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران آن کشور برای تولید غذای بیشتر، همه منابع آبی (زهکش‌ها، آب زیرزمینی شور و فاضلاب تصفیه‌شده) را برای توسعه اراضی فاریاب مورداستفاده قرار دهند. گزارش‌های نیز از کشورهای استقلال‌یافته از شوروی سابق، فلسطین اشغالی، اتیوپی، پاکستان، سومالی و برخی کشورهای حاشیه جنوبی خلیج‌فارس ارائه‌شده است (Rhoades et al., 1992; Erickson et al., 1980). استفاده از آب‌شور در مناطق کم آب شمال غربی چین برای آبیاری گوجه‌فرنگی متداول است. محققان برای تولید پایدار گوجه‌فرنگی در این منطقه از مرحله جوانه-زنی تا گلدهی را از آب غیر شور و از مرحله گلدهی تا رسیدن از آب با شوری ۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر را پیشنهاد کردند (Li, et. al., 2019).

موارد گوناگونی از کاربرد آب‌شور در نقاط مختلف کشور در مجامع کشاورزان ازجمله، گلستان، فارس، اصفهان و یزد وجود دارد که حکایت از کاربرد نسبتاً موفقیت‌آمیز این نوع آب‌ها برای تولیدات کشاورزی دارد. ضمن اینکه پژوهش‌های گوناگونی در خصوص استفاده موفقیت‌آمیز آب‌های شور روی گیاهان مختلف انجام‌شده است (کیانی و مساوات، ۱۳۹۴). تجربیات زیادی از نقاط مختلف کشور وجود دارد که کشاورزان در اراضی خویش از آب‌های شور برای تولید محصولات استفاده می‌کنند. ازآنجایی‌که این نوع آب‌ها در شرایط فیزیکی خاک، عملکرد محصولات زراعی و محیط‌زیست (تخریب اکوسیستم‌ها و به مخاطره افتادن سلامت عمومی به دلیل آلودگی آب و ماندابی‌شدن) اثرات نامطلوبی به‌جای می‌گذارند، چاره‌جویی‌های لازم برای کاهش آثار زیان‌بار آن اجتناب‌ناپذیر است.

همان‌طور که توضیح داده شد، استفاده از آب‌شور در بلندمدت پیامدهایی ازجمله انباشت تدریجی نمک در نیمرخ خاک دارد. با توجه به مطالب عنوان‌شده، در استفاده از آب‌شور باید موارد ذیل را مدنظر داشت: ۱- استفاده از این آب‌ها اجتناب‌ناپذیر است به‌عبارت‌دیگر اگر آب باکیفیت مناسب به میزان کافی وجود داشت نیازی به کاربرد این نوع آب‌ها نیست ۲- کشاورزان در نقاط مختلف کشور به دلیل کمبود منابع آبی، در حال استفاده از این نوع آب‌ها هستند ۳- شیوه‌های شناخته‌شده‌ای برای تعدیل شرایط تجمع املاح در نیمرخ خاک وجود دارد، به‌طوری‌که پایداری خاک حفظ گردد، مثلاً آبشویی نیمرخ خاک، استفاده از روش تناوبی از آب‌شور-غیر شور، (Bradford and Letey, 1993) تغییر و اصلاح بستر کشت برای جلوگیری از انباشت نمک و ...۴- پایش نیمرخ خاک در ابتدای هر فصل کشت در هنگام استفاده بلندمدت از منابع آب‌شور، کمک قابل‌توجهی برای تصمیم‌های مدیریتی بعدی است.

تغییرات عملکرد گیاه تحت شوری‌های مختلف در مناطق مختلف تابع عواملی مثل اقلیم خصوصاً تغییرات زمانی و مکانی بارندگی، نوع و شیوه آبیاری و زهکشی، نوع بافت خاک، گیاه و نوع املاح است. بنابراین نمی‌توان برای گیاهی خاص آستانه‌ای معین برای همه نقاط تعیین نمود. با توجه به آثار و پیامدهای منفی کاربرد آب‌شور که حجم عظیمی از آب‌های موجود جهان را تشکیل می‌دهد این سؤال مطرح می‌شود که آیا می‌توان از آب‌های شور که برای آبیاری نامناسب تشخیص داده‌شده‌اند در کشاورزی استفاده مفید برد؟ ازآنجاکه کاربرد آب‌های فوق برای اهداف کشاورزی اثرات منفی بر خاک و گیاه دارند، چاره‌جویی مدیریتی برای حفظ پایداری کشاورزی ضروری است. بدیهی است در عالم واقعیت هیچ نوع آبی بدون املاح نیست و هیچ گیاهی هم بدون جذب املاح قادر به ادامه زندگی نیست. درنتیجه گیاهان در دامنه‌ای از تغییرات املاح در آب‌وخاک رشد می‌کنند؛ بنابراین مراحل کاربردی کردن آب‌های شور در کشاورزی عبارت است از: شناخت واکنش گیاهان به آب‌وخاک شور، بازتعریف شاخص‌های شوری به‌تناسب هر منطقه، بررسی تجربیات گذشته در استفاده طولانی‌مدت از آب‌شور و درنهایت ارائه راهکارهای عملی و مدیریتی کاربرد آب‌شور به‌طوری‌که ضمن تولید اقتصادی، پایداری نیز حفظ گردد.

شواهد تجربی سودمندی استفاده از آب‌شور

به استناد نتایج کاربردی، گزینه‌های مختلفی برای استفاده از منابع آب‌شور در کشاورزی وجود دارد، به‌طوری‌که با افزایش مساحت قابل‌کشت، تولید و درآمد افزایش یابد. برای مثال نتایج بررسی کاربرد آب‌شور زهکش در زراعت گندم در استان گلستان نشان داده است شوری تا ۸/۵ دسی‌زیمنس بر متر روی عملکرد تأثیر معنی‌داری نداشت و آبیاری با آب‌شور (۱۲دسی‌زیمنس بر متر) تنها در حدود ۱۰ درصد عملکرد گندم را کاهش داد (کیانی، ۱۳۸۳). با استفاده از این اطلاعات و ترکیب آب‌شور (۲۰ دسی‌زیمنس بر متر) و غیر شور و ایجاد شوری‌های دلخواه با درصدهای مختلف، سودمندی کاربرد آب‌شور به‌عنوان نمونه در جدول ۱ ارائه‌شده است. برای مثال اگر آب‌شور زهکش با شوری ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر با آب غیر شور (یک دسی‌زیمنس بر متر) به نسبت ۵۰ درصد از هرکدام ترکیب شود، شوری نهایی آب برابر ۱۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر می‌شود. در این شرایط اگرچه عملکرد گندم به‌جای ۴۰۰۰ کیلوگرم در حدود ۳۶۰۰ کیلوگرم در هکتار به دست می‌آید ولی با صرفه‌جویی ۵۰ درصدی منابع آب شیرین فرصت جدیدی برای حفظ پایداری منابع آبی و یا افزایش تولید ایجاد می‌شود. به‌عبارت‌دیگر با حجم آب صرفه‌جویی شده می‌توان به‌جای یک هکتار، دو هکتار را زیر کشت برد و در مجموع ۷۲۰۰ کیلوگرم گندم برداشت نمود. درصورتی‌که به دلایل کم‌آبی، توسعه کشت مدنظر نباشد، آب صرفه‌جویی در بلندمدت به پایداری منابع آب باکیفیت که در شرایط کنونی در اولویت است، کمک می‌کند. ولی هرگاه به دلایلی کشاورزان تمایل به افزایش درآمد در کوتاه‌مدت داشته باشند که در واقعیت این‌گونه است، امکان افزایش تولید و درآمد بدون برداشت بیشتر از منابع آب باکیفیت نیز وجود دارد.

جدول ۱- مزیت نسبت‌های مختلف ترکیب آب کانال (یک دسی‌زیمنس بر متر) و آب زهکش (۲۰ دسی‌زیمنس بر متر) (کیانی و صالحی، ۱۳۹٤)

درصد استفاده از آب		شوری آب مخلوط	درصد ذخیره‌شده آب کانال	درصد افزایش زمین تحت آبیاری	ضریب افزایش عملکرد	عملکرد (kg)	
زهکش	کانال					مساحت جدید	یک هکتار
۰	۱۰۰	۱	۰	۰	۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰
۲۰	۸۰	۴/۸	۲۰	۵	۱/۰۵	۴۲۰۰	۴۰۰۰
۳	۷۰	۶/۷	۳۰	۱۳	۱/۱۳	۴۵۲۰	۴۰۰۰
۴۰	۶۰	۸/۶	۴۰	۶۷	۱/۶۷	۶۳۴۶	۳۸۰۰
۵۰	۵۰	۱۰/۵	۵۰	۱۰۰	۲/۰۰	۷۲۰۰	۳۶۰۰
۶۰	۴۰	۱۲/۴	۶۰	۱۵۰	۲/۵۰	۸۵۰۰	۳۴۰۰

شواهد تجربی منافع اقتصادی استفاده از آب‌شور

مثال پیشین نشان داده است امکان کاربرد آب‌شور برای تولید وجود دارد و فرصتی برای صرفه‌جویی آب، تولید بیشتر و رشد بهره‌وری ایجاد می‌کند. به‌عنوان یک مصداق استفاده از آب‌شور (حدود ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) بر روی گندم در مناطق شمالی استان گلستان ضمن صرفه‌جویی در منابع آب‌های غیر شور و کاهش نه‌چندان چشمگیر عملکرد (حدود ۱۰ درصد) جایگزین مناسبی برای آب‌های غیر شور خواهد بود. در این بخش به استناد پژوهش کاربردی اشاره‌شده به بررسی اقتصادی استفاده از آب‌شور برای تولید گندم پرداخته می‌شود. در این بررسی از داده‌های درآمد ناخالص بر اساس قیمت گندم در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ و هزینه‌های تولید شامل آماده‌سازی زمین، کاشت، داشت، برداشت و زمین بر اساس اطلاعات آمارنامه سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان استفاده شد. برای هزینه کل زمین مربوط به آب‌شور ازآنجایی‌که آب‌شور هم‌اکنون ارزش ریالی ندارد ولی فرض شده است که هزینه تأمین و بهره‌برداری آن ۲۵ درصد آب شیرین باشد. نتایج مربوط به درآمد خالص هر تیمار در جدول ۲ خلاصه‌شده است. نتایج ارائه‌شده در جدول ۲ نشان می‌دهد درآمد خالص در هکتار گندم هنگام استفاده از آب‌شور، حدود ۲۰۰ هزار تومان در هکتار معادل ۵ درصد نسبت به درآمد خالص تیمار آب غیر شور کاهش داشته است. مقایسه این دو تیمار هم به لحاظ تولید و هم به لحاظ درآمد حاصل از آن به نفع استفاده از آب‌شور است. به دلیل اینکه در مقابل این کاهش اندک درآمد، حدود ۱۸۵۰ مترمکعب آب شیرین در هکتار ذخیره و فرصت جدیدی برای تولید بیشتر یا حفظ منابع آبی به وجود می‌آید. به عبارت ساده‌تر در این شرایط (وجود بارش بیش از ۲۰۰ میلی‌متر در فصل رشد)، صرفه‌جویی آب شیرین در اثر آبیاری نکردن مزارع گندم، هم موجب تقویت سفره‌های آب زیرزمینی شده و هم فرصت جدیدی برای کشت‌های گیاهان تابستانه که اغلب با کمبود آب مواجه می‌شوند، ایجاد می‌کند. در سال‌های خشک‌تر که سهم باران از مجموع آب کاربردی کاهش می‌یابد، استفاده از آب‌شور مطابق این تحقیق، کاهش درآمد خالص ناشی از آبیاری نکردن را تا حد قابل قبولی جبران می‌کند. مقایسه بهره‌وری اقتصادی آب بین دو تیمار غیر شور و شور حکایت از این مطلب دارد که درآمد حاصل از هر مترمکعب آب‌شور تفاوت قابل‌توجهی با تیمار غیر شور ندارد. نتایج کمّی نشان داده است به ازای هر مترمکعب آب‌شور در حدود ۸۳۰ تومان و هر مترمکعب آب غیر شور در حدود ۹۴۰ تومان درآمد دریافت شد؛ بنابراین ازنظر این شاخص تیمار آب‌شور به‌عنوان تیمار منتخب قابل توصیه است (کیانی، ۱۳۹۷).

دیگر نتایج پژوهش یادشده بیانگر آن است که مصرف آب‌های شور زهکش اراضی این منطقه، می‌تواند آثار اقتصادی قابل‌توجهی بر عملکرد گندم، درآمد گندم کاران و شاخص‌های بهره‌وری آب آبیاری داشته باشد، ضمن اینکه زمینه صرفه‌جویی در منابع آب غیر شور را نیز فراهم خواهد کرد. نتایج این بررسی تجربی نشان داد با ثابت بودن دیگر شرایط، کاهش یک واحدی شوری آب آبیاری موجب افزایش عملکرد گندم به مقدار ۳۷/۵ کیلوگرم در هکتار خواهد شد؛ بنابراین با ترکیب آب‌های شور زهکش اراضی و آب‌های شیرین و به‌تبع تعدیل شوری، افزایش قابل‌توجه عملکرد گندم، درآمد گندم کاران و صرفه‌جویی منابع آب شیرین میسر خواهد شد. در منطقه موردبررسی، بیشینه شوری آب زهکش اراضی ۱۶/۴ دسی‌زیمنس بر متر بوده است که ضمن ترکیب آن با آب‌های شیرین، می‌توان درجه شوری آب زهکش‌ها را تعدیل و آن‌ها را دوباره وارد فرایند آبیاری زراعت گندم نمود. بر پایه نتایج این بررسی، چنانچه بتوان شوری آب آبیاری را از ۱۶/۴ دسی‌زیمنس بر متر تا ۱۰/۴ دسی‌زیمنس بر متر کاهش داد، عملکرد گندم ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار افزایش خواهد یافت که موجب

رشد بهره‌وری فیزیکی و ارزشی این نوع آب‌ها خواهد شد (آبیار و کیانی، ۱۳۸۶).

اثرات اقتصادی یا ارزش تولید نهایی شوری آب نیز منفی و برابر ۶۴۰۹۰- ریال در هکتار است. به‌عبارتی‌دیگر با افزایش یا کاهش شوری آب آبیاری به میزان یک دسی‌زیمنس بر متر، تحت شرایط ثابت و به قیمت‌های سال ۱۳۸۴، درآمد گندم در هر هکتار به میزان ۶۴۰۹۰ ریال کاهش و یا افزایش خواهد یافت. بنابراین می‌توان استنباط نمود که ترکیب آب‌های شور زهکش‌ها با آب‌های شیرین و تعدیل شوری آب آبیاری از ۱۶/۴ تا ۱۰/۴ دسی‌زیمنس بر متر، درآمد گندم‌کاران را بر مبنای قیمت‌های ثابت سال ۱۳۸۴ به میزان ۳۸۴۵۴۰ ریال در هکتار افزایش خواهد داد. بدیهی است این افزایش درآمد بر پایه قیمت‌های جاری (اسمی) بسیار زیاد و چشمگیر خواهد بود. بنابر-این با توجه به یافته‌های تجربی و نیز انباشت منابع قابل‌توجه آب زهکش اراضی در مناطق مختلف استان گلستان به‌ویژه نواحی شمالی آن، امکان بهره‌مندی مطلوب و بهینه از این نوع آب‌های نامتعارف در زراعت محصولات مختلف مانند گندم و افزایش تولید و درآمد آن‌ها وجود دارد (آبیار و کیانی، ۱۳۸۶).

جدول ۲- برآورد درآمد خالص گندم در تیمارهای مختلف متوسط دو سال ۹۵ و ۹۶

تیمار	عملکرد (kg/ha)	قیمت دانه (Rial/kg)	درآمد ناخالص	هزینه کل (Rial/kg)	درآمد خالص	درصد کاهش نسبت غیر شور
			سال ۹۵-۱۳۹۴			
غیر شور	۵۴۸۰	۱۲۷۰۰	۶۹۵۹۶۰۰۰	۲۶۵۱۴۰۱۵	۴۳۰۸۱۹۸۵	–
شور	۴۹۲۸	۱۲۷۰۰	۶۲۵۸۵۶۰۰	۲۱۶۰۰۰۰۰	۴۰۹۸۵۶۰۰	۵
			سال ۹۶-۱۳۹۵			
غیر شور	۴۸۰۶	۱۳۰۰۰	۶۲۴۷۸۰۰۰	۲۹۱۶۵۴۱۶	۳۳۳۱۲۵۸۴	–
شور	۴۲۶۰	۱۳۰۰۰	۵۵۳۸۰۰۰۰	۲۳۷۶۰۰۰۰	۳۱۶۲۰۰۰۰	۵
			متوسط دو سال			
غیر شور	۵۱۴۳	۱۲۸۵۰	۶۶۰۸۷۵۵۰	۲۷۸۳۹۷۱۵	۳۸۲۴۷۸۳۵	–
شور	۴۵۹۴	۱۲۸۵۰	۵۹۰۳۲۹۰۰	۲۲۶۸۰۰۰۰	۳۶۳۵۲۹۰۰	۵

تهدیدها و فرصت‌های پیش رو در استفاده از آب‌شور

با توجه به تجربیات موفق در به‌کارگیری آب‌شور به‌عنوان یک منبع آب آبیاری، پرسش بعدی این است که آیا در کشور فرصت‌هایی برای استفاده از این نوع منابع وجود دارد؟

به‌طور طبیعی شوری آب اغلب محصولات تابستانی را تحت تأثیر قرار می‌دهد درحالی‌که گیاهان زمستانی بسته به میزان بارندگی و سطح شوری اولیه خاک در فصل پاییز واکنش مناسب‌تری نسبت به شوری آب آبیاری دارند. شرایط فوق در بسیاری از مناطق ایران حاکم است. مراحل اولیه رشد (حساس به شوری) گیاهانی نظیر گندم، جو، کلزا و سبزیجات عموماً مطابق با ریزش‌های جوی بوده و نیاز آبی آن‌ها با باران مرتفع می‌گردد. آبیاری تکمیلی در مراحلی از رشد صورت می‌گیرد که گیاهان فوق به شوری مقاوم‌تر می‌شوند؛ بنابراین برخی از فرصت‌های مهم کاربرد منابع آب‌شور به‌عنوان یک منبع آب آبیاری در کشور را می‌توان به شرح زیر بیان نمود:

وجود منابع آب‌های شور مانند پساب‌های کشاورزی و صنعتی، آب‌های زیرزمینی عمیق شور، دریاها. در تمام دنیا برنامه‌ریزی برای آب در مصارف مختلف اغلب در مورد بازچرخانی حدود سه درصد از کل منابع آبی است و ۹۷ درصد از منابع آبی (آب‌های شور اقیانوس‌ها و دریاها) در برنامه‌ریزی‌ها کمرنگ هستند.

بارش‌های پاییزه و زمستانه بخش قابل‌توجهی از نیاز آبی گیاهان زمستانه را تأمین می‌کنند. به‌طورکلی گیاهان در اوایل رشد به شوری حساسیت بیشتری دارند، بنابراین نیاز آبی گیاهان زمستانه که در اوایل رشد (حساس به شور) با باران تأمین می‌شود، فرصتی به وجود می‌آید تا در مراحل بعدی رشد که به شوری متحمل‌تر شده‌اند، از منابع آب‌های شور استفاده نمود.

بهره‌برداری از درختان با استفاده از منابع آب غیرمتعارف

امکان تولید و افزایش علوفه در اراضی شور

امکان توسعه گیاهان شور دوست در کشور (سالیکورنیا، کوشیا...)

وجود انرژی‌های پاک و ارزان (تابش، باد، امواج دریا، انرژی‌های آزادشده نیروگاه‌ها و پالایشگاه‌ها) و قرارگیری اراضی شور در نواحی با ساعت‌های آفتابی فراوان و استفاده از انرژی‌های ارزان در احداث گلخانه‌های دریایی و تولید محصولات گلخانه‌ای (دارویی، زینتی و ...).

چالش‌های اصلی و گام‌های عملیاتی

در یک جمع‌بندی و به استناد پژوهش‌های کاربردی و محافل زارعین (در سطح جهانی و ملی) هم ضرورت استفاده از آب‌های شور (نامتعارف) مورد تأکید است و هم نتایج امیدبخشی از کاربرد آن‌ها تجربه‌شده است. همان‌طور که در بخش پیشین توضیح داده شد، فرصت‌هایی نیز در کشور برای کاربرد پایدار این نوع آب‌ها وجود دارد؛ اما سؤال و چالش اصلی در کاربرد فراگیر منابع آب‌های شور این است که برای اجرایی کردن این مهم چه باید کرد؟ چرا این ایده نیز همانند بسیاری از یافته‌های پژوهشی در عرصه کشاورزی به‌صورت هدفمند اجرایی نمی‌شود؟ ازاین‌رو در خصوص کاربرد مدیریت‌شده آب‌های شور به‌صورت فراگیر و هدفمند، چهار مسئله اصلی به شرح زیر باید موردتوجه قرار گیرد که نیازمند اقدامات بعدی متولیان امور (بخشی پژوهشی و بخش عمده‌ای هم اجرایی) می‌باشد:

۱) چه نوع آبی شور است؟ بازتعریف آب‌های شور در کل کشور به‌صورت جداگانه در هر منطقه و گذار از تعاریف محافظه‌کارانه فعلی مورد تأکید و از ضروریات استفاده از آب‌های شور است. اگرچه این موردنیاز ضروری است، ولی مانع جدی در به‌کارگیری آب‌های شور در عرصه کشاورزی نیست؛ زیرا با تلفیق اطلاعات موجود و تدبیر کارشناسی می‌توان تصمیم‌گیری نمود. شواهد تجربی برای گندم در مناطق مشابه استان گلستان در جدول ۳ ارائه‌شده است.

۲) چه حجمی از آب شور در کل کشور به صورت واقعی و در کدام مناطق وجود دارد؟

۳) چگونه و در کدام مناطق آب‌های شور قابل استحصال است؟

۴) چگونه و برای چه گیاهانی بسته به دامنه شوری، آب‌ها به‌صورت پایدار مصرف شوند؟ (تدوین الگوی کشت مخصوص استفاده از آب‌های شور).

بررسی‌ها نشان می‌دهد تعاریف گوناگونی در دنیا برای آب‌های شور وجود دارد. این طبقه‌بندی‌ها برای کشور غیرکاربردی و نیاز به بازتعریف بومی دارند. یکی از چالش‌های کاربرد آب‌شور در کشور این است که واقعاً مشخص نیست چه نوع آبی، برای چه نوع گیاهی و در کدام مناطق قابل‌استفاده است. این‌که آستانه تحمل به شوری گیاهی را از منابع استخراج کرده و بدون شواهد تجربی و عینی نسخه‌پیچی می‌شود نیز چالش دیگر مدیریت آب‌شور در کشور است.

جدول ۳- حد شوری آب (دسی‌زیمنس بر متر) برای آبیاری گندم در مراحل مختلف رشد و اقلیم‌های مختلف

بافت خاک	مرحله رشد	میزان بارندگی سالانه (mm)		
		۱۰۰-۳۰۰	۳۰۰-۵۰۰	>۵۰۰
سبک	جوانه‌زنی	۳	۳	۳
	خوشه‌دهی	۸	۱۰	۱۲
	گلدهی	۱۱	۱۳	۱۵
متوسط	جوانه‌زنی	۳	۳	۳
	خوشه‌دهی	۷	۹	۱۱
	گلدهی	۱۰	۱۲	۱۴
سنگین	جوانه‌زنی	۳	۳	۳
	خوشه‌دهی	۶	۸	۱۰
	گلدهی	۸	۱۰	۱۱

رهیافت ترویجی

- در کشور فرصت‌های متعددی برای استفاده از منابع آب‌های شور وجود دارد. تجربیات نیز نشان داده است که کاربرد طولانی‌مدت این نوع آب‌ها هم ازنظر فنی و هم ازنظر اقتصادی امکان‌پذیر است و یکی از راهبردهای مؤثر برای تولید پایدار در کشور محسوب می‌شود.
- ضرورت دارد تا منابع و مقادیر کمی و کیفی آب‌های شور، سازوکارهای ذخیره‌سازی و چگونگی استفاده از این نوع آب‌ها شناسایی شوند.
- معیارهای کیفی برای تحمل گیاهان به شوری در شرایط کشور به استناد شرایط آب، خاک، گیاه و اقلیم به بازنگری نیاز دارد.

- برای استفاده از منابع آب‌شور و فراگیر کردن دانش فنی آن در عرصه‌های کشاورزی، اجرای طرح‌های توسعه‌ای که در معرض دید بهره‌برداران قرار گیرد، گامی مؤثر و کارا خواهد بود.

مراجع

آبیار، ن. م. و کیانی، ع. ر. ۱۳۸۶. بررسی اقتصادی کاربرد آب‌شور در مزارع گندم‌کاری استان گلستان. مجله علمی– پژوهشی اقتصاد و کشاورزی. ۱ (۳).

کیانی، ع.ر. ۱۳۸۳. تأثیر شوری و رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد گندم در منطقه گرگان. مرکز فن‌آوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی. به شماره ۸۳/۱۲۰۳.

کیانی، ع.ر. ۱۳۹۷. تولید گندم با استفاده از آبیاری تکمیلی با آب‌شور در شمال استان گلستان. مرکز فن‌آوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی. به شماره ۵۴۶۳۳.

کیانی، ع.ر. و صالحی، م. ۱۳۹۴. تجاربی از تولید گندم و کوشیا با استفاده از منابع آب‌وخاک شور در استان گلستان. نشریه آب و توسعه پایدار. ۲ (۲): ۵۹–۶۶.

کیانی، ع.ر. و مساوات، ا. ۱۳۹۴. بررسی راهبردهای مختلف آبیاری یک‌درمیان با استفاده از آب‌شور– غیر شور در عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت. مجله تحقیقات آب‌وخاک ایران. ۴۶ (۱): ۱–۱۰.

همایی، م. ۱۳۸۱. واکنش گیاهان به شوری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۹۷ صفحه.

Bradford, S. and Letey, J. 1993. Cyclic and blending strategies for using saline and non-saline water for irrigation. Irrigation Science. 13:123-128.

Erickson, J.R. 1980. Using high salinity waters in the southwest. Proc. 1980. Specialty conference on irrigation and drainage. Today's challenges. 23-25 July, Boise, Idaho. ASCE, New York.198-204.

Feng, G., Zhang, Z. and Zhang, Z. 2019. Evaluating the Sustainable Use of Saline Water Irrigation on Soil Water-Salt Content and Grain Yield under Subsurface Drainage Condition. Sustainability. 11:1-18.

Kang, Y., Chen, M. and Wan, S. 2010. Effects of drip irrigation with saline water on waxy maize (Zea mays L. var. ceratina Kulesh) in North China Plain. Agric. Water Manag. 97:1303–1309.

Li, J., Chen, J., Qu, Z., Wang, S., He, P. and Zhang, N. 2019. Effects of Alternating Irrigation with Fresh and Saline Water on the Soil Salt, Soil Nutrients, and Yield of Tomatoes. Water. 11:1-19.

Rhoades, J.D., Kandidah, A. and Mashali, A.M. 1992. The use of saline waters for crop production . FAO. Irrigation and Drainage. Paper No 48.

Xue, J. and Ren, L. 2017. Conjunctive use of saline and non-saline water in an irrigation district of Yellow River Basin. Irrigation and Drainage. 66:147–162.

Water Management in Agriculture
Vol. 6, No. 2, Autumn and Winter 2019, 11-20

نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۶، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۸، ص. ۲۰-۱۱

Use of Saline Water for Sustainable Production of Wheat

A.R. Kiani[۱] and N. Abyar[۲]

Abstract

Increasing the production of agricultural products and income of farmers is one of the important goals of agricultural sector policy makers. But the limitations of water resources in this sector are facing serious challenges and, as a result of water resource management, has led the agricultural sector to cope with the use of alternative sources of water, especially saline waters, for the continuation of agricultural activities, because with existing knowledge, climatic conditions change are almost impossible to improve hydrological conditions. But by changing the managerial attitude on how to use the available water resources and using the rational use of salt water as an irrigation water source, while increasing agricultural production, the competitiveness of non-water can be reduced. In this paper, based on empirical evidence and internal and external scientific findings, the feasibility of using saline water resources in agricultural activities is discussed. The results indicate that water consumption of drainage water, considered qualitatively as non-consumable water in agriculture, can have a positive and determining effect on increasing the production and income of some agricultural products such as wheat, cotton, and forage plants, while they can provide conservation areas for fresh water resources and cultivation area development. For example, irrigation of wheat with drainage water (12 dS/m) in Golestan province (Iran) reduced wheat yield by only about 10%. Also, the composition of drainage water with a salinity of 20 dS/m with non-saline water (1 dS/m) is 50%, although the yield is reduced from 4000 kg to about 3600 kg ha^{-1}, but by saving 50 percent of freshwater resources, a new opportunity will be created for sustainability of water resources, or to expand cultivation and increase production. Main challenges are also expressed in applying saline water resources, and suggestions for policy and proper application of these resources in the agricultural sector are presented.

Key words: Saline water, Irrigation, Wheat

[1] Professor of agricultural engineering department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and education Center, AREEO, Gorgan, Iran. (Corresponding Author, Alireza Kiani, akiani71@yahoo.com)
[2] Assistant Prof, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and education Center, AREEO, Gorgan, Iran.
Received: 28 June 2019
Accepted: 31 December 2019