Archive of SID

نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۲۹ / شماره ۲ / ۱۳۹٤

بررسی کمیت و کیفیت زهاب زهکش‌های زیرزمینی بدون پوشش در مقایسه با پوشش معدنی در دشت شادگان

علیرضا حسن‌اقلی[1]*، عادل اسمعیلی امینلویی و حسین سخایی راد

دانشیار، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

arho49@yahoo.com

دانش آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه فردوسی مشهد.

a.esmaeili2007@gmail.com

کارشناس ارشد مهندسین مشاور سامان آبراه.

absa110@yahoo.com

چکیده

اجرای سامانه زهکشی زیرزمینی از اولویت‌های مهم یک طرح تجهیز و نوسازی اراضی کشاورزی به‌شمار می‌آید. در این سامانه‌ها، هزینه بالای تهیه پوشش شن و ماسه‌ای اطراف لوله زهکش، تداوم فعالیت‌های اجرایی در این بخش و به‌ویژه در استان خوزستان را با مشکلاتی مواجه کرده است. از گزینه‌های موجود برای رفع این معضل، استفاده از پوشش‌های مصنوعی و یا، در مواردی که خصوصیات خاک منطقه بر اساس توصیه‌های فنی اجازه دهد، زهکشی زیرزمینی بدون کاربرد پوشش است. لذا در این تحقیق در مزرعه‌ای آزمایشی به مساحت تقریبی ۲۰ هکتار و با کشت گندم، عملکرد زهکشی بدون استفاده از مواد پوششی در مقایسه با زهکشی رایج، در اراضی تجهیز و نوسازی شده دشت شادگان (استان خوزستان) مورد ارزیابی قرار گرفت. هر واحد آزمون دارای پنج خط زهکش (لترال) با فواصل ۵۰ متر، عمق کارگذاری متوسط ۱/۷ متر و طول تقریبی ۲۲۰ متر بود. برای بررسی نوسان سطح ایستابی، از پیزومترهایی در راستای عمود بر زهکش در وسط لترال میانی استفاده شد. همچنین مقادیر دبی زهکش و کیفیت زهاب خروجی از لترال میانی و در محل چاهک بازرسی اجرا شده روی این زهکش اندازه‌گیری شد. حداکثر شوری زهاب در زهکش‌های دارای پوشش معدنی (تکرارهای اول و دوم) و زهکش بدون پوشش به‌ترتیب برابر ۳۶/۹، ۵۲/۱ و ۴۷ دسی‌زیمنس بر متر و حداقل آن برابر ۲۵/۷، ۲۳/۶ و ۱۲/۶ دسی‌زیمنس بر متر اندازه‌گیری شد. حداکثر دبی خروجی در تکرار اول پوشش معدنی ۰/۵۹ لیتر بر ثانیه، در تکرار دوم همین نوع پوشش ۰/۲۸ لیتر بر ثانیه و در لترال بدون پوشش ۰/۲۳ لیتر بر ثانیه بود. بررسی مقادیر شاخص نمک خروجی (SEI) از خاک نشان داد که عمل آبشویی در طول فصل زراعی درحال انجام بود. بررسی دبی زهکش‌ها نشان از عملکرد قابل قبول زهکش‌های بدون پوشش در تخلیه زهاب از نیمرخ خاک و عملکرد مناسب‌تر زهکش‌های دارای پوشش معدنی در طول فصل زراعی داشت و خروج رسوب از زهکش در هیچ‌یک از تیمارها مشاهده نشد.

واژه‌های کلیدی: پوشش شن و ماسه، دبی زهکش، شوری زهاب. زهکشی بدون پوشش.

---

[1]- آدرس نویسنده مسئول: کرج، بلوار شهید فهمیده، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ص. پ. ۸۴۵-۳۱۵۸۵.

* دریافت: مهر ۱۳۹۲و پذیرش: خرداد ۱۳۹۴(تاخیر نویسنده)

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

زهکشی زیرزمینی از جمله فعالیت‌هایی است که از دیرباز و در راستای حفظ پایداری تولید محصول، بر ضرورت اجرای آن در اراضی کشاورزی ایران تأکید شده است. اکرم و همکاران بیان می‌دارند زهکشی که در گذشته برای تمامی اراضی تحت آبیاری واجب شمرده می‌شد، اکنون با تغییر نگرش در این خصوص مواجه شده، به‌گونه‌ای که بر طبق نظر ولاتمن، زهکشی را نبایستی انجام داد مگر اینکه واقعاً ضروری باشد (اکرم و همکاران، ۲۰۱۳). دلیل اصلی این تغییر نگرش را می‌توان در ملاحظات زیست محیطی و به‌ویژه مخاطرات ناشی از تخلیه زهاب‌های با کیفیت نامطلوب به محیط زیست دانست.

در اجرای یک سامانه زهکشی زیرزمینی، مصالح مختلفی به‌کار می‌رود که مهم‌ترین آن‌ها، لوله زهکش و شن و ماسه مورد استفاده به‌عنوان پوشش[1] دور آن می‌باشد. مواد پوششی بایستی به‌گونه‌ای عمل کنند که در عین دارا بودن قابلیت جلوگیری از ورود ذرات سیلت و سایر ذرات خاک با قابلیت ته‌نشینی به‌داخل لوله، شرایط هیدرولیکی جهت ورود آب به‌داخل زهکش را تسهیل نمایند. از این نظر شن و ماسه از قابلیت بالایی برای انجام هر دوی این وظایف برخوردار بوده و در صورت دانه‌بندی متناسب با خاک اطراف، بهترین نوع مصالح پوششی به‌شمار می‌رود (ولاتمن و همکاران، ۲۰۰۰).

لیکن دوری منابع قرضه دارای مواد پوششی متناسب با خاک محل پروژه‌های زهکشی به‌ویژه در استان خوزستان، تأمین این مصالح را با مشکلات جدی اجرایی و تحمیل هزینه‌های گزاف به متولیان امر مواجه ساخته است. از طرف دیگر، اثرات نامطلوب زیست محیطی برداشت‌های بی‌رویه از معادن شن و ماسه طبیعی برای پوشش زهکش‌ها را که عمدتاً از بستر رودخانه‌ها تهیه می‌شوند، نبایستی از نظر دور داشت (حسن‌اقلی و همکاران، ۱۳۹۳). تمامی این موارد متولیان اجرای پروژه‌های زهکشی کشور را بر آن داشته است تا به‌دنبال جایگزین‌های دیگری برای شن و ماسه باشند تا ضمن دارا بودن کارایی لازم، مشکلات فوق را تا حد ممکن مرتفع سازد. از گزینه‌های مطرح در این خصوص، کاربرد پوشش‌های مصنوعی[2] یا ابداع مواد پوششی جدید با بهره‌گیری از پتانسیل‌های موجود در هر منطقه است.

بر اساس توصیه‌های فنی موجود، در صورتی که خاک از خصوصیات ویژه‌ای برخوردار باشد (که در ادامه بدانها اشاره شده)، نیازی به کاربرد مواد پوششی در اطراف لوله زهکش نخواهد بود و می‌توان زهکش‌ها را بدون پوشش اجرا نمود. البته چنین عملیاتی ضمن حذف هزینه مصالح پوششی و با افزایش قابل‌توجه سرعت لوله‌گذاری، در کاهش هزینه‌های اجرایی پروژه زهکشی بسیار مؤثر است، لیکن به‌دلایل متعدد تاکنون در کشور مورد بررسی قرار نگرفته است. از مهم‌ترین این دلایل می‌توان به نگرانی از شکست پروژه در نتیجه فقدان تجارب تحقیقاتی محلی اشاره نمود. ادیمی (۱۳۸۸) نیز بیان می‌دارد که هرچند بر اساس توصیه‌های معتبر، برخی از خاک‌ها به پوشش زهکشی نیاز ندارند، اما اطلاعات ارائه شده توسط کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی[3]، حاکی از وجود نگرانی‌ها و رویکرد عمومی بر استفاده از پوشش‌های زهکشی است.

به‌طور کلی ضرورت استفاده از پوشش، بیشتر به ویژگی‌های خاک در منطقه‌ای که زهکش زیرزمینی در آن اجرا می‌شود بستگی دارد. ناهمگنی خاک و طبیعت پیچیده واکنش‌های فیزیکی بین آب و خاک در مجاورت منافذ زهکش، پیش‌بینی نیاز به مواد پوششی در اطراف لوله‌های زهکش را دشوار می‌سازد (کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۸۳). برطبق نظر ولاتمن و همکاران، رسوب‌گذاری و گرفتگی زهکش‌ها در صورتی اتفاق می‌افتد که (ولاتمن و همکاران، ۲۰۰۰): روزنه‌های موجود در

[1] Envelope

[2] Synthetic

[3] International Commission on Irrigation and Drainage

www.SID.ir

Archive of SID

دیواره لوله‌ها بسیار بزرگ باشد، به‌طوری‌که پل‌بندی[1] ذرات خاک از بین برود؛ ساختمان خاک ناپایدار بوده و مقاومت برشی خاک در برابر نیروی محرکه جریان آب خیلی کم باشد؛ شیب هیدرولیکی کم لوله‌های زهکش و یا سرعت پایین آب در آن‌ها که به عدم شستشوی کافی و مناسب رسوبات ریز داخل لوله منجر شود و حضور خاک‌های درشت بافت با یکنواختی بالا و خاک‌های سیلتی ناپایدار که به‌خصوص در شرایط مرطوب، به‌هنگام نصب زهکش با مشکل مواجه شده و به پوشش نیاز خواهند داشت. علیزاده (۱۳۸٤) بیان می‌دارد خاک‌هایی که نیاز به نقش فیلتری پوشش ندارند عبارتند از: خاک‌های سنگین رسی با درصد رس بالای ٦۰ و هدایت هیدرولیکی کمتر از ۰/۱ متر بر روز، خاک‌های مناطق مرطوب با مقدار رس بالای ۳۰ – ۲۵ درصد، خاک‌های با شاخص پلاستیسیته بالای ۱۲ و ضریب یکنواختی بیشتر از ۱۵ و در نهایت، خاک‌های درشت بافت به‌طوری‌که اندازه قطر ۹۰ درصد ذرات بزرگتر از عرض سوراخ‌های روی لوله زهکش باشد.

بهترین روش تعیین ضرورت استفاده از پوشش، احداث خطوط زهکش آزمایشی برای انواع خاک‌های موجود در محل می‌باشد. این روش نیاز به صرف وقت و هزینه زیاد دارد. حتی اگر برای جلوگیری از ورود رسوبات ریزدانه به‌داخل لوله‌های زهکش، استفاده از پوشش ضرورت نداشته باشد، ممکن است شرایط ویژه دیگری استفاده از پوشش را اجتناب ناپذیر نماید که از جمله آنها می‌توان به شرایط هیدرولیکی، اجرا و نصب اشاره نمود. خاک‌های با مقادیر بالای رس و مواد آلی، استحکام ساختمانی زیادی دارند. همبستگی ساده‌ای بین مقدار رس و یا مواد آلی خاک با میزان استحکام ساختمانی خاک به‌منظور تعیین نیاز به پوشش، قطعی و نهایی نشده است، ولی این اطلاعات در ترکیب با تجارب محلی ممکن است پیش‌بینی‌های نسبتاً مناسبی را ارائه دهند (اجاقلو، ۱۳۸۸).

پوشش زهکش (اعم از معدنی یا مصنوعی)، عملکرد سیستم زهکشی را بهبود خواهد بخشید، مگر اینکه نوع پوشش به‌درستی انتخاب نشده و یا به‌صورت صحیح نصب نشود. ضرورت استفاده از پوشش در درجه اول به مقدار درصد رس خاک در عمق نصب زهکش و در نتیجه، به‌میزان پایداری ساختمانی خاک بستگی دارد.روش‌های متعددی جهت تعیین نیاز یا عدم نیاز به پوشش وجود دارد، لیکن یکی از مهم‌ترین آنها روش گرادیان شکست هیدرولیکی[2] است (سامانی، ۱۹۷۹؛ ولاتمن و همکاران، ۲۰۰۰). از دیگر موارد می‌توان به‌روش میزان رس خاک، روش ترکیبی میزان رس و نسبت جذب سدیم خاک و روش شاخص پلاستیسیته توأم با ضریب یکنواختی خاک اشاره نمود (کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۸۳؛ ولاتمن و همکاران، ۲۰۰۰).

در تحقیقات اجاقلو (۱۳۸۸) که در شرایط آزمایشگاهی، با استفاده از دستگاه نفوذسنج و جهت آزمون و مقایسه عملکرد پوشش معدنی، پوشش مصنوعی و زهکشی بدون پوشش به انجام رسید، نشان داده شد که میزان دبی خروجی در هر سه وضعیت و به ازای یک بار آبی ثابت، نسبت به زمان روند کاهشی داشت. دلیل این امر، حرکت ذرات ریز به‌داخل منافذ خاک و پوشش بود که سبب کاهش هدایت هیدرولیکی و میزان دبی خروجی شد. همچنین دبی خروجی از مجموعه خاک- پوشش معدنی، در تمامی آزمایش‌ها بیشتر از پوشش مصنوعی و زهکشی بدون پوشش بود که دلیل آن، بالا بودن شعاع مؤثر هیدرولیکی و در نتیجه، تسهیل هیدرولیکی ورود جریان به زهکش دارای پوشش معدنی ذکر شد. نامبرده در مجموع نتیجه گرفت که عملکرد زهکشی بدون پوشش در خاک با مقدار رس بالای ۳۵ درصد و نسبت جذب سدیم (SAR) کمتر از ۲۵ قابل قبول است.

حسن‌اقلی و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیقات خود در دشت شادگان و به‌عنوان یکی از اولین تجارب در مقیاس واقعی در کشور، در مزرعه‌ای آزمایشی، عملکرد

[1] Bridging

[2] Hydraulic failure gradient

www.SID.ir

Archive of SID

زهکشی بدون استفاده از مواد پوششی (با عنایت به-ویژگی‌های خاک منطقه) در مقایسه با زهکشی با پوشش رایج شن و ماسه‌ای را بر نحوه کنترل عمق سطح ایستابی، مورد بررسی قرار دادند. به همین منظور با انتخاب پنج لترال زهکش برای هر گزینه، پیزومترهایی در راستای عمود بر زهکش و در وسط لترال میانی هر واحد و به-فواصل ۰/۵، ۲/۵، ۵، ۱۰ و ۲۵ متر از لوله زهکش، تا عمق دو متری کارگذاری شد. بررسی مقادیر عمق سطح ایستابی و نوسانات آن در طول فصل زراعی نشان از عملکرد قابل قبول زهکش‌های بدون پوشش و عملکرد مناسب زهکش‌های دارای پوشش شن و ماسه‌ای داشت. محاسبه مقادیر شاخص عمق نسبی آب زیرزمینی (RGWD) نیز عملکرد قابل قبول سامانه زهکشی بدون پوشش در اراضی دشت شادگان را با کمیت متوسطی معادل ۱/۰٦، در طول مدت اجرای این پژوهش و بدون خروج رسوب قابل توجه تأیید نمود.

بر طبق تحقیقات صورت گرفته در هندوستان، در خاک‌های با درصد رس کمتر از ٤۰ و SAR بالای ۱۳ و نیز خاک‌های با مقدار رس کمتر از ۳۰ درصد بدون در نظر گرفتن مقدار SAR، نیاز به پوشش می‌باشد. همچنین نتایج تحقیقات لاگاس و اسکگز در پروژه راجاد نشان داد، در صورتی که عمق رسوبات داخل لوله‌های زهکش بدون پوشش کمتر از ۱۰ میلی‌متر باشد، نیازی به پوشش نخواهد بود. در صورتی که عمق این رسوبات بین ۱۰ تا ۳۰ میلی‌متر باشد، استفاده از پوشش توصیه می‌شود و در صورت بیشتر بودن این مقدار از ۳۰ میلی‌متر، نیاز به پوشش حتمی است (پروژه راجاد، ۱۹۹۵).

بر اساس ضوابط ارائه شده توسط سازمان‌های بین‌المللی نظیر SCS و FAO ، در صورت بالا بودن مقدار رس، اندیس خمیرایی و ضریب یکنواختی خاک از حدودی معین، اجرای سامانه زهکشی زیرزمینی بدون کاربرد پوشش در اطراف آن امکان‌پذیر اعلام شده است، لیکن به دلایل متعدد تاکنون در کشور، چنین تجربه‌ای در مقیاس واقعی مورد آزمون قرار نگرفته است. از همین‌رو، بررسی جوانب مختلف اجرای زهکشی بدون پوشش در خاکی متناسب با این گزینه و مقایسه عملکرد آن با شرایط کاربرد پوشش زهکشی رایج (پوشش معدنی) مد نظر قرار گرفت که در مقاله حاضر به بررسی میزان آبدهی زهکش-ها و کیفیت زهاب خروجی از آنها پرداخته می‌شود. این تحقیق در اراضی در دست تجهیز و نوسازی دشت شادگان (استان خوزستان) انجام شد.

مواد و روش‌ها

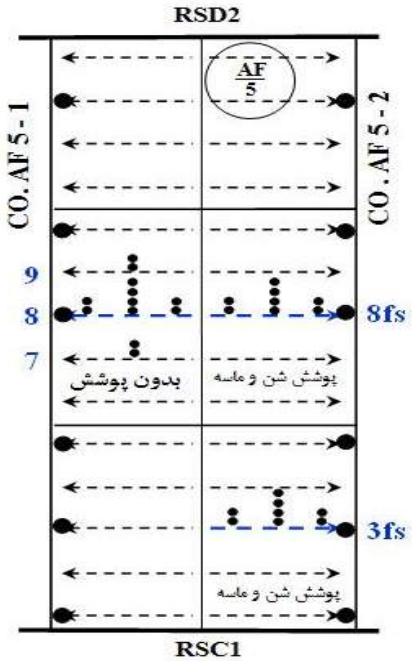
برای اجرای تحقیق، مزرعه‌ای آزمایشی به وسعت تقریبی ۲۰ هکتار در اراضی تجهیز و نوسازی شده دشت شادگان (واقع در استان خوزستان، ۱۰۰ کیلومتری جنوب شرقی اهواز و ۷۰ کیلومتری شمال شرقی آبادان درنظر گرفته شد. پروژه آبیاری و زهکشی دشت شادگان در فاز اول با وسعت ۲۵۰۰ هکتار به اجرا درآمده است.فاصله و عمق متوسط کارگذاری زهکش‌ها در منطقه به‌ترتیب ۵۰ و ۱/۷ متر و طول لترال‌ها نیز به‌طور متوسط ۲۲۰ متر می‌باشد. لوله‌های زهکش به‌کار رفته در این پروژه از جنس PVC و با قطر ۱۲۵ میلی‌متر است (مهندسین مشاور سامان آبراه، ۱۳۸۷). به‌منظور آگاهی از مشخصات شیمیایی خاک، تعیین بافت و نیمرخ شوری خاک، در چهار نقطه از مزرعه آزمایشی، نمونه‌های خاک از اعماق (۳۰– ۰)، (٦۰– ۳۰)، (۹۰– ٦۰)، (۱۲۰– ۹۰)، (۱۵۰– ۱۲۰)، (۱۸۰– ۱۵۰) و (۲۱۰– ۱۸۰) سانتیمتری تهیه شد. نمونه‌ها با استفاده از روش‌های استاندارد آزمایشگاهی و در محل آزمایشگاه تحقیقاتی ستاد مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی تجزیه شدند. دانه-بندی خاک با استفاده از سری الک و هیدرومتری تعیین شد. کیفیت آب زیرزمینی منطقه نیز قبل از شروع عملیات آبیاری (بلافاصله پس از اجرای زهکش‌های زیرزمینی) بررسی گردید.

تیمارهای تحقیقاتی در مزرعه آزمایشی مشتمل بر زهکشی با استفاده از پوشش معدنی (در دو واحد) و زهکشی بدون پوشش بود که به‌دلیل وجود معارض در

www.SID.ir

Archive of SID

منطقه و پافشاری کشاورزان مبنی بر کاربرد مواد پوششی در اطراف زهکش‌های زیرزمینی و در نتیجه ممانعت آنها، امکان اجرای این تیمار تنها در یک واحد آزمایشی میسر شد. دانه‌بندی پوشش معدنی براساس معیارهای SCS در انتخاب مصالح با دانه بندی طبیعی و با بهره‌گیری از مشخصات خاک انجام شد و به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر در اطراف لوله‌های زهکش زیرزمینی به اجرا درآمد. تیمار بدون پوشش نیز فقط با لوله‌گذاری در ترانشه و پرکردن مجدد آن با خاک اجرا شد. تعداد زهکش لحاظ شده در هر واحد آزمایشی پنج خط بود که در مجموع ۱۵ لترال زهکش به اجرای تحقیق اختصاص یافت شکل (۱). در هر واحد آزمایشی و برای کنترل وضعیت سطح ایستابی، در جهت عمود بر زهکش و در وسط لترال میانی، به فواصل ۰/۵، ۲/۵، ۵، ۱۰ و ۲۵ متر از لوله زهکش، پیزومترهایی تا عمق دو متر ایجاد و تجهیز شد (سازمان برنامه و بودجه، ۱۳۷۵؛ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ۱۳۸۵). برای اندازه‌گیری دبی زهکشی، بررسی خروج احتمالی رسوب و نمونه‌برداری از زهاب، در تمامی واحدهای آزمایشی و روی زهکش میانی، یک دستگاه منهول نصب شد. اندازه‌گیری دبی زهاب در محل منهول و به‌صورت حجمی و در طول فصل زراعی، با تناوب ۲٤ ساعته (روزانه) به‌انجام رسید. نمونه‌های زهاب جهت آنالیز کیفی نیز از همین محل تهیه می‌شد. قابل ذکر است که در هر مرحله اندازه گیری دبی زهکش، مقادیر EC زهاب توسط دستگاه پرتابل و به صورت درجا اندازه گیری می‌شد و نمونه‌هایی که نوسان قابل توجهی را از این نظر نشان می‌داد (به همراه برخی از مقادیر معمول)، جهت تجزیه کامل به آزمایشگاه منتقل می‌گردید. در این خصوص، جمعاً ۲۱۷ نمونه زهاب خروجی از لترال‌ها در تیمارهای مختلف تهیه شد که از این تعداد، ۷۳ نمونه جهت بررسی دقیق‌تر به آزمایشگاه تخصصی ستاد مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی (کرج) ارسال شد تا تجزیه شیمیایی کامل بر روی آن‌ها انجام پذیرد.



شکل ۱- شمایی از مزرعه آزمایشی اجرا شده در دشت شادگان و موقعیت کلیه تأسیسات نصب شده در آن

www.SID.ir

Archive of SID

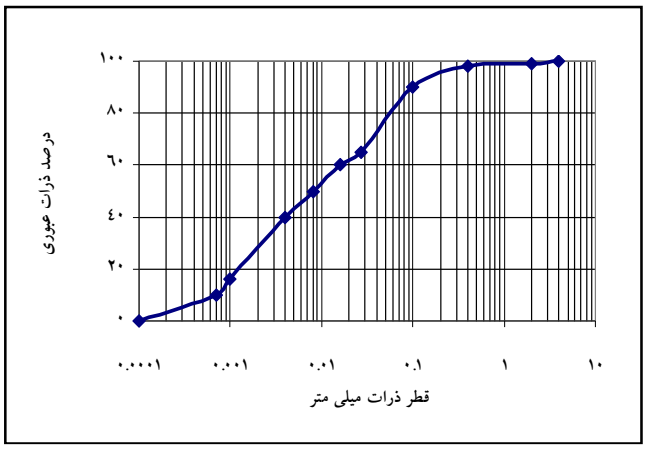
برای ارزیابی سامانه زهکشی زیرزمینی ازنظر کنترل شوری خاک، از شاخص نمک خروجی (SEI) استفاده شد. این شاخص با رابطه زیر تعریف می‌شود (ناصری و ارواحی، ۱۳۸۸):

$$SEI = \frac{\overline{EC_i} - \overline{EC_d}}{\overline{EC_i}} \qquad (۱)$$

که در آن:

$\overline{EC_i}$: متوسط شوری آب آبیاری یا نمک ورودی به خاک (دسی‌زیمنس بر متر) و $\overline{EC_d}$: متوسط شوری زهاب خروجی یا نمک خروجی (دسی‌زیمنس بر متر) است. این شاخص باید در زمان اجرای سامانه یا در طول دوره بهره‌برداری از زهکش‌ها، کمتر یا مساوی صفر باشد و به‌عبارتی، نمک خروجی توسط زهکش‌ها بیشتر از نمک ورودی توسط آب آبیاری باشد.

بر اساس نتایج آزمایش دانه‌بندی، بافت خاک منطقه مطابق با تقسیم‌بندی کشاورزی از Silty Clay تا Silty Clay Loam تغییر می‌نمود. شکل (۲) منحنی دانه‌بندی غالب خاک‌های منطقه را نشان می‌دهد. با اجرای آزمایش نفوذپذیری به‌روش استوانه مضاعف بر روی خاک، سرعت نفوذ پایه اندازه‌گیری شده در محدوده خیلی آهسته (از حداقل ۰/۸٤ میلی‌متر در ساعت تا حداکثر ۱/۷۰ میلی‌متر در ساعت)، آهسته (از حداقل ۲/۵۰ میلی-متر در ساعت تا حداکثر ۳/۱٦ میلی‌متر در ساعت) و تنها در یک مورد، در محدوده متوسط (۸/۸۸ میلی‌متر در ساعت) بود. برای تعیین کیفیت ذرات ریزدانه یا رس نمونه‌های خاک و همچنین خواص خمیرایی آنها، آزمایش تعیین حدود آتربرگ (شامل حد روانی و حد خمیری) انجام پذیرفت. اندیس خمیرایی از تفاضل این دو مقدار رطوبت خاک به‌دست می‌آید. جدول (۱) مقادیر متوسط حدود تعیین شده در اعماق مختلف خاک را نشان می-دهد.



شکل ۲- منحنی دانه‌بندی غالب خاک در منطقه شادگان

جدول ۱- متوسط مقادیر حدود آتربرگ (مقادیر درصد رطوبت) خاک شادگان

حد روانی(٪)	حد خمیری(٪)	اندیس خمیرایی(٪)
۳۶/۷۷	۱۵/۷۸	۲۰/۹۹

از معیارهای قابل استناد جهت تعیین اینکه لوله-های زهکش نیاز به پوشش دارند یا خیر، بهره‌گیری از اندیس خمیرایی (PI) در کنار ضریب یکنواختی خاک (Cu) می‌باشد (کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۸۳). با توجه به ارقام ارائه شده در جدول (۱)، اندیس خمیرایی متوسط خاک و نیز مقادیر آن در اعماق مختلف بالاتر از ۱۲ است که بر اساس ضوابط موجود، کمیت اندیس خمیرایی بالاتر از این میزان، در محدوده عدم

www.SID.ir

Archive of SID

تمایل خاک به رسوب‌گذاری مواد سیلتی در لوله‌های زهکش قرار می‌گیرد. در خصوص ضریب یکنواختی (حاصل تقسیم d_{60} بر d_{10} خاک) که در کنار اندیس خمیرایی، نشان دهنده پایداری خاک و یا پتانسیل رسوب-گذاری در لوله زهکش می‌باشد، در صورت فزونی آن از ۱۵ نشان از پایداری خاک دارد. با توجه به اینکه d_{60} خاک یا اندازه‌ای از ذرات خاک که ٦۰ درصد ذرات از آن کوچک‌تر می‌باشند، از روی منحنی دانه‌بندی برابر ۰/۰۱٦ میلی‌متر و d_{10} آن برابر ۰/۰۰۰۷ میلی‌متر است، مقدار Cu برابر با ۲۲/۸۵ محاسبه شد. لذا بر اساس ضوابط فوق به-نظر می‌رسد که خاک منطقه شرایط اجرای زهکشی بدون پوشش را داراست. هدایت هیدرولیکی خاک منطقه (بر اساس گزارش‌های شرکت مهندسین مشاور طراح پروژه)، با توجه به نقشه ترسیم شده هم هدایت هیدرولیکی (همK) و با میانگین‌گیری هندسی و تا عمق ۲/۲ متری، معادل ۱/۱ متر در روز گزارش شده است.

نتایج و بحث

ویژگی‌های آب و خاک

کیفیت شیمیایی نمونه‌های خاک، آب آبیاری و آب زیرزمینی در آزمایشگاه ستاد مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی اندازه‌گیری شد که مقادیر حاصل، در جدول‌های (۲) و (۳) آمده است.

جدول ۲- شاخص‌های شیمیایی خاک منطقه اجرای تحقیق (دشت شادگان)

مشخصات نمونه (عمق)	pH	ECe (dS/m)	کاتیون‌ها (meq/lit)		جمع کاتیون‌ها (meq/lit)	جمع آنیون‌ها (meq/lit)	SAR $(meq/lit)^{0.5}$
			$Ca^{2+}+Mg^{2+}$	Na^{+}			
۰ – ۳۰ cm	۷/۶۵	۲۸/۴۰	۱۱۶/۰۰	۱۷۰/۲۵	۲۸۶/۲۵	۲۸۷/۷۲	۲۲/۳۵
۳۰ – ۶۰ cm	۷/۳۸	۳۱/۳۰	۱۳۲/۰۰	۱۸۳/۴۳	۳۱۵/۴۳	۳۱۵/۷۶	۲۲/۵۷
۶۰ – ۹۰ cm	۷/۲۶	۳۲/۶۰	۱۲۶/۰۰	۲۰۱/۴۸	۳۲۷/۴۸	۳۲۹/۵۰	۲۵/۳۸
۹۰ – ۱۲۰ cm	۷/۸۰	۳۵/۹۰	۱۴۲/۰۰	۲۱۸/۳۲	۳۶۲/۳۲	۳۶۲/۰۶	۲۵/۹۰
۱۲۰ – ۱۵۰ cm	۷/۷۲	۳۴/۲۰	۱۳۰/۰۰	۲۱۳/۵۴	۳۴۳/۵۴	۳۴۵/۳۳	۲۶/۴۸
۱۵۰ – ۱۸۰ cm	۷/۷۱	۳۴/۲۰	۱۴۸/۰۰	۱۹۶/۰۰	۳۴۴/۰۰	۳۴۴/۰۱	۲۲/۷۸
۱۸۰ – ۲۱۰ cm	۷/۷۳	۲۸/۴۰	۱۰۲/۰۰	۱۹۸/۳۷	۳۰۰/۳۷	۳۰۰/۴۹	۳۹/۲۸

جدول ۳- مقادیر کیفی متوسط در آب آبیاری و آب زیرزمینی منطقه اجرای تحقیق

نمونه	pH	EC (dS/m)	کاتیون‌ها (meq/lit)		جمع کاتیون‌ها (meq/lit)	جمع آنیون‌ها (meq/lit)	SAR $(meq/lit)^{0.5}$
			$Ca^{2+}+Mg^{2+}$	Na^{+}			
آب آبیاری	۷/۷۳	۵/۷۵	۲۵/۰۰	۳۶/۸۰	۵۱/۸۰	۵۲/۳۶	۱۰/۰۶
آب زیرزمینی	۶/۵۰	۶۶/۹۰	۱۶۵/۰۰	۶۵۲/۰۰	۸۱۷/۰۰	۸۲۷/۵۰	۷۲/۰۰

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، خاک منطقه با مشکل شوری و سدیمی مواجه است. آب آبیاری مورد استفاده در طول فصل زراعی در مزرعه آزمایشی، از رودخانه جراحی تأمین می‌شد که از طریق کانال‌های موجود به محل مزارع منتقل می‌گردید. کیفیت این آب براساس طبقه‌بندی آزمایشگاه شوری خاک آمریکا[1]، در کلاس $C_4 - S_1$ تا $C_4 - S_2$ قرار گرفت که نامناسب بوده و بر عملکرد محصول و کیفیت خاک مزرعه تأثیر می-گذارد. برای تعیین کیفیت آب زیرزمینی منطقه، قبل از شروع عملیات آبیاری و در حین اجرای زهکش‌های زیرزمینی، هشت نمونه آب از داخل چاهک‌های حفرشده برداشت شد و تجزیه گردید. نتایج نشان داد که آب زیرزمینی مورد آزمایش دارای کیفیت پایین می‌باشد و مقدار شوری و سدیم آن بالا بوده جدول (۳) و به همین جهت از لحاظ کیفیت و براساس معیار طبقه‌بندی آزمایشگاه شوری خاک آمریکا، در کلاس $C_4 - S_4$ قرار می‌گیرد.

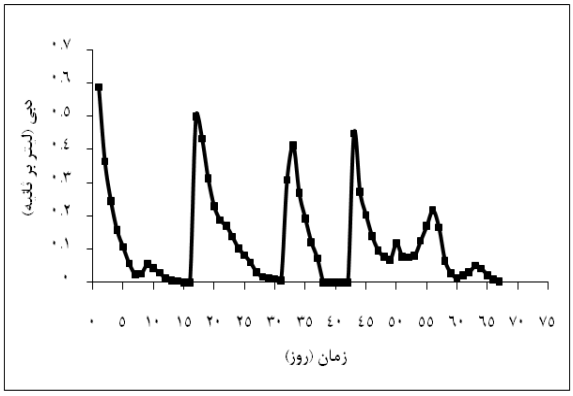
[1] U.S. Soil Salinity Lab.

www.SID.ir

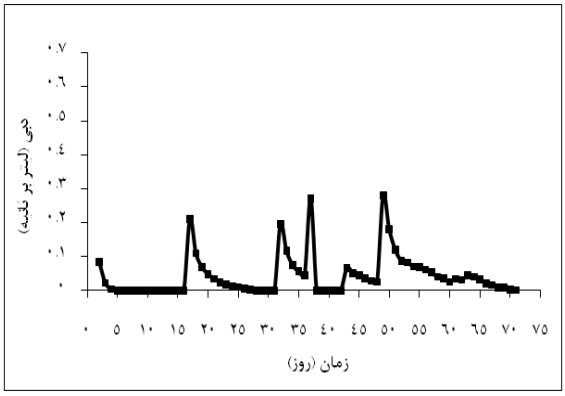
Archive of SID

میزان آبدهی لوله‌های زهکش

به‌منظور بررسی مقدار دبی یا آبدهی لوله‌های زهکش، از روش اندازه‌گیری حجمی استفاده شد. ارزیابی عملکرد پوشش‌های معدنی (شن و ماسه) در دو واحد آزمایشی به اجرا درآمد. در هر واحد، زهکش یا لترال میانی در بین پنج خط زهکش اجراشده مبنای کار ارزیابی بود که در واحد اول، لترال با عنوان ۳fs (تکرار اول پوشش شن و ماسه) و در واحد دوم با عنوان ۸fs (تکرار دوم پوشش شن و ماسه) انتخاب شدند. لترال بدون پوشش مورد آزمون نیز خط میانی بود. با توجه به شکل-های (۳) تا (۵)، آبدهی لترال ۸fs بالاترین مقدار بود و همچنین با دارا بودن بیشترین و کمترین میزان دبی خروجی در طول فصل زراعی به ترتیب به مقدار ۰/۵۹ لیتر بر ثانیه و صفر، بیشترین تغییرات و نوسانات را در مقایسه با لترال ۳fs و لترال بدون پوشش دارا بود.

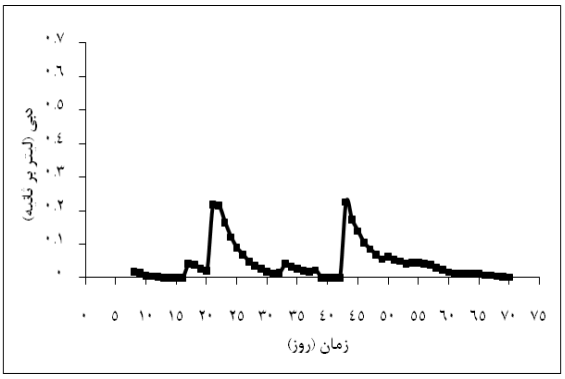


شکل ۳- تغییرات دبی زهاب خروجی از لترال ۸fs در طول فصل زراعی



شکل ۴- تغییرات دبی زهاب خروجی از لترال ۳fs در طول فصل زراعی

شکل ۵- تغییرات دبی زهاب خروجی از لترال بدون پوشش میانی در طول فصل زراعی



تفاوت آبدهی لترال‌های ۸fs و ۳fs با یکدیگر، تا حدودی به مدیریت زراعی و آبیاری دو زارع مالک مزارع مربوط می‌شد و امکان دخالت توسط محقق در این خصوص وجود نداشت. در اواخر آبیاری چهارم و نیز شروع آبیاری پنجم، به‌دلیل ایجاد سدی در پایین دست زهکش اصلی جهت احداث کالورت، عملاً خروجی‌های مزرعه آزمایشی به‌حالت مستغرق درآمد که در نتیجه، هیچ‌گونه اندازه‌گیری صورت نپذیرفت. دبی زهاب خروجی از لترال ۸fs در ابتدای هر آبیاری و انتهای مرحله تخلیه در جدول (٤) ارائه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- دبی زهاب خروجی از لترال 8fs (پوشش معدنی) در ابتدای آبیاری و انتهای مرحله تخلیه

نوبت آبیاری	تاریخ آبیاری	دبی زهکش در شروع هر آبیاری (لیتر بر ثانیه)	دبی زهکش در انتهای تخلیه (لیتر بر ثانیه)	تاریخ مشاهده آخرین دبی خروجی
دوم	۸۸/۱۱/۱	۰/۵۹	۰/۰۰۴	۸۸/۱۱/۱۴
سوم	۸۸/۱۱/۱۷	۰/۵۰	۰/۰۰۴	۸۸/۱۲/۱
چهارم	۸۸/۱۲/۲	۰/۳۱	۰	۸۸/۱۲/۱۰
پنجم	۸۸/۱۲/۱۱	۰/۴۵	۰/۰۰۲	۸۹/۱/۸

بیشترین و کمترین دبی خروجی در طول فصل زراعی در زهکش 3fs به‌ترتیب ۰/۲۸ لیتر بر ثانیه و صفر بود. با توجه به‌شکل (٤)، دبی زهاب خروجی از لترال 3fs کمتر از تیمار قبلی بود که دلیل اصلی آن، ابعاد کوچک‌تر قطعات زراعی در این تکرار و نحوه و میزان آبیاری آن‌ها می‌باشد. بیشترین نوسانات نیز بعد از آبیاری چهارم و قبل از آبیاری پنجم مشاهده شد. مقادیر دبی زهاب خروجی از لترال 3fs در ابتدای هر آبیاری و انتهای مرحله تخلیه، در جدول (۵) ارائه شده است. دلیل صفر بودن دبی زهاب خروجی در روزهای ۳۸ تا ٤۲، مستغرق شدن لترال بود.در زهکشی بدون پوشش همانند دو تیمار قبلی، خروج زهاب از این لترال با اجرای آبیاری دوم آغاز شد.با توجه به شکل (۵)، نوسانات دبی لترال میانی بدون پوشش در طول فصل زراعی کم بود و شیب منحنی تغییرات دبی نیز در اوایل آبیاری زیاد و به مرور زمان کم می‌شد. بیشترین و کمترین دبی خروجی در طول فصل زراعی از این لترال به‌ترتیب ۰/۲۳ لیتر بر ثانیه و صفر بود.لازم به ذکر است که چون بیشترین مقدار دبی ذکر شده مدتی پس از شروع آبیاری اتفاق افتاد، لذا کمیت آن در جدول دیده نمی‌شود. مقادیر دبی زهاب خروجی از لترال بدون پوشش در ابتدای هر آبیاری و انتهای مرحله تخلیه، در جدول (٦) ارائه شده است.

جدول ۵- دبی زهاب خروجی از لترال 3fs (پوشش معدنی) در ابتدای آبیاری و انتهای مرحله تخلیه

نوبت آبیاری	تاریخ آبیاری	دبی زهکش در شروع هر آبیاری (لیتر بر ثانیه)	دبی زهکش در انتهای تخلیه (لیتر بر ثانیه)	تاریخ مشاهده آخرین دبی خروجی
دوم	۸۸/۱۱/۱	۰/۰۸	۰	۸۸/۱۱/۱
سوم	۸۸/۱۱/۱۷	۰/۲۱	۰	۸۸/۱۲/۱
چهارم	۸۸/۱۲/۲	۰/۲۰	۰/۰۲۵	۸۸/۱۲/۱۸
پنجم	۸۸/۱۲/۱۱	۰/۲۸	۰/۰۰۱	۸۹/۱/۱۲

جدول ۶- دبی زهاب خروجی از لترال بدون پوشش در ابتدای آبیاری و انتهای مرحله تخلیه

نوبت آبیاری	تاریخ آبیاری	دبی زهکش در شروع هر آبیاری (لیتر بر ثانیه)	دبی زهکش در انتهای تخلیه (لیتر بر ثانیه)	تاریخ مشاهده آخرین دبی خروجی
دوم	۸۸/۱۱/۸	۰/۰۲	۰	۸۸/۱۱/۱۶
سوم	۸۸/۱۱/۱۷	۰/۰۴	۰/۰۲	۸۸/۱۲/۶
چهارم	۸۸/۱۲/۷	۰/۰۲	۰/۰۰۸	۸۸/۱۲/۱۸
پنجم	۸۸/۱۲/۱۹	۰/۰۵	۰/۰۰۱	۸۹/۱/۱۱

با مشاهده جداول (۵) و (٦)، ملاحظه می‌شود که مقادیر اولین دبی‌های خروجی از لترال 3fs و لترال بدون پوشش به‌ترتیب ۰/۰۸ و ۰/۰۲ لیتر بر ثانیه بود. این در حالی است که دبی خروجی از لترال 8fs در همین زمان برابر ۰/۵۹ لیتر بر ثانیه اندازه‌گیری شد. درکل، براساس توضیحات ارائه شده می‌توان چنین نتیجه گرفت که اگرچه پوشش معدنی عملکرد بهتری از نظر میزان تخلیه در مقایسه با سیستم زهکشی بدون پوشش داشت، ولی عملکرد زهکش‌های بدون پوشش نیز از نظر تخلیه آب اضافی از نیمرخ خاک و در طول مدت اجرای تحقیق قابل قبول ارزیابی شد، زیرا در صورت تعمیم سطح آبیاری شده و مقدار آب کاربردی به میزان آن در تکرار اول پوشش معدنی (لترال 8fs) شاید بتوان انتظار داشت که دبی لترال بدون پوشش حداکثر تا حدود دو برابر مقدار

www.SID.ir

Archive of SID

فعلی افزایش یابد که با این فرض، دبی آن ۰/٤٦ لیتر بر ثانیه برآورد می‌شود که ۸۰ درصد دبی لترال 8fs است.

در مدت اجرای تحقیق، خروج رسوب قابل-توجه در هیچ‌یک از تیمارها و در محل منهول مشاهده نشد. ادیمی (۱۳۸۸) بیان می‌دارد که بر اساس نتایج اجرای مزرعه آزمایشی برای آزمون پوشش‌های مصنوعی در واحدهای توسعه نیشکر خوزستان و تجارب حاصل (به نقل از گزارش مهندسین مشاور انهار جنوب)، استفاده از لوله‌های بدون پوشش در شرایط خاک‌های منطقه طرح که بافت خاک در عمق و در سطح تغییرات شدید داشته و در طول مسیر زهکش‌ها احتمال زیاد برخورد با لایه‌های محتوی سیلت و ماسه ریز وجود دارد، توصیه نمی-شود.قابل ذکر است که حفر پروفیل در محل مزرعه آزمایشی اجرا شده در منطقه شادگان، چنین وضعیتی را نشان نداد.

کیفیت زهاب خروجی از زهکش‌ها

با شروع عملیات آبیاری، تغذیه لایه آبدار زیرزمینی در منطقه آغاز شد. به‌دلیل وقوع خشکسالی در سال قبل، سطح ایستابی منطقه نزول یافته بود و به‌همین دلیل در آبیاری اول، زهابی از لترال‌های مزرعه آزمایشی خارج نشد. در طول مدت فصل زراعی و از آبیاری دوم تا پنجم، نمونه‌هایی از زهاب به آزمایشگاه منتقل شد تا تجزیه شیمیایی کامل بر روی آن‌ها انجام پذیرد. بخشی از نتایج تجزیه نمونه‌های مورد نظر در جدول (۷) آورده شده است.

از روی مقادیر جدول چنین ملاحظه می‌شود که با گذشت زمان از شروع آبیاری‌ها، میزان شوری و SAR زهاب افزایش یافته که این خود نشان دهنده انجام عمل آبشویی و شسته شدن نمک از خاک می‌باشد.براساس نتایج تجزیه کیفی صورت گرفته از خاک مزرعه آزمایشی و مطابق جدول(۲)، مقدار شوری عصاره اشباع خاک قبل از عمل آبیاری در سطح خاک ۲۸/٤ دسی‌زیمنس بر متر و نمک غالب در خاک از نوع کلرید سدیم (NaCl) بود که از قابلیت انحلال بالایی در آب برخوردار است.شکل (٦) روند تغییرات و مقایسه هم‌زمان مقادیر شوری زهاب در تیمارهای مختلف را در طول فصل کشت نشان می‌دهد. مشاهدات حاکی‌از آن بود که با هرآبیاری، مقدار شوری زهاب خروجی از لترال 3fs افزایش یافته و در انتها به بیشترین میزان خود در روز ٦٤، یعنی به ۵۲/۱ دسی-زیمنس بر متر رسید.

کمترین شوری زهاب در ابتدای فصل و به میزان ۲۳/٦ دسی‌زیمنس بر متر بود. این در حالی است که بیشترین و کمترین مقدار شوری زهاب خروجی از لترال 8fs در روزهای ۳۷ و ٦۳، به‌ترتیب ۳٦/۹ و ۲۵/۷ دسی-زیمنس بر متر اندازه‌گیری شد. از شکل (٦) ملاحظه می-شود که تغییرات شوری زهاب خروجی از این لترال در محدوده مشخصی بوده و از تغییرات و نوسانات اندکی برخوردار است. در لترال بدون پوشش، کمترین مقدار شوری زهاب در روز اول به میزان ۱۲/٦٤ دسی‌زیمنس بر متر بود و در روز ۱۲ به بیشترین مقدار خود یعنی ٤۷ دسی‌زیمنس بر متر رسید. شوری زهاب در ابتدا با شیب تندی افزایش یافت و با گذشت چند روز از آبیاری به بیشترین مقدار خود رسید. میزان شوری زهاب با آبیاری بعدی اندکی کاهش یافت و سپس با گذشت زمان با شیب ملایم‌تری افزایش یافت. در شکل (٦) وقوع پدیده آبشویی در تمامی تیمارها قابل تشخیص است.

متوسط شوری زهاب لترال‌های 8fs ،3fs و بدون پوشش به‌ترتیب ۳۲/۵٤، ۳٤/٤۵ و ٤۱/۲٤ دسی-زیمنس بر متر بود. مقادیر متوسط شوری زهاب لترال‌ها نشان می‌دهد که مقدار شوری زهاب خروجی از لترال بدون پوشش در طول فصل زراعی بیشتر از دیگر لترال‌ها است که نشان از غلظت بیشتر املاح زهاب در این تیمار دارد. علت این امر را می‌توان در اثر کمتر بودن حجم زهاب تخلیه شده از اراضی در این تیمار در مقایسه با تیمارهای دارای پوشش معدنی و در نتیجه، غلظت بالاتر زهاب آن (به دلیل رابطه معکوس میزان حجم و غلظت زهاب) دانست. زهاب خروجی از منطقه، با پمپاژ به‌داخل

www.SID.ir

Archive of SID

تالاب شادگان تخلیه می‌شود. زهاب‌ها حاوی انواع املاح، عناصر کودی و آفت‌کش‌ها هستند که باعث آلودگی منابع آب پذیرنده می‌شود.

سدیمی شدن خاک عملی است که طی آن کاتیون‌های جذب شده به ذرات خاک توسط سدیم جای-گزین می‌شود. در نتیجه این عمل، SAR در محلول خاک افزایش می‌یابد. اگر طی فرآیند شور شدن خاک، منبع شوری عمدتاً از یون‌های سدیم تشکیل شده باشد، در این صورت خاک حالت سدیمی پیدا خواهد نمود. در این فرآیند وجود کربنات (CO_3^{2-}) و بی‌کربنات (HCO_3^-) در خاک و آب تأثیری اساسی دارد، زیرا این آنیون‌ها با کلسیم ترکیب شده و نمک‌هایی را به‌وجود می‌آورند که قابلیت حل آن‌ها کم بوده و به‌تدریج در خاک رسوب می-نمایند.حال آنکه سدیم در محلول خاک باقی مانده و باعث سدیمی شدن و تخریب ساختمان آن می‌گردد (علیزاده، ۱۳۸٤). با توجه به‌توضیحات فوق می‌توان چنین نتیجه گرفت که از زهاب خروجی لترال‌های مذکور، به-دلیل وجود یون‌های سدیم و کلر زیاد که غالب‌ترین یون-ها می‌باشند، نمی‌توان به‌عنوان آب آبیاری در اراضی کشاورزی استفاده مجدد نمود.

برای ارزیابی تیمارهای مختلف پوشش اجراشده در کنترل نمک خاک، از شاخص نمک خروجی (SEI) استفاده شد. نتایج محاسبه این شاخص در جدول (۸) آمده است. با توجه به مقادیر جدول (۸) مشخص است که شاخص نمک خروجی برای هر سه لترال منفی بوده و نشان دهنده شستشوی نمک از ناحیه ریشه و تداوم عملیات آبشویی در طول فصل زراعی می‌باشد.

نتیجه‌گیری

این تحقیق به‌منظور بررسی عملکرد سامانه زهکشی بدون کاربرد پوشش در اطراف لوله زهکش (با در نظر گرفتن توصیه‌های فنی موجود) و مقایسه آن با عملکرد پوشش رایج معدنی، در اراضی در دست تجهیز و نوسازی دشت شادگان در استان خوزستان انجام شد. از نظر آبدهی زهکش‌ها، در مجموع پوشش معدنی همان-گونه که انتظار می‌رفت از عملکرد بهتری در مقایسه با زهکشی بدون پوشش برخوردار بود و تخلیه بیشتری در این تیمار اتفاق افتاد.

البته باید توجه داشت که وضعیت حاکم در منطقه از نظر آبیاری و کشت و کار، شرایط اعمال شده واقعی توسط زارعین بود و امکان دخالت و اعمال تغییر توسط محقق وجود نداشت. این امر از یک‌طرف مزیت است، زیرا در آینده نیز پروژه به همین صورت مورد بهره-برداری قرار می‌گیرد، ولی از طرفی یکسان سازی نتایج را با تقریب مواجه می‌سازد. از دیگر اهداف زهکشی اراضی، کنترل شوری و خروج املاح اضافی از عمق توسعه ریشه گیاه می‌باشد.

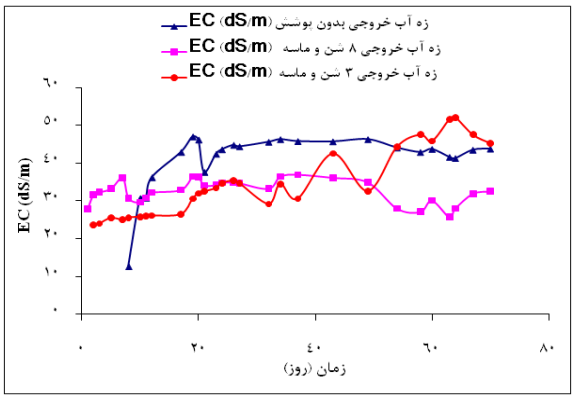
براساس نتایج، متوسط EC آب آبیاری ۵/٦۹ دسی‌زیمنس بر متر بود، در صورتی که EC زهاب خروجی از زهکش‌ها به‌طور متوسط در دو تکرار پوشش معدنی برابر با ۳۳/۵۰ دسی‌زیمنس بر متر و در تیمار بدون پوشش برابر با ٤۱/۲٤ دسی‌زیمنس بر متر بود. به عبارتی، عملکرد هر دو نزدیک و قابل قبول بود و بیانگر آن است که در منطقه، عملیات آبشویی املاح توسط آب آبیاری و از نیمرخ خاک در جریان بود. همچنین در طول فصل کشت، خروج رسوبات و تجمع آنها در هیچ‌یک از تیمارها و تکرارها (در محل منهول) مشاهده نشد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- تجزیه شیمیایی تعدادی از نمونه‌های زهاب خروجی از لترال‌ها

شماره لترال	نوع پوشش	تاریخ نمونه برداری	pH	EC (dS/m)	Cl^- (meq/l)	جمع آنیونها (meq/l)	Na^+ (meq/l)	جمع کاتیونها (meq/l)	SAR $(meq/lit)^{0.5}$
۳	معدنی	۸۸/۱۱/۲	۷/۹۴	۲۳/۶۰	۲۰۹/۰۰	۲۴۴/۹۱	۱۶۶/۶۷	۲۴۰/۶۷	۲۷/۴۰
۳	معدنی	۸۸/۱۱/۳	۷/۸۶	۲۴/۰۰	۲۱۴/۰۰	۲۴۷/۹۷	۱۹۳/۱۸	۲۴۵/۱۸	۳۷/۸۸
۳	معدنی	۸۹/۱/۵	۷/۸۵	۵۲/۱۰	۴۹۵/۰۰	۵۳۸/۳۷	۴۸۴/۶۱	۵۳۷/۶۱	۹۴/۱۳
۳	معدنی	۸۹/۱/۱۱	۷/۷۱	۴۵/۲۰	۴۱۵/۰۰	۴۶۶/۷۹	۴۱۲/۷۳	۴۶۶/۷۳	۷۹/۴۳
۸	معدنی	۸۸/۱۱/۱	۷/۸۱	۲۷/۹۰	۲۳۹/۰۰	۲۸۰/۱۳	۲۳۱/۸۲	۲۸۳/۸۲	۴۵/۴۶
۸	معدنی	۸۸/۱۱/۲	۷/۷۵	۳۱/۷۰	۳۰۱/۰۰	۳۲۸/۹۵	۲۶۷/۰۴	۳۲۰/۰۴	۵۱/۸۷
۸	معدنی	۸۹/۱/۱	۷/۸۴	۳۰/۱۰	۲۸۰/۰۰	۳۲۱/۲۴	۲۷۲/۳۱	۳۲۰/۳۱	۵۵/۵۸
۸	معدنی	۸۹/۴/۴	۷/۷۱	۲۵/۷۰	۲۳۰/۰۰	۲۶۷/۱۶	۲۰۰/۵۴	۲۶۵/۵۴	۳۵/۱۷
۸	معدنی	۸۹/۱/۸	۷/۹۵	۳۱/۹۰	۲۸۰/۰۰	۳۳۱/۵۹	۲۶۰/۰۰	۳۳۰/۰۰	۴۳/۹۴
۸	بدون پوشش	۸۸/۱۱/۸	۷/۷۷	۱۲/۶۴	۱۰۰/۷۰	۱۳۹/۹۵	۱۰۴/۵۴	۱۴۲/۵۴	۲۳/۹۸
۸	بدون پوشش	۸۸/۱۱/۹	۷/۷۸	۲۹/۵۰	۲۵۰/۰۰	۳۰۲/۷۰	۲۲۲/۰۰	۲۹۶/۰۰	۳۶/۴۹
۸	بدون پوشش	۸۹/۱/۵	۷/۸۷	۴۱/۳۰	۳۸۰/۵۰	۴۳۹/۲۳	۳۸۶/۸۲	۴۴۰/۲۰	۷۴/۴۴
۸	بدون پوشش	۸۹/۱/۱۱	۷/۷۱	۴۳/۸	۴۰۰/۰۰	۴۴۱/۲۴	۳۸۶/۴۵	۴۴۳/۴۵	۷۲/۳۸



شکل ۶- مقایسه هم‌زمان تغییرات شوری زهاب خروجی از لترال‌های با پوشش معدنی و بدون پوشش

جدول ۸- نتایج محاسبه شاخص کنترل نمک در خاک (SEI)

شماره لترال	۳fs	۸fs	۸
نوع پوشش	شن و ماسه	شن و ماسه	بدون پوشش
SEI	-۴/۳۶	-۳/۹۴	-۱۰/۲۰

فهرست منابع

۱. اجاقلو، ح. ۱۳۸۸. اثر درصد رس و مقدار نسبت جذب سدیمی خاک در تعیین نیاز به استفاده از پوشش در سیستم زهکشی زیرزمینی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران. ۱۳۲ صفحه.

۲. ادیمی، م.ج. ۱۳۸۸. تجارب کاربرد پوشش‌های زهکشی در کشور. مجموعه مقالات ششمین کارگاه فنی زهکشی و محیط زیست، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران. صفحات: ٥٦-٤٣.

۳. حسن‌اقلی، ع.، رمضانی، آ. و میرلطیفی، س.م. ۱۳۹۳. بررسی تناسب پوشش‌های مصنوعی زهکشی با خصوصیات خاک در اراضی دشت شادگان با استفاده از آزمون نفوذسنجی. مجله علمی- پژوهشی تحقیقات مهندسی کشاورزی، جلد ۱۵، شماره ۳، صفحات ٦٦ – ۵۳.

www.SID.ir

Archive of SID

٤. حسن‌اقلی، ع.، اسمعیلی امینلویی، ع. و سخایی‌راد، ح. ۱۳۹۲. بررسی عملکرد سامانه زهکشی بدون پوشش در کنترل سطح ایستابی در مقایسه با پوشش رایج معدنی در اراضی دشت شادگان. مجله علمی- پژوهشی تحقیقات آب و خاک ایران، دانشگاه تهران. دوره ٤٤، شماره ۳، صفحات: ۲۳٦ – ۲۲۵.

۵. سازمان برنامه و بودجه. ۱۳۷۵. دستورالعمل حفر و تجهیز چاهک‌های مشاهده‌ای. ناشر: سازمان برنامه و بودجه، مرکز مدارک اقتصادی- اجتماعی و انتشارات. نشریه شماره ۱۵٤، ۲۹ صفحه.

٦. سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. ۱۳۸۵. ضوابط انتخاب و طراحی مزرعه آزمایشی زهکشی زیرزمینی. ناشر: سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، معاونت امور اداری، مالی و منابع انسانی، مرکز مدارک علمی، موزه و انتشارات. نشریه شماره ۳٤۸، ٥٦ صفحه.

۷. علیزاده، ا. ۱۳۸٤. زهکشی جدید. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع). چاپ اول. ٤۹۵ صفحه.

۸. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۱۳۸۳. مواد و مصالح سامانه‌های زهکشی زیرزمینی. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران. شماره ۸۱، ۳۳٤ صفحه.

۹. مهندسین مشاور سامان آبراه. ۱۳۸۷. گزارش خلاصه طرح ۲۵۰۰ هکتاری زهکشی زیرزمینی شهرستان شادگان. شرکت مشاور سامان آبراه، ۸۵ صفحه.

۱۰. ناصری، ع. و ارواحی، ع. ۱۳۸۸. استفاده از مبانی جدید در طراحی سیستم‌های زهکشی زیرزمینی و تأثیر آنها روی روش‌های اجرایی در خوزستان. ششمین کارگاه فنی زهکشی و محیط زیست، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. اهواز، صفحات: ۸۱ – ٦۷.

11. Akram, M., Azari, A., Nahvi, A., Bakhtiari, Z. and Safaei, H. D. 2013. Subsurface drainage in Khuzestan, Iran: environmentally revisited criteria. Irrigation and Drainage. 62(3): 306-314.
12. Rajad Project Staff. 1995. Analysis of subsurface drainage design criteria. Rajasthan Agricultural Drainage Research Project (Rajad), Chambal Command Area Development, Rajasthan, India. Sep. PP: 8-11.
13. Samani, Z.A. 1979. Effects of soil properties on hydraulic failure gradient of soils. Thesis presented in partial fulfillment of the requirements of the degree of Master of Science, Utah State University, Logan, Utah. 240 Pages.
14. Vlotman, W.F., Willardson, L.S. and Dierickx, W. 2000. Envelope design for subsurface drains. International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI), Pub. No. 56, Wageningen, The Netherlands. PP: 71-83 and 97-117.

www.SID.ir