ارزیابی اثرات زهکشی اراضی کشاورزی استان گلستان مبتنی بر استفاده مجدد از زه‌آب کشاورزی

مهدی مردانی فر[۱]، محمود انصار[۲]، مرضیه پروار[۳]، علیرضا دنیایی[۴*] ، سیدعرفان حسینی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۰۲

چکیده:

حفظ منابع آب و خاک در کشور ایران از مهم‌ترین مسایل در بخش آب و کشاورزی و امنیت غذایی محسوب می‌گردد. در این پژوهش نتایج حاصل از اجرای آزمایشی طرح زهکشی زیرزمینی در اراضی روستای کریم آباد شهرستان گرگان (ایران) مورد بررسی قرار گرفته است. این پروژه به مساحت ۱۰۰ هکتار به‌صورت زهکشی زیرزمینی با لوله‌های PVC به قطر ۱۰۰ میلی‌متر و با فواصل ۵۰ متر برای زهکش‌های فرعی و قطر ۲۰۰ میلی‌متر برای زهکش‌های جمع‌کننده با اتصال از طریق منهول‌های بتنی به قطر داخلی ۸۰۰ میلی‌متر در اراضی مذکور اجرا شده است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که عملکرد محصول گندم، شالی، پنبه و کلزا پس از اجرای طرح به ترتیب ۱۲٪، ۳۶٪، ۲۸٪ و ۳۹٪ رشد داشته‌اند. علاوه بر آن، با اجرای این طرح با از بین رفتن شرایط ماندآب در اراضی کشاورزی، امکان کشت دوم برای کشاورزان فراهم می‌شود. هم‌چنین اجرای زهکشی زیرزمینی منجر به افزایش کیفیت زه‌آب خروجی شده است که متعاقباً امکان استفاده مجدد از زه‌آب‌های آبیاری و کاهش استفاده از منابع آب‌های زیرزمینی و چاه‌های موجود را فراهم می‌کند، که این مهم در کاهش تنش آبی نیز بسیار موثر خواهد بود.

واژگان کلیدی: زهکشی زیرسطحی، زه‌آب، آب‌های زیرزمینی، کشت دوم، استفاده مجدد از زه‌آب.

۱-کارشناس ارشد سازه های هیدرولیکی، مهندسین مشاور برگاب، Mardanifar.mehdi@gmail.com

۲- کارشناس ارشد مهندسی و مدیریت ساخت، مهندسین مشاور برگاب، Mahmoud_Ansar@yahoo.com

۳-کارشناس ارشد هیدروژئولوژی، مهندسین مشاور برگاب، Setyaparvar@gmail.com

۴- دکتری مهندسی عمران، کارشناس حفاظت و بهره¬برداری شرکت آب منطقه¬ای گلستان، گرگان، ایران.(مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: ar.donya@gmail.com)

۵- استادیار گروه مهندسی عمران، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران SE.Hosseini@iau.ac.ir

مقدمه

آب و خاک از مهم‌ترین منابع طبیعی می‌باشند که در تأمین غذای جامعه بشری نقش اساسی ایفا می‌کنند. رشد روزافزون جمعیت جهان سبب شده است تا به مقدار قابل‌توجهی به وسعت اراضی فاریاب دنیا افزوده شود (۲۱). احداث شبکه‌های اصلی و فرعی آبیاری، همان‌طور که موجب تغذیه منابع خاک و گیاه می‌شوند، با آبیاری مزارع موجب بالا آمدن سطح آب سفره‌های زیرزمینی شده و امر تهویه در محدوده ریشه گیاه را با مشکل مواجه می‌سازند و هم‌چنین تجمع این آب و املاح همراه آن در خاک، باعث ایجاد شوری در خاک می‌گردد (۱۲). مدیریت نامطلوب آبیاری توأم با زهکشی نامناسب، اراضی زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک را با خطرات ماندابی و شور شدن تدریجی و در نهایت از بین رفتن منابع خاک روبرو نموده است. کاهش کمی و کیفی منابع آبی، به‌طور طبیعی منجر به کاهش کیفیت خاک‌های زراعی می‌شود. با توجه به سختی بالای آب آبیاری و محتوای بالای املاح بی‌کربنات کلسیم و کربنات در اکثر مناطق کم‌آب، در اثر آبیاری بی‌رویه، نمک‌های موجود در خاک و آب در اثر پدیده موئینگی در سطح خاک جمع شده و معضل شوره‌زایی و سفت شدن خاک را ایجاد می‌کند. شوری آب، علاوه بر محدود کردن رشد گیاه، سبب کاهش خلل و فرج خاک نیز می‌شود که در نتیجه جذب مواد غذایی مورد نیاز گیاه توسط ریشه، با مشکل مواجه می‌شود (۲۰). تقریباً نیمی از سطح زمین‌های آبیاری شده به‌طور جدی تحت تأثیر شوری و یا شوری ثانویه قرار دارند (۱۴). غرقابی شدن در مناطقی با بارندگی زیاد و یا زهکش ضعیف در سراسر دنیا محدودیت‌های قابل توجهی برای تولید غلات ایجاد می‌کند. بهبود تحمل گیاه در برابر غرقابی شدن، اقتصادی‌ترین راه برای حل این مشکل است. در حال حاضر طیف وسیعی از راه‌حل‌های زراعی و مهندسی توسط تولیدکنندگان غلات برای کاهش تلفات ناشی از غرقابی شدن استفاده می‌شود. یکی از این روش‌ها، استفاده از سیستم‌های زهکشی است(۲۲). حذف آب اضافی از سطح زمین یا از محدوده ریشه، زهکشی نامیده می‌شود (۵). سیستم زهکشی یکی از بهترین روش‌ها به‌منظور بهبود خاک‌های شور و آب ناشی از بالاآمدن سطح آب زیرزمینی محسوب می‌شود (۲۳). سیستم‌های تخلیه زیرسطحی آب زیرزمینی اضافی را در زیر سطح زمین حذف می‌کنند(۲). در کشاورزی هدف از زهکشی، فراهم کردن محیطی مناسب برای رشد ریشه گیاه (از نظر تهویه و شوری) است. کنترل و جلوگیری از شور شدن زمین، کنترل و جلوگیری از ماندابی شدن، کنترل فرسایش، کنترل سیل، حفاظت محیط زیست، سلامت عمومی و بهداشت، جلوگیری از راکد شدن آب و ایجاد بوی تعفن و نامطبوع در محیط مزرعه، به زیر کشت بردن اراضی جدید، زودتر گرم شدن خاک در فصل بهار، شروع زودتر عملیات کشاورزی، کیفیت و کمیت بهتر محصولات، حفاظت از ابنیه و تأسیسات عمومی و توسعه روستایی و امنیت غذایی از جمله مزایای مهم اجرای طرح زهکشی است. زهکشی زیرسطحی در مقایسه با زهکشی سطحی، جریان آب از داخل خاک را افزایش داده و مقدار حداکثر رواناب سطحی را کاهش می‌دهد (۲۹).

سیستم‌های زهکشی زیرزمینی نقش مهمی در انتقال مواد شیمیایی محلول کشاورزی مانند نیترات دارند (۱۸). در نقاط مختلف دنیا احداث سیستم‌های زهکشی سبب افزایش محصول و بهبود بافت خاک شده است. آیارز و همکاران مطالعاتی در خصوص بررسی امکان استفاده از زهکشی کنترل‌شده و کاهش حجم زه‌آب خروجی و ضریب زهکشی در مناطق خشک و نیمه‌خشک انجام داده‌اند، نتایج این مطالعات نشان داد که زهکشی کنترل شده نقش مهمی در مدیریت سطح ایستابی خاک، کاهش حجم زه‌آب خروجی و حفظ محیط زیست خواهد داشت (۴). نتایج بررسی‌های انجام شده توسط ریتزما و همکاران در کشور هلند نشان می‌دهد که پس از اجرای سیستم زهکشی عملکرد برنج ۶۹ درصد، پنبه ۶۴ درصد، نیشکر ۵۴ درصد و گندم ۱۳۶ درصد افزایش یافته است (۲۶). نتایج تحقیقات راهجا و همکاران در ایالت هاریانا هند نشان داد که، غرقابی شدن ناشی از آبیاری و شور شدن خاک یکی از مشکلات جدی در اثر آبیاری در این منطقه است. در ایالت هاریانا هند به دلیل آسیب دیدن زهکش طبیعی با مشکلات همراه بوده است. در این ایالت برای افزایش بهره‌وری محصول و بازیابی اراضی شورآب از سیستم زهکشی زیرسطحی استفاده شده است. بر این اساس این فناوری مقدار محصولات به میزان قابل توجهی (۵۰ تا ۱۱۰ درصد) و درآمد کشاورزان را به دو برابر افزایش داده است (۲۵). بر اساس مطالعات یونسکو در سطح جهانی به‌طور میانگین تنها ۴۵ درصد از آب مصرفی کشاورزی به‌صورت مؤثر توسط گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرد. تلاش‌های فراوانی نیز که در چند دهه گذشته در زمینه افزایش کارآیی مصرف آب صورت گرفته، نتوانسته منجر به کاهشی چشم‌گیر در مصرف آب کشاورزی گردد. ایران با مصرف بیش از ۷۴ درصد منابع آب خود (که بیش از ۹۰ درصد آن سهم بخش کشاورزی است)، عملاً وارد بحران آب گردیده است. بنابراین کاهش حجم زه‌آب، حفظ کیفیت و استفاده مجدد از آن از ضروریات توسعه کشاورزی ایران به شمار می‌آید (۱۶). هم‌چنین نتایج تحقیات بر روی پروژه زهکشی در منطقه خلبانان مصر نشان می‌دهد زهکشی زیرسطحی تأثیرات مثبتی در محیط آبیاری و زهکشی دارند(۱). بررسی‌ها در هند نشان داد که استفاده از زهکشی زیرسطحی تأثیر مثبتی بر کنترل شوری و غرقاب شدن زمین‌های کشاورزی دارد (۲۷).

آبیاری زمین‌های کشاورزی در تولید محصولات کشاورزی کمک شایانی می‌کند اما در بسیاری از مناطق جهان به دلیل وجود آب گرفتگی و ایجاد شوری خاک تحت تنش هستند. تلفات سالانه محصولات کشاورزی در اثر شوری خاک در سال ۲۰۱۹ حدود ۲۷ میلیارد دلار تخمین زده شده است. در کشور هند از روش زهکش سطحی، زهکش زیرسطحی و زهکش زیستی از طریق درختان با تراوش زیاد به‌طور گسترده‌ای برای کنترل و بهبود غرقاب و شوری خاک استفاده می‌شود. حدود ۶۲۰۰۰ هکتار خاک شور با استفاده از زهکشی زیرسطحی در هند با بهبود قابل توجه در شدت محصول و عملکرد، ارزش زمین و درآمد کشاورزان احیا شده است (۱۹).

اقلیم مناسب استان گلستان ایجاب می‌کند تا پس از کشت برنج، کشاورزان بتوانند اقدام به

کشت دوم همچون کشت دانه‌های روغنی از جمله کلزا کنند که این مهم در تأمین معیشت کشاورزان این منطقه و تولید محصولات کشاورزی نقش بسزایی خواهد داشت. برای استفاده بهینه از منابع موجود خاک، حفظ اراضی شالیزاری برای کشت برنج و جلوگیری از تغییر کاربری آن‌ها، باید به کشت دوم بعد از برداشت برنج روی آورد تا به‌عنوان یکی از روش‌های افزایش درآمد مورد توجه قرار گرفته و ضمن ایجاد اشتغال، افزایش تولید و پایداری اراضی شالیزاری را موجب شد (۲۴). در استان گلستان اراضی شالیزاری به دلیل توپوگرافی نسبتاً مسطح، الگوی غرقابی کشت، بارندگی دوره‌ای زیاد و عمدتاً شدید در ماه‌های مرطوب، سنگینی بافت خاک و هم‌چنین عدم توانایی زهکش‌های موجود در تخلیه زه‌آب‌ها، عمدتاً زیر آب قرار دارند و درجه اشباع خاک بالا می‌باشد هم‌چنین عمده اراضی شالیزاری تنها یک بار در سال به زیر کشت می‌روند و بسیاری از اراضی در نیمه دوم سال، بدون استفاده می‌مانند (۱۰). یک تحلیل اقتصادی نشان داد که هزینه نصب سیستم‌های زهکشی زیرسطحی به راحتی با افزایش سالانه عملکرد برنج و کلزا توجیه می‌شود. بر این اساس، زهکشی زیرسطحی منجر به افزایش عملکرد محصول و شدت محصول در منطقه مورد مطالعه می‌شود (۹). علیرغم اختصاص بخش وسیعی از اراضی حاصل‌خیز استان گلستان به کشت برنج و اهمیت این محصول به‌عنوان دومین منبع غذایی مردم ایران پس از گندم، عدم سرمایه‌گذاری کافی در گذشته و فراهم نکردن زیرساخت‌های مناسب سبب شد که نه تنها بهره‌وری این اراضی افزایش نیابد، بلکه به‌دلایل مختلف بخشی از شالیزارها از حیز انتفاع ساقط شده و دچار تغییر کاربری شوند. با این وجود، به‌منظور بهبود بهره‌وری این اراضی و فراهم نمودن شرایط مناسب برای کشت زمستانه و در سطح کلان، افزایش سطح رفاه و امنیت غذایی، طی دهه‌های اخیر طرح-های تجهیز و نوسازی در بخش وسیعی از شالیزارهای شمال ایران اجرا شده است. با توجه به ناکافی بودن این طرح‌ها برای برقراری شرایط مناسب برای کشت زمستانه در اراضی شالیزاری، نصب سیستم‌های زهکشی زیرسطحی به عنوان مهم‌ترین راهکار مدیریت آب برای برقراری شرایط تنوع کاربری در این اراضی مورد توجه قرار گرفت است (۷).

تحقیقات متعدد نشان داده است که بهبود وضعیت زهکشی شالیزارها نه تنها برای فراهم کردن شرایط کشت در فصول بارندگی ضروری است، بلکه با بهبود سرعت خشک شدن خاک در برخی از مراحل رشد برنج، باعث افزایش ریشه‌دهی و کاهش پنجه‌دهی غیرمثمر و دفع مواد سمی از ناحیه ریشه و در نهایت افزایش تولید این محصول می‌شود (۶).

در ایران، مانند سایر نقاط جهان، زمین و آب برای تولید محصولات کشاورزی تحت فشار قرار دارند. ادغام مدیریت آبیاری و زهکشی ممکن است به تداوم کشاورزی در مزارع شالیزاری کمک کند. به‌طور کلی، می‌توان نتیجه گرفت که زهکشی زیرزمینی مدیریت شده می‌تواند بهره‌وری آب و عملکرد محصول را در مزارع شالیزار با زهکشی ضعیف افزایش دهد، و در عین حال اثرات منفی زیست محیطی، به ویژه کاهش نمک و بار مواد مغذی در پساب زهکشی را کاهش یا به حداقل

برساند. بر اساس نتایج، زهکشی سطحی کم عمق همراه با مدیریت آبیاری و زهکشی مناسب می‌تواند تولید پایدار کشاورزی را در شمال ایران امکان پذیر کند (۸). در روش‌های قدیمی‌تر که در نقاط مختلف ایران صورت گرفته است، زهکشی کنترل شده با استفاده از ایجاد صفحه در داخل منهول‌ها و کنترل سطح تراز آب در آن‌ها و به تبع آن در اراضی انجام می‌شده و استفاده مجدد از زه‌آب‌ها نیز از طریق ذخیره آب در آب‌بندآن‌ها و سدهای مخزنی و سپس انتقال به محل مصرف بوده است اما در روش ارائه شده در این پژوهش، استفاده مجدد از زه‌آب‌ها بلافاصله بعد از زهکشی و ورود آب به منهول‌ها انجام شده است؛ که این موضوع دال بر نوآوری پژوهش حاضر می‌باشد.

مواد و روش ها

*** ویژگی های محدوده مورد مطالعه**

طرح زهکشی اراضی جنوب استان گلستان (ایران)، به مساحت ۷۵۰۰۰ هکتار در سال ۱۳۹۶ با هدف اصلاح خاک، افزایش بهره-برداری از خاک و استفاده مجدد از زه‌آب در دستور کار مدیریت آب و خاک و امورفنی مهندسی سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان قرار گرفت. پس از انجام مطالعات و طراحی، آسیب‌شناسی اجتماعی کار و معرفی زهکشی با هدف استفاده مجدد از زه‌آب‌های محدوده طرح انجام گرفت. این پژوهش به عنوان یک طرح آزمایشی در اراضی روستای کریم آباد شهرستان گرگان (ایران) به مساحت ۱۰۰ هکتار واقع در کیلومتر ۵ جاده گرگان – آق قلا انجام شد. موقعیت جغرافیایی منطقه در محدوده طول جغرافیایی ′۵۳ °۳۶ و عرض جغرافیایی′۲۴ °۵۴ قرار داشته و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۰- متر است (۱۱). منطقه دارای اقلیم نسبتا گرم و نیمه‌مرطوب (متمایل به آب و هوای مدیترانه‌ای) بوده و دارای متوسط بارندگی سالانه ۵۸۱/۵ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۷/۸ درجه سانتیگراد است (۱۳). پروژه زهکشی زیرزمینی اراضی مذکور از ابتدای مهرماه سال ۱۳۹۷ شروع و به مدت ۳ ماه تا پایان آذرماه سال ۱۳۹۷ به اتمام رسید. در اجرای طرح‌های پروژه‌های آبیاری و زهکشی که عموماً شامل طرح‌های شبکه فرعی است زهکش‌ها به دو دسته روباز و زیرزمینی تقسیم بندی می‌شوند. زهکش‌های روباز بر اساس درجه معمولاً به ۴ دسته و زهکش‌های زیرزمینی به دو دسته زهکش‌های فرعی زیرزمینی[۱] و زهکش‌های جمع‌کننده زیرزمینی[۲] تقسیم‌بندی می‌شوند. زهکش‌ها بر عکس کانال‌های آبیاری عمل تخلیه پساب‌ها را از زهکش‌های فرعی به زهکش‌های جمع‌کننده و نهایتاً آب را به زهکش اصلی منطقه (زهکش مامایی) هدایت کرده و آب اضافی را از محدوده طرح خارج می‌کنند. فاصله زهکش-های زیرزمینی ۵۰ متر، عمق نصب آن‌ها به-طور متوسط ۱/۲ متر، قطر داخلی زهکش‌های فرعی ۱۰۰ میلی‌متر، قطر زهکش‌های جمع-کننده ۲۰۰ میلی‌متر و ضریب زهکشی ۲/۵ میلی‌متر در روز می‌باشد. جنس لوله‌ها PVC مشبک و پوشش دور آن‌ها از نوع شن و ماسه است. لازم به توضیح است حفر ترانشه و لوله-گذاری زهکش‌های فرعی توسط دستگاه ترینچر انجام شده است.

---

[۱] - lateral pipes

[۲] - collector pipe

مراحل اجرایی و روش کار

*** حفر چاهک‌های مشاهده‌ای و اندازه‌گیری پارامترهای کیفی**

به منظور ارزیابی کیفیت زه‌آب، در طول دوره کشت در تعدادی از مقاطع، نمونه‌برداری انجام شد. نقاط نمونه‌برداری محل اتصال زهکش-های فرعی به زهکش اصلی بوده است (۱۷). در تحقیق حاضر جهت نمونه‌برداری از آب زیرسطحی تعداد ۳ حلقه چاهک مشاهده‌ای در طول مزرعه انتخاب گردید. به‌منظور بررسی تأثیر سیستم زهکشی بر کیفیت آب در منطقه مورد نظر، کیفیت آب به‌طور مداوم در چاه‌های نمونه‌برداری، اندازه‌گیری شد. از جمله پارامترهای اندازه‌گیری شده در محل نمونه-برداری می‌توان به هدایت الکتریکی (EC) و اسیدیته اشاره کرد. هدایت الکتریکی معیاری برای سنجش توانایی یک محلول برای انتقال الکتریسیته می‌باشد. این توانایی انتقال الکتریسیته تابعی از مقدار غلظت نمک‌های محلول در آب است. هدایت الکتریکی آب به دلیل داشتن رابطه مستقیم با کل مواد جامد محلول (TDS) در آب، یکی از مهم‌ترین خصوصیات شیمیایی آب می‌باشد (۲۸). جهت مطالعه هدایت الکتریکی منطقه مورد مطالعه، نمودار روند تغییرات هدایت الکتریکی منطقه بر اساس داده‌های اندازه‌گیری شده ترسیم شد. لازم به توضیح است با توجه به اینکه امکان نمونه‌برداری قبل از اجرای طرح وجود نداشته است؛ مقایسه میزان هدایت الکتریکی قبل از اجرای طرح و بعد از اجرای طرح انجام نگرفت. طبقه‌بندی آب‌ها از نظر کشاورزی بر مبنای دو پارامتر هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم (SAR) استوار است. نقاط حاصل از تقاطع این دو پارامتر در نمودار ویلکاکس بیانگر رده نمونه آب مورد نظر می‌باشد. طبقه‌بندی کیفیت آب برای استفاده در آبیاری توسط نمودار ویلکاکس بر مبنای نسبت جذبی سدیم و هدایت الکتریکی صورت می‌گیرد(۱۲). به-منظور بررسی کیفیت آب از نظر کشاورزی، نمودار ویلکاکس برای هر یک از چاه‌های نمونه برداری قبل و بعد از اجرای طرح زهکشی تهیه گردید.

*** عملیات کشاورزی**

در ابتدای کار، میزان برداشت محصولات کشاورزی اراضی مورد نظر در ۵ سال گذشته با همکاری مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان گرگان اخذ و ثبت گردید تا پس از اجرای طرح نتایج بدست آمده با سال‌های گذشته مقایسه گردد. لازم به توضیح است محدوده مورد مطالعه دارای کشت غالب شالی، پنبه، گندم و کلزا می‌باشد. در اواخر خرداد ماه سال ۱۳۹۸و پس از برداشت گندم، کشت شالی با روش آبیاری غرقابی در محدوده طرح شروع گردید. در محدوده طرح به مساحت ۱۳ هکتار از اراضی به عنوان مزرعه نمونه جهت ارزیابی میزان استفاده مجدد از زه‌آب‌ها انتخاب شد و برداشت زه‌آب از طریق ۵ منهول در طول مدت ۶۰ روز از ۹۰ روز دوره کشت شالی انجام گردید. با استفاده از نرم افزار NETWAT، نیاز آب ناخالص محصول شالی در استان گلستان با راندمان ۴۵ درصد حدود ۱۰۰۰۰ متر مکعب در هکتار در نظر گرفته شد. نتایج بررسی‌های میدانی نیز نشان داد که عدد در نظر گرفته شده نزدیک به میزان آب مورد استفاده شده توسط کشاورزان و استعلامی از جهاد کشاورزی استان گلستان

می‌باشد. پس از اجرای کامل طرح، عملکرد زهکش‌ها به‌طور مداوم مورد پایش قرار گرفت. بلافاصله بعد از اجرای طرح، زهکش‌ها عمل نموده و باعث خروج آب و املاح اضافی از اراضی کشاورزی گردید و زه‌آب‌ها از زهکش-های فرعی وارد منهول‌های بتنی و سپس به وسیله زهکش‌های اصلی به سمت خروجی طرح و زهکش روباز انتهای طرح تخلیه گردیدند. با این عمل در فصل زمستان در محدوده طرح، ماندابی شدن مشاهده نگردید در صورتی‌که در سال‌های گذشته آب ماندگی-ها همواره موجب بروز خسارت و عدم امکان کشت در این فصل بوده است.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از بررسی امکان کشت دوم و افزایش محصول از طریق زهکشی، خروج آب و املاح اضافی در فصول بارندگی

از آنجایی که نتایج تحقیقات اصغری و همکاران در یک مطالعه میدانی ۲ ساله (۲۰۱۶-۲۰۱۸) برای بررسی تأثیر سیستم‌های مختلف زهکشی در شمال ایران نشان داد که به‌طور کلی زهکشی زیرسطحی شاخص‌های عملکرد و رشد محصولات کشت دوم را در مناطق زهکشی شده نسبت به مناطق شاهد به میزان قابل توجهی بهبود می‌دهد (۳). در تحقیق حاضر نیز با توجه به خروج آب و املاح اضافی در فصل زمستان کیفیت خاک منطقه بهبود یافته و وجود تخلخل و هوای کافی در محدوده ریشه، موجب رشد بهتر محصولات گردید. اطلاعات حاصل از جدول یک نشان می‌دهد که در دوره کشت پس از اجرای طرح، میزان برداشت محصول گندم ۱۲ درصد، محصول شالی ۳۶ درصد، پنبه ۲۸ درصد و کلزا ۳۹ درصد رشد داشته‌اند. هم‌چنین مقایسه ماندابی شدن در اراضی زهکش شده نسبت به اراضی زهکش نشده، که در موقعیت یکسانی واقع شده است، بیانگر تاثیر مثبت سیستم زهکشی می‌باشد. (شکل ۱). این افزایش میزان محصول در محدوده مورد مطالعه بی‌سابقه بوده است و یکی از علل اصلی آن اجرای طرح زهکشی زیرزمینی، خروج آب، املاح اضافی، کودها و سموم شیمیایی و رفع ماندابی می‌باشد. لازم به توضیح است گندم و کلزا به عنوان کشت دوم در منطقه مورد مطالعه کشت می‌شود.

جدول ۱- مقایسه میزان برداشت محصولات کشاورزی قبل و بعد از اجرای طرح زهکشی

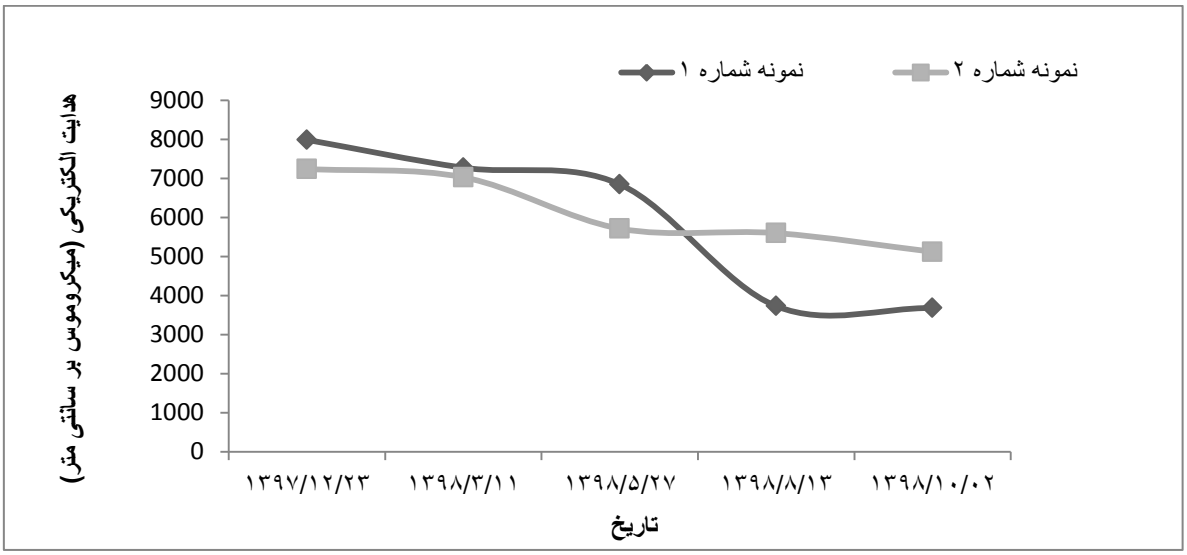
محصول	مساحت (هکتار)	برداشت قبل از اجرای طرح (تن در هکتار)	برداشت بعد از اجرای طرح (تن در هکتار)	درصد رشد
گندم	۴	۲/۵	۲/۸	۱۲
شالی	۴	۵	۶/۸	۳۶
پنبه	۲	۱/۸	۲/۳	۲۸
کلزا	۴	۱/۸	۲/۵	۳۹

الف) ایجاد ماندابی در اراضی زهکشی نشده ب) تأثیر مثبت زهکشی در جلوگیری از ماندابی شدن

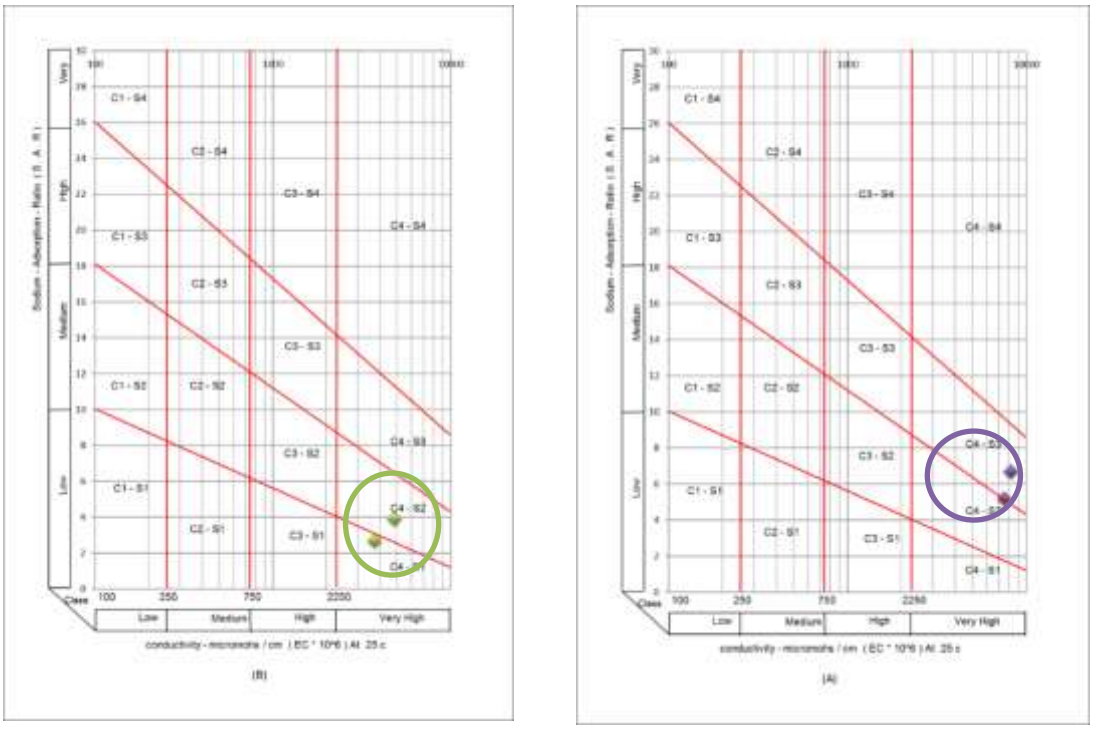
شکل ۱- مقایسه اراضی زهکشی شده و زهکشی نشده

نتایج حاصل از بررسی تأثیر مدیریت زهکشی بر شوری زه‌آب

روند تغییرات میانگین هدایت الکتریکی زه‌آب سیستم‌های مختلف زهکشی و مقایسه میانگین شوری زه‌آب زهکش‌ها با میانگین شوری در ابتدای اجرای طرح در شکل (۲) ارائه شده است. بین میانگین شوری زه‌آب درابتدای شروع اجرای طرح و میانگین شوری زه‌آب پس از گذشت چند ماه اختلاف معنی داری وجود دارد (شکل ۲). نتایج حاصل از بررسی روند تغییرات هدایت الکتریکی برای هر یک از چاه‌های نمونه‌برداری شده در محدوده طرح نشان می‌دهد که به‌طور کلی مقدار هدایت الکتریکی در طول عملکرد سیستم زهکشی کاهش یافته است. هم‌چنین نتایج بررسی کیفیت شیمیایی آب توسط نمودار ویلکاکس قبل از اجرای سیستم زهکشی نشان می‌دهد که نمونه‌ها در کلاس C۴-S۳ قرار داشته و پس از عملکرد سیستم زهکشی در طول یک سال در کلاس C۴-S۱ قرار گرفته است (شکل۳). با روند نشان داده شده می‌توان انتظار داشت با گذشت زمان و تاثیر بیشتر سیستم زهکشی کیفیت آب مطلوب‌تر شود.



شکل ۲- نمودار روند هدایت الکتریکی چاه‌های نمونه‌برداری شده



شکل۳ : الف) نمودار ویلکاکس چاه‌های نمونه‌برداری شده قبل از اجرای طرح زهکشی ب) نمودار ویلکاکس چاه‌های نمونه‌برداری شده بعد از اجرای طرح زهکشی

نتایج حاصل از بررسی تأثیر زهکشی زیرزمینی و استفاده مجدد از زه‌آب‌ها

تحت شرایط مطلوب بیش از ۸۰ درصد زه‌آب کشاورزی موجود قابلیت استفاده مجدد را داشته که دربرگیرنده بیش از ۴۰ درصد از نیاز آبیاری در طول فصول اصلی آبیاری می‌باشد (۱۵). میزان زه‌آب بدست آمده در محدوده طرح سالانه حدود ۴۰۰ هزار متر مکعب می‌باشد (جدول۲). در طول دوره کشت شالی میزان ۳۵۰۰۰ مترمکعب از زه‌آب خروجی از طریق ۵ منهول برای تکمیل آبیاری کشت شالی استفاده شد. با توجه به انتخاب ۱۳ هکتار از اراضی به عنوان مزرعه نمونه جهت ارزیابی میزان استفاده مجدد از زه‌آب و هم‌چنین نیاز آبی محصول شالی به میزان ۱۰۰۰۰ متر مکعب در هکتار می‌توان نتیجه گرفت که بیش از ۲۵ درصد از نیاز آبی محصول شالی با استفاده مجدد از زه‌آب زهکشی زیرزمینی تأمین شده است. که این امر می‌تواند کمک شایانی به صرفه‌جویی در استفاده از آب‌های زیرزمینی و حفظ آن به عنوان منابع ملی نماید.

جدول ۲- میزان خروجی زه‌آب از شبکه زهکشی کریم آباد (اعداد به هزار مترمکعب می‌باشد)

ماه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	جمع
زه‌آب (هزارمتر مکعب)	۵/۸	۱۰/۸	۳/۸	۱۴/۸	۹/۹	۳/۲	۱۰/۳	۶۹/۴	۷۷/۵	۷۷/۵	۷۷/۵	۳۸/۶	۴۰۰

نتیجه‌گیری

یکی از مهم‌ترین مسایل در بخش آب و کشاورزی و امنیت غذایی حفظ منابع آب و خاک‌می‌باشد. سیستم‌های زهکشی زیرسطحی با فراهم کردن شرایط کشت در فصول بارندگی، بهبود سرعت خشک شدن خاک در برخی از مراحل رشد برنج، افزایش ریشه‌دهی، دفع مواد سمی از ناحیه ریشه و در نهایت افزایش تولید به عنوان یکی از مهم‌ترین راهکار مدیریت آب و خاک محسوب می‌شود. مهم-ترین نتایجی که در این تحقیق حاصل شده است شامل موارد ذیل می‌باشد:

۱- فراهم شدن امکان کشت دوم (گندم و کلزا) در اراضی پست و دارای ماندابی (سطحی و زیرسطحی) استان گلستان که یکی از استان‌های مهم در تأمین محصولات استراتژیک کشاورزی ایران است.

۲- خروج آب و املاح اضافی از محدوده ریشه گیاه باعث تنفس بهتر خاک و رشد و نمو بهتر ریشه گیاه و در نتیجه افزایش کیفی و کمی محصول می‌گردد.

۳- اجرای طرح زهکشی زیرزمینی در اراضی دارای کیفیت مناسب خاک و آب، مانند اراضی جنوب استان گلستان، می‌تواند باعث استفاده مجدد از زه‌آب‌ها و در نتیجه کاهش برداشت از منابع آب زیرزمینی جهت آبیاری محصولات گردد.

۴- استفاده اختصاصی هر بهره‌بردار از زه‌آب-های زهکشی مربوط به اراضی همان بهره‌بردار

۵- بهتر شدن شرایط کنترل، نگه‌داری و بهره-برداری از تأسیسات زهکشی و منهول‌ها توسط هر بهره‌بردار با توجه به احساس مالکیت شخصی نسبت به شبکه اراضی مالکین

۶- هزینه کمتر طرح با حذف آب‌بندان و سدهای مخزنی و خط انتقال برای استفاده مجدد از زه‌آب‌ها

۷- یکی از محدودیت های اجرایی در این طرح وجود معارض اجتماعی بوده است که با به کارگیری نیروهای اجتماعی متخصص این معضل برطرف گردید.

منابع

۱- Abd-Elaty, I., Negm, A.M. and Sallam, G.A.H. ۲۰۱۷. Environmental Impact Assessment of Subsurface Drainage Projects. *Unconventional Water Resources and Agriculture in Egypt*. ۷۵, pp.۵۹-۸۶.

۲- Abdelrahman, M.A.M. ۲۰۱۸. New design criteria for subsurface drainage system considering heat flow within soil. *Unconventional water resources and agriculture in Egypt*. The Handbook of Environmental Chemistry. ۷۵, pp.۸۷-۱۱۹.

۳- Asgari A., Darzi-Naftchali A., Nadi M. and Saberali, S.F. ۲۰۲۰. Improvement in canola yield and growth indices and water-use efficiency with subsurface drainage in humid climate. *The international society of paddy and water environment engineering*.۱۹, pp.۲۳-۳۳.

۴- Ayars J.E., Christen E.W. and Hornbuckle, J.W. ۲۰۰۶. Controlled drainage for improved water management in arid regions irrigated agriculture. *Agriculture water management*. ۸۶, pp.۱۲۸-۱۳۹.

۵- Brouwer, C., Goffeau, A. and Heibloem, M. ۱۹۸۵. Irrigation Water Management: Training Manual, ۱. Introduction to Irrigation. FAO, Rome.

۶- Colombani, N., Osti, A., Volta, G and Mastrocicco, M. ۲۰۱۶. Impact of climate change on Stalinization of coastal water resources. *Water Resources Management*. ۳۰, pp.۲۴۸۳–۲۴۹۶.

۷- Darzi- Naftchali, A., Mirlatifi, S., Shahnazari, A., Ejlali, F. and Mahdian, M. ۲۰۱۵. Evaluation of DRAINMOD Model for Predicting Water Table Depth and Drain Discharge in Subsurface-Drained Paddy Fields. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*. ۹(۴), pp.۵۸۳-۵۹۳.

۸- Darzi-Naftchali, A. and Ritzema, H. ۲۰۱۸. Integrating irrigation and drainage management to sustain agriculture in northern Iran. *Sustainability*. ۱۰, pp.۱-۱۷.

۹- Darzi-Naftchali, A. and Shahnazari, A.۲۰۱۴. Influence of subsurface drainage on the productivity of poorly drained paddy fields. *European Journal of Agronomy*. ۵۶, pp.۱-۸.

۱۰- Darzi-Naftchali, A., Mirlatifi, S.M., Shahnazari, A., Ejlali, F. and Mahdian, M.H. ۲۰۱۳. Effect of subsurface drainage on water balance and water table in poorly drained paddy fields. *Agriculture Water Manage*, ۱۳۰, pp.۶۱-۶۸.

۱۱- Donyaii, A.R. ۲۰۲۱. Evaluation of climate change impacts on the optimal operation of multipurpose reservoir systems using cuckoo search algorithm. *Environ Earth Sci* ۸۰, ۶۶۳.

۱۲- Donyaii, A.R. ۲۰۲۱. Evaluation of groundwater storage changes using GRACE satellite data in Ravansar plain aquifer in Kermanshah province. *Hydrogeomorphology*.۸(۲۹), pp. ۲۳-۴۳.

۱۳- Donyaii, A.R. ۲۰۲۱. Predicting the growth and development of Bandar-e-Gaz Town Using Fuzzy Cellular Automata (FCA). *Natural Ecosystems of Iran*, ۱۲(۳), ۵۳-۷۲.

۱۴- Flagella, Z., Cantore, V., Giuliani, M.M., Tarantino, E. and De Caro, A. ۲۰۰۲. Crop salt tolerance: Physiological, yield and quality aspects. *Plant Biology*. ۲, pp.۱۵۵-۱۸۶.

۱۵- Fleifle, A.E., Valeriano, O.C.S., Nagy, H.M., Elfetiany, F.A. Tawfik, A. and Elzeir, M. ۲۰۱۳. Simulation optimization model for intermediate reuse of agriculture drainage water in Egypt. *Journal of Environmental Engineering*. ۱۳۹(۳), pp.۳۹۱-۴۰۱.

۱۶- Furukawa, Y., Shiratori, Y and Inubushi, K. ۲۰۰۸. Depression of methane production potential in paddy soils by subsurface drainage systems. *Soil Science and Plant Nutrition*. ۵۴, pp.۹۵۰–۹۵۹.

۱۷- Hasanpour Nodehi, M., Navabian, M. and Esmaeili Varaki, M. ۲۰۱۹. Assessment of agricultural drainage water for safe reuse in irrigation purposes and discharge to environment (Case study: unit F۴ of Sefiedrod irrigation and drainage network). *Iranian journal of irrigation and drainage.*۱۳, pp.۹۰۹-۹۱۸.

۱۸- Kalita, P.k., Algoazany, A.S., Mitchell J.K., Cooke R.A.C. and Hirschi M.C. ۲۰۰۶. Subsurface water quality from a flat tile-drained watershed in Illinois, USA. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. ۱۱۵, pp.۱۸۳-۱۹۳.

۱۹- Kamra, S.K., Kumar, S., Kumar, N. and Dagar, J.C. ۲۰۱۹. Engineering and Biological Approaches for Drainage of Irrigated Lands. *Research Developments in Saline Agriculture*. Pp.۵۳۷-۵۷۷.

۲۰- Katerji, N., Van Hoorn, J.W., Hamdy, A., Mastrorilli, M. and Oweis, T. ۲۰۰۵. Salt tolerance analysis of chickpea, faba bean and durum wheat varieties I. Chickpea and faba bean. *Agricultural Water Management*. ۷۲, pp.۱۷۷-۱۹۴.

۲۱- Khoshravesh, M. and Kiani, A.R. ۲۰۱۵. The Effect of Magnetized Saline Water on Infiltration and Electrical Conductivity in Different Soil Textures. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage,* ۴(۹), pp.۶۴۶-۶۵۴.

۲۲- Manik,S.M.N, Pengilley, G., Dean, G., Field, B., Shabala, S. and Zhou, M. ۲۰۱۹. Soil and crop management practices to minimize the impact of waterlogging on crop productivity. *Frontiers in Plant Science*. pp.۱۰:۱۴۰.

۲۳- Pali, A.K. ۲۰۱۵. Performance of Subsurface Tube Drainage System in Saline Soils: A Case Study. *Journal of The Institution of Engineers (India)*: Series A. ۹۶, pp.۱۶۹–۱۷۵.

۲۴- Rabiee, M., Karimi M.M. and Safa, F. ۲۰۰۴. Effect of planting dates on grain yield and agronomical characters of rapeseed cultivars as a second crop after rice at Kouchesfahan. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*. ۳۵, pp.۱۷۷-۱۸۷.

۲۵- Raheja, H., Goel A. and Bundela D. S. ۲۰۱۹. Reclamation of Waterlogged Saline Lands in Haryana Through Subsurface Drainage Technology-A Review. *Sustainable Engineering*. pp.۱۶۷-۱۷۵.

۲۶- Ritzema, H.P., Satyanarayana, T.V., Raman, S. and Boonstra J. ۲۰۰۸. Subsurface drainage to combat water logging and salinity in irrigated lands in India: Lessons Learned in famers fields. *Agricultural Water Management*. ۹۵, pp.۱۷۹-۱۸۹.

۲۷- Tiwari, P. and Goel, A. ۲۰۱۷. An overview of impact of subsurface drainage project studies on salinity management in developing countries. *Applied Water Science*. ۷, pp.۵۶۹–۵۸۰.

۲۸- Todd D. K. and Mays, L.W. ۲۰۰۵. Groundwater Hydrology, John Wiley and Sons, New York.

۲۹- Yoon K. S., Choi J.K., Son J.G. and Cho J.K. ۲۰۰۶. Concentration profile of nitrogen and phosphorus in leachate of a paddy plot during the rice cultivation period in southern Korea. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, ۳۷, pp.۱۹۵۷-۱۹۷۲.

Evaluating the Drainage Process of Agricultural Lands in Golestan Province based on Agricultural Drainage Reuse

Mehdi Mardanifar[۱], Mahmood Ansar[۲], Marziyeh Parvar[۳],
Alireza Donyaee[٤], Seyed Erfan Hoseeini[٥]

Abstract

Conservation of water and soil resources in Iran is one of the most important issues in the field of water, agriculture and food security. In this research, a practical example of the results of pilot implementation of a subsurface drainage plan in Karimabad village, Gorgan, was investigated. This project includes ۱۰۰-hectare subsurface drainage using ۱۰۰ mm diameter PVC pipes with ۵۰ m intervals for laterals and ۲۰۰ mm in diameter of collectors as well as concrete manholes with ۸۰۰ mm internal diameter. In this study, while evaluating before and after the implementation of the project, the results were recorded. The results showed that the yield of wheat, paddy, cotton and canola increased by ۱۲٪, ۳۶٪, ۲۸٪ and ۳۹٪ respectively, after the project implementation. In addition, the possibility of second cultivation will be provided for farmers followed by the disappearance of wetlands in agricultural lands at the end of project. Moreover, the effect of groundwater draining on the effluent quality will provide the possibility of reusing irrigation drains and reducing the groundwater discharge, which will be very effective in reducing water stress in the region.

Keywords: Subsurface Drainage, Drainage water, Groundwater, Second crop, Reuse of Drainage

[۱]- Master's Degree in Hydraulic Structures, Bargab Consulting Engineers.
[۲] - Master's Degree in Engineering and construction management, Bargab Consulting Engineers.
[۳] - Master in hydrogeology, Bargab Consulting Engineers.
[٤]-Water Resources Expert-Golestan Regional Water Company.(Correspounding author: ar.donya@gmail.com).
[٥]-Assistant Professor of Civil Engineering Department, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran.