کاربرد آب‌های نامتعارف شامل زهاب و پساب تصفیه شده در بخش کشاورزی

حامد پورصمصام*[۱]، بهروز قمرزاده[۲]

۱) کارشناس آبیاری مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان دزفول، خوزستان، ایران

۲) کارشناسی ارشد ترویج و آموزش کشاورزی، مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان دزفول، خوزستان، ایران

*نویسنده مسئول: **Hamed_poorsamsam@yahoo.com**

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۲۷ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۱۹**

چکیده

کمبود منابع آب شیرین و همچنین کاهش کیفیت آب موجود در بخش کشاورزی، نیاز به یافتن منابع جدید جهت استفاده در آبیاری را امری ضروری نموده است. در این خصوص بهره‌گیری از آب‌های نامتعارف یکی از گزینه‌های پیش رو می‌باشد. استفاده مجدد از زهاب اراضی کشاورزی به‌عنوان یک منبع آب نامتعارف قابل دسترس، یکی از راه‌کارهای رفع کمبود منابع آبی به‌شمار می‌رود. منابع آب نامتعارف پتانسیل افزایش منابع آب دردسترس و کاهش فاصله بین در دسترس بودن و تقاضای آب شیرین در آینده و در کشورهای کم‌آب را دارد. استفاده از ظرفیت منابع آب نامتعارف، مصداق حرکت به سمت راه‌حل‌های کارآمد و پایدار مدیریت آب است که انتظار می‌رود مدیریت آب را تغییر داده و به‌تدریج اتکای خود را در مناطق کم‌آب، از منابع متعارف به منابع نامتعارف تغییر دهد. با توجه به اهمیت موضوع در این تحقیق به بررسی کاربرد آب‌های نامتعارف شامل زهاب و پساب تصفیه شده در بخش کشاورزی با معرفی وضعیت زهاب‌ها در استان خوزستان پرداخته شده است.

واژه‌های کلیدی : آب‌های نامتعارف، زهاب، خوزستان.

مقدمه

موارد متعددی از بروز مشکل دفع زهاب در اراضی وسیع آبیاری شده در سطح جهان، در مناطقی همچون آسیای جنوبی، آسیای جنوب شرقی، آسیای مرکزی، شمال آفریقا، خاورمیانه، استرالیا و ایالات متحده آمریکا گزارش شده است. این در حالی است که برنامه‌ریزی برای استفاده از زهاب شبکه‌های آبیاری و زهکشی، می‌تواند نقش مؤثری در برون‌رفت از بحران آب جهان داشته باشد. تا دهه ۱۹۹۰ مدیریت زهاب کمتر مورد توجه قرار می‌گرفت. پژوهش‌های زهکشی عموماً به مسائل طراحی گرایش داشت؛ و ارزیابی طرح‌ها نیز عمدتاً بر عملکرد سامانه‌های موجود و موارد مرتبط با ضوابط طراحی آنها سر و کار داشت (Snellen, 1997). پس از کنفرانس سران جهان در سال۱۹۹۲، مجامع بین‌المللی آبیاری و زهکشی توجه خود را بر مدیریت زهاب‌ها متمرکز کردند. بیانیه این اجلاس نه تنها بر نیاز به زهکشی به عنوان مکملی اساسی برای توسعه آبیاری در نواحی خشک و نیمه‌خشک تأکید می‌کند، بلکه به طور هم‌زمان بر حفاظت و استفاده مجدد از آب در قالب «مدیریت جامع منابع» تأکید دارد (Weiss, 1992). استفاده مجدد از زهاب‌های کشاورزی در تمامی جهان تجربه شده است؛ به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک و همچنین در ماه‌های خشک تابستان در مناطق معتدل که تأمین آب آبیاری با تنگنا مواجه است (Ritzema and Stuyt, 2015). در کشاورزی فاریاب استفاده مجدد از زهاب می‌تواند در سطوح مزرعه، پروژه و یا منطقه باشد که معمولاً به صورت ترکیبی از فعالیت‌های دولتی (رسمی) و استفاده مجدد توسط کشاورزان است (Ritzema and Braun, 2006). برای درک بهتر از سطوح متفاوت استفاده از زهاب، می‌توان دلتای رود نیل در مصر را مثال زد. در این ناحیه کشاورزان زهاب را برای آبیاری، مستقیماً از زهکش‌ها به مزارع پمپاژ می‌کنند. استفاده نهادهای دولتی از زهاب در سطح منطقه، معمولاً از زهکش‌های اصلی صورت می‌پذیرد. استفاده مجدد از زهاب می‌تواند آب در دسترس کشورها را به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش دهد، مانند بخش شرقی دلتای رود نیل که ۱۵درصد از آب آبیاری محصولات کشاورزی از آب‌های زیرزمینی و استفاده مجدد از زهاب در سطح مزرعه تأمین می‌شود (Abdel-Gawad et al., 1991). توسعه راهکارهای استفاده مجدد، آب در دسترس در کشور مصر را تا ۲۰ درصد افزایش داده است (Barnes, 2014). Hussain و همکاران (۲۰۱۹) طی تحقیقی که بر روی تغییرات خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک با استفاده از پساب تصفیه نشده در منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا ارایه کردند، استراتژی‌های عملی برای تصفیه‌های منابع آب‌های غیرمتعارف از جمله نمک‌زدایی، تصفیه فاضلاب، استفاده مجدد از آب زهکشی کشاورزی، استخراج آب‌های زیرزمینی و جمع‌آوری آب باران را تشریح نمودند و نهایتا نتیجه گیری شد که:

۱) باید برای تشویق کشاورزان به استفاده از آب‌های غیرمتعارف و پرورش گونه‌های زراعی گلرنگ، سورگوم، ارزن، هویج، تربچه، خیار، گوجه‌فرنگی، بادمجان، کاهو که مقادیر نسبتاً بسیار کمی از فلزات را در قسمت‌های خوراکی خود انباشته می‌کنند، قانون‌گذاری شود. ۲) فن‌آوری‌های تصفیه آب باید برای استفاده از آب‌های غیرمتعارف مورد حمایت و

اجرا قرار گیرد و ۳) استفاده مجدد آب‌های غیرمتعارف باید به عنوان یک جزء جدایی‌ناپذیر در برنامه استراتژیک توسعه ملی هر کشور ترویج شود. چالش اصلی در برابر روش استفاده مجدد، شوری زهاب است. به هرحال زهاب را هرگز نمی‌توان کاملاً به مصرف رساند، زیرا نمکی که به همراه آب آبیاری وارد شده، باید به بیرون منطقه رانده شود (Ritzema, 2016; Ritzema and Braun, 2006) تا جایی که آب زهکشی شده از یک مزرعه یا یک پروژه، برای یک گیاه مقاوم به شوری قابل استفاده و مفید باشد، می‌تواند قبل از دفع نهایی مجدداً برای آبیاری مورد استفاده قرارگیرد. البته شوری زهاب تنها ناشی از نمک‌های حل شده در آب آبیاری نیست. در مناطقی با آب زیرزمینی شور و کم‌عمق (مانند جنوب خوزستان) بخش عمده‌ای از شوری زهاب، ناشی از ترکیب آب زیرزمینی شور با آب زهکشی شده در طول فرآیند زهکشی است. در هر صورت دفع ایمن و بی‌خطر زهاب، چالش نهایی است که هر سامانه زهکشی برای آنکه بتواند بخشی از مدیریت پایدار منابع آب باشد، باید با آن روبرو شود. در انتهای حوضه رودخانه‌های کارون و کرخه در جنوب غرب ایران، ۳۴۷ هزار هکتار شبکه آبیاری و زهکشی ساخته شده یا در حال احداث است. سطح ایستابی بالا و شوری خاک، زهکشی زیرزمینی را اجتناب‌ناپذیر ساخته است. کشت و صنعت‌های نیشکر اولین شبکه‌های آبیاری و زهکشی بودند که در این ناحیه به بهره‌برداری رسیدند و بنابراین اولین تجربه و برخورد مسئولین منابع آب با مسئله زهاب نیز محسوب می‌شد. زهاب این اراضی در سال‌های اول به رودخانه کارون منتقل شد که منجر به خسارات زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی فراوانی شد. به ویژه به این دلیل که اراضی یادشده شوری اولیه بسیار بالایی داشتند و تخلیه زهاب بسیار شورِ حاصل از آبشویی و اصلاح آن‌ها به رودخانه کارون سبب بالارفتن شوری آب در پایین‌دست رودخانه کارون شد و آب را برای بسیاری از مصارف، به ویژه شرب شهرهای جنوبی، غیرقابل استفاده نمود. پس از آن زهاب تولیدشده برای مدتی به تالاب شادگان و سپس به اراضی واقع در شمال شهر خرمشهر به عنوان برکه تبخیری منتقل شد. با افزایش حجم زهاب ناشی از گسترش شبکه‌های زهکشی، برای مسئولین امر روشن شد که باید تا قبل از اتمام احداث سایر شبکه‌های آبیاری و زهکشی، برای مدیریت زهاب آن‌ها در کل منطقه برنامه مشخصی تدوین شود. با کاهش شوری زهاب در طول دوره بهره‌برداری، راهکارهای استفاده مجدد از زهاب متناسب با بهبود کیفیت تغییر خواهد کرد. با توجه به اهمیت موضوع، در این تحقیق به بررسی کاربرد آب‌های نامتعارف شامل زهاب و پساب تصفیه شده در بخش کشاورزی با معرفی وضعیت زهاب‌ها در استان خوزستان پرداخته شد.

به‌طورکلی به منابع آبی، غیر از منابع آب سطحی و زیرزمینی که استفاده از آن‌ها به‌صورت معمول امکان‌پذیر نیست و برای به‌کارگیری آن‌ها نیاز به اعمال سیاست‌های مدیریتی و حفاظتی ویژه است، آب نامتعارف اطلاق می‌شود. منابع آب نامتعارف پتانسیل افزایش منابع آب دردسترس و کاهش فاصله بین در دسترس بودن و تقاضای آب شیرین در آینده و در کشورهای کم‌آب را دارد. استفاده از ظرفیت منابع آب نامتعارف، مصداق حرکت به سمت راه‌حل‌های کارآمد و پایدار مدیریت آب است که انتظار می‌رود مدیریت آب را تغییر داده و به‌تدریج اتکای خود را در مناطق کم‌آب، از منابع متعارف به

منابع نامتعارف تغییر دهد. برداشت آب از جو زمین (مه و شبنم)، تقویت بارش از طریق بارورسازی ابرها، جمع‌آوری آب باران در حوضه‌های کوچک، آب‌های زیرزمینی عمیق دریایی، منابع آب ژرف، شوری‌زدایی آب دریا و دیگر آب‌های شور، فاضلاب شهری، زهاب کشاورزی و توده یخ شناور از جمله منابع آب نامتعارف هستند که بهره‌برداری پایدار از هر یک از این منابع قواعد مختص به خود را دارد. که در این تحقیق به کاربرد زهاب‌ها و پساب تصفیه شده در آبیاری پرداخته شده است.

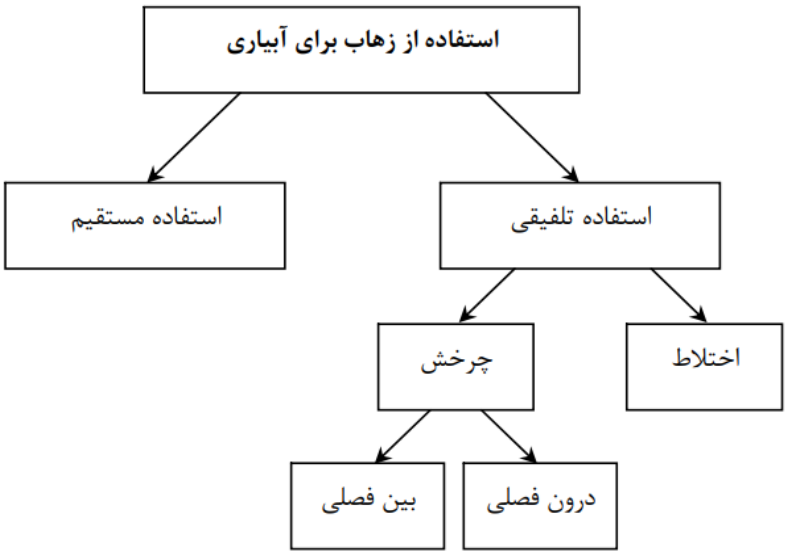
مواد و روش‌ها

در مناطق خشک و نیمه خشک که دچار کمبود آب آبیاری می‌باشند، استفاده از زهاب‌ها نه تنها بـه منظـور آبیـاری، بلکه برای حفاظت و نگهداری منابع آب موجود از اهمیتی ویژه برخوردار است. افزون بر این، کـاربرد زهـاب‌هـا مشـکلات ناشی از تخلیه‌ی زهاب‌ها را به دیگر منابع آبی و یا تخلیه‌گاه‌های مجاز به حـداقل مـی‌رسـاند. بـه‌طـور کلـی، اسـتفاده از زهاب‌ها برای آبیاری، آلوده شدن منابع آب موجود را نیز کاهش می‌دهد. از زهاب‌ها می‌توان برای کشاورزی سنتی، پرورش گیاهان مقاوم به شوری، سیستم‌های کشـاورزی- جنگـل، زیسـتگاه‌هـای حیات وحش و تالاب‌ها و آبشویی اولیه خاک‌های شور استفاده نمود. در شکل (۱) روش‌های کلی استفاده از زهاب‌ها برای آبیاری به صورت نمادین ارائه شده است. چنانچـه زهـاب از کیفیتی مناسب برخوردار باشد، می‌تواند مستقیما برای آبیاری بـه‌کـار رود. لـیکن چنـانچـه زهـاب از کیفیتـی مناسـب برخوردار نباشد، می‌توان از آن به‌صورت تلفیقی با آب شیرین استفاده کرد. چنین تلفیقی را می‌توان به دو صورت استفاده چرخشی و اختلاط انجام داد. در روش چرخشی، دو منبع آب به طور متناوب در فصل کشت مورد استفاده قرار می‌گیرند (استفاده چرخشی درون فصلی) یا اینکه هر دو منبع آب به طور جداگانه در طول فصول برای گیاهـان مختلـف بـه کـار می‌روند (استفاده چرخشی بین فصلی) انتخاب گزینه‌ای مطمئن برای استفاده از زهاب به چند عامل مهـم بسـتگی دارد. این عوامل شامل کیفیت زهاب، مقاومت گیاه به شوری و میزان دسترسی به منابع آب شیرین می‌باشـند. مقـدار و زمـان دسترسی به زهاب نیز از مسایل مهم و اصلی می‌باشد. به طور مثال، درجایی که قرار است از زهاب برای آبیاری استفاده شود، مهم آن است که بدانیم که آیا زهاب‌ها باید به طور مستقیم به‌کار روند یا به صورت چرخشی.

استان خوزستان و وضعیت مدیریت زهاب‌ها

استان خوزستان به علت جلگه‌ای بودن و داشتن چندین رودخانه نسبتا پرآب مانند کارون، دز، کرخه و زهره و خاک مناسب برای کشت محصولات مختلف یکی از استان‌های مهم کشور از نظر کشاورزی است. وجود شبکه‌های آبیاری و زهکشی گسترده در استان خوزستان که آب چندین کشت و صنعت بزرگ مانند نیشکر هفت تپه، کارون و غیره را تامین می‌کنند، سبب شده که حجم زیادی زهاب تولید شود که در نهایت به رودخانه‌ها و یا تالاب‌ها می‌ریزند (گلابی و همکاران،

۱۳۹۲). در استان خوزستان تولید زهاب ناشی از فعالیت‌های مختلف به‌ویژه کشاورزی، یکی از مشکلات جدی است. در این استان در مجموع نزدیک چهار میلیارد مترمکعب زهاب در سال تولید می‌شود.



شکل۱: روش‌های مختلف استفاده از زهاب برای آبیاری محصولات کشاورزی

در استان خوزستان تولید زهاب ناشی از فعالیت‌های مختلف به‌ویژه کشاورزی، یکی از مشکلات جدی است. در این استان در مجموع نزدیک چهار میلیارد مترمکعب زهاب در سال تولید می‌شود. حجم زهاب حوضهٔ کارون به‌تنهایی حدود دو میلیارد مترمکعب در سال است. واحدهای توسعهٔ نیشکر و مزارع پرورش ماهی از تولیدکنندگان اصلی زهاب این حوضه هستند. یکی از مناطقی که زهاب حاصل از کشت نیشکر در آن انباشته شده و در حال حاضر به دغدغه‌ای جدی تبدیل شده، تالاب نیشکر با مساحت ۳۵ هزار هکتار واقع در جنوب اهواز در منطقهٔ مرزی با عراق است. همچنین به‌دلیل محدودیت منابع آب با کیفیت در کشور و با توجه به اینکه بخش عمده مساحت ایران از نظر اقلیمی جزو مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌گردد، امکان استفاده از آب‌های شور و نامتعارف بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است(جمالی و همکاران، ۱۳۹۵). تنش شوری باعث کاهش قابل ملاحظه در رشد و تولید گیاهان زراعی در سطح جهان به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک شده است(بهادرخواه و کاظمینی، ۱۳۹۳). شرایط حساس کنونی به لحاظ کم‌آبی و خشک-سالی و کاهش منابع آب، رقابت شدید بین بخش‌های مختلف مصرف‌کنندگان آب به‌خصوص بخش شرب و کشاورزی را به همراه داشته است و همین موضوع باعث شده است تا توجه کارشناسان و مسئولین استان خوزستان به مدیریت کیفیت زهاب ناشی از شبکه‌های مدرن آبیاری و زهکشی را به خود معطوف دارد. استفاده مجدد از زهاب یک روش مهم و طبیعی در مدیریت زهاب است که سبب توسعه و حصول بیش‌ترین فایده برای یک منبع آب و کمک به دفع مناسب و صحیح آب

زهکش‌ها می‌شود. از آنجا که خشکی و توسعه شوری عملکرد گیاهان را خصوصا در مناطق خشک و نیمه‌خشک کاهش می‌دهد، پیدا کردن گیاهی که بتواند در این شرایط نامطلوب عملکرد قابل قبولی داشته باشد بسیار مهم است (Razzaghi et al., 2011).

کشورهای شورای همکاری خلیج فارس با سرانه دسترسی به آب سالانه ۵۰۰ مترمکعب در مقایسه با میانگین جهانی ۶۰۰۰ مترمکعب در خشک‌ترین نقطه جهان واقع شده‌اند. تقاضای آب کشاورزی که بیش از ۸۰ درصد کل آب مصرفی را تشکیل می‌دهد، عمدتاً از طریق بهره‌برداری گسترده از آب‌های زیرزمینی تامین می‌شود. عدم تعادل عظیم بین تخلیه آب-های زیرزمینی (۲۷/۸ میلیارد مترمکعب) و تغذیه مجدد (۵/۳ میلیارد مترمکعب) باعث کاهش بیش از حد سطح آب‌های زیرزمینی شده است. بنابراین، کشورهای شورای همکاری خلیج فارس سرمایه‌گذاری زیادی در تولید منابع آب غیرمتعارف مانند نمک‌زدایی آب دریا و فاضلاب تصفیه شده انجام می‌دهند. در حال حاضر ۴۳۹ کارخانه آب‌شیرین‌کن سالانه ۵/۷۵ میلیارد مترمکعب آب شیرین شده در کشورهای شورای همکاری خلیج فارس تولید می‌کنند. جمع‌آوری فاضلاب سالانه حدود ۴ میلیارد مترمکعب است که ۷۳ درصد آن با کمک ۳۰۰ تصفیه‌خانه فاضلاب تصفیه می‌شود. شواهد تحقیقاتی قابل توجهی وجود دارد که با اتخاذ مدیریت مناسب می‌توان از فاضلاب تصفیه شده برای رشد محصولات غذایی و علوفه‌ای تحت شرایط اقلیمی کشاورزی کشورهای شورای همکاری خلیج فارس استفاده کرد (Qureshi, 2020). مصارف کشاورزی با توجه به حجم زیاد آب مورد نیاز، به عنوان یکی از مصارف اصلی فاضلاب و آب‌های برگشتی محسوب می‌شود. از بین پساب‌های مختلف، فاضلاب خانگی به دلیل حجم زیاد و کیفیت مناسب بعد از طی مراحل تصفیه، برای مصارف کشاورزی از اولویت بیش‌تری برخوردار است. با توجه به اینکه حدود ۸۵ درصد آب مصرفی به فاضلاب تبدیل می شود. آب‌های حاصل از پساب و فاضلاب‌ها حاوی ازت و فسفر و مواد مغذی فراوان برای گیاهان هستند که برای آبیاری زمین‌های کشاورزی علاوه بر کاهش هزینه آب مصرفی، بسیار مفید خواهد بود. درمصرف پساب برای کشاورزی توجه به عواملی از قبیل نزدیک بودن زمین کشاورزی به محل تصفیه خانه به منظور کاهش هزینه انتقال، مناسب بودن کیفیت خاک برای این کاربرد، سطح آب‌های زیرزمینی و نفوذپذیری زمین ضروری می‌باشد. در برنامه‌ریزی‌های مربوط به استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده نوع مصرف، تعیین کننده میزان تصفیه، کیفیت آب تولیده شده و روش توزیع و مصرف آن می‌باشد. از فاضلاب تصفیه شده به سه صورت استفاده می شود: ۱-آبیاری محصولات غیر غذایی شامل: الف) محصولات فیبری و علوفه‌ای، ب) نهالستان‌ها، ج) مراتع. ۲- آبیاری محصولاتی که قبل از مصرف در صنایع غذایی مراحلی را طی می‌کنند. ۳- آبیاری محصولات غذایی: در این حالت فاضلاب تصفیه شده با بالاترین کیفیت مورد استفاده قرار می‌گیرد. مثلا آبیاری سبزیجات. آب بازیافتی تصفیه شده در تولید محصولات زراعی، به ویژه برای محصولات علوفه‌ای، آبیاری مناظر شهری، فعالیت‌های تفریحی و زیست‌محیطی، صنعت و تغذیه آب‌خوان برای افزایش ذخایر آب استراتژیک در کشورهای کم آب را

دارد. به این ترتیب، می‌شود آب شیرین گران‌بهایی را که می‌توان برای مقاصد دیگر مورد استفاده قرار داد، ذخیره نمود. به طور برجسته، کاربردهای آب شیرین برای بخش‌های صنعتی و کشاورزی به ترتیب ۲۰٪ و ۶۷٪ را به خود اختصاص می دهند که باعث کاهش منابع آب شیرین می‌شود. استفاده از آب بازیافتی در کشاورزی می‌تواند فشار بر آب شیرین را به میزان قابل توجهی کاهش دهد. با این حال، اگر کیفیت آب بازیافتی با استانداردهای بین المللی مطابقت نداشته باشد، ممکن است خطرات جدی برای سلامتی (بیماری) و آلودگی خاک (فلزات سنگین) ایجاد کند (Khan et.al, 2022). آبیاری فاضلاب شهری تصفیه شده برای کشاورزی می‌تواند به طور مستقیم در موارد خاص در کشورهای مختلف یا در ترکیب با آب شیرین اعمال شود.

جدول۱: جمعیت شناسی، سهم کشاورزی (GDP %)، استفاده از آب‌های زیرزمینی، و اطلاعات منابع آب غیرمتعارف از برخی ازکشورهای نماینده خاورمیانه (Anonymous, 2016 and 2022)

کشور	جمعیت	مساحت	ارزش کشاورزی	مجموع آب برداشتی	تولید آب	فاضلاب تصفیه شده از آب غیر متعارف	استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده
واحد	نفر	(km^2)	% GDP	$10^6\ m^3/year$		($10^6\ m^3/year$)	
بحرین	۱۵۶۹۴۳۹	۷۸۷	۰/۳	۴/۳۵۷	۴۴/۹	۶۱/۹	۱۶/۳
مصر	۹۸۴۲۳۵۹۵	۱۱۰۰۱۴۵۰	۱۱/۲	۷۸	۷۰۷۸	۴۰۱۳	۱۳۰۰
اردن	۹۹۵۶۰۱۱	۸۹۳۲۰	۵/۶	۹۴۰/۹	-	۱۰۷/۴	۸۳/۵
کویت	۴۱۳۷۳۰۹	۱۷۸۲۰	۰/۵	۹۱۳/۲	۲۴۴	۲۵۰	۷۸
عمان	۴۸۲۹۴۸۳	۳۰۹۵۰۰	۲/۲	۱۳۲۱	۹۰	۳۷	۳۷
قطر	۱۵۶۹۴۳۹	۱۱۶۱۰	۰/۲	۴۴۴	۵۵	۵۸	۴۳
عربستان	۳۳۶۹۹۴۷	۲۱۴۹۶۹۰	۲/۲	۲۳/۶۶۶	۲۰/۸۲۶	۵۴۷/۵	۱۶۶
امارات	۹۶۳۰۹۵۹	۸۳۶۰۰	۰/۷	۳۹۹۸	۵۰۰	۲۸۹	۲۴۸
لبنان	۶۸۴۸۹۲۵	۱۰۴۵۰	۲/۹	۱۳۱۰	۳۱۰	۴	۲

پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب به دلیل دارا بودن عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان از قبیل نیتروژن، فسفر و مواد آلی می‌توانند سبب بهبود برخی از خصوصیات خاک شده و رشد گیاهان و عملکرد آن‌ها را افزایش دهد. کاربرد پساب در آبیاری، همچنین مزایای دیگری مانند کاهش مصرف کودهای شیمیایی، کاهش بار آلودگی محیط زیست، کاهش فشار بر منابع آب موجود و تقویت این منابع، کاهش هزینه آب کشاورزی و فضای سبز را به همراه دارد که هر یک به نوبه خود بسیار حائز اهمیت می‌باشد. علی‌رغم مزایای زیادی که این روش دارد، استفاده پساب‌ها در آبیاری اراضی کشاورزی و فضای

سبز به خصوص در طولانی مدت و در صورت عدم مدیریت صحیح می‌تواند با معایبی توأم باشد عدم توازن در عرضه و تقاضای پساب، تخریب ساختمان خاک، کاهش نفوذپذیری خاک، شورشدن خاک، تغییر pH و قلیائیت خاک، تجمع و فراهمی عناصر سنگین از قبیل نیکل، کادمیم و کرم در خاک، آلودگی منابع آب زیرزمینی در سطح وسیع به ترکیباتی نظیر نیترات، مخاطرات بهداشتی مربوط به پراکنش عوامل بیماری‌زا و شیوع بیماری‌ها، ایجاد اشکال در سیستم‌های آبیاری تحت فشار، توسعه بیماری‌های گیاهی، ایجاد بو و امکان تکثیر حشرات و گسترش آن‌ها از جمله مسائلی هستند که در اثر کاربرد پساب بدون مدیریت و یا کاربرد پساب تصفیه نشده و یا با تصفیه نامتناسب با کاربرد در نقاط مختلف دنیا تحقیق و تجربه شده‌اند. گفتنی است که به طورکلی با توجه به عوامل متعدد تأثیرگذار بر اثرات نهایی استفاده از پساب در امر آبیاری و با توجه به پیچیدگی‌های موضوع از جنبه‌های مختلف، چنین کاربردهایی نیاز به برنامه‌ریزی دقیق و جامع و اعمال مدیریت صحیح دارد، درغیر این صورت اثرات سوء زیست محیطی غیر قابل جبرانی را در طولانی مدت در بر خواهد داشت.

جدول ۲: رویکردهای مدیریتی پایدار برای سیستم‌های تصفیه فاضلاب (Khan et al., 2022)

تصفیه طبیعی و اقتصاد سبز	در سیستم جامعه طبیعی و بیولوژیکی، زباله‌ها توسط انسان، موجودات زنده گیاهی و موجودات تولید می‌شوند. اغلب، تالاب‌های آب شیرین و آب‌های مختلف در نهرها و رودخانه‌هایی که از میان طبیعت می‌گذرند، کیفیت آب فوق‌العاده‌ای دارند، درحالی‌که از طریق فرآیندهای طبیعی آب را تصفیه می‌کنند. این مکانیسم تصفیه طبیعی ممکن است یک سیستم مدیریت پایدار برای تصفیه فاضلاب و آب‌های غیرمتعارف ارائه دهد. استفاده مستقیم از فاضلاب خانگی و آب‌های غیرمتعارف بیش از حد ممکن است برای محیط زیست مضر باشد. زیرا نیترات‌ها و فسفات ممکن است آلاینده‌های انباشته شده‌ای باشند که اکوسیستم آن‌ها را جذب نمی‌کند. مدیریت این منابع فاضلاب ممکن است اثرات جدی را برطرف کند و همچنین ممکن است اقتصاد سبز را برای یک محیط سبز پایدار تقویت کند.
انتخاب و تنوع محصول	مدیریت مواد مغذی و جامعه کشاورز ممکن است از استفاده نامتوازن از فاضلاب برای کشاورزی فرار کنند، درحالی‌که انتخاب محصول همچنین ممکن است به جلوگیری از خطرات مختلف کمک کند و ممکن است از گنجاندن مواد مغذی ضروری مانند N و P برای سبزیجات برگ‌دار استفاده کند. علاوه بر این برخی گیاهان علوفه‌ای مانند یونجه پاسخ مناسبی در برابر تغذیه از مواد مغذی در فاضلاب‌ها از خود نشان داده‌اند.
اصلاحات خاک	گزینه‌های مخلوط خاک نه تنها برای تامین این مواد مغذی ضروری کافی نیست، بلکه به نوع محصول، نوع خاک رس محلی و شرایط محل نیز بستگی دارد. به عنوان مثال، خاک رس با بافت متوسط یا ریز می‌تواند محتویات نیتروژن بیش‌تری را نسبت به خاک‌های شنی در خود نگه دارد. بنابراین، توصیه می‌شود پساب کم‌تری آزاد شود، زیرا ممکن است از طریق خاک رس شنی عبورکند و باعث آلودگی جدی آب‌های زیرزمینی شود. از این رو، به ویژه برای اعماق کم و آبی که به عنوان منبع آشامیدنی برای انسان و حیوانات استفاده می‌شود، نظارت مستمر لازم است.
آگاهی عمومی	مردم کشورهای در حال توسعه از اثرات مضر فاضلاب بر سلامت خود بی اطلاع هستند. بسیاری از کشاورزان نیز در مورد اقدامات بهداشتی مناسب مواد غذایی آگاهی ندارند. از این‌رو برنامه‌های آگاهی بخشی مربوط به انواع پساب‌ها و احیای آن‌ها می‌تواند مشکلات بهداشتی را حل کند. به طور مشابه، باید برنامه‌های بازرسی و صدور گواهینامه ایمنی مصرف‌کننده را در مورد سبزیجات و سایر محصولات ارتقاء دهد.
ترویج برنامه های تحقیقاتی و توسعه‌ای	اگر کشاورزان اطلاعات بیش‌تری در مورد سطوح مواد مغذی در آب، در دسترس بودن مواد مغذی در خاک و نیازهای محصول داشته باشند، بهتر می‌توانند از مواد مغذی موجود در فاضلاب استفاده کنند. در این راستا، محققان و مؤسسات عمومی ممکن است با ارائه داده‌هایی در مورد وضعیت فعلی و کاربرد آب بازیافتی، به حل چالش‌ها و ارائه فرصت‌ها کمک کنند. از این‌رو، مردم ممکن است با استفاده از فاضلاب در کشاورزی از مزایای بیش‌تری برخوردار شوند. داده‌های مربوط به کیفیت فاضلاب و توزیع جغرافیایی آن ممکن است به طراحی سیاست‌های مربوط به آب بازیافتی برای بهبود کیفیت آن و سلامت انسان کمک کند.

نتیجه‌گیری

با توجه به کمبود منابع آب شیرین، یکی از راه‌کارهای اساسی جهت تأمین منابع آب کشاورزی، کاربرد آب‌های نامتعارف، شامل زهاب کشاورزی، منابع آب شور و پساب‌ها است. مدیریت حجم و کیفیت تخلیهٔ زهاب‌های خروجی از اهمیت بسیار زیادی در تخفیف پیامدهای زیست‌محیطی زهکشی برخوردار است. روند نزولی کمی و کیفی آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک از یک طرف و مستعد بودن اراضی کشاورزی از طرف دیگر می‌طلبد تا کاربرد روش‌های مدیریتی برای حصول عملکرد مطلوب، در ضمن پایداری کشاورزی مورد ارزیابی قرار گیرند. با کاربرد منطقی از آب‌های نامتعارف به‌عنوان یک منبع آب آبیاری ضمن افزایش تولیدات کشاورزی، می‌توان از رقابت موجود برای آب‌های متعارف نیز کاست. در مناطقی که با کمبود آب آبیاری مواجه هستند، استفاده از زهاب برای تکمیل منابع آب از اهمیت خاصی برخوردار است. امروزه آب‌های کشاورزی بدون استفاده مجدد به اکوسیستم‌های آبی تخلیه می‌شوند که از منابع اصلی آلودگی مخازن سدها، رودخانه‌ها و تالاب‌ها می‌باشد. انواع کودهای شیمیایی (ازت، فسفر، پتاس). و کودهای تقویتی، ریز مغذی‌ها و وجود عناصر آهن، مس و روی در محصولات کشاورزی به طور کامل جذب نمی‌شود و مقداری به همراه آب دفع می‌گردد و زهاب کشاورزی را تشکیل می‌دهد. از نظر شیمیایی می‌توان از پساب تصفیه شده فاضلاب در کشاورزی و آبیاری استفاده نمود اما برای بهره‌بری مناسب از پساب برای مصارف گوناگون باید تمام جوانب آن در نظر گرفته شود. لزوم حفاظت از محیط زیست، اصل غیرقابل تردیدی است که در جهان امروز مورد پذیرش عام بوده و این ضرورت به موازات رشد صنایع و تکنولوژی و به دنبال آن بروز آلودگی‌ها اهمیت بیش‌تری پیدا کرده است. رشد ناموزون صنایع کشور در سال‌های اخیر و ادامه روند فعلی، اکوسیستم‌های محیط زیست را تحت تاثیر قرار داده و می‌دهد. لذا نگاهی چندبعدی و جلوگیری از فعالیت‌های اقتصادی که برمبنای بهره‌کشی مطلق از طبیعت شکل گرفته‌اند و هدایت فعالیت‌های صنعتی به‌گونه‌ای که کم‌ترین آسیب و زیان را بر محیط زیست داشته باشد، ضرورت دارد. اما سیاست‌های کنترل و جلوگیری از آلودگی زمانی می‌تواند موثر واقع شود که کارخانه‌ها و شرکت‌ها این سیاست‌ها را در برنامه‌های خود پیاده‌سازی کنند. در انتها توصیه‌هایی برای دستیابی به استراتژی‌های توسعه منابع آب نامتعارف ارایه شده است: ۱- بررسی ویژه تمامی مناطق کشور از نظر منابع آب نامتعارف و ارزیابی پتانسیل افزایش منابع فعلی آب با منابع آب غیرمتعارف در مناطق کم‌آب کشور. ۲- اولویت قرار دادن استفاده از منابع آب نامتعارف در برنامه‌ها، سیاست‌ها و مدیریت منابع آب و حوضه‌های رودخانه‌ای و ارائه برنامه‌های عملیاتی و حمایتی برای استفاده از ظرفیت این منابع. ۳- استخراج تجربیات کشورهای پیشرو در زمینه استفاده از منابع آب نامتعارف و جاری‌سازی و بومی‌سازی این تجربیات در استفاده از منابع آب نامتعارف. ۴- تخصیص بودجه علمی برای مطالعات عمیق در زمینه منابع آب نامتعارف بالقوه در مناطق کم‌آب و استفاده از ظرفیت ارزشمند موسسات

تحقیقاتی و متخصصان برای یافتن راه‌حل‌های فناوری مبتنی بر تحقیق برای تبدیل منابع آب نامتعارف به دارایی‌های اقتصادی و توسعه مدل‌های ارزیابی منابع و ریسک و بررسی پیامدهای زیست‌محیطی استفاده از انواع مختلف منابع آب نامتعارف. ۵- تقویت و همکاری نهادی برای جلوگیری از رویکردهای پراکنده و روشن کردن نقش‌ها و مسوولیت‌ها در مطالعه، امکان‌سنجی و اجرای پروژه‌های مرتبط با منابع آب نامتعارف. ۶- تقویت ظرفیت منابع انسانی ماهر برای ارزیابی و استفاده از برخی از منابع آب نامتعارف و آموزش جنبه‌های زیست‌محیطی، اکوسیستم و اقتصادی آن‌ها. ۷- تشویق بخش خصوصی به سرمایه‌گذاری در پروژه‌های بهره‌برداری پایدار از منابع آب نامتعارف. ۸- جلب مشارکت جوامع هدف برای تقویت مداخلات محلی و استفاده از ظرفیت جوامع محلی و دانش بومی. ۹- استفاده از ظرفیت منابع آب نامتعارف در برنامه‌های سازگاری با کم‌آبی و توسعه انعطاف‌پذیری جوامع کم‌آب در برابر تغییر اقلیم. ۱۰- دانش‌افزایی، آموزش و ظرفیت‌سازی در تمام سطوح محلی، ملی و اجرایی برای استفاده از ظرفیت این منابع.

منابع

بهادرخواه، ف. و کاظمینی، ع. ر. (۱۳۹۳). اثر شوری و روش کاشت بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن دانه دو رقم گلرنگ (*Carthamustinctorius* L.) بهاره. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، دوره ۱۲، شماره ۲، ص ۲۶۴-۲۷۲.

جمالی، ص.، شریفان، ح.، هزار جریبی، ا. و سپهوند، ن .ع. (۱۳۹۵). بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری بر جوانه‌زنی و شاخص‌های رشد دو رقم گیاه کینوا. نشریه حفاظت منابع آب و خاک (علمی – پژوهشی)، دوره ۶، شماره ۱، ص ۹۸-۸۷.

گلابی، م.، الباجی، م. و ناصری، ع. ع. (۱۳۹۲). امکان‌سنجی کاربرد زهاب شبکه‌های آبیاری و زهکشی تحت پوشش شرکت بهره‌برداری کرخه و شاوور با استفاده از مدل مدیریتی SALTMED. پژوهش آب ایران، دوره ۷، شماره ۱، ص ۱۱۹-۱۱۱.

Abdel-Gawad, S. T., Abdel-Khalek, M. A. and Boels, D. (1991). Analysis of water management in the eastern Nile Delta: final report reuse model. Cairo, Egypt, and Wageningen, The Netherlands. Drainage Research Institute and DLO-Winand Staring Centre. Reuse of Drainage Water Project Report, 245p.

Anonymous. (2022). Data for Saudi Arabia, United Arab Emirates, Kuwait, Bahrain, Oman, Qatar, Jordan, Egypt, Arab Rep., Lebanon.

Anonymous. (2016). Food and Agriculture Organization—AQUASTAT Food and Agriculture Organization of the United Nations; FAO: Rome, Italy.

Barnes, J. (2014). Mixing waters: The reuse of agricultural drainage water in Egypt. Geoforum, 57, pp: 181-191.

Hussain, M. I., Muscolo, A., Farooq, M. and Ahmad, W. (2019). Sustainable use and management of non-conventional water resources for rehabilitation of marginal lands in arid and semiarid environments. Agricultural Water Management, 221, pp: 462-476.

Khan, M.M., Siddiqi, S.A., Farooque, A.A., Iqbal, Q., Shahid, S.A., Akram, M.T., Rahman, S., Al-Busaidi, W. and Khan, I. (2022). Towards Sustainable Application of Wastewater in Agriculture: A Review on Reusability and Risk Assessment. Agronomy, 12 (6), pp: 1397.

Qureshi, A.S. **(2020).** Challenges and Prospects of Using Treated Wastewater to Manage Water Scarcity Crises in the Gulf Cooperation Council (GCC) Countries. Water, 12 (7), pp: 1971.

Razzaghi, F., Ahmadi, S.H., Adolf, V.I., Jensen, C., Jacobsen, S.E. and Andersen, M. (2011). Water relations and transpiration of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*.) under salinity and soil drying. Journal of agronomy and crop science, 197 (5), pp: 348-360.

Ritzema, H.P. and Braun, H.M.H. (2006). Environmental impact of drainage. In: Ritzema, H.P. (Ed.), Drainage Principles and Applications, 16, 3rd edition. ILRI Publication, Alterra-ILRI, Wageningen, pp: 1041–1064.

Ritzema, H.P. and Stuyt, L.C.P.M. (2015). Land drainage strategies to cope with climate change in the Netherlands. Acta Agriculture Scandinavia, Section B—Soil & Plant Science, 65, pp: 80- 92.

Ritzema, H.P. (2016). Drain for Gain: Managing salinity in irrigated lands—a review. Agricultural Water Management, 176, pp: 18-28.

Snellen, W.B. (1997). Towards integration of irrigation and drainage management: information on symposium background, objectives and procedures. In W.B. Snellen, ed. "Towards integration of irrigation and drainage management" Proceedings of the Jubilee Symposium. Wageningen, The Netherlands, ILRI.

Weiss, E.B. (1992). United Nations Conference on Environment and Development. International Legal Materials, 31(4), pp: 814-817.

The use of non-conventional waters, including sewage and treated wastewater, in the agricultural sector

Hamed Poursamsam[1*], Behrouz Ghamarzadeh[2]

1) Irrigation Expert, Agricultural Jahad Management, Dezful, Khuzestan, Iran
2) Senior Expert in Agricultural Promotion end Education, Agricultural Jahad Management, Dezful, Khuzestan, Iran

***Correspondence author:** Hamed_poorsamsam@yahoo.com

Received Data: 2023. 07. 18 **Accepted Data: 2023. 10.11**

Abstract

The lack of fresh water sources as well as the decrease in the quality of water in the agricultural sector has necessitated the need to find new sources for use in irrigation. In this regard, using unconventional waters is one of the upcoming options. Reusing the drainage of agricultural lands as an accessible non-conventional water source is one of the ways to solve the shortage of water resources. Unconventional water resources have the potential to increase available water resources and reduce the gap between the availability and demand of fresh water in the future in water-scarce countries. Utilizing the capacity of non-conventional water resources is an example of moving towards efficient and sustainable water management solutions, which is expected to change water management and gradually shift reliance in water-scarce areas from conventional to non-conventional sources. Considering the importance of the subject, in this research, the use of unconventional waters, including drainage and treated wastewater, in the agricultural sector has been investigated by introducing the situation of drainage in Khuzestan province.

Keywords: unconventional waters, drainage, Khuzestan.