بسم الله الرحمن الرحیم

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
معاونت ترویج

روش‌های کاهش زه‌آب در اراضی کشاورزی دارای سامانه زهکشی

سرشناسه	: حسن‌اقلی، علیرضا
عنوان و نام پدیدآور	: روش‌های کاهش زه‌آب در اراضی کشاورزی دارای سامانه زهکشی/نویسنده علیرضا حسن‌اقلی ؛ [تهیه شده در موسسه تحقیقاتی علوم باغبانی، دفتر شبکه دانش و رسانه‌های ترویجی].
مشخصات نشر	: کرج: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت ترویج، نشر آموزش کشاورزی، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	: ۵۲ ص.: مصور.
شابک	: 978-964-520-369-4
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: کتابنامه: ص. ۴۹.
موضوع	: زهکشی
موضوع	: Drainage
شناسه افزوده	: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. معاونت ترویج. نشر آموزش کشاورزی
شناسه افزوده	: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. موسسه تحقیقات علوم باغبانی
شناسه افزوده	: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. دفتر شبکه دانش و رسانه‌های ترویجی
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۶ ۹ر۵ح/TC۹۷۰
رده بندی دیویی	: ۶۲۷/۵۴
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۹۸۸۶۴۹

ISBN: 978-964-520-369-4
شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۵۲۰-۳۶۹-۴

عنوان: روش‌های کاهش زه‌آب در اراضی کشاورزی دارای سامانه زهکشی

نویسنده: علیرضا حسن‌اقلی

ویراستار فنی: سیدابوالقاسم حقایقی مقدم

ویراستار ترویجی و ادبی: میثم یوسفی

سرویراستار: وجیهه سادات فاطمی

مدیرداخلی: شیوا پارسا نیک

تهیه شده در: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی - دفتر شبکه دانش و رسانه‌های ترویجی

ناشر: نشر آموزش کشاورزی

شمارگان: ۲۵۰۰ جلد

نوبت چاپ: اول، ۱۳۹۶

قیمت: رایگان

مسئولیت صحت مطالب با نویسنده است.

شماره ثبت در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی ۵۲۷۳۲ به تاریخ ۹۶/۹/۲۶ است.

نشانی: تهران، بزرگراه شهید چمران، خیابان یمن، پلاک ۱و۲، معاونت ترویج، ص.پ.۱۹۳۹۵-۱۱۱۳
تلفکس: ۰۲۱-۲۲۴۱۳۹۲۳

مخاطبان نشریه:

- ✓ کارشناسان و مروجان مسئول پهنه؛
- ✓ کارشناسان آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی؛
- ✓ کارشناسان وزارت نیرو؛
- ✓ دانشجویان رشته‌های مهندسی آب؛
- ✓ مهندسان مشاور فعال در طراحی، اجرا و بهره‌برداری از پروژه‌های زهکشی.

اهداف آموزشی:

- ✓ شما خوانندگان گرامی در این نشریه با وضعیت پروژه‌های زهکشی در کشور و چالش‌های زهکشی، مدیریت زه‌آب و گزینه‌های فیزیکی کاهش حجم زه‌آب، زهکشی کنترل شده و سیستم مدیریت زهکشی تجمیع شده در مزرعه آشنا خواهید شد.

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

مقدمه ۷
تعریف زهکشی ۸
دیدگاه‌های موجود درباره زهکشی اراضی ۹
براورد حجم زه‌آب تولیدی در کشور ۱۲
کیفیت زه‌آب‌های حاصل از فعالیت‌های کشاورزی ۱۳
مشخصات فیزیکی زه‌آب‌ها ۱۵
مشخصات شیمیایی زه‌آب‌ها ۱۷
مشخصات بیولوژیکی زه‌آب‌ها ۱۹
مدیریت زه‌آب‌های کشاورزی ۲۱
مدیریت مصرف آب ۲۱
زهکشی کنترل شده ۲۶
استفاده مجدد از زه‌آب ۳۳
تغییر در ضوابط طراحی جهت کاهش حجم زه‌آب ۴۲
کاهش ضریب زهکشی ۴۶
کاهش عمق گارگذاری زهکش‌های زیرزمینی ۴۸
نتیجه‌گیری ۵۰
فهرست منابع ۵۱

مقدمه

اجرای عملیات آبیاری و تولید محصولات کشاورزی به صورت آبی، نقشی اساسی در برآورده ساختن نیازهای غذایی جمعیت رو به افزایش جهان، بویژه در کشورهای واقع در مناطق خشک و نیمه خشک برعهده دارد. لیکن استفاده بی‌رویه از آب و بازدهی پایین عملیات آبیاری، پیامدهایی همچون ماندابی و شور شدن اراضی را به‌دنبال داشته است. بنابراین احداث سامانه‌های زهکشی به‌عنوان بخشی جدانشدنی از کشاورزی آبی، بخصوص در کشور ما ایران به‌شمار می‌رود. اهمیت این نیاز در مناطقی نظیر خوزستان و مغان کاملاً بارز و مشهود است. در سایر نقاط کشور نیز این نیاز در قالب اجرای پروژه‌های آبیاری و زهکشی در اراضی کشاورزی، بویژه اراضی در حال تجهیز و نوسازی احساس می‌شود.

اجرای عملیات زهکشی اثرات گوناگونی بر محیط زیست برجای می‌گذارد که بعضی از آنها مفید است و برخی نیز مشکلاتی را برای منابع آب و خاک ایجاد می‌کند. نجات اراضی از وضعیت ماندابی و شوری بیش از حد، به وسیله زهکشی باعث اصلاح و حفظ بلندمدت بیلان آب، املاح در خاک و افزایش تولید می‌شود. در نتیجه، اجرای این عملیات بر وضعیت معیشتی، اجتماعی و حتی بهداشتی کشاورزان مؤثر است. از طرفی، تخلیه آب‌های بازگشتی از عملیات کشاورزی و

بویژه زه‌آب‌های زیرزمینی به منابع آب، حجم زیادی از آلودگی‌ها را به این منابع وارد می‌کند که ممکن است در نهایت، تأثیر منفی بر کشاورزی در اراضی پایین دست داشته باشد. از آنجا که درنتیجه آلودگی آب، کیفیت آن برای دیگر مصارف بالقوه سودمند نیز کاهش می‌یابد، بنابراین به رقابت بر سر منابع آب دامن زده می‌شود که همین امر، کشمکش و برخوردهای اجتماعی بسیاری را به دنبال دارد.

در این نشریه فنی، بنا نیست تا به تمامی ابعاد مسئله مدیریت زه‌آب‌های کشاورزی و جزئیات آنها پرداخته شود، لیکن از آنجا که حجم زه‌آب‌های تولیدی در کشور و دفع آنها بویژه در برخی مناطق نظیر استان خوزستان به معضلی اساسی تبدیل شده است، سعی خواهد شد تا پس از آشنایی با خصوصیات زه‌آب‌ها و انواع آلاینده‌های موجود در آنها، به جنبه‌های مختلف رفتار با زه‌آب‌های کشاورزی با رویکرد کاهش حجم زه‌آب تولیدی پرداخته شود.

تعریف زهکشی

در گذشته، زهکشی به مجموعه عملیاتی گفته می‌شد که هدف از آن تنها خارج ساختن آب اضافی و املاح تجمع‌یافته از سطح و نیمرخ خاک بود تا حداکثر رشد گیاه و درنتیجه، بیش‌ترین مقدار محصول به‌دست آید. در این تعریف، زه‌آب و نمک‌های خارج شده از خاک، سرنوشت و تأثیر آنها بر محیط زیست، مورد توجه نبوده است. امروزه تعریف جدیدتری از زهکشی بیان شده که تا حدود زیادی این موارد را دربر می‌گیرد. بنابر تعریف جدید؛ زهکشی عبارت از فرایند خارج کردن آب سطحی اضافی و مدیریت سفره آب زیرزمینی کم عمق از طریق نگهداشت و دفع آب و مدیریت کیفیت آب برای رسیدن به منافع دلخواه اقتصادی و اجتماعی است، به‌صورتی‌که محیط زیست حفظ شود. بنابراین، با اینکه در گذشته‌ای نه چندان دور محدودیتی برای نحوه و میزان دفع زه آب ها متصور نبود،

اما در حال حاضر این امر به یکی از چالش ها و مباحث مطرح در بسیاری از کشورهای پیشرفته و در حال توسعه تبدیل شده است.

دیدگاه‌های موجود درباره زهکشی اراضی

در دنیای مدرن کنونی، دیدگاه‌های کاملاً متفاوتی به زهکشی اراضی کشاورزی وجود دارد، چنانکه بعضی از آنها به شدت مخالف زهکشی هستند و بعضی با ملاحظاتی، اجرای آن را توصیه می‌کنند. نکته مهم اینکه در تمامی موارد، توجه اصلی به پایداری شرایط و حفاظت از محیط زیست است. مروری بر بعضی از اظهار نظرهای اصلی در این خصوص در سطح جهان، دورنمای زهکشی و هدف‌گذاری آن را برای آینده به روشنی مشخص می‌کند.

در مواردی، تعصب زیادی بر علیه عملیات زهکشی وجود دارد که توسعه آن را با مشکل مواجه ساخته است. در تصورات عامه چنین بیان می‌شود که تنوع زیستی گونه های گیاهی و جانوری، درنتیجه اثرات زهکشی رو به زوال است، بنابراین با شدت با زهکشی برخورد می‌شود و گروهی معتقدند که چنین فعالیت‌هایی باید متوقف شوند.

برخی از محققان، ملاحظات زیر را برای توسعه زهکشی مدرن بیان می‌دارند:

- ✓ نیاز به توجه به توسعه پایدار در مدیریت آبی
- ✓ لزوم حساس بودن به اثرات تغییر اقلیم و شرایط مناسب آن
- ✓ نیاز به تولید دو برابری مواد غذایی در ۲۵ سال آینده از مساحت فعلی اراضی زیر کشت

در تمامی موارد فوق، مسائل زیست محیطی از اهمیت اصلی برخوردار است. در تعریف توسعه پایدار می‌توان گفت که توسعه‌ای است که بدون کاهش توانایی

نسل های آتی در براوردن نیازهایشان، نیازهای نسل کنونی را تأمین کند و انسان بتواند در تعادلی پایدار با طبیعت زندگی کند.

تحقیقات بر روی بهترین فعالیت های مدیریتی[1] در زهکشی زیرزمینی نشان می‌دهد که:

- ✓ ضوابط طراحی جدیدی برای زهکش‌ها مورد نیاز است که بتواند علاوه بر حفاظت کافی از محصولات کشت شده، حجم و شوری زه‌آب را به حداقل برساند.
- ✓ دفع زه آب های شور یک مسئله کلیدی است که ممکن است توسعه آتی زهکشی زیرزمینی در اراضی تحت آبیاری را محدود کند. بنابراین این امر ممکن است بزرگ‌ترین محدودیت برای پایداری شرایط بسیاری از اراضی تحت آبیاری باشد.

این دو مسأله هم‌اکنون جزو مشکلات اساسی زهکشی زیرزمینی در کشور و بویژه قطب آن یعنی استان خوزستان است. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که پس از گذشت چند دهه، هنوز تعادل توجیه‌پذیری از نظر وضعیت شوری در اراضی زهکشی شده خوزستان به وجود نیامده است. همچنین کیفیت زه‌آب خروجی در منطقه متأثر از دو عامل است: عامل اول یعنی عامل بالایی، مربوط به خاک واقع در محدوده بالای زهکش زیرزمینی (از سطح خاک تا عمق نصب زهکش) که تحت تأثیر آبیاری و فعالیت های زراعی است. عامل دوم؛ یعنی عامل پایینی که بیش‌تر متأثر از کیفیت آب زیرزمینی است. پس عامل اصلی شوری زیاد زه‌آب زیرزمینی در خوزستان، تخلیه نمک ذخیره شده در اعماق نیمرخ خاک و زیر عمق نصب زهکش‌هاست. لذا تغییر در شیوه طراحی و مدیریت زهکشی در این خصوص مؤثر است.

1- Best Management Practices (BMPs)

از مثال‌های فوق و بحث‌های مطرح در این خصوص در جهان و ایران می‌توان گفت که نیازهای کلیدی زهکشی زیرزمینی کشور که در آینده باید به آنها دست‌یافت عبارتند از:

- ✓ تخلیه نکردن نمک به خارج از اراضی زهکشی شده و یا به حداقل رساندن آن
- ✓ حفظ تولید محصولات و منابع آب و خاک در وضعیتی پایدار
- ✓ حفاظت از محیط زیست، زیرساخت‌ها و کیفیت آب‌های سطحی
- ✓ استفاده از زهکشی و پتانسیل خاک برای حذف آلاینده‌ها (فیلترکردن آنها)

نکته مهم اینکه موارد فوق نه تنها در پروژه‌ها و توسعه‌های جدید و آتی زهکشی، بلکه در پروژه های موجود و اجرا شده در گذشته نیز باید به‌کار بسته شوند. موارد طرح شده برای دستیابی به موارد بالا عبارتند از:

- ✓ معرفی روش‌های جدید رسوب‌دهی آلاینده‌ها و نگهداری آنها در خاک قبل از تخلیه به محیط زیست،
- ✓ توسعه کاربرد روش‌های نوین نظیر زهکشی کنترل شده و سامانه مدیریت زهکشی تجمیع شده در مزرعه،
- ✓ بازنگری در ضوابط طراحی نظیر ضریب زهکشی و عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی و غیره

که همگی موجب کاهش حجم زه‌آب تولیدی یا کاهش میزان آلاینده‌های تخلیه شده به محیط زیست می‌شود.

برآورد حجم زه‌آب تولیدی در کشور

هم‌اکنون براورد دقیقی از حجم زه‌آب تولیدی درنتیجه فعالیت‌های کشاورزی در کشور در دست نیست، اما به دلیل مصرف مقدار زیادی نهاده های کشاورزی نظیر انواع کودهای شیمیایی و آلی، سموم دفع آفات و علف‌کش‌ها، آلودگی زه‌آب‌ها به انواع آلاینده‌ها دور از انتظار نیست. براساس آمارهای ارائه شده توسط وزارت نیرو، عمده آب استحصال شده در کشور (به روایتی تا حدود ۹۰ درصد آن) به بخش کشاورزی اختصاص می‌یابد. البته شواهد بیانگر بر تخصیص مقادیر کم‌تری از آب به این بخش است. با فرض صحیح بودن آمار وزارت نیرو، براورد می‌شود که از حدود ۸۶ میلیارد متر مکعب مصرف سالانه آب در بخش کشاورزی، بین ۲۰ تا ۳۰ درصد آن (یعنی حجمی در حدود ۱۷ تا ۲۵ میلیارد متر مکعب) می‌تواند به زه‌آب تبدیل شود. بنابراین مواجهه با چنین حجم آب عظیمی که دارای کیفیت پایین است و به‌صورت پراکنده تخلیه می‌شود، بسادگی امکان‌پذیر نیست و لازم است تمهیدات خاص با برنامه‌ریزی اصولی برای کاهش آن اندیشیده شود تا از خطرات ناشی از دفع این نوع آب‌های نامتعارف (آب با کیفیت پایین‌تر از آب آبیاری معمولی، به دلیل حضور برخی از عوامل در آن) تا حد ممکن کاسته‌شود. لازم به ذکر است که براساس اطلاعات موجود، تاکنون بیش از ۳۰۰ هزار هکتار از اراضی کشور به سامانه زهکشی زیرزمینی و زهکش های روباز عمیق (به عنوان کانال جمع کننده) مجهز شده که از این وسعت، در حدود ۶۰ درصد در استان خوزستان و مابقی آن در سایر استان‌های کشور، از شمال تا جنوب و از غرب تا شرق گستره ایران، واقع است (نمودار ۱).

براساس بررسی‌های به عمل آمده و با در نظر گرفتن شرایط فعلی استان خوزستان، مهم‌ترین چالش های زهکشی در این قطب زهکشی کشور مربوط به رعایت ضوابط زیست محیطی است که موارد اصلی آن به قرار زیر است:

- ✓ حجم زیادی زه‌آب تولیدی، بویژه از واحدهای کشت و صنعت نیشکر
- ✓ کیفیت نامناسب زه‌آب‌ها و شوری بالای آن
- ✓ استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات کشاورزی و راه یافتن آنها به زه‌آب
- ✓ نبود تخلیه‌گاه نهایی مناسب

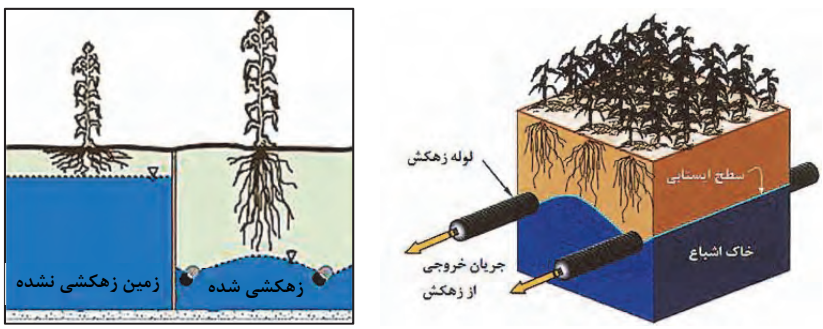
بنابراین چاره‌اندیشی در خصوص دفع و تخلیه زه‌آب‌های کشاورزی در استان خوزستان و سایر نواحی، بدون عنایت به ویژگی‌های زه‌آب‌ها از یک طرف و نبود برنامه‌ریزی برای کاهش حجم زه آب های تولیدی از طرف دیگر، عملاً نتیجه مناسبی نداشته و شرایط پایداری را به ارمغان نخواهد آورد.

نمودار ۱- وضع موجود پروژه‌های زهکشی در کشور در پایان سال ۱۳۹۳

کیفیت زه‌آب‌های حاصل از فعالیت‌های کشاورزی

زهکشی سطحی بندرت از کارایی لازم برای خارج ساختن آب و املاح اضافی از نیمرخ خاک برخوردار است. سامانه‌های زهکشی زیرزمینی در اراضی آبیاری‌شده مناطق خشک و نیمه خشک نظیر ایران، برای اصلاح زمین‌های شور، ماندابی و حفظ بلندمدت بیلان نمک و آب در شرایط مطلوب در ناحیه توسعه ریشه گیاه، مورد استفاده قرار می‌گیرند. آبیاری همواره به‌صورت اجتناب‌ناپذیری

بیش از مقدار آب مورد نیاز گیاه انجام می‌پذیرد. بخشی از این آب اضافی برای آبشویی مورد نیاز است. نمک اضافی خاک به همراه املاح افزوده شده در اثر کاربرد آب آبیاری و فعالیت‌های کشاورزی، توسط این آب اضافه شسته شده و از طریق لوله‌های زهکش زیرزمینی از اراضی کشاورزی خارج می‌شود (شکل ۱). معمولاً در مناطق خشک در مقایسه با مناطق مرطوب، زه‌آب کم‌تری از زمین خارج شده، لذا کیفیت آن نیز پایین‌تر است.



شکل ۱- زهکشی زیرزمینی و نحوه عمل آن در کنترل سطح ایستابی در اراضی کشاورزی

از نظر کیفی، غلظت املاح، مواد مغذی و دیگر مواد شیمیایی مرتبط با محصولات و عملیات کشاورزی، در زه‌آب با زمان و میزان تخلیه تغییر می‌کند. استفاده از سموم و کودهای شیمیایی در کشاورزی، گاهی موجب تخریب زیست‌بوم‌های آبی پایین‌دست می‌شود. مواد مغذی عمدتاً شامل نیتروژن و فسفر هستند که پدیده غنی‌شدن آب از عناصر کودی یا به اصطلاح پرغذایی[1] منابع آبی که زه‌آب‌ها به آن می‌ریزند را به‌وجود می‌آورند. در مجموع به علت مصرف مواد شیمیایی و برخی عناصر کمیاب در کشاورزی و نیز کیفیت آب و خاک محل، زه آب نواحی تحت آبیاری حاوی مقادیر زیادی از املاح هستند. همچنین برخی از خاک ها به دلایل مختلف، حاوی برخی عناصر کمیاب نظیر آرسنیک، کادمیم، جیوه، سرب،

1- Eutrophication

بور، کروم، سلنیوم و... هستند که ممکن است در شرایطی، به سامانه های زهکشی نشت کنند. به‌دلیل پدیده انباشتگی تجمعی این عوامل در اندام های حیاتی موجودات زنده و دفع نشدن آنها از بدن و درنتیجه، احتمال ایجاد بیماری های خطرناک، در رفتار با زه‌آب‌های حاوی این نوع آلاینده‌ها دقت بسیار زیادی لازم است.

ویژگی‌های کیفی زه‌آب‌ها را می‌توان در سه بخش اصلی مشخصات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تقسیم کرد که از جنبه‌های زیست محیطی، دفع و حتی استفاده مجدد به بحث و بررسی گذاشت.

مشخصات فیزیکی زه‌آب‌ها

زه‌آب سطحی و زیرزمینی حاصل از کشت آبی، به‌طور معمول کیفیت پایین‌تری در مقایسه با آب آبیاری دارد. زه‌آبی که درون یا بر روی خاک جریان می‌یابد، مواد محلول و معلق گوناگونی شامل نمک‌ها، ترکیبات آلی (بقایای گیاهی و جانوری)، ذرات خاک و در کل، مقادیری از رسوب را با خود جابه‌جا می‌کند. کشت آبی ممکن است به‌صورت مستقیم در اثر جریان آب، یا غیر مستقیم درنتیجه مدیریت غیر بهینه اراضی، فرسایش ایجاد کند. رسوبات موجود در رواناب سطحی اراضی کشاورزی می‌تواند فسفر و انواع خاصی از آفت کش‌ها را با خود به منابع آب سطحی حمل کند. از آنجا که زه‌آب زیرزمینی در درجه نخست نوعی آب زیرزمینی است، لذا انتظار حمل رسوب خیلی زیادی از آن نمی‌رود. با این وجود، گاهی ممکن است مصالح مورد استفاده اعم از لوله زهکش و پوشش دور آن دارای مشکل بوده (شکل ۲ الف، ب و ج)، سیستم زهکشی زیرزمینی ضعیف اجرا شده و یا بعد از ساخت، دچار شکستگی شده و رسوبات زیادی در زهکش ها جمع شود. آب خروجی از زهکش های زیرزمینی که به‌طور معمول عاری از رسوب است، ممکن است دیواره‌های بدون پوشش کانال‌های زهکش سطحی و جمع‌کننده را فرسایش داده و بار رسوب موجود در زه‌آب را افزایش دهد (شکل ۲، د).

الف) سوراخ شدگی لوله زهکش و پوشش دور آن

ب) جابه‌جایی و حذف پوشش مصنوعی از روی لوله زهکش

ج) شکستگی لوله زهکش در هنگام حمل و نقل

د) ناپایداری و واریز دیواره کانال زهکش جمع کننده

شکل ۲- نمونه‌ای از مشکلات ایجاد کننده رسوب در سیستم زهکشی زیرزمینی

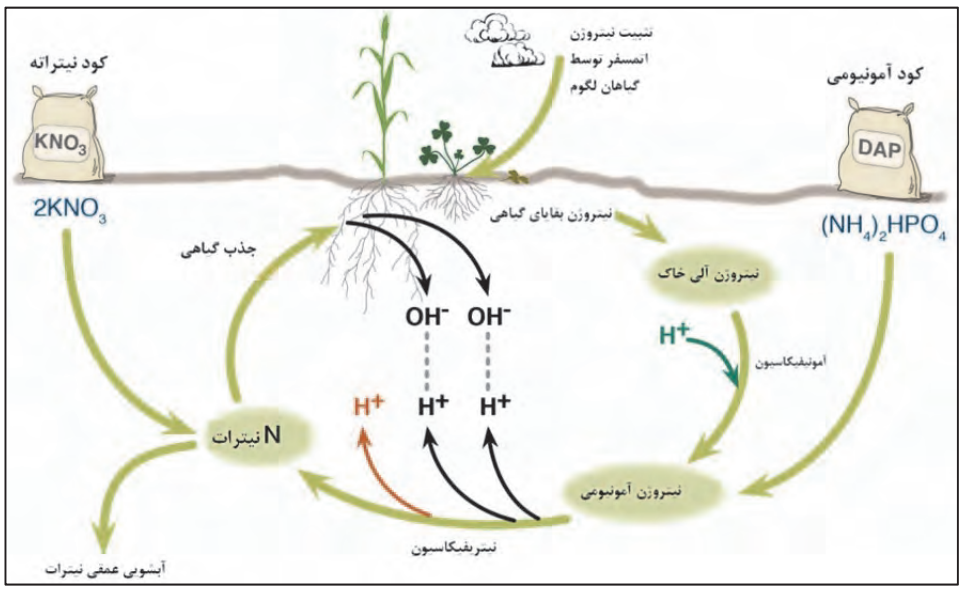
دمای آب نیز بویژه در رواناب سطحی می‌تواند از اهمیت برخوردار باشد، زیرا افزایش دما بر روی حیات آبزیان در رودخانه‌های سردابی و رودهایی که در آنها ماهی پرورش می‌دهند، اثر مستقیم و نامطلوبی دارد. در زهکشی زیرزمینی (همانند آب‌های زیرزمینی)، دمای زه‌آب تقریباً ثابت بوده و نزدیک به دمای میانگین فصلی یا سالیانه منطقه است.

مشخصات شیمیایی زه آب‌ها

ترکیبات شیمیایی گوناگونی را می‌توان در رواناب سطحی حاصل از آبیاری مزارع و یا زه‌آب‌های زیرزمینی یافت که از آن جمله می‌توان به نمک‌ها و یون‌های شیمیایی اصلی، عوامل کودی، آفت‌کش‌ها، عناصر کمیاب و فلزی اشاره کرد. نمک‌ها و میزان آنها یکی از شاخص‌های عمده در انتخاب روش دفع زه‌آب‌های زیرزمینی در طرح‌های آبیاری و زهکشی مناطق خشک به شمار می‌رود. شوری می‌تواند در نحوه این عملیات محدودیت ایجاد کند. آبیاری در مناطق خشک، نمک‌هایی را که به‌طور طبیعی در خاک وجود دارند جابه‌جا می‌کند و آنها را به همراه نمک‌هایی که در آب آبیاری یافت می‌شوند، متمرکز می‌کند. در میان نمک‌هایی که در زه‌آب موجود است و به‌وسیله زهکش‌های زیرزمینی جذب می‌شوند اغلب، بیش‌ترین غلظت کاتیون‌ها به سدیم (Na^{+})، کلسیم (Ca^{2+})، منیزیم (Mg^{2+}) و سهم کم‌تری به پتاسیم (K^{+}) اختصاص دارد. در بین آنیون‌ها، عمده‌ترین آنها کلر (Cl^{-})، سولفات (SO_4^{2-})، بی‌کربنات (HCO_3^{-})، نیترات (NO_3^{-}) و کربنات (CO_3^{2-}) است. در میان بیش‌تر زه‌آب‌های زیرزمینی، نمک‌های کلرید سدیم ($NaCl$) و سولفات سدیم (Na_2SO_4) نسبت به دیگر نمک ها بیش‌تر هستند. این نمک ها در صورت تجمع بیش از حد مجاز در خاک، مشکل‌زا هستند. در زه‌آب‌های زیرزمینی مناطق خشک، مقدار شوری، میزان سدیم و کلر، سختی و نسبت جذب سدیم (SAR) همیشه بیش از مقدار آنها در آب آبیاری است.

عوامل کودی عمده یافت شده در زه‌آب‌ها معمولاً نیتروژن و فسفر هستند. نیتروژن می‌تواند به صورت ترکیبات آلی (آمونیوم) یا معدنی (نیترات) ظاهر شود (شکل ۳، الف). البته در زهکشی سطحی، شکل آلی آن که از شسته شدن مواد آلی در سطح مزرعه ناشی می‌شود فراوان‌تر است. این مشکل در مناطق پر باران بیش‌تر مشاهده شده و در مناطق خشک، موضوع چندان مهمی به شمار نمی‌آید. در زه‌آب‌های زیرزمینی، نیترات بر دیگر شکل‌های ترکیبی نیتروژن برتری دارد و

می‌تواند به‌عنوان مبنای سنجش کیفی زه‌آب زیرزمینی انتخاب شود. وجود غلظت‌های بالای نیترات در زه‌آب‌های زیرزمینی ممکن است در اثر نفوذ عمقی نیترات از سطح خاک (شکل ۳، ب) مصرف کودهای شیمیایی، تجزیه مواد آلی طبیعی و نهشته‌های زمین شناختی موجود در یک منطقه اتفاق بیافتد.



الف) چرخه نیتروژن در اراضی زراعی

ب) آبشویی نیترات در خاک و چگونگی انتقال آن به زهکش زیرزمینی

شکل ۳- چرخه نیتروژن در خاک و فرایند آبشویی نیترات از اراضی کشاورزی

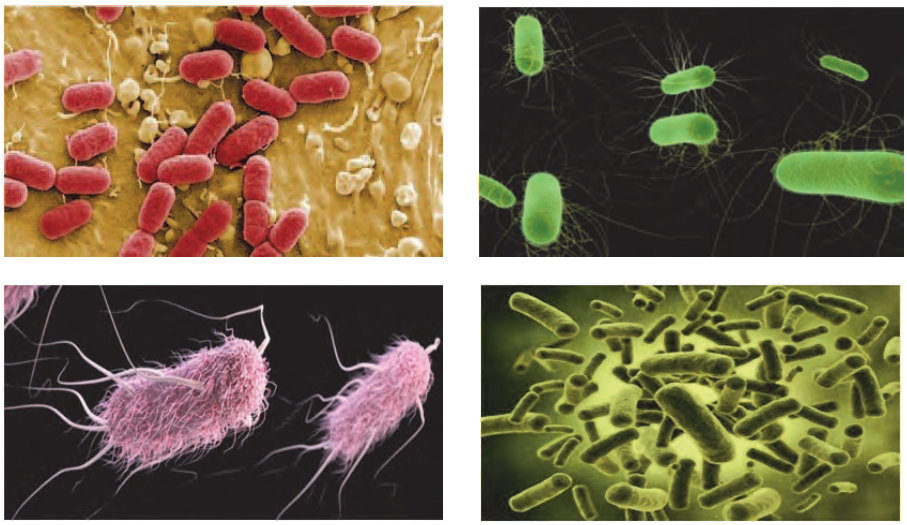
زه‌آب‌های کشاورزی همچنین حاوی مقادیری فسفات به هر دو صورت آلی و معدنی هستند. بیش‌ترین فسفات موجود در زه‌آب سطحی از نوع آلی است و در زه‌آب زیرزمینی، مقادیر اندکی از فسفات دیده می‌شود، زیرا خاک قابلیت بالایی در جذب این عامل از خود نشان می‌دهد.

در خصوص آفت‌کش‌ها، انواع بسیاری از آنها ممکن است در زه‌آب یافت شوند. این امر کاملاً به شرایط هر منطقه و نوع سموم به کار گرفته شده بستگی دارد. بیش‌تر آفت‌کش ها از مواد آلی مصنوعی ساخته‌شده‌اند. شواهد نشان می‌دهد که مواد آفت‌کش موجود در رواناب سطحی زمین‌های آبیاری شده، مشکلاتی را در کیفیت آب پایین دست پدید آورده است. در جریان‌های خروجی از زهکش‌های سطحی ممکن است غلظت بالایی از آفت‌کش ها مشاهده شود، لیکن دوره ظهور این پدیده، به نسبت کوتاه است. در زهکشی زیرزمینی، هرچند خاک به مانند یک صافی عمل می‌کند، اما حضور آفت‌کش‌ها در زه‌آب‌های زیرزمینی در مناطق مختلف گزارش شده است. وجود آفت‌کش در زه‌آب زیرزمینی، نشان‌گر وجود آن در آب‌های زیرزمینی کم‌عمق و از طرفی، مصرف بی‌رویه این نهاده‌هاست که ادامه آن، ظهور آلودگی را در زه‌آب و برای دوره‌ای طولانی به‌دنبال خواهد داشت.

مشخصات بیولوژیکی زه‌آب‌ها

آلاینده‌های بیولوژیکی (ریزجانداران) موجود در زه آب‌ها ممکن است در قالب سه دسته اصلی یعنی باکتری‌ها، ویروس‌ها و نماتدها جای گیرند. باکتری‌ها آلاینده‌های بالقوه‌ای هستند که در جریان‌های سطحی یافت می‌شوند که از زمین هایی منشأ گرفته‌اند که در آنها از فضولات انسانی یا حیوانی به‌عنوان کود استفاده شده است. آلودگی باکتریایی همچنین می‌تواند در جریان‌های خروجی تالاب‌ها دیده شود. در ارزیابی آلودگی‌های باکتری شناختی، تکیه بر اندازه‌گیری

مجموع کلیفرم‌ها[1] و کلیفرم‌های مدفوعی در آب است (شکل ۴). کم‌تر پیش می‌آید که مقادیر غیرمعمول باکتری ها در اثر بهره‌برداری عادی از یک طرح کشت‌آبی در زه‌آب مشاهده شود. وجود کلیفرم یا کلیفرم مدفوعی در زه‌آب و نیز سایر آلاینده‌های بیولوژیکی همچنین می‌تواند دلالت بر تخلیه فاضلاب (اعم از شهری یا روستایی) در شبکه زهکشی داشته باشد. از آنجا که خاک نوعی صافی زیستی است، ریزجانداران بندرت می‌توانند از آب های سطحی به عمق خاک و از آنجا به شبکه زهکشی زیرزمینی منتقل شوند و به نظر می‌رسد که مشکل عمده‌ای در این باره وجود نداشته باشد.



شکل ۴- تصاویری از انواع باکتری‌های خانواده کلیفرم با خصوصیت زنده مانی در محیط‌های آبی

۱- کلیفرم‌ها باکتری‌هایی هستند که همیشه در مجرای گوارشی حیوانات و انسان حضور دارند و در زباله‌ها و همچنین در گیاهان و مواد روغنی نیز یافت می شوند.

مدیریت زه‌آب‌های کشاورزی

منظور از مدیریت زه‌آب، کنترل کمیت و کیفیت زه‌آب تولیدی در یک حوضه زهکشی کشاورزی و تخلیه مطمئن آن است. این مدیریت در بخش فیزیکی (عملیاتی) آن شامل چهار گزینه است:

- ✓ حفاظت آب
- ✓ استفاده مجدد از زه‌آب
- ✓ تخلیه زه‌آب
- ✓ تصفیه زه‌آب

هرچند کاربرد هر یک از این موارد و یا ترکیبی از آنها نیز می‌تواند جهت کاهش مشکلات ناشی از زه‌آب‌های کشاورزی مد نظر باشد، به منظور نتیجه‌گیری بهتر، اقدامات مدیریتی غیر فیزیکی مانند سیاست گذاری‌ها و وضع قوانین باید با گزینه‌های فیزیکی مدیریت زه‌آب همراه شوند.

لازم به ذکر است که با توجه به هدف این نشریه، تنها مباحث مرتبط با کاهش میزان تولید زه آب های کشاورزی در ادامه مورد بحث قرار خواهد گرفت و طرح مواردی نظیر تخلیه و تصفیه زه‌آب به نشریه‌های بعدی واگذار خواهدشد.

مدیریت مصرف آب

مدیریت مصرف آب (یا به عبارتی، حفاظت از آب) اولین راه‌حل برای کنترل و مدیریت زه‌آب زیرزمینی است. هدف اصلی از این قبیل فعالیت‌ها، کاهش حجم زه‌آب تولیدی و مقدار نمک خروجی و دیگر عوامل نگران کننده مرتبط با آن است تا بتوان کیفیت منابع آب موجود را برای مصارف دیگر حفظ کرد. اقدامات حفاظتی گوناگون عبارتند از: کاهش مصرف آب، مدیریت آب های زیرزمینی،

مدیریت سفره‌های زیرزمینی کم‌عمق و آیش زمین که توضیحات مختصر هرکدام در جدول ۱ آمده است.

اولین اقدام جهت حفظ منابع آب در سطح مزارع، کاهش مصرف آب و یا به عبارتی، کاهش نفوذ عمقی از طریق بهبود راندمان آبیاری است. از آنجا که محصولات مختلف برای رشد مطلوب به مقادیر مختلفی از آب نیاز دارند و الگوی توسعه ریشه آنها نیز متفاوت است، کاهش مصرف آب و مدیریت سطح ایستابی همراه با تغییر در الگوی کشت می‌تواند تأثیر مطلوبی بر اقدامات انجام شده داشته باشد. البته تغییر در الگوی کشت فقط به شرطی اعمال می‌شود که با اهداف توسعه منطقه‌ای سازگار باشد. به‌طورکلی، مدیریت زه‌آب و بویژه اقدامات حفاظتی، به دانش وسیع و بانک اطلاعاتی مناسب از بیلان هیدرولوژیکی اراضی تحت کشاورزی آبی نیاز دارد.

اثرات کیفیت آب بر مصرف کنندگان (کشاورزی و ...) بر حسب غلظت بیان می‌شود، ولی کنترل زه‌آب خروجی از اراضی آبی بر حسب حجم زه‌آب و بار آلودگی صورت می‌پذیرد. زمانی که آب به اندازه و به طرز صحیحی استفاده شود، غلظت املاح در زه‌آب بالا رفته، ولی بار نمک خارج شده از زهکش کاهش خواهدیافت، زیرا حجم زه‌آب تخلیه شده کم‌تر می‌شود. اگر از آب بدرستی استفاده‌شود ولی کسر آبشویی بیش از حد کاهش یابد، نمک‌ها در منطقه ریشه تجمع خواهند یافت. در چنین شرایطی، نگرانی اصلی مربوط به افزایش شوری ناحیه ریشه و عکس‌العمل گیاه است.

جدول ۱- اقدامات حفاظتی در راستای مدیریت زه‌آب زیرزمینی

گزینه	فعالیت‌ها	ملاحظات
کاهش مصرف	کاهش نفوذ عمقی از طریق بهبود عملکرد آبیاری در آبیاری سطحی، تغییر آبیاری سطحی به روش های آبیاری مدرن، اصلاح برنامه‌ریزی آبیاری، ارتقاء ساختارهای آبیاری اعم از شبکه‌های انتقال آب و مخازن ذخیره و ...	هزینه های ناشی از ارتقاء سیستم در سطح مزرعه و در سطح سیستم باید در مقایسه با منافع منطقه‌ای سنجیده شوند. برای جلوگیری از شورشدن و تجمع عناصر سمی در منطقه ریشه، حداقل آبشویی باید اعمال شود.
مدیریت سطح ایستابی کم عمق	تشویق زارعین به استفاده از سفره های کم عمق به منظور تأمین نیاز آبی گیاهان و انجام کم‌آبیاری	خطر شوری و تجمع عناصر سمی در لایه‌های بالایی خاک، ناشی از خیز موئینگی وجود دارد. مشکل تهویه در ناحیه ریشه هنگام بارندگی نیز قابل توجه است.
مدیریت آب زیرزمینی	پمپاژ از چاه‌های عمودی می‌تواند سفره‌های آب را کنترل کند. آب زیرزمینی با کیفیت مناسب می‌تواند جایگزین آب سطحی باشد.	از مصرف بیش از حد منابع آب زیرزمینی خودداری شود. خطر پیشروی و ورود آب های شور در مناطق ساحلی وجود دارد. به دلیل حضور املاح و عناصر کمیاب در آب زیرزمینی، از تجمع آنها در حد ایجاد مسمومیت گیاهی و تخریب خاک جلوگیری شود.
آیش زمین (نکاشت)	آیش اراضی فاریاب که شدیداً باتلاقی یا شور شده و یا زمین‌هایی که زه آب شور و آلوده تولید می‌کنند.	زمین های آیش (نکاشت) ممکن است بسیار شور شوند. به‌علاوه اینکه غلظت زیاد عناصر سمی و تجمع آنها در لایه سطحی خاک، از رویش گیاهان بومی و خودرو در منطقه جلوگیری می‌کند. فرسایش بادی در زمین های آلوده و بدون پوشش ممکن است بر تولیدات کشاورزی اثر گذاشته و سلامت افراد مجاور این مناطق را به مخاطره اندازد.

در جدول ۲ تفاوت بین مصارف مفید و غیر مفید با مصارف منطقی و غیر منطقی آب مشخص شده است که البته می‌توان موارد دیگری را نیز بر حسب شرایط به آنها افزود. شاخص‌هایی نیز با عنوان شاخص‌های عملکردی تعریف شده‌اند که در برنامه‌ریزی، طراحی و اقدامات حفاظتی اهمیت دارند. از جمله این

شاخص ها می‌توان به ضریب مصرف آب آبیاری[1](ICUC)، راندمان آبیـاری[2](IE) و شاخص کفایت آبیاری[3](IS) اشاره کرد.

جدول ۲- مصارف مفید و غیر مفید، منطقی و غیر منطقی آب

مصارف مفید	- تبخیر و تعرق گیاه (ETc) - برداشت آب همراه با محصول (آب موجود در بخش مصرفی گیاه) - دفع نمک - جوانه زدن بذر - کنترل و بهبود خُرد اقلیم و غیره	مصارف منطقی
مصارف غیر مفید	- تبخیر از مخازن و کانال‌ها - تبخیر از خاک‌های مرطوب - تبخیر از آب خروجی از آبپاش‌های آبیاری - شست‌وشوی صافی‌ها در سیستم‌های آبیاری مدرن - آب مورد نیاز جهت حفظ کیفیت آب زهکش‌ها و تالاب‌ها در حد استاندارد - تلفات عمقی ناشی از وضعیت اجرا و شرایط عملیات آبیاری و منطقه و... - تلفاتی که جلوگیری از آنها اقتصادی نیست و سایر موارد	
	- نفوذ عمقی اضافی - پساب‌های اضافی - نشت از کانال‌ها - تبخیر و تعرق از علف‌های هرز و غیره	مصارف غیرمنطقی

اولین شاخص مطرح در این خصوص با رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$ICUC = \frac{\text{حجم آب آبیاری که ضمن استفاده مصرف می‌شود}}{\text{تغییرات ذخیره رطوبتی - حجم آب آبیاری به‌کار برده شده}} \qquad (۱)$$

این شاخص نشان دهنده کسـری از آب آبیـاری اسـت کـه بـه‌طـور مفیـد یـا غیرمفید مصرف می‌شود. مخرج کسر شامل آن قسمت از آب مصرفی است کـه در

1- Irrigation consumptive use coefficient (ICUC)
2- Irrigation efficiency (IE)
3- Irrigation sagacity (IS)

خاک ذخیره شده و بنابراین کسری از آب است که تجدید شونده نبوده و نمی‌توان از آن در جایی دیگر استفاده کرد.

شاخص راندمان آبیاری بیانگر بخشی از آب است که از آن به‌طور مفید برای تولید محصول استفاده شده و با رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$IE = \frac{\text{حجم آب آبیاری که به‌طور مفید مصرف می‌شود}}{\text{تغییرات ذخیره رطوبتی - حجم آب آبیاری به‌کار برده شده}} \quad (۲)$$

با توجه به اینکه جلوگیری از تمامی تلفات آب امکان‌پذیر نیست، شاخص کفایت آبیاری به عنوان سومین شاخص عملکرد و به‌صورت زیر تعریف شد:

$$IS = \frac{\text{حجم آب آبیاری که به‌طور مفید و یا منطقی مصرف می‌شود}}{\text{تغییرات ذخیره رطوبتی - حجم آب آبیاری به‌کار برده شده}} \quad (۳)$$

برای تصمیم‌گیری منطقی درباره مصرف مناسب آب و اینکه آیا این آب‌ها اثر مثبت یا منفی روی تولیدات گیاهی، اقتصاد، هیدرولوژی منطقه و مقدار زه‌آب دارند، می‌توان از اجزاء بیلان آبی استفاده کرد. افزایش راندمان آبیاری باعث کاهش زه‌آب می‌شود. زمانی که تلفات آب اجتناب‌ناپذیر باشد، کاهش حجم زه‌آب از طریق کاهش مصارف غیر مفید و غیرمنطقی عملی می‌شود.

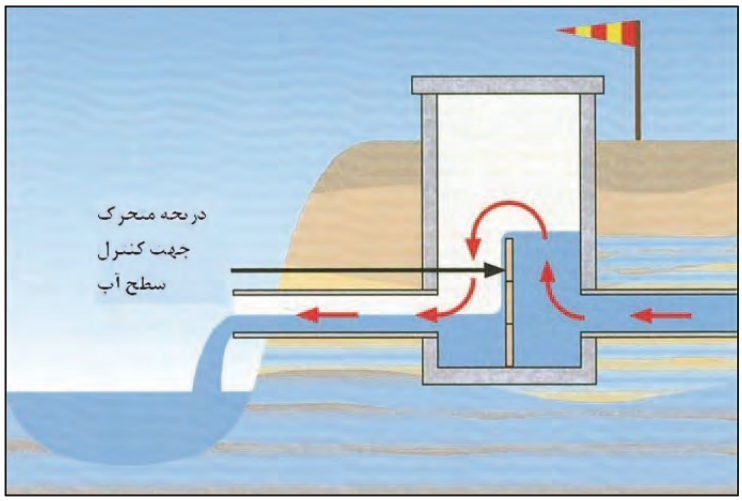
از دیگر مباحث حفاظتی مطرح که امروزه با هدف کاهش حجم زه‌آب تخلیه شده از اراضی کشاورزی انجام می‌شود، مدیریت سطح ایستابی کم عمق است که با استفاده از سیستم زهکشی کنترل شده می تواند اجرا شود که در ادامه به آن پرداخته می‌شود.

آیش زمین معمولاً به جهت ملاحظات کیفی آب و خاک و حاصل‌خیزی انجام می‌گیرد. حتی ممکن است تجمع زیادی از عناصر کمیاب و یا نمک، همراه با مشکلات ماندابی زمین نیز دلیلی برای آیش آن باشد. طبیعی است که با

رهاسازی اراضی شور، مقدار املاح و عناصر سمی که از طریق سیستم زهکشی دفع می‌شوند کاهش می‌یابد. البته آیش زمین ممکن است اثرات منفی و مشکلاتی نیز به همراه داشته باشد، مانند حرکت آب‌های زیرزمینی شور و کم‌عمق رو به بالا که باعث تجمع عناصر سمی و املاح در سطح زمین و رویش علف های هرز نامطلوب می‌شود. ضمن اینکه تجمع زیاد املاح در خاک سطحی می‌تواند به کم شدن پوشش گیاهی و از بین رفتن آن منجر شود و درنتیجه، بادبردگی املاح در منطقه رخ دهد. بنابراین مدیریت آب، زمین و پوشش گیاهی در اراضی آیش، جهت تضمین منافع محیط زیستی و حیات وحش ضروری است.

زهکشی کنترل شده

از جمله عملیات مهمی که با هدف کاهش حجم زه آب تخلیه شده از اراضی کشاورزی به اجرا گذاشته می‌شود، مدیریت سطح ایستابی با استفاده از زهکشی کنترل شده است. در گذشته، سیستم های زهکشی زیرزمینی به‌منظور جمع‌آوری آب هایی که به عمق نفوذ کرده بودند در اراضی تحت کشت آبی و جریانات جانبی طراحی می‌شدند. در مناطق دارای آب زیرزمینی شور، عمق و فاصله زهکش‌ها نیز با هدف به حداقل رساندن خیز موئینگی از سفره آب زیرزمینی به منطقه توسعه ریشه تعیین می‌شود. اما در حال حاضر، اثر متقابل مدیریت آبیاری و سهم آب زیرزمینی که توسط گیاه مصرف می‌شود، بر طراحی آبیاری و مدیریت فعال سیستم‌های زهکشی مورد توجه است. در واقع، زهکشی کنترل شده، تلفیقی از عملیات آبیاری و زهکشی است. با باز و بسته کردن خروجی زهکش‌ها و یا کنترل تراز تخلیه زهکش توسط دریچه‌های متحرک یا به هر روش دیگر (شکل ۵)، می‌توان سطح آب را در داخل خاک در حد مطلوب حفظ کرد، به‌طوری‌که گیاه بتواند به کمک نیروی موئینگی از آب استفاده کند و در عین حال، از نظر ماندابی شدن به گیاه آسیبی وارد نشود.



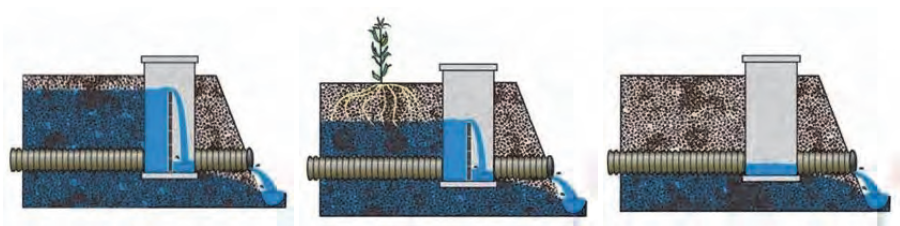
شکل ۵- سازه کنترل و چگونگی تغییر تراز سطح آب در داخل خاک با استفاده از دریچه‌های متحرک

مزایای زهکشی کنترل شده

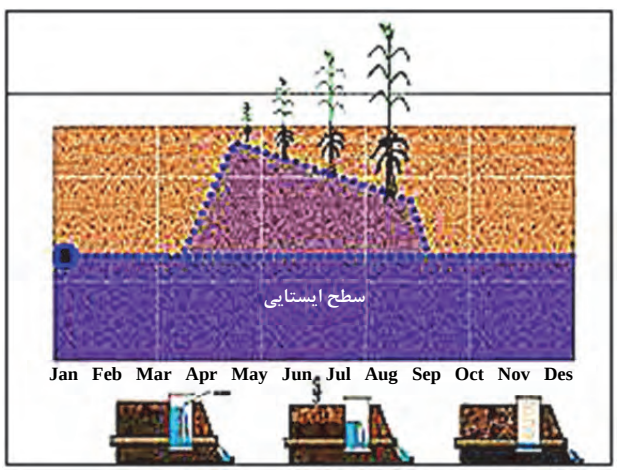
- ✓ حفظ آب
- ✓ بالا بردن راندمان آبیاری
- ✓ حفظ مواد غذایی خاک
- ✓ حفظ کیفیت آب پایین‌دست

در زهکشی کنترل شده، به جای خروج آزاد زه‌آب از لوله زهکش زیرزمینی، با استفاده از یک سازه کنترل در خروجی زهکش و یا یک سرریز در زهکش جمع کننده روباز، فاصله سطح ایستابی از سطح خاک را براساس عمق مورد نیاز توسعه ریشه گیاه کنترل می‌کنند (شکل ۶). به‌عبارتی در این شرایط، عمق سطح ایستابی از سطح خاک براساس مرحله رشد گیاه و عمق توسعه ریشه‌ها تنظیم شده و بدین ترتیب از تخلیه کامل و بیش از حد آب از نیمرخ خاک (تا عمق نصب زهکش‌ها) خودداری می‌شود. این عملیات چند مزیت اساسی دارد، از جمله اینکه بخشی از آب مورد نیاز گیاه از سطح ایستابی کم عمق تأمین شده و میزان

مصرف آب آبیاری کاهش می‌یابد. همچنین حجم کم‌تر زه‌آب تخلیه شده باعث ورود آلاینده های کم‌تری به محیط زیست می‌شود. به‌علاوه، آب باقی‌مانده در نیمرخ خاک این فرصت را خواهد یافت که ضمن بازگشت به محیط ریشه با خیز موئینگی، برخی از عناصر شسته شده نظیر نیترات را مجدداً جهت جذب در اختیار گیاه قرار دهد و در کنار آن، با فراهم شدن فرصت دنیتریفیکاسیون به کاهش بیش‌تر حجم نیترات در زه‌آب کمک شایانی می‌کند. دنتیریفیکاسیون عبارت است از تجزیه نیترات توسط انواعی از باکتری‌های بی‌هوازی در شرایط غرقابی و تبدیل آن به نیتروژن عنصری که می‌تواند به‌صورت گاز N_2 از محیط خارج شود.



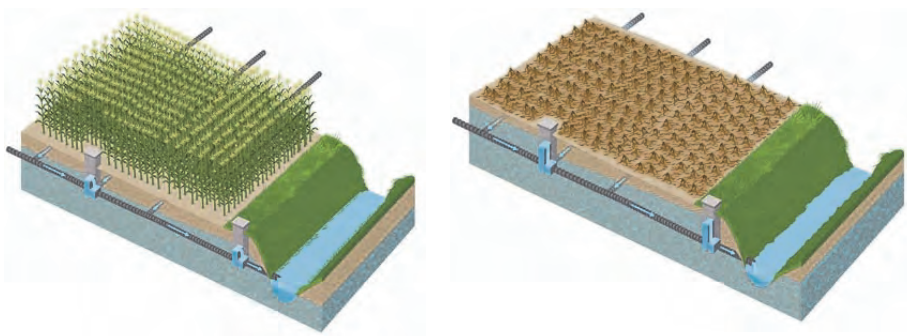
پایان دوره زراعی　　میانه دوره زراعی　　ابتدای دوره زراعی



شکل ۶- زهکشی کنترل شده و نحوه عملیاتی شدن آن در طول فصل کشت

از آنجا که در مناطق خشک و نیمه خشک هدف اصلی از اجـرای سیسـتم‌هـای زهکشی، کنترل شوری و جلوگیری از ماندابی شدن خاک است، به نظر می‌رسد کـه نگهداری سطح ایستابی در عمق کم و درنتیجـه، خیـز مـوئینگی آب زیرزمینـی بـه ناحیه توسعه ریشه ها مخالف این هدف است. لذا باید توجه داشـت کـه در زهکشـی کنترل شده، نظارت بر کیفیت خاک و تجمع شوری در آن بسـیار ضـروری اسـت و البته املاح انباشته شده در ناحیه ریشه معمولاً قبل از فصل کشت بعـدی، بـا وقـوع بارندگی و یا انجام یک آبیاری مقدماتی (پیش آبیاری) از خاک شسته می‌شوند.

به منظور کنترل سـطح ایسـتابی در خـاک، بهتـر اسـت در صـورت امکـان از زهکش‌های جمع کننده به جای کنترل منفرد سـطح آب در هریـک از لولـه‌هـای زهکش زیرزمینی استفاده کرد. بدین ترتیب تراز آب در خاک توسط یک سازه در سطح وسیع‌تری کنترل‌شده و صرفه‌جویی زیادی در هزینه‌ها و میزان کار کارگری مورد نیاز به عمل آمده و مدیریت سیستم نیز به شکل ساده‌تری به انجام می‌رسـد (شکل ۷).



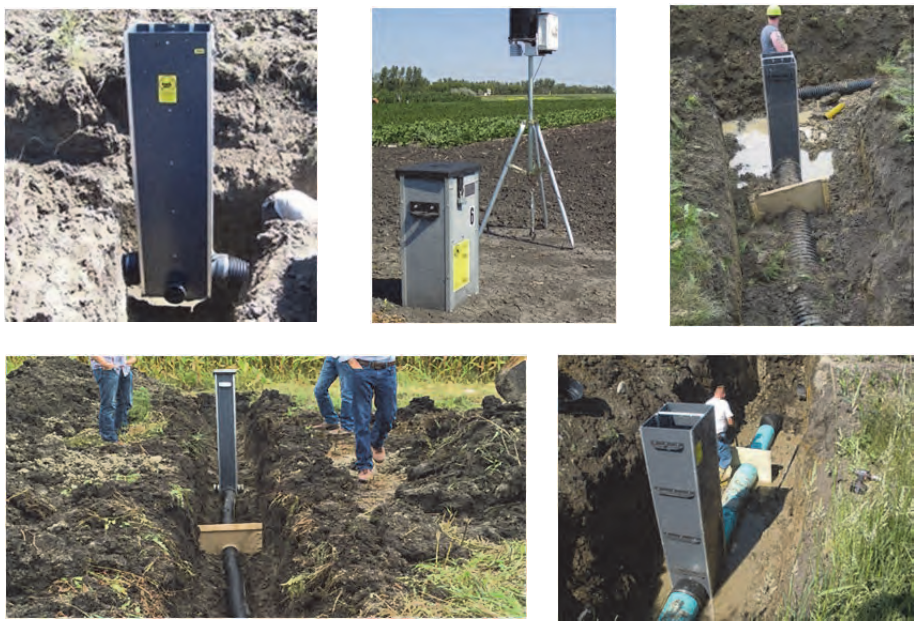
الف) کنترل سطح ایستابی در تراز بالا جهت تخلیه کمتر زهاب

ب) کنترل سطح ایستابی در تراز پایین و متناسب با توسعه ریشه

شکل ۷- نحوه کنترل سطح ایستابی توسط سازه‌های نصب شده بر روی زهکش جمع‌کننده لوله‌ای

زهکشی کنترل شده سال‌هاست که در برخی کشورها نظیر هلند، آمریکا، استرالیا و مصر مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای کنترل سطح ایستابی انواع سازه‌های پیش ساخته تولید شده که پس از انتقال به محل، بر روی خط زهکش لوله‌ای زیرزمینی و یا زهکش جمع کننده لوله‌ای نصب می‌شود. نمونه‌هایی از این سازه‌ها در شکل ۸ و نحوه نصب آنها در شکل ۹ می توان دید. لازم به ذکر است که در شرایط کشور، امکان تولید این سازه‌ها براحتی میسر بوده و حتی می‌توان از روش‌های به مراتب ساده‌تری نیز جهت کنترل سطح ایستابی بهره برد.

شکل ۸- نمونه‌هایی از انواع سازه‌های مورد استفاده در کنترل سطح ایستابی



شکل ۹- نحوه نصب سازه‌های کنترل جهت اجرای زهکشی کنترل شده در مزارع کشاورزی

این روش می‌تواند در بسیاری از کشورها و از جمله ایران مورد استفاده قرارگیرد. با این کار راندمان آبیاری و کیفیت آب پایین دست طرح های دارای شبکه زهکشی زیرزمینی بهبود خواهد یافت. از طریق زهکشی کنترل شده می‌توان فاصله آبیاری‌ها را حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد نسبت به مواقع معمول افزایش داد که در نتیجه، مصرف آب نیز به همین میزان کاهش می‌یابد. چنانچه این سیستم در نیمی از کل اراضی دارای زهکشی زیرزمینی ایران که بخش عمده آن (در حدود ۶۰ درصد) در استان خوزستان قرار دارد اجرا شود، جهش خوبی در راندمان آبیاری این قبیل اراضی ایجاد می‌شود. بویژه در اراضی که راندمان آبیاری پایین‌تر از متوسط کشور باشد، این روش قادر است براحتی تا بیش از ۱۰ درصد بر راندمان کل بیافزاید. به نظر می‌رسد در برخی از واحدهای کشت و صنعت نیشکر واقع در استان خوزستان، شرایط لازم برای اجرای زهکشی کنترل شده

مهیاست. در این مناطق زمین نسبتاً مسطح است، متولیان اراضی بـه مصـرف آب به میزان کمتر تمایل دارند، روش آبیاری سطحی مورد استفاده قـرار مـی‌گیـرد و تنها یک محصول (یعنی نیشکر) در اراضی کشت می‌شود. به‌عـلاوه، نیشـکر دارای سیستم ریشه‌ای سطحی است و چنانچه شرایط ماندابی بـه مـدت طـولانی ادامـه نیابد، گیاه آسیب چندانی نخواهد دید.

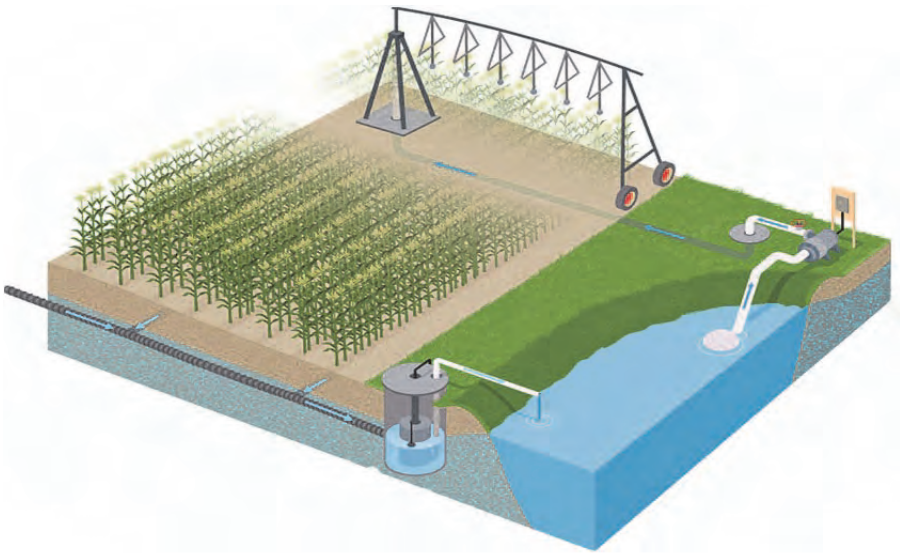
آب مصرفی نیشکر بسیار بالاست و دور آبیاری آن در خوزستان و در مـاه هـای حداکثر مصرف (تیر و مرداد)، به فاصـله ۵ روز هـم رسـیده اسـت. در حـالی کـه زهکش‌های زیرزمینی اجرا شده در کشت و صنعت‌ها، آب را بـه‌طـور دائمـی و در طول سال تخلیه کرده و سالیانه حجم زیادی از زه‌آب را بـه رودخانـه کـارون وارد می‌کنند. در تحقیقی که توسط هوشمند و محجوبی (۱۳۹۱) در کشـت و صـنعت امام خمینی، واقع در شعیبیه استان خوزستان به انجام رسـید، امکـان اسـتفاده از زهکشی کنترل شده و تأثیر آن بر روی میزان کاهش مصـرف آب آبیـاری، حجـم زه‌آب خروجی و میزان شوری آن، تغییرات شوری خاک و عملکرد نیشکر در سال زراعی ۹۰-۸۹ مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور سه تیمار زهکشی اجرا شـد. تیمار شاهد زهکشی آزاد[1] با عمق متوسط ۱/۸ بود که FD نامیـده شـد. دو تیمـار دیگر، زهکشی کنترل شده بـه ترتیـب بـا کنتـرل سـطح ایسـتابی در اعمـاق ۷۰ (CD70) و ۹۰ سانتی‌متری از سطح خاک (CD90) بود. این سه تیمار در مزرعـه تازه کشت شده نیشکر اجرا شد. نتایج نشان داد که عمق زه‌آب خروجـی در طـی دوره تحقیق در تیمار CD70 برابر بـا ۵۵۷ میلـی‌متـر، در تیمـار CD90 برابـر بـا ۷۶۳ میلی‌متر و در زهکشی آزاد به میزان ۱۶۶۱ میلی‌متر بود. این در حالی اسـت که میزان آب مصرفی در تیمارهـای کنتـرل شـده کـاهش و کـارایی مصـرف آب افزایش یافت. عمق آب آبیاری در طـی دوره تحقیـق (اردیبهشـت تـا مهرمـاه) در

1- Free drainage

تیمار CD70 برابر با ۲۴۶۹ میلی‌متر (با کارایی مصرف آب ۰/۲۹ کیلوگرم شکر در متر مکعب آب)، در تیمار CD90 به میزان ۲۳۵۵ میلی‌متر (با کارایی مصرف آب ۰/۳۲ کیلوگرم شکر در متر مکعب آب) و در زهکشی آزاد برابر با ۳۳۲۱ میلی‌متر (با کارایی مصرف آب ۰/۲۱ کیلوگرم شکر در متر مکعب آب) بود. میانگین شوری زه‌آب خروجی تیمارهای CD70 و CD90 برابر با ۳/۴ دسی‌زیمنس بر متر بود، درحالی‌که در تیمار آزاد به میزان ۳/۸ دسی‌زیمنس بر متر بود که نشان از اثر بیش‌تر آب زیرزمینی شور بر کیفیت زه‌آب در زهکشی آزاد دارد. در طول مدت تحقیق، میزان نمک خروجی در تیمارهای زهکشی کنترل شده کاهش یافت، به‌طوری‌که در تیمار CD70 به میزان ۱۲/۱ تن در هکتار، در تیمار CD90 به مقدار ۱۶/۵ تن در هکتار و در زهکشی آزاد ۴۰/۵ تن در هکتار نمک از اراضی خارج شد. شوری خاک در اعماق ۶۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متری خاک در تیمارهای کنترل شده مقداری افزایش نشان داد، اما در عمق ۶۰-۰ سانتی‌متری، افزایشی پیدا نکرد. مقایسه پارامترهای کمی و کیفی نیشکر نیز نشان داد که زهکشی کنترل شده محدودیتی را برای رشد نیشکر و در طول فصل زراعی ایجاد نکرد. عملکرد نی در تیمار FD برابر ۸۹/۷ تن در هکتار، در تیمار CD70 برابر ۹۱/۵ تن در هکتار، و در تیمار CD90 برابر ۹۸/۲ تن در هکتار بود. پارامترهای کیفی نیشکر نیز در تیمارهای کنترل شده نسبت به تیمار آزاد افزایش یافت.

استفاده مجدد از زه‌آب

استفاده مجدد از زه‌آب در آبیاری، جزو عملیاتی است که در مناطق مواجه با کمبود آب و جهت تکمیل منابع آبی اهمیت یافته است و مشکلات کلی آلودگی آب را نیز کاهش می‌دهد، زیرا استفاده مجدد از زه‌آب در واقع میزان تخلیه آن را کاهش داده و به حداقل می‌رساند. این در حالی است که همزمان، از قدرت تصفیه‌کنندگی و حذف آلاینده‌ها توسط خاک نیز بهره گرفته می‌شود (شکل ۱۰).



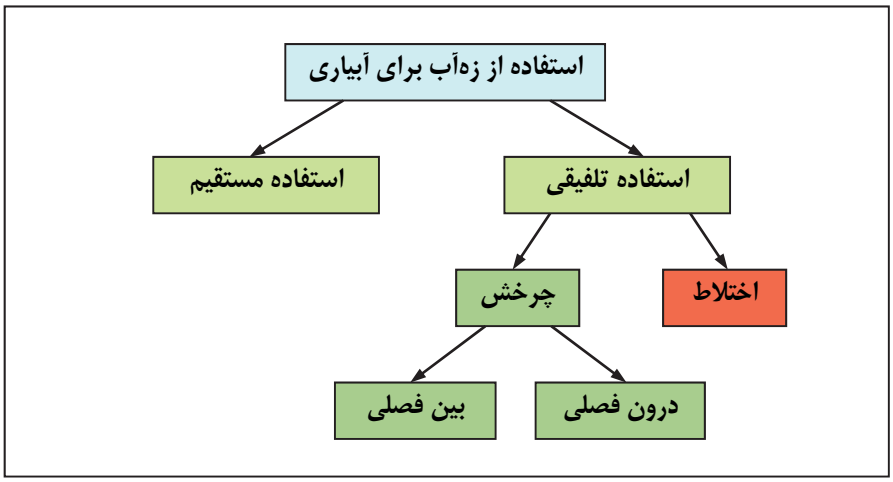
شکل ۱۰- بازچرخانی و استفاده مجدد از زه‌آب

موارد استفاده مجدد از زه‌آب متعدد و متنوع است. از زه‌آب می‌توان در کشاورزی سنتی یا کشاورزی به روش متداول (به شرط دارا بودن کیفیت مناسب) استفاده کرد. در این حالت، زه‌آب اراضی کشاورزی جمع‌آوری شده و بین کشاورزان توزیع می‌شود. البته وسعت و میزان استفاده از زه‌آب به کیفیت آن، زمان دسترسی، مقاومت گیاهان به شوری و غیره بستگی دارد. استفاده مستقیم از زه‌آب بدون کاهش محصول، در صورتی امکان‌پذیر است که شوری زه‌آب از حد آستانه تحمل گیاه کشت شده فراتر نرود و اراضی منطقه از شرایط زهکشی نسبتاً خوبی برخوردار باشد. برای جلوگیری از تخریب خاک و ضررهای حاصله، مصرف زه‌آب و میزان زه‌آب باقیمانده از این مرحله که غالباً شور و کم حجم است نیز باید مدیریت شود.

زه‌آب ممکن است به‌طور دوره‌ای یا متناوب استفاده شده، یا با منابع آب دیگر تلفیق شود (شکل ۱۱). در استفاده دوره‌ای و متناوب، زه‌آب شور در چرخه‌ای از

پیش تعیین شده، جانشین آب آبیاری معمولی می‌شود. این چرخه ممکن است درون فصلی یا بین فصلی باشد. این عملیات در جایی کاربرد دارد که شوری زه‌آب تا حدودی از مقدار شوری آستانه برای تحمل گیاه بالاتر باشد. گیاهان در مراحل مختلف رشد، مقاومت‌های متفاوتی را در برابر شوری از خود نشان می‌دهند. بیش‌تر گیاهان در مراحل ابتدایی رشد و جوانه‌زنی (و یا در زمان گل‌دهی)، از حساسیت بالایی برخوردار هستند، ولی در ادامه فصل رشد از مقاومت بالاتری نسبت به عوامل تنش‌زا برخوردارند. لذا در شرایط حساس با کاربرد آب آبیاری با کیفیت مناسب (به‌عنوان مثال، پیش آبیاری با آب معمولی در مرحله جوانه‌زنی) گیاهان قادر هستند که این دوره بحرانی را سپری کنند و سپس در ادامه فصل رشد می‌توان از زه‌آبی با شوری بالاتر از حد آستانه و بدون ایجاد خطری برای گیاه بهره برد. در جایی که شوری زه‌آب از مقدار آستانه برای تولید بهینه محصول بالاتر و مقادیری از آب با کیفیت مناسب در دسترس است، می‌توان زه‌آب را با سایر منابع آب مخلوط کرد تا از کیفیت بالایی برای کشت گیاه مورد نظر برخوردار شود.

زه‌آب جمع‌آوری شده با شوری متوسط تا زیاد را می‌توان برای کشت گیاهان و درختان مقاوم به شوری (هالوفیت) به‌کار برد. در چنین شرایطی باید کشاورزی با زه‌آب‌های شور و آلوده، پایدار و تضمین شده باشد و حفظ بیلان بلندمدت آب و املاح در خاک مورد توجه قرار گیرد.



شکل ۱۱- روش‌های استفاده از زه‌آب در تولید محصولات کشاورزی

از دیگر روش های کاربرد مجدد زه‌آب، استفاده مکرر و پشت سرهم از آن در اراضی کشاورزی و در قالب سیستم مدیریت زهکشی تجمیع شده در مزرعه[1] است که به‌دلیل ویژگی‌های آن، در ادامه و به‌صورت مجزا مورد بحث قرار خواهدگرفت.

زه‌آب‌های با کیفیت بالا را می‌توان جهت تقویت زیستگاه‌های حیات وحش و تالاب‌ها مورد استفاده قرار داد. لیکن نگرانی اساسی در این مورد، وجود احتمالی عناصر کمیاب (مانند سلنیم، مولیبدن و مس) در زه‌آب است که ممکن است از طریق زنجیره غذایی وارد بدن انسان شود و مسمومیت ایجاد کند. همچنین زه آب با شوری متوسط را می‌توان برای آبشویی اولیه خاک‌های شور، خاک‌های سدیمی و خاک‌های شور و سدیمی به‌کار برد. استفاده از زه‌آب شور در خاک‌های سدیمی، از پراکندگی ذرات خاک و تخریب ساختمان آن جلوگیری می‌کند، لیکن پس از احیای اولیه خاک، آب کافی و با کیفیت برای استفاده مطلوب از زمین مورد نیاز است.

1- Integrated on-Farm Drainage Management (IFDM)

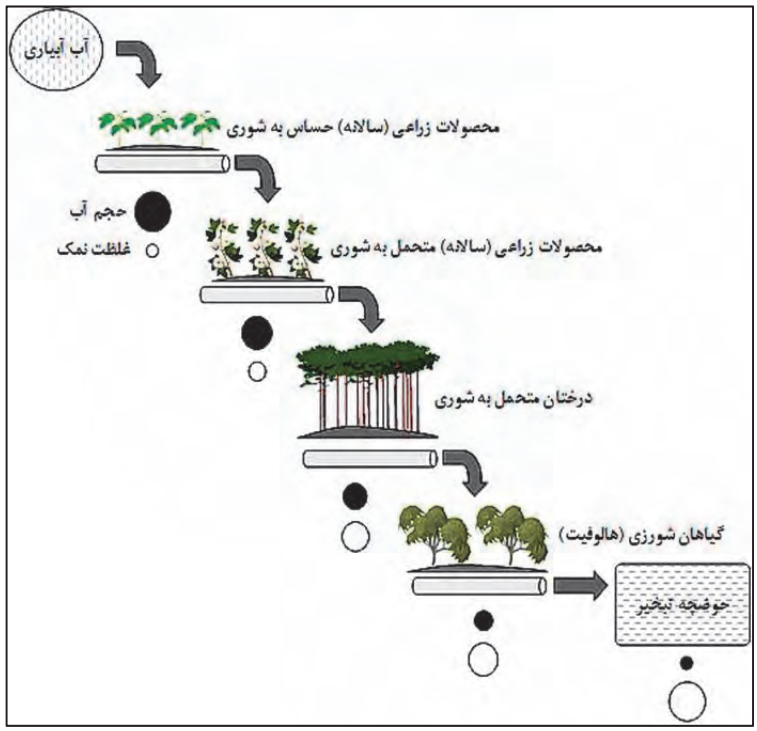
برای حصول نتایج بهتر می‌توان ترکیبی از اقدامات حفاظتی و اقدامات استفاده مجدد از زه‌آب را باهم به‌کار گرفت. در جایی‌که زه‌آب از کیفیت نسبتاً خوبی (البته پایین‌تر از آب آبیاری رایج) برخوردار است، پتانسیل استفاده از آن در کشاورزی سنتی بالاست و در شوری زه آب متوسط تا زیاد، استفاده از آن تنها به گیاهان مقاوم به شوری و برخی از انواع درختان و گیاهان علوفه‌ای محدود می‌شود. برای به حداقل‌رساندن اثرات مخرب کوتاه‌مدت و بلندمدت زه‌آب‌ها بر تولیدات گیاهی، حاصلخیزی خاک و کیفیت آب، توجه به مسائل مدیریتی در پروژه‌ها و حوضه‌های آبریز حائز اهمیت است. نگرانی اصلی در ارتباط با استفاده مجدد از زه‌آب، غلظت بالای املاح در زه‌آب حاصل از استفاده مجدد است که به مدیریت ویژه‌ای نیازمند است.

در کل می‌توان گفت که نکته اصلی در استفاده مجدد از زه‌آب، کیفیت آن است که در واقع نوع گیاه قابل کشت و درجه حاصلخیزی خاک را مشخص می‌کند. از طرف مقابل در هر خاکی، شرایط زهکشی اراضی و مقاومت گیاه به شوری است که درجه کیفیت قابل قبول زه آب را برای آبیاری (و در شرایط خاص در ترکیب با منابع آب غیرشور) تعیین می‌کند. آلاینده‌های موجود در رواناب سطحی و زه‌آب نظیر رسوبات، آفت‌کش‌ها و عناصر کودی، نقش مهمی را در استفاده مجدد از زه‌آب جهت تولیدات گیاهی ایفا می‌کنند، بویژه عناصر مغذی که لازم است مقدار موجود آنها در زه‌آب، جهت حفظ محیط زیست و پایداری کشاورزی، از مقدار کود مورد نیاز کسر شود تا از کاربرد کود اضافی خودداری شود. همچنین به‌دلیل بالا بودن نمک و گاهی عناصر کمیاب خاص در زه‌آب‌های زیرزمینی، آستانه تحمل گیاهی نیز باید مورد توجه قرار گیرد. به علاوه، نوع نمک نیز مهم است، زیرا ممکن است غلظت بالای برخی از عناصر نظیر سدیم، مانع جذب عناصر غذایی توسط گیاه شده و ضمن ایجاد سمیت، اثرات تخریبی بر

ساختمان خاک داشته باشد. خاک‌های با ساختمان ناپایدار در معرض ایجاد سله و تراکم قرار گرفته و از شرایط بهینه جهت رشد گیاه فاصله می‌گیرند.

سیستم مدیریت زهکشی تجمیع شده در مزرعه

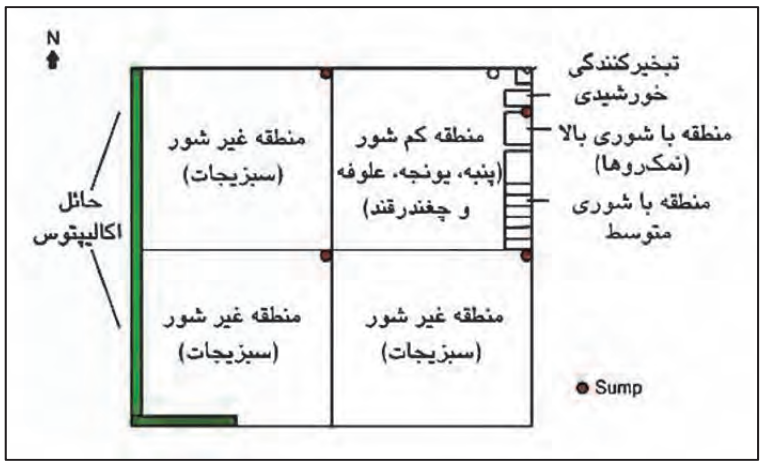
این سیستم استفاده مجدد از زه‌آب، با هدف استفاده چندباره و متوالی از زه‌آب کشت‌های مختلف معرفی شده است، به این ترتیب که آب با شوری کم‌تر برای آبیاری و رشد گیاهان حساس به شوری نظیر سبزیجات، میوه‌جات، لوبیا، ذرت و... و زه‌آب زیرزمینی حاصل از آن برای آبیاری گیاهان مقاوم به شوری (مثل پنبه، سورگوم، گندم، جو، چغندرقند و ...) استفاده می‌شود. در ادامه، زه‌آب تولید شده از این بخش برای آبیاری درختان و درختچه های مقاوم به شوری همچون اکالیپتوس، تاغ، گز، آتریپلکس و ... به‌کار برده شده و زه‌آب حاصل از این اراضی نیز برای آبیاری گیاهان شوررو یا هالوفیت استفاده می‌شود. در نهایت، زه‌آب این اراضی که دارای شوری خیلی زیاد و حجم کم است، برای استخراج نمک به حوضچه‌های تبخیری خورشیدی تخلیه می‌شود (شکل ۱۲). لازم به ذکر است که در هر مرحله، میزان زه‌آب خروجی نسبت به مرحله قبل از آن کاهش یافته و از حجم کم‌تری برخوردار است. این امر به دلیل مصرف آب توسط گیاهان کشت شده و نفوذ عمقی اتفاق می‌افتد، بنابراین سطح تحت آبیاری نیز در هر مرحله و در مقایسه با مرحله قبل از آن کاهش می‌یابد. همچنین تعداد مراحل، به حجم و کیفیت زه‌آب خروجی بستگی دارد و تا آنجا ادامه پیدا می‌کند که حجم زه‌آب به کم‌ترین مقدار و غلظت آن به بیش‌ترین میزان خود، یعنی به مقداری برسد که گیاه دیگری نتواند از آن استفاده کند.



شکل ۱۲- چارچوب سیستم مدیریت زهکشی تجمیع شده در مزرعه (IFDM)

مطابق آنچه ذکر شد در آخرین مرحله، زه‌آب به حوضچه تبخیری وارد می‌شود و در آنجا ابتدا تغلیظ شده، سپس به حالت جامد درمی‌آید. این نمک می‌تواند دارای موادی باشد که در صنایع استفاده می‌شوند. حوضچه تبخیری از نوع خورشیدی است. این حوضچه عبارت است از یک زمین مسطح (ترجیحاً دارای پوشش پلاستیکی یا از جنس ژئوممبران) که شورابه به آن وارد و بلورهای نمک از آن جمع‌آوری می‌شود. به‌منظور جلوگیری از باقی‌ماندن شورابه، تخلیه زه‌آب به حوضچه تبخیری، متناسب با تبخیر روزانه صورت می‌گیرد. این امر کمک خواهد کرد تا پرندگان به چنین حوضچه‌هایی جلب نشوند.

شکل ۱۳ به‌عنوان نمونه، آرایش اراضی در سیستم مدیریت زهکشی تجمیع شده را در سطحی بالغ بر ۲۶۰ هکتار در ایالت کالیفرنیای آمریکا نشان می‌دهد. اراضی منطقه مورد نظر آن‌چنان شور و ماندابی شده بود که زارعان قادر به کشت محصولات اقتصادی در آن نبودند. به‌منظور اصلاح این وضعیت، از سیستم مدیریت زهکشی تجمیع شده در مزرعه همراه با حوضچه تبخیر خورشیدی استفاده شد. از وسعت کل، حدود ۲۱۸ هکتار آن (۸۴ درصد) به کشت گیاهان اصلی اختصاص یافته و با آب مناسب آبیاری می‌شود. با مخلوط زه‌آب و رواناب سطحی حاصل از مرحله اول، مساحتی در حدود ۲۶ هکتار (۱۰ درصد) به کشت و آبیاری گیاهان مقاوم‌تر اختصاص می‌یابد. در مرحله سوم، زه‌آب و رواناب حاصل از مرحله قبل جهت آبیاری ۱۰ هکتار (حدود ۴ درصد) گیاهان مقاوم به شوری مورد استفاده قرار می‌گیرد. زه‌آب حاصل از این اراضی نیز صرف آبیاری حدود ۴/۵ هکتار (کم‌تر از ۲ درصد) گیاهان شوررو (هالوفیت) می‌شود. در نهایت، زه آب حاصل از این بخش به حوضچه‌های تبخیری با مساحت حدود ۱/۵ هکتار (کم‌تر از یک درصد) تخلیه می‌شود.



شکل ۱۳- آرایش اجرایی استفاده از سیستم مدیریت زهکشی تجمیع شده در منطقه‌ای از کالیفرنیا

قابل ذکر است که سیستم زهکشی زیرزمینی در این اراضی از نوع معمول است، لیکن تغییراتی جهت اجرای عملیات پمپاژ در آن ایجاد شده است. زه آب توسط لوله‌هایی از محل پمپاژ به ابتدای قطعات آبیاری انتقال می‌یابد. جهت جلوگیری از ورود آب زیرزمینی اراضی مجاور و حایل کردن آن، نوار حاشیه‌ای درخت‌کاری شده در بخش هایی از اراضی ایجاد شده است (سمت چپ شکل ۱۳). این نوارهای درخت‌کاری، نقش بادشکن را نیز ایفا می‌کنند و خود همانند زهکش زیستی، در حذف بخشی از زه‌آب و کاهش حجم آن در منطقه مؤثر است.

در نواحی دارای سیستم زهکشی در کشور و بویژه استان خوزستان، به‌دلیل حجم بالای زه آب تولیدی در این استان، کیفیت نامناسب آن و فقدان تخلیه‌گاه نهایی مناسب برای زه آب های تولید شده در بخش کشاورزی، سیستم مدیریت یکپارچه زهکشی اراضی می‌تواند کمک بزرگی را به حل هر سه این مشکلات کند. برخلاف این که روش فوق عملیاتی دوست‌دار محیط زیست به‌شمار می‌آید، لیکن باید به برخی از مشکلات در خصوص اجرایی‌کردن آن نیز در کشور توجه داشت.

اولین کار در جهت ترویج استفاده از چنین سیستم‌های کاهنده حجم زه‌آب‌های کشاورزی، ایجاد انگیزه لازم برای کشاورزان است. ایجاد بازار فراورده‌های تولیدی در این فرایند نظیر بازار چوب اکالیپتوس و تولیدات جانبی آن، معرفی و توجیه کشت انواع گیاهان شوررو و بویژه انواع دارای ارزش تغذیه‌ای و خواص دارویی، بازار محصولات معدنی (مانند سولفات سدیم و سایر نمک های تولیدی در حوضچه‌های تبخیری) و ... می‌تواند جزء شرایط لازم برای موفقیت این عملیات به‌حساب آید. از طرفی، منطقی‌کردن میزان تخصیص آب به کشت و صنعت‌های بزرگ، آنها را مجبور به استفاده کم‌تر از آب می‌کند و انگیزه لازم را برای بهبود بازده (راندمان) آبیاری و استفاده بهتر از آب فراهم خواهد ساخت. سازمان حفاظت محیط زیست کشور نیز باید با همکاری وزارت جهاد کشاورزی و وزارت نیرو، مقررات و ضوابط مرتبط را از نظر کمیت و کیفیت زه آب تخلیه شده

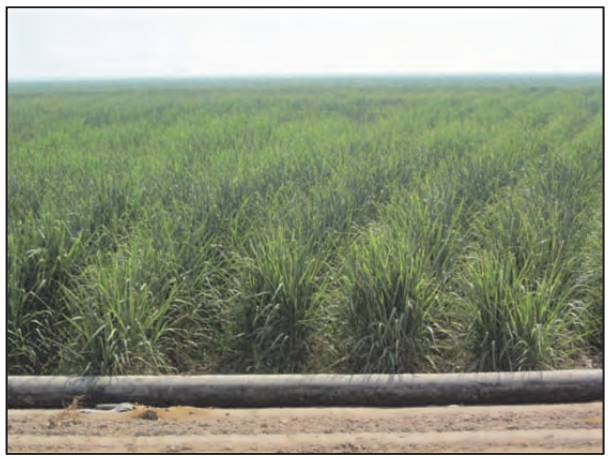
به محیط وضع کند و همان‌گونه که اجازه داده نمی‌شود فاضلاب ناشی از کارخانه‌های صنعتی بدون تصفیه و با هر کیفیتی به منابع پذیرنده تخلیه شود، بر کیفیت و کمیت زه‌آب خروجی از اراضی کشاورزی هم کنترل کاملی صورت پذیرد. تنها در این حالت است که کشت و صنعت‌های بزرگ تمایل خواهند داشت تا از شرایط سهل و آسان فعلی چشم‌پوشی و از اجرای چنین سیستم هایی استقبال کنند.

در شرایط فعلی و هنگامی که صحبت از حجم زیادی زه‌آب تولیدی از کشت و صنعت‌های نیشکر استان خوزستان به میان می‌آید، براوردهایی همچون تخلیه ۱/۹ میلیارد متر مکعب زه‌آب سالیانه (فقط از کشتزارهای نیشکر) مطرح می‌شود. این در حالی است که تخلیه زه‌آب سیستم‌های زهکشی سایر پروژه‌های آب و خاک که جهت اصلاح اراضی کشاورزی و حفظ پایداری تولید در آنها به اجرا درآمده و یا در حال اجراست نیز خود مقدار زیادی از زه‌آب کم کیفیت و آلوده را به آن می‌افزاید که عمدتاً به محیط زیست و منابع آب سطحی در منطقه تخلیه می‌شود. شکل‌های ۱۴ تا ۱۹ تصاویری مرتبط را در این خصوص و در استان خوزستان ارائه می‌دهند.

تغییر در ضوابط طراحی برای کاهش حجم زه‌آب

امروزه، فعالیت‌هایی در زمینه تغییر برخی ضوابط طراحی سیستم‌های زهکشی و در واقع، علوم مرتبط با اجرا و مهندسی زهکشی در دست اقدام است که پیگیری و تداوم آنها می‌تواند منجر به کاهش میزان زه‌آب تولیدی از اراضی کشاورزی و نیز ارتقای کیفیت زه‌آب، بویژه در مناطقی با آب زیرزمینی شور و کم‌عمق نظیر استان خوزستان شود. از جمله این موارد می‌توان به کاهش مقدار ضریب زهکشی و کاهش عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی اشاره کرد. لازم به ذکر

است که این ضوابط طراحی، در بخشی از پـروژه هـای جدیـد زهکشـی در سـطح کشور و بویژه در استان خوزستان در حال استفاده هستند و پیشرفت هـای بعـدی در این خصوص به نوعی منوط به ارزیابی نتایج حاصل از این فعالیت‌هاست.



شکل ۱۴- نمایی از کشتزار نیشکر در واحد کشت و صنعت امام خمینی (شعیبیه) استان خوزستان

شکل ۱۵- نحوه اجرای عملیات آبیاری نیشکر (آبیاری جویچه‌ای با لوله دریچه‌دار)

شکل ۱۶- یکی از نهرهای داخلی کشت و صنعت نیشکر جهت انتقال بخشی از زه‌آب زیرزمینی تولید شده

شکل ۱۷- لوله‌های تخلیه کننده زه‌آب در انتهای مسیر یک واحد ایستگاه پمپاژ داخلی در کشت و صنعت نیشکر

شکل ۱۸- پل معروف به ۵۰ دهنه، محل عبور زه‌آب تخلیه شده واحدهای شرقی کشت و صنعت‌های نیشکر

شکل ۱۹- ایستگاه پمپاژ زه‌آب المهدی (مربوط به واحدهای شرقی کشت و صنعت) با ظرفیت ۳۰ مترمکعب در ثانیه

کاهش ضریب زهکشی

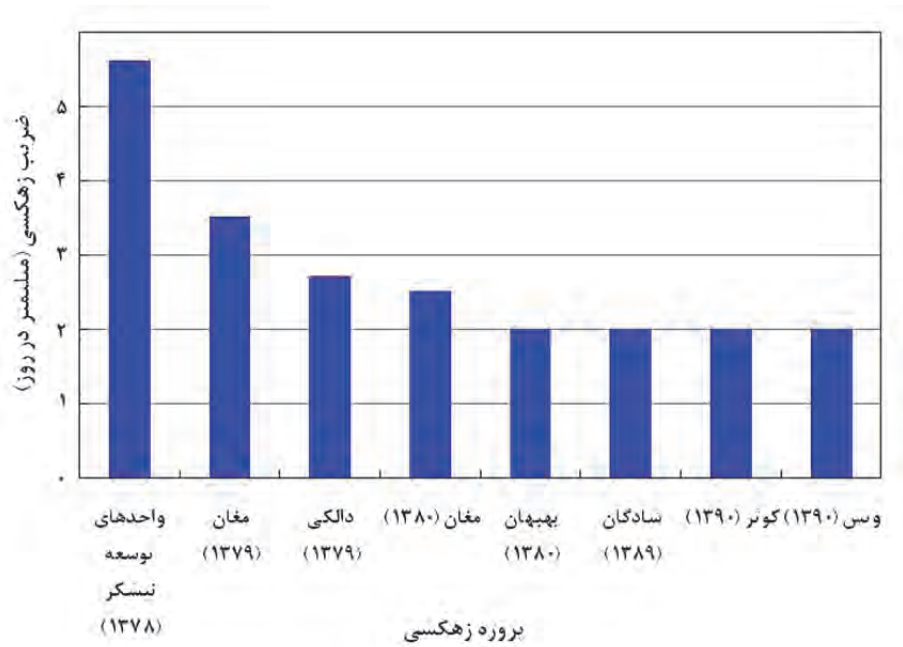
ضریب زهکشی[1] بر طبق تعریف، عبارت است از میزان آبی که باید در مدت ۲۴ ساعت از طریق زهکش‌های زیرزمینی تخلیه شود. واحد آن معمولاً «میلی‌متر در روز» است و عواملی همچون میزان آبشویی مورد نیاز، میزان آبیاری یا شدت بارندگی و میزان رواناب سطحی، بر کمیت آن مؤثر است. در گذشته، انتخاب مقادیر ضریب زهکشی براساس روش طراحی بدون ریسک استوار بود، بدین معنی که محصول غالب با بیش‌ترین سطح زیر کشت در منطقه (الگوی کشت اصلی) به‌عنوان معیار انتخاب شده و طراحی بر این اساس انجام می‌گرفت و مقرر بود که سطح ایستابی هرگز به ترازی که برای این کشت انتخاب شده نرسد. چنین روشی منجر به بیش طراحی[2] عمق سطح ایستابی برای سایر محصولات شده و به‌علاوه، ظرفیت زهکشی خاک توسط کانال های زهکش جمع کننده و کانال‌های انتقال زه‌آب اصلی نادیده گرفته می‌شد. میزان ضریب زهکشی در طراحی پروژه های کشت و صنعت نیشکر براساس روش سنتی طراحی در حدود ۶-۵/۵ میلی‌متر در روز لحاظ شده بود، لیکن در پروژه‌های جدید در دست اجرا در استان خوزستان، این میزان به حدود ۲ میلی‌متر در روز کاهش یافته است. نمودار ۲، روند تغییرات میزان ضریب زهکشی در برخی از پروژه های مهم کشور را نشان می‌دهد. قابل ذکر است که این تغییر در پروژه های زهکشی سایر کشورها نیز ملاحظه شده که نمونه‌ای از آن مربوط به کشور پاکستان، در نمودار ۳ قابل مشاهده است.

کاهش ضریب زهکشی، اثر خود را بر فاصله نصب زهکش ها برجای گذاشته و میزان فاصله را افزایش می‌دهد. همچنین کاهش ضریب زهکشی بر میزان تلفات نیتروژن از خاک نیز مؤثر است و به دلیل کاهش مقدار زه‌آب تولید شده، از میزان

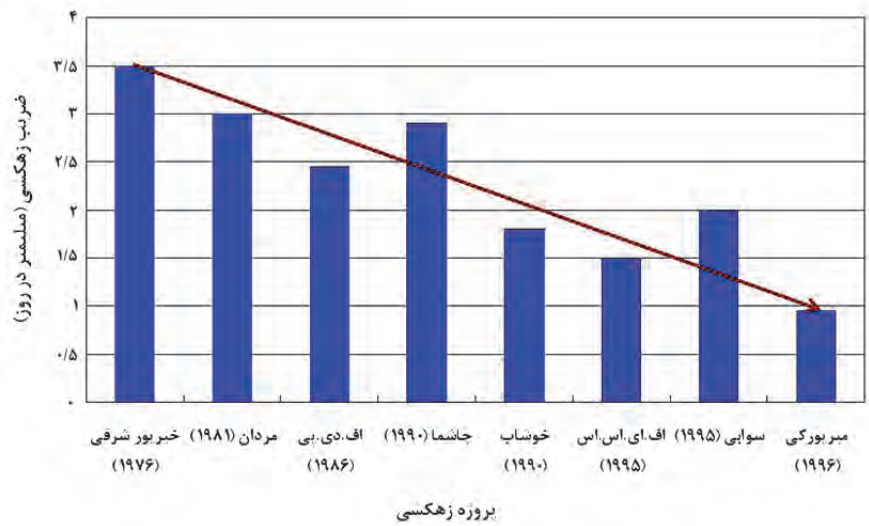
1- Drainage rate
2- Over-design

نیتروژن خروجی از خاک و تخلیه شده به محیط زیست کاسته می‌شود. لازم به ذکر است که بیش براورد ضریب زهکشی، نتایج زیر را به همراه دارد:

- ✓ افزایش هزینه‌های طراحی و اجرای سیستم زهکشی
- ✓ افزایش میزان آب آبیاری مورد نیاز درنتیجه شدت یافتن تخلیه زهکش‌های زیرزمینی
- ✓ پایین آمدن بازده (راندمان) آبیاری اراضی زهکشی شده
- ✓ افزایش صدمات وارده به محیط زیست در اثر تخلیه مقادیر بیش‌تر زه آب شور و آلوده



نمودار ۲- روند تغییرات ضریب زهکشی در تعدادی از پروژه‌های زهکشی ایران



نمودار ۳- چگونگی تغییرات میزان ضریب زهکشی در کشور پاکستان

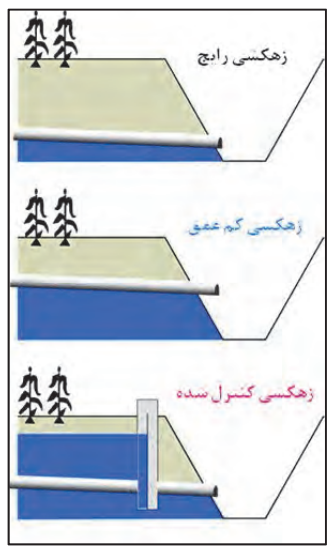
کاهش عمق کارگذاری زهکش‌های زیرزمینی

در گذشته توصیه می‌شد که عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه خشک، حدود ۱/۸ متر تا ۲ متر انتخاب شود. این توصیه بدان دلیل بود که از شوری مجدد خاک (شوری ثانویه) درنتیجه رسیدن خیز موئینگی به سطح و سپس تبخیر آب و برجای ماندن نمک‌ها جلوگیری شود. ایجاد شوری ثانویه بویژه در اراضی کشت و صنعت‌های نیشکر به دو دلیل منتفی است؛ اول اینکه فصل آبیاری نیشکر بسیار طولانی است و دیگر اینکه نفوذ عمقی در مزارع نیشکر زیاد بوده و حتی بیش از نیاز آبشویی است.

هم‌اکنون و در پروژه های جدید زهکشی زیرزمینی، عمق طراحی و نصب لوله های زهکش را کاهش و به حدود ۱/۵-۱/۴ متر از سطح زمین می‌رسانند. با کاهش عمق زهکش‌ها، عملاً فضای بیش‌تری در خاک به ذخیره زه‌آب اختصاص یافته و حجم زه‌آب کم‌تری نیز تخلیه خواهد شد (شکل ۲۰). براساس تجربیات به

اجرا درآمده در خصوص کاهش عمق زهکش‌ها به ۱/۵ متر در سال‌های اخیر و در تعـدادی از پـروژه‌هـای زهکشـی کشـور و بـر مبنـای مشـاهدات انجـام شـده و گزارش های اعلام شده در این مورد، به نظر می‌رسد که تاکنون، این کاهش عمـق مشکل‌ساز نبوده است. همچنین در خصوص کشت های زمسـتانه نظیـر گنـدم در استان خوزستان (با دوره کشت از آبان ماه تا اوایل اردیبهشـت مـاه) و در شـرایط اجرانشدن کشت تابستانه در چنین اراضـی، بـازهم نگرانـی از بابـت تجمـع نمـک وجود نخواهد داشت، زیرا می‌توان با اجرای عملیات پـیش آبیـاری قبـل از شـروع فصل کشت جدید و با توجه به وجود سیستم زهکشی زیرزمینی، نمک های تجمع یافته ثانویه را آبشویی و از محیط خاک خارج کرد.

تنها نکته قابل توجه در کاهش عمق نصب زهکش های زیرزمینی این است که در صورت کشت گیاهان با سیستم ریشـه‌ای عمیـق در منطقـه، احتمـال انسـداد لوله‌های زهکش درنتیجه ورود ریشه‌ها به درون آنها وجود خواهد داشت.



شکل ۲۰- نحوه اثر کاهش عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی بر کاهش حجم زه‌آب تخلیه شده

نتیجه‌گیری

با توجه به نیاز اراضی کشاورزی و کشت‌های آبی کشور به ایجاد سیستم‌های زهکشی زیرزمینی برای حفظ پایداری تولید محصول، کنترل بیلان آب و املاح در خاک، اندیشیدن تمهیدات لازم برای به حداقل رسانیدن اثرات مخرب تخلیه زه‌آب‌های کشاورزی شور و آلوده به محیط زیست ضرورت دارد. در همین راستا، رعایت ملاحظات و به‌کارگیری روش‌های اجرایی که بتواند میزان زه‌آب تولیدی را به حداقل ممکن برساند، بویژه در قطب زهکشی کشور یعنی استان خوزستان بسیار ضروری است. لذا در جهت نیل به این هدف، توجه ویژه به افزایش بازده (راندمان) عملیات آبیاری و در کنار آن، استفاده از برخی روش‌های جدید نظیر زهکشی کنترل شده و سامانه مدیریت تجمیع شده زهکشی در مزرعه می‌تواند مؤثر واقع شود و اثر زیادی را بر کاهش حجم زه‌آب تولیدی از اراضی کشاورزی برجای گذارد. البته هریک از این موارد، ملاحظات خاص خود را نیز به همراه داشته و برنامه‌ریزی جهت تأمین زیرساخت‌های این عملیات را نباید ازنظر دور داشت. اصلاح ضوابط طراحی و اجرای پروژه‌های زهکشی زیرزمینی نیز از دیگر مواردی است که هم‌اکنون در دستور کار قرار گرفته است. کاهش مقدار ضریب زهکشی در پروژه‌ها و کاهش عمق کارگذاری زهکش‌ها جزء مهم‌ترین فعالیت‌ها در این بخش به‌شمار می‌آیند. نکته اساسی اینکه برای رسیدن به موفقیت در این مهم، ایجاد زمینه همکاری و فعالیت مستمر بین نهادهای مجری عمدتاً دولتی (به‌عنوان متولی ساخت و اجرای پروژه‌ها) و بهره‌برداران از شبکه‌های آبیاری و زهکشی ضروری است. همچنین اجرای پروژه‌های تحقیقاتی به منظور تعیین میزان اثرگذاری و پیشنهاد اصلاحات لازم در فرایندهای مورد نظر نیز اهمیت فراوانی دارد. همچنین آماده سازی زیرساخت‌ها جهت تطابق با شرایط نوین و ایجاد انگیزه برای روی‌آوردن بهره‌برداران به روش‌های جدید و دوست‌دار محیط‌زیست، دارای اهمیت فراوان و ضامن موفقیت رویکردهای اتخاذ شده در این خصوص است.

فهرست منابع

۱- ادیمی، م.ج. ۱۳۸۵. نگرش اجمالی بر وضع موجود، چالش‌ها و رویکردهای زهکشی در ایران. مجموعه مقالات چهارمین کارگاه فنی زهکشی. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران، صفحات: ۲۰-۱.

۲- اکرم، م. ۱۳۹۱. چالش‌های زهکشی زیرزمینی در سال‌های پیش رو. سخنرانی کلیدی (مجموعه اسلاید)، هفتمین کارگاه فنی زهکشی و محیط‌زیست. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران.

۳- اکرم، م. و اکرم، س. ۱۳۸۳. زهکشی کنترل شده، کورسویی برای بهبود راندمان آبیاری در اراضی زهکشی شده ایران. مجموعه مقالات سومین کارگاه فنی زهکشی. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران، صفحات: ۳۲-۲۱.

۴- اکرم، م. و حسن‌اقلی، ع. ۱۳۹۳. مدیریت زه‌آب در مزرعه (IFDM). مجموعه مقالات هشتمین کارگاه فنی زهکشی و محیط زیست. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران، صفحات: ۱۴-۱.

۵- پذیرا، ا. ۱۳۹۱. حفاظت از منابع فیزیکی تولید در کشاورزی؛ «خاک و آب». کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، شماره انتشار ۱۵۰، ۲۶۸ صفحه.

۶- چنگلوایی، ک. ۱۳۸۸. ضرورت احداث زهکش‌های زیرزمینی در استان خوزستان. مجموعه مقالات ششمین کارگاه فنی زهکشی و محیط زیست. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، اهواز، صفحات: ۹۳-۸۳.

۷- حسن‌اقلی، ع. ۱۳۸۵. مدیریت زه‌آب‌های حاصل از سامانه‌های زهکشی و کاربرد مجدد آن در کشاورزی. مجموعه مقالات چهارمین کارگاه فنی زهکشی. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران، صفحات: ۵۸-۳۹.

۸- حسن‌اقلی، ع. ۱۳۹۲. چالش‌های تولید و دفع زه‌آب‌های کشاورزی. مجموعه مقالات نخستین همایش ملی بازیافت آب. دانشگاه تهران، پردیس دانشکده‌های فنی، ۷-۶ بهمن ماه، صفحات: ۶-۱.
۹- حسن‌اقلی، ع. ۱۳۹۳. راه‌کارهای کاهش حجم زه‌آب‌های تولیدی در بخش کشاورزی. سخنرانی کلیدی، مجموعه مقالات دومین همایش ملی بازیافت آب. دانشگاه تهران، پردیس دانشکده‌های فنی، ۸-۶ بهمن ماه، صفحه ۳.
۱۰-علیزاده، ا. ۱۳۸۵. زهکشی جدید (برنامه‌ریزی، طراحی و مدیریت سیستم‌های زهکشی). چاپ دوم. دانشگاه امام رضا (ع)، شماره ۱۰۴، ۴۹۵ صفحه.
۱۱-کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۱۳۸۶. زهکشی زیرزمینی: برنامه‌ریزی، اجرا و بهره‌برداری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران.
۱۲-کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۱۳۸۹. شورورزی؛ استفاده پایدار از منابع آب و خاک شور در کشاورزی. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، شماره انتشار ۱۴۱، ۳۱۵ صفحه.
۱۳-گروه کار زهکشی و محیط زیست. ۱۳۸۸. خوزستان و چالش‌های زهکشی زیرزمینی در سال‌های پیش رو. مجموعه مقالات ششمین کارگاه فنی زهکشی و محیط زیست. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، اهواز، صفحات: ۲۲-۱.
۱۴-ناصری، ع. و ارواحی، ع. ۱۳۸۸. استفاده از مبانی جدید در طراحی سیستم‌های زهکشی زیرزمینی و تأثیر آنها روی روش‌های اجرایی در خوزستان. مجموعه مقالات ششمین کارگاه فنی زهکشی و محیط زیست. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، اهواز، صفحات: ۸۱- ۶۷.
۱۵-هوشمند، ع. و محجوبی، آ. ۱۳۹۱. بررسی اثرات زهکشی کنترل شده بر روی شوری خاک، مدیریت آبیاری و عملکرد نیشکر (مطالعه موردی کشت و صنعت امام خمینی). گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، وزارت نیرو، سازمان آب و برق خوزستان. ۱۸۰ صفحه.