مقایسه عملکرد پوشش‌های معدنی و مصنوعی در زهکشی زیرزمینی اراضی شالیزاری

مهدی جعفری تلوکلایی[۱]، علی شاهنظری[۲]، عبداله درزی نفت‌چالی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۹/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۱/۲۶

چکیده

جدید بودن نصب سامانه‌های زهکشی زیرزمینی در اراضی شالیزاری شمال کشور و شرایط خاص خاک‌های این اراضی، بررسی کارایی پوشش‌های مختلف زهکشی در تخلیه زه‌آب و آبشویی خاک را به منظور ارایه یک پیشنهاد کاربردی، ضروری می‌نماید. در این پژوهش، اثر دو نوع پوشش زهکشی معدنی و مصنوعی بر کمیت و کیفیت زه‌آب زهکش‌های زیرزمینی و کنترل سطح ایستابی در اراضی شالیزاری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری بررسی شد. از تیر ۱۳۹۰ تا اردیبهشت ۱۳۹۲ در طول دو فصل کشت برنج و دو فصل کشت کلزا، دبی و عمق سطح ایستابی در نقطه میانی زهکش‌ها و میزان EC، pH، Na و Cl زه‌آب زهکش‌های مختلف اندازه‌گیری شد. متوسط حجم تخلیه زهکش‌های با پوشش معدنی و مصنوعی به‌ترتیب برابر ۲۳۸۱ و ۲۹۶۱ لیتر در روز بود. مقایسه مقادیر SEW_{30} در دو فصل کشت کلزا نشان داد که تیمار با پوشش مصنوعی نسبت به تیمار با پوشش معدنی تاثیر بیشتری در پایین نگه داشتن سطح ایستابی دارد. همچنین، حداقل شوری زه‌آب زهکش‌های دارای پوشش معدنی و مصنوعی به‌ترتیب برابر ۱۲۸۰ و ۱۱۹۰ میکروزیمنس بر متر و حداکثر آن به‌ترتیب برابر ۲۱۹۰ و ۲۰۲۶ میکروزیمنس بر متر بود. بررسی مقادیر شاخص نمک خروجی (SEI) از خاک نشان داد که عمل آبشویی در طول فصل زراعی در حال انجام بود. بر اساس نتایج، پوشش مصنوعی کارایی بهتری در خروج آب و کنترل سطح ایستابی در مزرعه مورد مطالعه، در مقایسه با پوشش معدنی داشت.

واژه‌های کلیدی: پایلوت زهکشی، شاخص نمک خروجی، عمق سطح ایستابی، کمیت زه‌آب، کیفیت زه‌آب.

[۱]- کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی ، دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران_ مازندران، ساری، میدان خزر، ۰۹۱۱۲۵۶۱۵۶۵، mehdijafari_89@yahoo.com

۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران، ۰۹۱۱۳۳۲۹۴۵۵، aliponh@yahoo.com (نویسنده مسئول)

۳- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران، ۰۹۱۱۹۲۶۲۵۹۸، abdullahdarzi@yahoo.com

مقدمه

در سال‌های اخیر با افزایش آگاهی درباره اهمیت استفاده بهینه از منابع محدود آب و خاک، احداث زهکش‌های سطحی و زیرزمینی به‌عنوان راهکاری برای بهبود بهره‌برداری از اراضی شالیزاری مورد توجه قرار گرفته است (درزی و همکاران، ۱۳۹۱). در این بین، احداث زهکش‌های زیرزمینی با توجه به تلفات کمتر زمین مورد توجه بیشتری قرار گرفته است. از مهمترین پارامترهای طراحی این سامانه‌ها و بخش اعظم هزینه‌های آن، پوشش‌های زهکشی می‌باشند که لازم است عملکرد و پیامدهای مثبت و منفی اثرات زیست‌محیطی آن بررسی شود (پارسی‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۷).

ضرورت استفاده از پوشش در درجه اول به مقدار درصد رس خاک در محدوده نصب زهکش و در نتیجه، به میزان پایداری ساختمان خاک بستگی دارد (سامانی، ۱۹۷۹؛ ولتمن و همکاران، ۲۰۰۰). پوشش‌های زهکشی باید علاوه بر جلوگیری از ورود ذرات سیلت و سایر ذرات خاک با قابلیت ته‌نشینی در داخل لوله، شرایط هیدرولیکی برای ورود آب به داخل لوله زهکش را تسهیل نمایند.

شن و ماسه بهترین نوع پوشش به‌شمار می‌رود که در صورت دانه‌بندی مناسب، از قابلیت بالایی برای انجام هر دوی این وظایف برخوردار است (کریمی و همکاران، ۱۳۸۷). ولی دوری منابع قرضه دارای مواد پوششی متناسب با خاک محل پروژه‌های زهکشی، تامین این مصالح را با مشکلات جدی اجرایی و تحمیل هزینه‌های گزاف مواجه ساخته است. از طرف دیگر، اثرات نامطلوب زیست محیطی برداشت‌های بی‌رویه از معادن شن و ماسه طبیعی برای پوشش زهکش‌ها را که بیشتر از بستر رودخانه‌ها تهیه می‌شوند، نباید از نظر دور داشت. تمامی این موارد، متولیان اجرای پروژه‌های زهکشی 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 سازند. یکی از این گزینه‌ها، کاربرد پوشش‌های مصنوعی یا ابداع مواد پوششی جدید با بهره‌گیری از پتانسیل‌های موجود در هر منطقه است (کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ۱۳۸۱).

به‌طور کلی، پوشش زهکش عملکرد سیستم زهکشی را بهبود خواهد بخشید، مگر اینکه نوع پوشش به‌درستی انتخاب نشده و یا به‌صورت صحیح نصب نشود. از نظر عملکرد هیدرولیکی و به‌ویژه میزان دبی زهکش، پوشش‌های معدنی و مصنوعی متفاوت عمل می‌نمایند. در تحقیقی آزمایشگاهی با استفاده از خاک پروژه زهکشی شمال خرمشهر و مدل‌های فیزیکی نفوذسنج، گزارش شد که میزان کاهش دبی زه‌آب خروجی از مدل دارای پوشش معدنی کمتر از میزان آن در پوشش‌های مصنوعی PP450، PP700 و PP900 بود. که دلیل آن، ورود ذرات خاک به داخل پوشش مصنوعی بوده که باعث می‌شود هدایت هیدرولیکی پوشش مصنوعی کاهش یابد (کریمی، ۱۳۸۷). همچنین، بررسی اجرای سامانه زهکشی زیرزمینی با پوشش شن و ماسه در اراضی طرح توسعه نیشکر نشان داد که فیلتر معدنی از عملکرد مناسبی برخوردار می‌باشد (پرتواعظم، ۱۳۸۰).

عملکرد پوشش معدنی، پوشش مصنوعی و زهکشی بدون پوشش با استفاده از دستگاه نفوذسنج در آزمایشگاه ارزیابی شد. نتایج نشان داد که میزان دبی خروجی در هر سه وضعیت و به ازای یک بار آبی ثابت، نسبت به زمان روند کاهشی داشت. که دلیل آن، حرکت ذرات ریز به داخل منافذ پوشش و در نتیجه کاهش هدایت هیدرولیکی بود. همچنین دبی خروجی از پوشش معدنی، در تمامی آزمایش‌ها بیشتر از پوشش مصنوعی و زهکشی بدون پوشش بود (اجاقلو و همکاران، ۱۳۸۹).

در تحقیقی مزرعه‌ای در اهواز عملکرد دو نوع پوشش مصنوعی (PP450 و PP700) و دو نوع پوشش معدنی بررسی شد. محاسبه پارامترهای شوری (قبل و بعد آبشویی)، کنترل سطح ایستابی، عملکرد سیستم زهکشی و رفتار پوشش به کار رفته نشان داد که فیلتر

مصنوعی PP450 نسبت به سایر پوشش‌های مورد بررسی عملکرد بهتری داشت (عزیزی، ۱۳۸۶).

در مقایسه تغییرات دبی و هدایت هیدرولیکی بین پوشش‌های مصنوعی PP450، PP700 و PP900 در شرایط آزمایشگاهی مشاهده شد که PP450 دارای کارایی بیشتری نسبت به نمونه‌های دیگر است (کریمی و همکاران، ۱۳۸۷). همچنین در تحقیقی آزمایشگاهی با ارزیابی هدایت هیدرولیکی و دبی خروجی مشخص شد که PP450 یک پوشش مناسب برای زهکشی زیرزمینی است (نژادیانی، ۱۳۸۷).

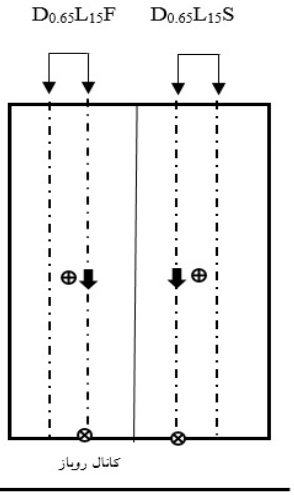
پالمیرا و گاردونی (۲۰۰۲) در تحقیقی اثر مقادیر مختلف فشار را روی خصوصیات هیدرولیکی و فیزیکی ژئوتکستایل‌ها اندازه گرفتند و پی بردند که هر چه فشار اعمالی روی پوشش در نتیجه افزایش عمق کارگذاری لوله زهکش بیشتر شود ضخامت پوشش، اندازه روزنه‌ها و نفوذپذیری کاهش می‌یابد و در عملکرد فیلتراسیون و زهکشی مشکل ایجاد می‌شود.

تحقیقات انجام شده، بیشتر در شرایط آزمایشگاهی و اراضی غیرشالیزاری بوده است. لذا با توجه به آنکه احداث زهکش‌های زیرزمینی در اراضی شالیزاری مبحثی جدید بوده و خصوصیات منحصر به فرد خاک سنگین و شرایط غرقابی این اراضی، در این تحقیق میزان زه‌آب خروجی از زهکش‌های زیرزمینی از نظر کمی و کیفی و عملکرد سیستم در کنترل سطح ایستابی طی دو سال و در چهار فصل کشت متوالی مورد بررسی قرار می‌گیرد تا کارایی زهکش‌های با پوشش معدنی و مصنوعی ارزیابی شود.

مواد و روش‌ها

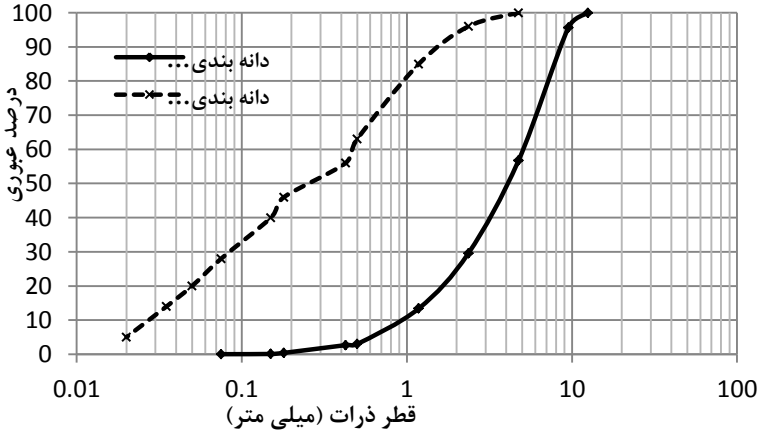
این تحقیق در طول دو فصل کشت برنج و دو فصل کشت کلزا (تیر ۱۳۹۰ تا فروردین ۱۳۹۲) در ۴/۵ هکتار از اراضی شالیزاری تجهیز و نوسازی شده دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شد. عرض و طول جغرافیایی منطقه به ترتیب ۳۶/۳۹ درجه شمالی و ۵۳/۰۴ درجه شرقی بوده و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۵- متر می‌باشد. طبق آمار هواشناسی ۱۰ ساله (۱۳۸۱ تا ۱۳۹۰)، متوسط بارندگی سالانه منطقه، ۶۱۶ میلی‌متر و متوسط دمای هوا ۱۷/۳ درجه سانتی‌گراد است (درزی و همکاران، ۱۳۹۱). براساس نتایج آزمایش‌های انجام شده، بافت خاک تا عمق ۲۰۰ سانتیمتری از نوع سیلتی رس و از ۲۰۰ تا ۳۰۰ سانتی‌متر از نوع رس می‌باشد.

در مزرعه مذکور، تیمارهای زهکشی زیرزمینی عبارت بودند از: سیستم زهکشی با فاصله ۱۵ متر و عمق نصب ۰/۶۵ متر با پوشش معدنی ($D_{0.65}L_{15}S$) و پوشش مصنوعی ($D_{0.65}L_{15}F$). فاصله زهکش‌ها با توجه به متوسط فاصله زهکش زیرزمینی محاسبه شده به وسیله روابط هوخهات و کرکهام برای کشت اصلی (برنج) و دوم (شبدر برسیم) در اراضی شالیزاری، تحقیقات انجام شده در برخی کشورها و با توجه به ساختار کرت‌های شالیزاری یکپارچه‌سازی شده، برابر ۱۵ متر در نظر گرفته شد. با توجه به رقوم مبنای زهکشی در اراضی شالیزاری، نصب زهکش‌های زیرزمینی در عمق ۰/۶۵ متر می‌تواند اهداف مورد نظر برای تنوع کاربری اراضی شالیزاری را تامین نماید (درزی و همکاران، ۱۳۹۲). شکل (۱) شماتیک نصب سیستم‌های زهکشی در مزرعه مورد مطالعه و محل اندازه‌گیری دبی زهکش را نشان می‌دهد. طول خطوط زهکش، ۱۰۰ متر و جنس لوله‌ها پی‌وی‌سی موج‌دار با قطر ۱۰۰ میلی‌متر بود که با شیب ۰/۲ درصد نصب شدند. همچنین، تعداد ۴۰۰ سوراخ به مساحت ۸۰۰ میلی‌متر مربع در هر متر طول لوله زهکش برای ورود آب به‌داخل آن وجود دارد که ۱ درصد سطح لوله است.



شکل (۱): آرایش سیستم‌های زهکشی در مزرعه آزمایشی (⊗ محل اندازه‌گیری دبی زهکش، ⊕ چاهک سطح ایستابی)

از شن و ماسه با دانه‌بندی مشخص (شکل ۲)، به‌عنوان پوشش معدنی دو خط زهکش استفاده شد که به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر در اطراف لوله زهکش به‌جز روی آن، ریخته شد. ضخامت پوشش معدنی روی لوله‌های زهکش نزدیک به ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متر بود. از معیار USBR (۱۹۹۳) برای تعیین دانه‌بندی شن و ماسه و ممانعت از شسته شدن ذرات خاک به داخل مواد صافی استفاده شد (قانع، ۱۳۸۵). با توجه به نتایج تحقیقات (عزیزی، ۱۳۸۶)، (کریمی، ۱۳۸۷) و (نژادیانی، ۱۳۸۷) از پوشش مصنوعی نوع PP450 تولید کارخانه پی‌وی‌سی خوزستان استفاده شد. این نوع پوشش شامل مواد PLM همراه با الیاف مصنوعی، مواد بافته شده ظریف و انواع مواد بافته شده، سوراخ‌دار سوزنی نازک تا ضخیم می‌باشند که وزن این پوشش‌ها ۳۰۰ گرم در هر متر طول لوله و دارای ضخامت ۳ میلی‌متر می‌باشد.



شکل (۲): منحنی دانه‌بندی پوشش معدنی مورد استفاده

پس از نصب سیستم زهکشی، برنج به عنوان گیاه اصلی و کلزا به عنوان کشت دوم در مزرعه به صورت مکانیزه کشت شد. برنامه کاشت و عملیات مدیریتی مزرعه تحقیقاتی در طول مدت مطالعه در جدول (۱)

ارایه شد. به‌دلیل اجرای سیستم زهکشی در فصل کشت اول، برنج با تاخیر نسبت به عرف منطقه کشت شده بود.

جدول (۱): برنامه کشت انجام شده در مزرعه مورد مطالعه

فصل کشت	گیاه کشت شده	تاریخ کشت	تاریخ برداشت
اول	برنج	۳۰ تیر ۱۳۹۰	۱۸ مهر ۱۳۹۰
دوم	کلزا	۷ آذر ۱۳۹۰	۱۶ اردیبهشت ۱۳۹۱
سوم	برنج	۲۸ اردیبهشت ۱۳۹۱	۲۰ مرداد ۱۳۹۱
چهارم	کلزا	۱۳ مهر ۱۳۹۱	۲۵ اردیبهشت ۱۳۹۲

در فصل‌های کشت برنج، برای جلوگیری از هدررفت آب و مواد غذایی، انتهای لوله‌های زهکش با استفاده از درپوش مسدود شده و تنها در زمان‌های زهکشی میان‌فصل و پایان‌فصل، اجازه زهکشی آزاد داده شد. هفت روز پس از نشاکاری، مقدار ۹۰ کیلوگرم کود اوره به خاک اضافه شد. برای انجام زهکشی میان‌فصل، ۲۵ روز پس از نشا، آبیاری قطع و درپوش زهکش‌ها برداشته شد. این مرحله از زهکشی به‌مدت ۷ روز ادامه یافت و بعد از ظهور ترک‌های کوچک سطحی، زهکش‌ها مسدود و مجددا عملیات آبیاری آغاز شد. برای انجام زهکشی پایان‌فصل نیز دو هفته قبل از برداشت، با برداشتن درپوش زهکش‌ها، امکان زهکشی فراهم شد. علاوه بر اندازه‌گیری دبی در مدت زهکشی، در دومین روز از زهکشی میان‌فصل و پایان‌فصل از زه‌آب زهکش‌ها نمونه‌برداری شد.

در زمان کشت کلزا، زهکشی به‌صورت آزاد انجام شد. در این مدت، به‌منظور بررسی مقدار آبدهی لوله‌های زهکش، دبی زهکش‌ها با روش حجمی و ارتفاع سطح ایستابی در نقطه میانی دو زهکش به صورت روزانه اندازه‌گیری شد. در تاریخ‌های ۱۷ اسفند ۱۳۹۰ و ۸ فروردین ۱۳۹۱ برای فصل اول و ۱۷ اسفند ۱۳۹۱ برای فصل دوم، هر بار ۳۵ کیلوگرم در هکتار اوره به‌صورت سرک در تیمارهای تحت کشت کلزا استفاده شد. در این فصل، تقریبا هر ۱۵ روز یک بار نمونه‌هایی از زه‌آب هر یک از سیستم‌های زهکشی تهیه و پارامترهای کیفی شامل EC، pH، Na، Cl، جمع آنیون‌ها و جمع کاتیون‌ها در آزمایشگاه تعیین شد. همچنین کیفیت شیمیایی آب آبیاری و آب باران در زمان‌های مختلف تعیین شد.

داده‌های دبی بدست آمده در این آزمایش، با استفاده از نرم‌افزار SPSS و آزمون t در سطح یک درصد برای هر فصل به‌طور جداگانه در قالب داده‌های جفت شده مورد بررسی قرار گرفت. همچنین با فرض عمق سطح ایستابی اولیه (حداقل عمق سطح ایستابی از لحاظ تهویه منطقه ریشه) ۳۰ سانتی‌متر، مجموع آب اضافی موجود در لایه ۳۰ سانتی‌متری سطح خاک (SEW_{30})، برای فصل کشت کلزا به‌صورت فرمول (۱) محاسبه شد (Darzi et al., 2013):

$$SEW_{30} = \sum_{i=1}^{n} (30 - x_i) \qquad (۱)$$

که در آن:

x_i: عمق سطح ایستابی (سانتی‌متر) در روز i

n: تعداد روزهایی است که عمق سطح ایستابی کمتر از ۳۰ سانتی‌متر می‌باشد.

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

$$SEI = \frac{\overline{EC_i} - \overline{EC_d}}{\overline{EC_i}} \qquad (۲)$$

که در آن:

$\overline{EC_i}$: متوسط شوری آب آبیاری یا نمک ورودی به خاک (دسی‌زیمنس بر متر)

$\overline{EC_d}$: متوسط شوری زه‌آب 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 بوسیله آب آبیاری باشد.

نتایج و بحث

متوسط مقادیر کیفی آب آبیاری و آب باران، در جدول (۲) آمده است. کیفیت آب آبیاری براساس طبقه‌بندی آزمایشگاه شوری خاک آمریکا، در کلاس C1 – S1 قرار گرفت که برای آبیاری مناسب بوده و بر عملکرد محصول و کیفیت خاک مزرعه تاثیر چندانی نمی‌گذارد.

جدول (۲): میانگین مقادیر کیفی آب آبیاری و آب باران

نمونه	pH	EC (µS/m)	کاتیون‌ها (meq/lit)		جمع کاتیون‌ها (meq/lit)	جمع آنیون‌ها (meq/lit)	SAR $(meq/lit)^{0.5}$
			Na^+	$^+Ca^{2+}+Mg^2$			
آب آبیاری	۷/۲۶	۱۱۲۰	۲/۲۴	۱۱/۷۳	۱۴/۰۲	۱۰/۳۷	۰/۰۶
آب باران	۵/۵	۹۳	–	–	–	–	–

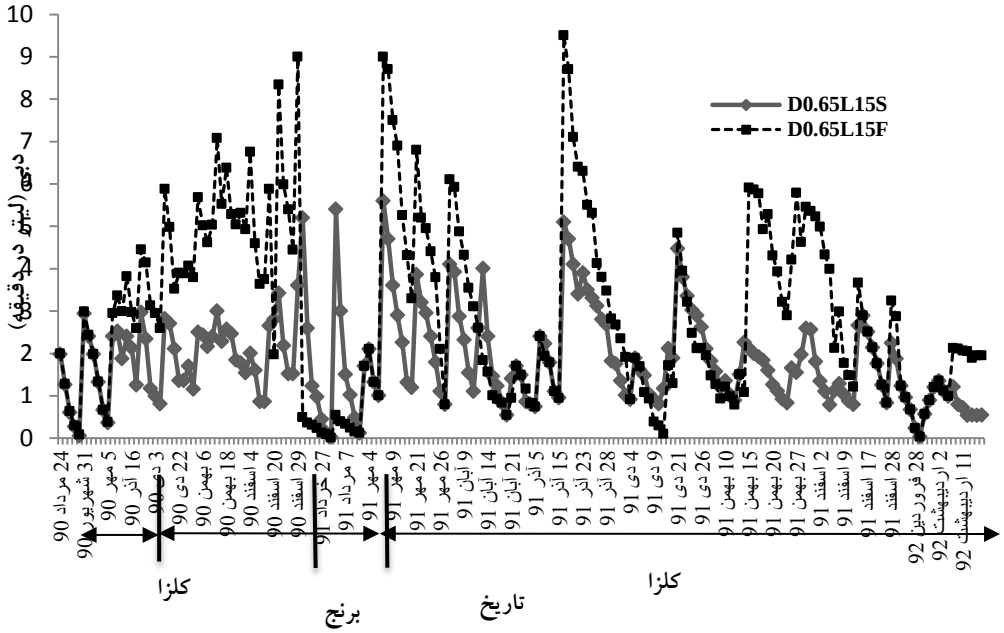
میانگین و انحراف معیار دبی و عمق زه‌آب خروجی روزانه از مساحت تحت پوشش زهکش‌های دارای پوشش‌های مختلف در جدول (۳) ارایه شد. نتایج مقایسه میانگین دبی زهکش‌ها در سطح یک درصد برای فصل‌های مختلف نشان داد که در فصل اول کشت برنج دبی زهکش‌ها اختلاف معنی‌داری نداشته اما در فصل دوم کشت برنج دبی دو زهکش اختلاف معنی‌داری داشته و برای زهکش با پوشش معدنی، بیشتر از زهکش با پوشش مصنوعی بود. کاهش زیاد دبی زهکش با پوشش مصنوعی در دومین فصل کشت برنج، متاثر از عمق کم آب در کرت دارای زهکش مذکور به‌دلیل شرایط مدیریتی آبیاری بود. در اولین فصل کشت کلزا میانگین دبی زهکش‌ها اختلاف معنی‌داری داشته و برای زهکش با پوشش مصنوعی بیشتر بود. ولی در فصل چهارم کشت، اختلاف معنی‌داری وجود نداشته و مقادیر دبی دو زهکش به هم نزدیک شد. قابل ذکر است که بیشتر بودن عمق زه‌آب خروجی در فصل دوم (اولین فصل کشت کلزا) نسبت به بقیه فصول را می‌توان متاثر از بارندگی زیاد (۳۹۴ میلی‌متر، ۴۰ درصد بیشتر از میانگین متناظر ۱۰ ساله) دانست.

جدول (۳): میانگین و انحراف معیار دبی (لیتر بر دقیقه) و عمق زه‌آب خروجی زهکش‌ها (میلی‌متر در روز)

فصل کشت	پوشش معدنی		پوشش مصنوعی	
	دبی (لیتر بر دقیقه)	عمق زه‌آب (میلی‌متر)	دبی (لیتر بر دقیقه)	عمق زه‌آب (میلی‌متر)
برنج	^{ns}۱/۲۶±۰/۹۶	۰/۶±۰/۴۶	^{ns}۱/۲۷±۰/۹۶۳	۰/۶۱±۰/۴۶
کلزا	*۲/۰۱±۰/۵۱	۰/۹۶±۰/۲۸	*۳/۷۸±۱/۱۲	۱/۸۱±۰/۵۴
برنج	*۱/۴۱±۰/۹۳	۰/۷۱±۰/۶۸	*۰/۲۶±۰/۱۶	۰/۱۲۵±۰/۰۷
کلزا	^{ns}۱/۹۳±۱/۰۳	۰/۹±۰/۵۳	^{ns}۲/۹۱±۱/۸۲	۱/۳۷±۱/۰۱

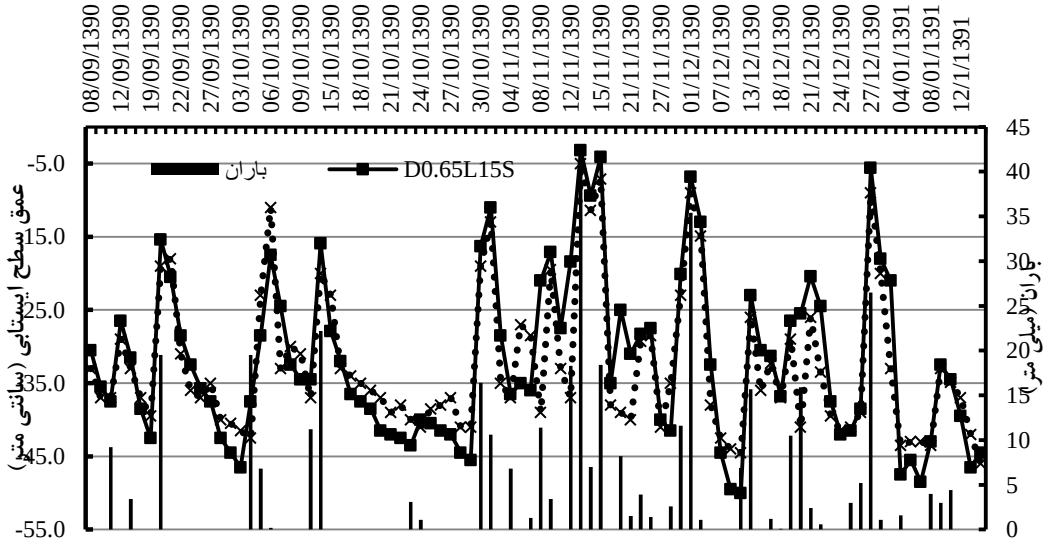
ns، غیرمعنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد. *، معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

شکل (۳) تغییرات دبی زهکش‌های دارای پوشش معدنی و مصنوعی را نشان می‌دهد. با توجه به شکل (۳) دبی زهکش دارای پوشش مصنوعی ($D_{0.65}L_{15}F$) در اکثر زمان‌ها بیشتر از دبی زهکش دارای پوشش معدنی ($D_{0.65}L_{15}S$) بود. در نتیجه، پوشش مصنوعی در مقایسه با پوشش معدنی حجم آب بیشتری را در زمان کمتری تخلیه کرد که نشان‌دهنده کارایی بهتر پوشش مصنوعی در طول مدت مطالعه است. قابل ذکر است که در فصل کشت برنج، دبی زهکش با پوشش معدنی با دبی زهکش با پوشش مصنوعی برابر بوده و یا در بعضی مواقع بیشتر بوده که کارایی موثرتر این زهکش را در فصل کشت برنج و حالت غرقابی نشان می‌دهد. این ممکن است به خاطر ضخامت بیشتر پوشش معدنی نسبت به پوشش مصنوعی باشد که در حالت غرقاب برنج، به خاطر شعاع تاثیر بیشتر و نزدیک بودن به سخت لایه، آب بیشتری را عبور می‌دهد.



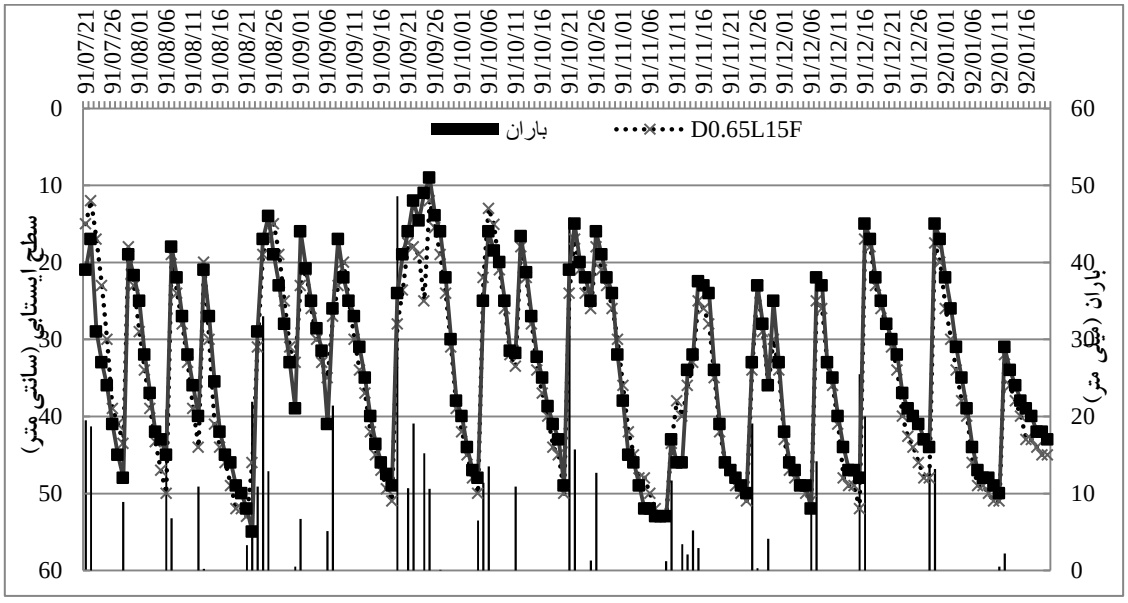
شکل (۳): تغییرات دبی زهکش‌های با پوشش معدنی و مصنوعی (لیتر بر دقیقه) در طول چهار فصل کشت

در شکل‌های (۴) و (۵) تغییرات عمق سطح ایستابی در چاهک مشاهده‌ای واقع در نقطه میانی فاصله دو زهکش در تیمارهای مختلف زهکشی زیرزمینی و مقدار بارندگی روزانه در طول فصل کشت کلزا در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ ارایه شده است. متوسط مقادیر عمق سطح ایستابی اندازه‌گیری شده در چاهک‌های مذکور در تیمارهای $D_{0.65}L_{15}S$ و $D_{0.65}L_{15}F$ در فصل کشت کلزا در سال ۹۰ به ترتیب برابر ۳۲ و ۳۲/۸ سانتی‌متر بود.



شکل (۴): روند تغییر عمق سطح ایستابی در چاهک مشاهده‌ای واقع در نقطه میانی فاصله دو زهکش در سیستم‌های زهکشی $D_{0.65}L_{15}S$ و $D_{0.65}L_{15}F$ به‌همراه مقادیر بارندگی روزانه در سال ۱۳۹۰

متوسط مقادیر عمق سطح ایستابی اندازه‌گیری شده در چاهک‌های مذکور در تیمارهای $D_{0.65}L_{15}S$ و $D_{0.65}L_{15}F$ در فصل کشت کلزا در سال ۹۱ به‌ترتیب برابر ۳۳/۶ و ۳۴/۷ سانتی‌متر بود. با توجه به مقادیر متوسط عمق سطح ایستابی در دو سال اندازه‌گیری مشاهده می‌شود که مقادیر متوسط سطح ایستابی در سال ۹۱ نسبت به سال ۹۰ تا اندازه‌ای افزایش یافت. مهمترین عامل افزایش متوسط عمق سطح ایستابی در سال ۹۱ اجرای عملیات خاک‌ورزی پیش از کشت کلزا در این اراضی بود. در سال زراعی ۹۰ از اواخر شهریور تا اواسط آبان، بارندگی‌های شدیدی در منطقه مورد مطالعه صورت گرفت که مانع از اجرای کامل عملیات خاک‌ورزی در این اراضی شد.



شکل (۵): روند تغییر عمق سطح ایستابی در چاهک مشاهده‌ای واقع در نقطه میانی فاصله دو زهکش در سیستم‌های زهکشی $D_{0.65}L_{15}$ و $D_{0.65}L_{15}F$ به‌همراه مقادیر بارندگی روزانه در سال ۱۳۹۱

مجموع SEW_{30} فصل کشت کلزا در تیمارهای $D_{0.65}L_{15}S$ و $D_{0.65}L_{15}F$ در سال ۱۳۹۰ به‌ترتیب برابر ۳۴۳ و ۲۶۱ سانتی‌متر و در سال ۱۳۹۱ به‌ترتیب برابر ۶۲۶ و ۵۳۸ سانتی‌متر بود. مقایسه مقادیر SEW_{30} دو تیمار در سال‌های ۹۰ و ۹۱ نشان می‌دهد که در تیمار با پوشش مصنوعی، آب اضافی خاک به‌ترتیب به‌میزان ۲۳ و ۱۶ درصد کاهش یافت. بالاتر رفتن مقدار SEW_{30} در تیمارهای زهکشی در سال ۹۱ نسبت به سال ۹۰ به این دلیل است که فصل کشت در این سال نسبت به سال گذشته طولانی‌تر بود. این نتایج نشان می‌دهد که پوشش مصنوعی زهکش‌ها سبب بهبود تهویه ناحیه ریشه گیاه شد که این امر می‌تواند بر عملکرد محصول تحت کشت موثر باشد. با توجه به شکل‌ها، تیمار با پوشش مصنوعی نسبت به تیمار با پوشش معدنی تاثیر بیشتری بر پایین نگه داشتن سطح ایستابی دارد.

بر اساس نتایج بدست آمده، اگرچه پوشش مصنوعی عملکرد بهتری از نظر میزان تخلیه و کاهش سطح ایستابی در مقایسه با سیستم زهکشی با پوشش معدنی داشت، ولی عملکرد زهکش‌های با پوشش معدنی نیز از نظر تخلیه آب اضافی از نیمرخ خاک در طول مدت اجرای تحقیق براساس SEW_{30} و آزمون معنی‌داری دبی مناسب ارزیابی شد. همچنین طبق تغییرات نمودار دبی در چهار فصل و متوسط مقادیر سطح ایستابی، مشاهده می‌شود که زهکش با پوشش معدنی در طولانی‌مدت کاهش دبی کمتری داشته است که با نتایج آزمایش‌های (پرتواعظم، ۱۳۸۰) همخوانی دارد.

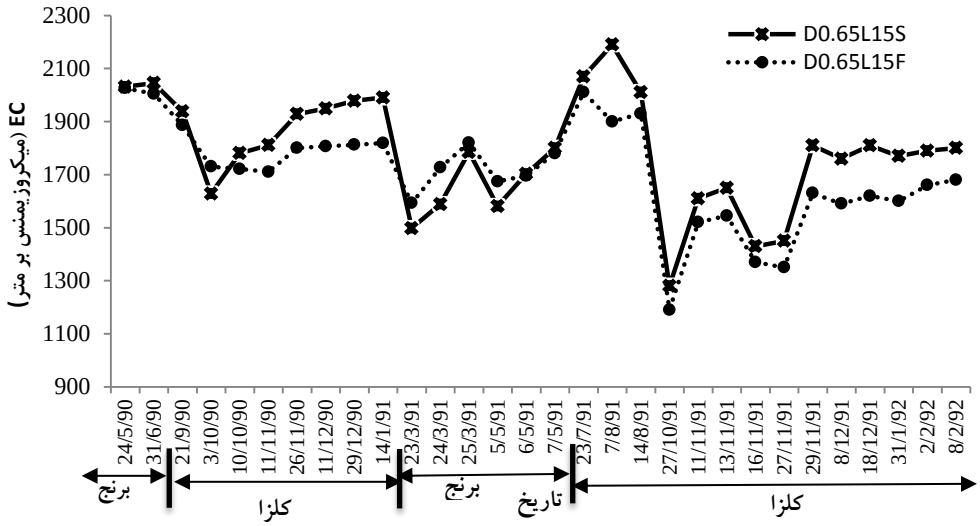
میانگین نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های زه‌آب چهار فصل کشت در جدول (۴) ارایه شد. در طول مدت مطالعه، میزان شوری و SAR زه‌آب دو پوشش تفاوت چندانی نداشت و از آنجایی که میزان شوری به میزان املاح محلول در آب بستگی دارد و با افزایش حجم یا دبی، میزان غلظت نمک کاهش می‌یابد لذا اندک اختلاف در مقادیر کیفی به خاطر اختلاف در دبی تخلیه بوده است. در پارامترهای دیگر نیز اختلاف محسوسی دیده نمی‌شود و مقادیر کیفی زه‌آب دو زهکش تقریبا برابرند. این برابری می‌تواند ناشی از شرایط مشابه خاک مزرعه، عمق و فاصله زهکشی یکسان باشد.

جدول (۴)- میانگین نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های زه‌آب خروجی از زهکش‌های مختلف

فصل کشت	نوع پوشش	pH	EC (µS/m)	Na^+ (mg/l)	Cl^- (mg/l)	جمع آنیونها (mg/l)	جمع کاتیونها (mg/l)	SAR $(mg/lit)^{0.5}$	TDS (mg/l)
اول	معدنی	۷/۱۵	۲۰۳۸	۲۱۶/۲	۲۷۱/۶	۱۱۶۵/۷	۵۹۱/۳	۱/۰۹	۱۳۱۸
	مصنوعی	۷/۳	۲۰۱۵	۲۷۴	۲۳۲	۱۱۷۸/۴	۶۴۵	۲/۰۸	۱۲۳۲
دوم	معدنی	۷/۵۶	۱۸۷۵	۱۶۶/۹	۱۵۰/۲	۱۰۰۸/۲۱	۴۱۲/۸	۲/۴۲	۱۲۲۵
	مصنوعی	۷/۳۹	۱۷۸۵	۱۷۹/۴	۱۳۱/۴	۹۸۴/۵۷	۴۱۰/۱۲	۲/۴۸	۱۱۷۳
سوم	معدنی	۷/۶	۱۶۵۹	-	-	-	-	-	-
	مصنوعی	۷/۴	۱۷۱۴	-	-	-	-	-	-
چهارم	معدنی	-	۱۷۴۵	-	-	-	-	-	۹۵۵
	مصنوعی	-	۱۶۱۴	-	-	-	-	-	۸۸۵

شکل (۶) مقادیر شوری زه‌آب دو زهکش با پوشش متفاوت را در طول مدت مطالعه نشان می‌دهد. مشاهدات حاکی از آن است که، با گذر زمان میزان شوری زه‌آب تا حدودی کاهش یافته و همواره در اواخر فصل کشت کلزا به روند ثابتی رسید. کاهش سریع در شوری زه‌آب در اوایل دو فصل کشت کلزا (تاریخ‌های ۹۰/۱۰/۳ و ۹۱/۱۰/۲۷)، به دلیل بارندگی زیاد بوده که دبی زیادی را موجب شده و غلظت نمک

یا EC را پایین آورده و افزایش شوری بدلیل مصرف کود اوره در اواسط فصل کشت کلزا (زمان گلدهی) بوده که شوری را تا حدودی افزایش داد. روند تغییرات شوری زه‌آب نشان می‌دهد که مقدار شوری زه‌آب خروجی هر دو زهکش به هم نزدیک بوده و اختلاف زیادی مشاهده نمی‌شود. از طرف دیگر شوری زه‌آب زهکش دارای پوشش معدنی در طول فصل زراعی تا حدودی بیشتر از زهکش دارای پوشش مصنوعی است که نشان دهنده خروج بیشتر املاح خاک در این تیمار می‌باشد.



شکل (۶): میزان شوری زه‌آب خروجی از زهکش‌ها

برای ارزیابی تیمارهای مختلف در کنترل نمک خاک، از شاخص نمک خروجی (SEI) استفاده شد. این شاخص باید در طول فصل کمتر یا مساوی صفر باشد. نتایج محاسبه این شاخص در جدول (۵) آمده است. با توجه به نتایج مشخص است که شاخص نمک خروجی برای هر دو زهکش در تمام فصل‌ها منفی بوده و نشان دهنده شستشوی نمک از ناحیه ریشه و تداوم عملیات آبشویی در طول فصل زراعی می‌باشد. از طرف دیگر، با مقایسه نتایج دو فصل کشت برنج و دو فصل کشت کلزا مشخص می‌شود که شاخص SEI در طی دو فصل به صفر نزدیک می‌شود. این نتایج حاکی از آن است که آبشویی در تعادل با مقدار ورودی در حال انجام است و خاک بیش از حد شسته نمی‌شود تا غلظت زه‌آب آن بالا رفته و به محیط زیست پایین‌دست آسیب وارد کند. یافته‌های این بخش با نتایج تحقیقات (ناصری و ارواحی، ۱۳۸۸) مطابقت دارد.

جدول (۵)- شاخص کنترل نمک در خاک (SEI)

فصل کشت	پوشش معدنی	پوشش مصنوعی
برنج	-۰/۸۲	-۰/۸۰
کلزا	-۱/۰۲	-۰/۹۲
برنج	-۰/۴۸	-۰/۵۳
کلزا	-۰/۸۸	-۰/۷۴

نتیجه‌گیری

در این تحقیق دبی، سطح ایستابی و کیفیت زه‌آب دو تیمار $D_{0.65}L_{15}S$ و $D_{0.65}L_{15}F$ با عمق و فاصله یکسان، ولی با پوشش متفاوت در طول دو فصل کشت برنج و دو فصل کشت کلزا بررسی شد. مقایسه دبی زهکش‌ها نشان داد که زهکش با پوشش مصنوعی از لحاظ دبی خروجی و میزان حجم تخلیه، عملکرد بهتری نسبت به زهکش با پوشش معدنی داشت. هر چند در فصل کشت برنج عملکرد پوشش معدنی بهتر بود. همچنین نتایج شکل سطح ایستابی نشان می‌دهد که تیمار با پوشش مصنوعی نسبت به تیمار با پوشش معدنی تاثیر بیشتری بر پایین نگه داشتن سطح ایستابی دارد و در بهبود تهویه ناحیه ریشه گیاه موثرتر بود که این امر می‌تواند بر عملکرد محصول تحت کشت موثر باشد. کنترل شوری و خروج املاح اضافی از عمق توسعه ریشه گیاه نیز با زهکشی انجام می‌شود. براساس نتایج، متوسط EC زه‌آب زهکش‌ها در طول مدت مطالعه در پوشش معدنی برابر با ۱۸۲۹ میکروزیمنس بر متر و در پوشش مصنوعی برابر با ۱۷۸۲ میکروزیمنس بر متر بود. به عبارتی، عملکرد هر دو نوع پوشش، نزدیک و با توجه به شاخص نمک خروجی مناسب بود و بیانگر آن است که در منطقه مطالعه، عملیات آبشویی املاح موجود در خاک و آب آبیاری از نیمرخ خاک در جریان بود. با توجه به نتایج این تحقیق، وسعت زیاد اراضی شالیزاری در شمال کشور، نیاز به بهبود وضعیت زهکشی این اراضی، اهمیت نقش پوشش‌های زهکشی در تخلیه زه‌آب و هزینه اجرا، استفاده از پوشش‌های مصنوعی در مقایسه با پوشش معدنی، ضمن صرفه‌جویی در هزینه‌ها (جعفری و همکاران، ۱۳۹۲) و سهولت اجرا، شرایط مناسبی برای تخلیه آب مازاد خاک در زمان کمتر فراهم می‌کند.

تقدیر و تشکر

مولفان از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری به دلیل در اختیار قرار دادن اراضی و شرکت سهامی آب منطقه‌ای مازندران، پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری طبرستان و صندوق حمایت از پژوهشگران به دلیل مساعدت‌های مالی و آزمایشگاهی، کمال تشکر را دارند.

منابع

اجاقلو، ح.، ت. سهرابی، ح. رحیمی، ع. حسن‌اقلی و م. قبادی‌نیا. ۱۳۸۹. مطالعه آزمایشگاهی اثر مقدار رس خاک در تعیین نیاز به پوشش برای سیستم‌های زهکشی زیرزمینی. دانش آب و خاک، جلد ۲۰، شماره ۱، ص ۱۲۳-۱۳۵.

پارسی‌نژاد، م.، ع. لیاقت، ب. نظری و ح. علیزاده. ۱۳۸۷. نگرشی بر ملاحظات تعیین عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی. دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، ۱۲ ص.

پرتو اعظم، ر. ۱۳۸۰. ارزیابی فیلترهای بکار رفته در زهکش‌های زیرزمینی در اراضی میان آب، واحد کشت و صنعت امیرکبیر خوزستان. دانشکده کشاورزی ملاثانی، دانشگاه اهواز، پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی.

جعفری، م.، ع. شاهنظری و م. ضیاتبار احمدی. ۱۳۹۲. بررسی اثر دو نوع پوشش زهکشی بر دبی زهکش‌های زیرزمینی در مزارع شالیزاری استان مازندران. آب و خاک، جلد ۲۷، شماره ۱، ص ۱۳۰-۱۲۳.

درزی، ع.، س.م. میرلطیفی، ع. شاهنظری، ف. اجلالی و م. ح. مهدیان. ۱۳۹۲. تاثیر زهکشی سطحی و زیرزمینی بر تلفات نیتروژن از اراضی شالیزاری در فصل کشت برنج. آبیاری و زهکشی ایران، جلد ۷، شماره ۳، ص ۲۹۴-۳۰۵.

درزی، ع.، س. م. میرلطیفی، ع. شاهنظری، م. ح. مهدیان و ف. اجلالی. ۱۳۹۱. تاثیر زهکشی سطحی و زیرزمینی بر تلفات فسفر از اراضی شالیزاری در فصل کشت برنج. آبیاری و زهکشی ایران، جلد ۶، شماره ۳، ص ۲۱۵-۲۲۵.

عزیزی، ج. ۱۳۸۶. ارزیابی عملکرد پوشش مصنوعی زهکشی در مقایسه با پوشش معدنی در لوله‌های زهکش. دانشگاه شهید چمران اهواز. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته آبیاری و زهکشی.

قانع، ا. ۱۳۸۵. ارزیابی مدل فیزیکی تانک خاک و شن جهت مطالعه عملکرد فیلترهای مصنوعی در سیستم زهکشی زیرزمینی. دانشگاه شهید چمران اهواز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی علوم آب، ۱۱۰ ص.

کریمی، ب. ۱۳۸۷. ارزیابی عملکرد سه نوع پوشش مصنوعی زهکشی در مقایسه با پوشش رایج معدنی در شرایط آزمایشگاهی. دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد.

کریمی، ب.، م. پارسی‌نژاد، ع. حسن‌اقلی و ع. لیاقت. ۱۳۸۷. ارزیابی عملکرد سه نوع پوشش مصنوعی زهکشی در مقایسه با پوشش رایج معدنی در شرایط آزمایشگاهی. آبیاری و زهکشی ایران، جلد ۲، شماره ۲، ص ۹۲-۸۱.

کمیته ملی آبیاری و زهکشی. ۱۳۸۱. نگرشی بر مسائل و مشکلات مطالعات و اجرای زهکشی زیرزمینی در ایران. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی، نشریه شماره ۵۹، ۱۲۹ ص.

ناصری، ع. و ع. ارواحی. ۱۳۸۸. استفاده از مبانی جدید در طراحی سیستم‌های زهکشی زیرزمینی و تاثیر آن‌ها روی روش‌های اجرایی در خوزستان. ششمین کارگاه فنی زهکشی و محیط زیست، ص ۸۱-۶۷.

نژادیانی. م. ۱۳۸۷. ارزیابی آزمایشگاهی کاربرد یک نوع پوشش مصنوعی در زهکش‌های زیرزمینی و مقایسه آن با پوشش معدنی. علوم خاک و آب، جلد ۲۲، شماره ۱، ص ۱۲۵-۱۱۳.

Darzi-Naftchali, A., S. M. Mirlatifi., A. Shahnazari., F. Ejlali and M. H. Mahdian. 2013. Effect of subsurface drainage on water balance and water table in poorly drained paddy fields. Agricultural Water Management, 130:61-68.

Palmeira, E. M and M. G. Gardoni. 2002. Drainage and filtration properties of non-woven geotextiles under confinement using different experimental techniques. Geotextiles and Geomembranes, 20: 97-115.

Samani, Z. A. 1979. Effects of soil properties on hydraulic failure gradient of soils. Utah State University, Logan, Utah. M.Sc. Dissertation.

USBR. 1993. Drainage manual. (Revised Reprint). United States Department of the Interior, Bureau of Reclamation, Denver, Colorado, USA, 212-218,321 pp.

Vlotman, W. F., L.S. Willardson and W. Dierickx. 2000. Envelope design for subsurface drains. International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI), Pub. No. 56, Wageningen, The Netherlands, P: 71-83 and 97-117.

Comparison of Performance of Subsurface Drains with Mineral and Geotextile Envelopes in Paddy Fields

Mehdi Jafari Talukolaee[1], Ali Shahnazari[2], Abdullah Darzi Naftchali[3]

Abstract

Due to newly-installation of drainage systems in the northern Iran paddy fields and special conditions of soils in these areas, performance evaluation of different drainage envelopes has a great importance. In this study, effect of two types of drain envelopes (mineral and geotextile) on the quantity and quality of drainage water of subsurface drains and water table depth was studied in the consolidated paddy fields of Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. During four successive growing successive seasons of rice and canola, from July 2011 to May 2013, discharge and water table depth in midway between of drain lines and the concentration of EC, pH, Na and Cl of drainage water were measured. Average of drain discharge volume with mineral and geotextile envelopes per day was 2381 lit and 2961 lit, respectively. Comparison of amounts of SEW_{30} (Sum of Excessive Water) in two growing canola seasons showed that geotextile envelope was more effective in lowering of water table depth than mineral envelope. Also, the minimum and maximum of EC were 1280 and 2190 for drains with mineral envelope and 1190 µs/m and 2026 µs/m for drains with geotextile envelope, respectively. Assessment of amounts of SEI (Salt Export Indicator) of soil showed the leaching during growing seasons. According to the results, geotextile envelope was more effective than mineral envelope in draining surplus water and controlling water table in the study area.

Key words: Drainage pilot, drainage water quality, drainage water quantity, Salt Export Indicator, water table depth.

[1] PHD Student of Irrigation and Drainage Engineering, Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. Email: mehdijafari_89@yahoo.com.
[2] Associate Professor, Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. Email: aliponh@yahoo.com (Corresponding author)
[3] Assistant Professor, Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran, Email: Abdullahdarzi@yahoo.com