

## بررسی کارایی زهکش‌های زیرزمینی در شرایط جلوگیری از ورود آب از سطح فوقانی

علی شاهنظری<sup>۱\*</sup> - علی ضیاءتبار احمدی<sup>۲</sup> - میرخالق ضیاءتبار احمدی<sup>۳</sup> - قاسم آقاجانی مازندرانی<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۲/۸

### چکیده

حرکت روبه پایین آب به سمت زهکش، نسبت به جریان‌های افقی و شعاعی تاثیر بیشتری بر حرکت ذرات خاک به طرف پوشش زهکشی دارد. در این تحقیق، با نصب یک سیستم زهکشی زیرزمینی متشکل از سه زهکش به فاصله ۲۰ متر و عمق ۱/۵ متر در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، اثر حذف جریان مستقیم آب از روی زهکش به‌درون آن بر سطح ایستابی و دبی زهکش‌ها بررسی شد. با قرار دادن لایه‌ای از پلاستیک روی پوشش شن زهکش میانی، از ورود مستقیم جریان عمودی به داخل زهکش جلوگیری شد. برای بررسی تغییرات عمق سطح ایستابی، چاهک‌هایی در داخل ترانشه زهکش و به فواصل ۰/۵، ۱/۵، ۵ و ۱۰ متر از هر زهکش در فواصل ۵، ۱۵، ۲۵، ۳۵، ۴۵ و ۵۵ متر از نهر کلکتور حفر گردید. از ابتدای اردیبهشت تا پایان آذر ۱۳۹۰، عمق سطح ایستابی و دبی زهکش‌ها اندازه‌گیری شد. میانگین دبی زهکش فاقد پلاستیک (زهکش A)، به میزان ۱۲ درصد بیشتر از میانگین دبی زهکش دارای پلاستیک (زهکش B) بود. میانگین عمق سطح ایستابی در کلیه چاهک‌های داخل ترانشه زهکش A، ۹/۱ سانتی‌متر بیشتر از مقدار متناظر زهکش B بود. همچنین، میانگین عمق سطح ایستابی در فاصله ۰/۵، ۱/۵ و ۵ متری از زهکش A به ترتیب حدود ۵/۲، ۲/۹ و ۰/۰۵ سانتی‌متر بیشتر از مقادیر متناظر زهکش B بود. رسوب خروجی از زهکش A، ۷۴ درصد بیشتر از مقدار آن در زهکش B بود که نشان‌دهنده نقش قابل توجه جریان ورودی از روی لوله زهکش در انتقال رسوب به درون زهکش می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** زهکش‌های زیرزمینی، جریان عمودی، پوشش پلاستیک، عمق سطح ایستابی، بار رسوب

### مقدمه

برای تولید نیاز غذایی جمعیت در حال رشد جهان، باید بهره‌وری اراضی تحت کشت افزایش یافته یا اراضی بیشتری تحت کشت قرار گیرد. پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که تولید مواد غذایی در ۲۵ سال آینده باید دو برابر شود (۱۳). بخش عمده این افزایش باید به‌واسطه سرمایه‌گذاری‌های مرتبط با بهبود عملیات‌های آبیاری و زهکشی در اراضی کشاورزی موجود حاصل گردد. یکی از مهمترین بخش‌های پروژه‌های آبیاری، زهکشی اراضی می‌باشد.

تنها حدود ۱۴ درصد از اراضی تحت کشت (آبی یا دیم) جهان مجهز به انواع شبکه‌های زهکشی هستند. پیش‌بینی تولید محصول برای تامین نیازهای غذایی و علوفه در جهان در طی ۲۵ سال آینده نشان می‌دهد که زهکشی می‌بایست در حداقل ۱۰ تا ۱۵ میلیون هکتار توسعه یابد. پیش‌بینی می‌شود که یک سوم از این مساحت باید

با شبکه‌های زهکشی زیرزمینی تجهیز شود (۷).

طرح‌های زهکشی در مراحل مختلف مطالعاتی، طراحی و اجرا با چالش‌هایی مواجه‌اند که بی‌توجهی به آنها در مواردی منجر به ناکارآمدی طرح‌های اجراء شده می‌گردد. جلوگیری از ورود ذرات خاک به داخل لوله‌های زهکش زیرزمینی، مستلزم استفاده از مواد متخلخلی به نام پوشش‌های زهکشی می‌باشد. وظیفه اصلی این مواد، بهبود نفوذپذیری در ناحیه اطراف زهکش (۱۲ و ۱۵) می‌باشد. علاوه بر این، پوشش‌های زهکشی می‌توانند شرایط بستر را بهبود داده (۱) و مقاومت در برابر جریان ورودی به زهکش را کاهش دهند (۱۴).

مقاومت جریان در مجاورت زهکش زیرزمینی ارتباط زیادی با مشخصه‌های ساختاری خاک مانند خلل و فرج درشت آن و ترتیب هندسی شبکه خلل و فرج درشت در مجاورت زهکش دارد. اثر پوشش بر الگوی جریان آب به سمت زهکش، معمولاً محدود می‌باشد. همانگونه که اثر آن بر مقاومت‌های شعاعی و ورودی نیز محدود است. بررسی تمامی الگوهای جریان آب به سمت زهکش‌ها مشخص نموده است که ویژگی‌های پوشش در هیچ موردی اثر معنی‌داری بر شکل هندسی الگوها نداشته است (۱۴).

۱، ۲، ۳ و ۴ - به ترتیب استادیار، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، استاد و مربی گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری  
(Email: aliponh@yahoo.com)  
\* - نویسنده مسئول:

بوده و زهکش‌های با پوشش شن و ماسه منطقه و پوشش PLM از نوع PP700 عملکرد ضعیفی از خود نشان دادند (۱۰). همچنین عملکرد پوشش‌های زهکشی طرح زهکش زیرزمینی توسعه‌نیسکر خوزستان بررسی شد. نتایج این مطالعه نشان داد که از نظر کاهش افت بار هیدرولیکی، مصالح شنی بهترین و مطمئن‌ترین عملکرد را داشته و پوشش PLM از نوع PP450، با عملکرد نزدیک به مصالح شنی نتایج قابل قبول داشته است (۹).

سیستم‌های زهکشی زیرزمینی که با هزینه‌های بسیار زیادی اجرا می‌گردند باید بتوانند در طول عمر مفیدشان انتظارات طراحی را تامین نمایند. یکی از مسایل بسیار مهمی که بر عملکرد این سیستم‌ها تاثیر منفی می‌گذارد، مشکل گرفتگی لوله‌های زهکش و پوشش‌های اطراف لوله می‌باشد. هدف از این تحقیق ارایه یک راهکار کاربردی برای کاهش مشکل مذکور می‌باشد تا از سرمایه‌گذاری‌های انجام شده برای اجرای سیستم‌های زهکشی استفاده مناسب‌تر و طولانی‌تری به عمل آید.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق در حدود یک هکتار از مزرعه پژوهشی 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. در مزرعه مذکور، یک سیستم زهکشی زیرزمینی منفرد متشکل از سه خط زهکش به فاصله ۲۰ و عمق متوسط ۱/۵ متر نصب شد. از لوله‌های پی‌وی‌سی موجدار با قطر ۱۰۰ میلی‌متر به‌عنوان لوله زهکش استفاده گردید. لایه‌ای از شن و ماسه دانه‌بندی شده به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر به‌عنوان پوشش در اطراف لوله‌های زهکش ریخته شد. شکل ۱ وضعیت دانه‌بندی خاک و شن و ماسه اطراف لوله زهکش را نشان می‌دهد. از معیار ترزاقی برای تعیین دانه‌بندی شن و ماسه و ممانعت از شسته شدن ذرات خاک به داخل مواد صافی استفاده شد. این معیارها عبارتند از:

قطر ۱۵ درصد از ذرات مواد صافی ( $D_{15}$ ) باید دست کم چهار برابر قطر ۱۵ درصد مواد خاک ( $d_{15}$ ) باشد:  $D_{15} \geq 4d_{15}$

قطر ۱۵ درصد از ذرات مواد صافی ( $D_{15}$ ) نباید بیشتر از چهار برابر قطر ۸۵ درصد مواد خاک ( $d_{85}$ ) باشد:  $D_{15} \leq 4d_{85}$  (۴)

بر اساس شکل ۱، در این مزرعه  $d_{15}$  کمتر از ۰/۰۷۵ میلی‌متر بدست آمد لذا  $D_{15}$  باید بیشتر از ۰/۳ باشد که در این دانه‌بندی حدود ۱/۲۵ میلی‌متر بدست آمد و  $d_{85}$  برابر ۱/۱۸ میلی‌متر می‌باشد که  $D_{15}$  باید کمتر از ۴/۷۲ میلی‌متر باشد. بدین ترتیب با استفاده از این دو معیار، دانه‌بندی صافی مشخص گردید. برای جلوگیری از ورود مستقیم جریان عمودی از روی زهکش به داخل آن، لایه‌ای از پلاستیک روی پوشش شن زهکش میانی قرار داده شد.

رمضانی‌مقدم و همکاران (۲) عملکرد پوشش مصنوعی PP<sub>450</sub><sup>۱</sup> تولید دو کارخانه ایرانی را به‌وسیله مخزن خاک و شن بررسی و با نوع مشابه هلندی مقایسه نمود. نتایج نشان داد که تغییرات دبی در سه روز ابتدای آزمایش برای پوشش‌های مورد مطالعه بسیار زیاد بود و پس از آن کاهش یافت تا به حد ثابتی رسید. مقایسه مقاومت آب در اطراف لوله زهکش و مقادیر رسوب وارد شده به آن نشان داد که در هر دو مورد، پوشش هلندی کمترین مقادیر را دارا بود. تا روز شانزدهم از آغاز آزمایش، مقاومت ورودی آب در هر سه نوع پوشش مصنوعی نزدیک به هم و مشابه بود، ولی در روز هفدهم مقدار آن در پوشش هلندی کاهش چشمگیری داشت. کابوسی و همکاران (۵)، قابلیت کاربرد پوسته برنج به‌عنوان پوشش زهکشی زیرزمینی را در شرایط آزمایشگاهی مورد مطالعه قرار دادند. براساس نتایج به‌دست آمده، پوسته برنج حتی در تراکم‌های زیاد نیز دارای هدایت هیدرولیکی بالایی بود که این امر می‌تواند متضمن کارکرد هیدرولیکی پوشش پوسته برنج باشد. همچنین در مقایسه با پوشش شن و ماسه، پوشش پوسته برنج موجب کاهش دبی خروجی از زهکش گردید که علت آن بافت ریز و دوکی شکل بودن پوسته برنج بیان شد که سبب افزایش مقاومت ورودی جریان شد.

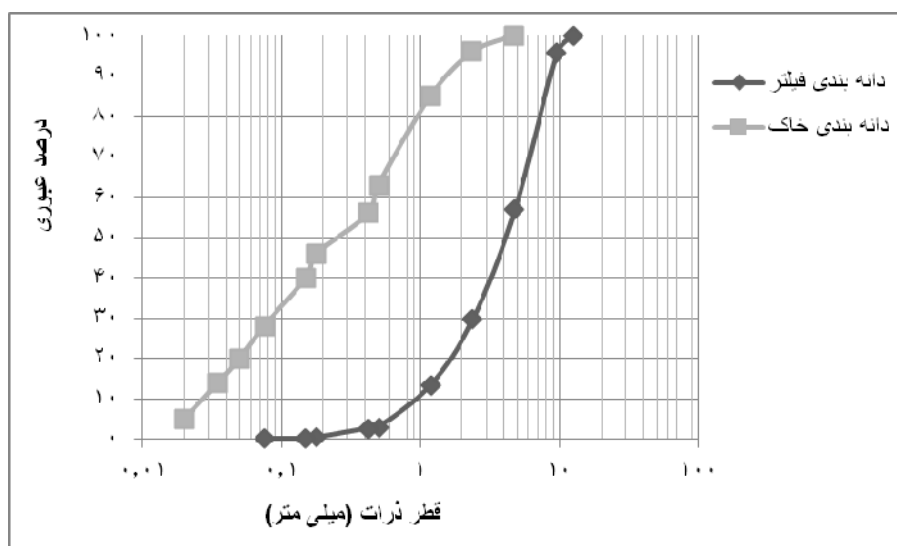
کریمی و همکاران (۶) عملکرد پوسته برنج را به‌عنوان پوشش زهکشی مورد ارزیابی قرار دادند و نتیجه گرفتند که بعد از گذشت بیش از ده سال، سیستم زهکشی دارای عکس‌العمل سریع بود و سطح آب زیرزمینی در اثر زهکشی به سرعت افت نمود.

دایرکس (۱۱) با استفاده از یک مدل آنالوگ ساده، شرایط هیدرولیکی و حرکت ذرات در مجاورت زهکش‌ها را مطالعه نمود. نتایج نشان داد که مهم‌ترین پارامتر مرتبط با طراحی پوشش زهکش،  $O_{90}$  یا اندازه سوراخی است که ۹۰ درصد ذرات از آن کوچکتر می‌باشند و اندازه موثر روزنه نامیده می‌شود.

حرکت ذرات معلق خاک از لایه فوقانی زهکش‌ها به سمت پوشش‌های زهکشی و در نهایت به درون لوله زهکش، می‌تواند سبب انباشته شدن رسوبات در داخل لوله زهکش و کاهش ظرفیت مفید آن، گرفتگی لوله و گرفتگی پوشش‌های زهکشی گردد. تداوم حرکت ذرات معلق به داخل لوله زهکش می‌تواند منجر به تشکیل حفره‌های زیرزمینی گردد. با افزایش اندازه حفره‌ها، بار وارده بر سطح خاک روی لوله‌های زهکش سبب نشست خاک و ایجاد حفره‌های بزرگ در خاک روی لوله‌های زهکش می‌گردد (۸).

در تحقیقی، عملکرد پوشش‌های مختلف زهکشی طرح زهکشی نخیلات آبادان بررسی شد. نتایج نشان داد که زهکش‌های با پوشش PLM<sup>۲</sup> از نوع PP450، عملکرد خوبی داشتند در حالی که، زهکش‌های با پوشش شن و ماسه استاندارد دارای عملکرد متوسط

- 1- polypropylene
- 2- Prewrapped loose material



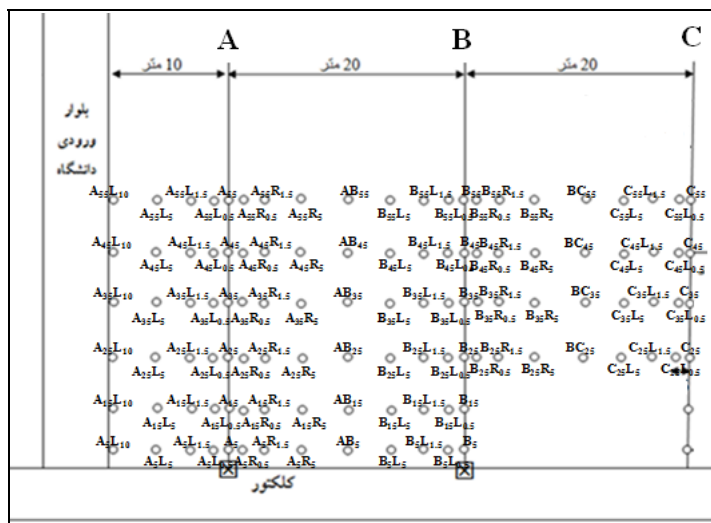
شکل ۱- منحنی دانه بندی پوشش معدنی مورد استفاده

شد. براساس نتایج پایش عمق سطح ایستابی در چاهک‌های مختلف، از ۳۷ رخداد بارش ثبت شده تنها ۱۱ رخداد منجر به بالآمدن قابل توجه سطح ایستابی گردید. در نتیجه مقادیر دبی زهکش‌ها و عمق سطح ایستابی اندازه‌گیری شده در این مواقع برای بررسی اهداف مورد مطالعه استفاده شد. در جدول ۲ تاریخ‌های اندازه‌گیری دبی و عمق سطح ایستابی و مقدار کل بارندگی مربوط به هر رخداد ذکر گردید. برای تعیین بافت خاک در تعدادی از چاهک‌های حفر شده جهت بررسی نوسانات سطح ایستابی، در اعماق مختلف بر حسب تغییر وضعیت ظاهری خاک، نمونه‌برداری شد. هدایت هیدرولیکی خاک با استفاده از روش چاهک مستقیم (روش ارنست)، اندازه‌گیری شد. برای این کار از تعداد ۱۰ عدد از چاهک‌هایی که به منظور قرائت نوسانات سطح ایستابی احداث شده بود، استفاده شد. اندازه‌گیری‌ها بعد از بارندگی یا آبیاری و در شرایط اشباع خاک انجام شد.

در طول مدت داده‌برداری (ابتدای اردیبهشت تا پایان آذر ماه ۹۰)، در مجموع ۳۷ بارندگی رخ داد که در نتیجه آن‌ها ۴۶۶/۹ میلی‌متر بارش اتفاق افتاد. کمترین و بیشترین مقدار بارندگی به ترتیب در ماه‌های خرداد و مهر به میزان ۶/۶ و ۱۳۳/۴ میلی‌متر ثبت گردید. همچنین مقادیر حداقل و حداکثر دمای ثبت شده در مدت مطالعه ۱- و ۳۷/۴ درجه سانتی‌گراد بود. در جدول ۱ خلاصه‌ای از پارامترهای هواشناسی ثبت شده در طول این مدت ارائه گردید. برای بررسی تغییرات عمق سطح ایستابی در زمان‌های مختلف، چاهک‌هایی در داخل ترانشه زهکش و به فواصل ۰/۵، ۱/۵، ۵ و ۱۰ متر از هر زهکش حفر گردید. فاصله این چاهک‌ها در جهت عمود بر نهر کلکتور، ۵، ۱۵، ۲۵، ۳۵، ۴۵ و ۵۵ متر بود. در شکل ۲، خطوط زهکش و محل حفر چاهک‌های مشاهده‌ای به صورت شماتیک ارائه شد. ۲۴ ساعت پس از بارندگی، عمق سطح ایستابی در کلیه چاهک‌ها ثبت گردید و دبی خروجی از زهکش‌ها به روش حجمی اندازه‌گیری

جدول ۱- خلاصه‌ای از پارامترهای هواشناسی ثبت شده در دوره مطالعه

ماه	کل بارندگی (mm)	حداکثر بارندگی روزانه (mm)	حداقل دما (درجه سانتی‌گراد)	حداکثر دما (درجه سانتی‌گراد)	میانگین دما (درجه سانتی‌گراد)	متوسط رطوبت نسبی (درصد)
اردیبهشت	۲۵/۵	۸/۶	۹	۳۲	۱۸/۸	۸۲/۳
خرداد	۶/۶	۲/۷	۱۶	۳۵	۲۵/۳	۷۴/۱
تیر	۳۷/۸	۲۲/۷	۱۹	۳۵/۶	۲۷/۹	۷۴
مرداد	۱۲/۷	۷/۶	۲۰/۲	۳۷/۴	۲۸/۹	۷۲/۲
شهریور	۷۰/۹	۳۷/۸	۱۴/۱	۳۰/۴	۲۴/۱	۷۸
مهر	۱۳۳/۴	۵۲/۶	۱۱	۳۱/۸	۲۰/۷۵	۷۸/۲
آبان	۱۲۲/۵	۲۹/۶	۰	۲۲	۱۲/۲	۸۱/۳
آذر	۵۷/۵	۱۷/۹	-۱	۱۶	۷/۸	۸۰/۵



شکل ۲- محل نصب زهکشها و موقعیت حفر چاهکهای مشاهده‌ای (X) محل اندازه‌گیری دبی لوله‌های زهکش را نشان می‌دهد، A، B و C معرف خطوط زهکش و اندیس این حروف نشان‌دهنده فاصله از خروجی لوله یا نهر جمع کننده، R و L نشان‌دهنده موقعیت چاهک در راست و چپ زهکش و اندیس این حروف، فاصله چاهکها از هر زهکش را نشان می‌دهد: مثلا A<sub>25</sub>R<sub>10.5</sub> معرف چاهک واقع در سمت راست زهکش A و به فاصله ۰/۵ متری از آن در ۲۵ متری نهر جمع کننده است)

۳ رسم گردید. همانگونه که مشاهده می‌شود در کلیه زمان‌ها، دبی زهکش B کمتر از دبی خروجی از زهکش A بود. با فرض این که مقدار دبی اندازه‌گیری شده در هر روز برابر متوسط دبی آن روز باشد (روزانه یک بار دبی زهکش‌ها اندازه‌گیری شد)، کل حجم زه‌آب روزانه هر زهکش محاسبه گردید. در جدول ۳ مقادیر میانگین  $\pm$  خطای استاندارد دبی زهکش و حجم زه‌آب خروجی ارائه گردید. میانگین دبی زهکش B در دوره اندازه‌گیری برابر ۱/۱ لیتر بر ثانیه بود که به میزان ۱۲ درصد کمتر از مقدار متناظر در زهکش A (۱/۲۴ لیتر در ثانیه) است. همچنین حجم زه‌آب زهکش A در سطح ۵ درصد اختلاف معنی داری با حجم زه‌آب زهکش B داشت.

### عمق سطح ایستابی

برای بررسی روند تغییر عمق سطح ایستابی در داخل ترانشه زهکش‌ها و فواصل مختلف از آنها، منحنی‌های مربوط به متوسط عمق سطح ایستابی کل دوره مطالعه برای کلیه چاهک‌های مشاهده‌ای بین دو زهکش A و C که در یک امتداد به صورت عمود بر زهکش‌ها حفر شده‌اند، رسم گردید. نمونه‌ای از این منحنی‌ها برای چاهک‌های واقع در فواصل ۲۵ و ۴۵ متری از نهر جمع کننده در شکل‌های ۴ و ۵ ارائه شد. همانگونه که مشاهده می‌شود روند تغییر عمق سطح ایستابی برای هر دو فاصله ۲۵ و ۴۵ متری از نهر جمع کننده کاملاً مشابه بود. مقدار عمق سطح ایستابی اندازه‌گیری شده در چاهک مشاهده‌ای داخل ترانشه B کمتر از مقادیر متناظر زهکش‌های A و C بود.

بافت خاک لایه‌های ۱۵۰-۲۰۰ و ۲۰۰-۱۵۰ سانتی متری به ترتیب سیلتی رس و رس بود و هدایت هیدرولیکی این لایه‌ها به ترتیب برابر ۰/۸۸ و ۰/۴۶ سانتی متر در روز به دست آمد. داده‌های به دست آمده در این تحقیق با استفاده از آزمون t به وسیله نرم‌افزار SAS مورد آنالیز قرار گرفت.

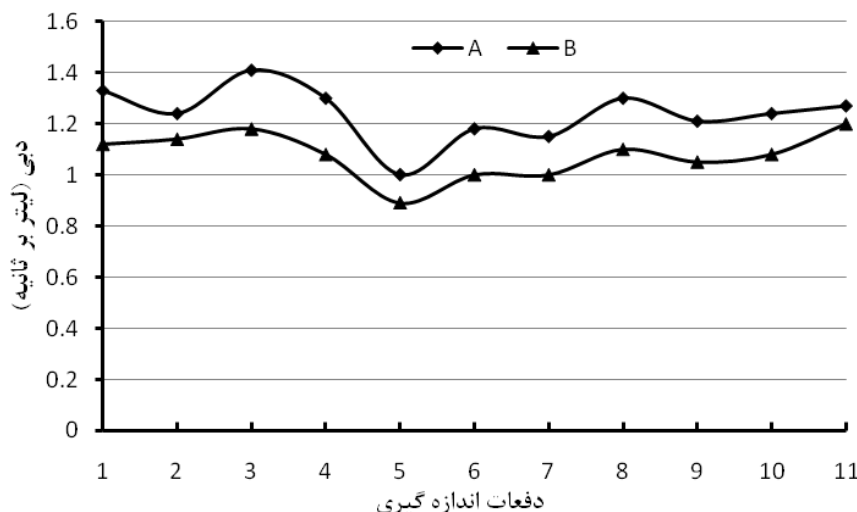
جدول ۲- تاریخ‌های اندازه‌گیری دبی و عمق سطح ایستابی

تاریخ اندازه‌گیری	مقدار باران (mm)	مدت بارندگی (روز)
۱۳۹۰/۴/۵	۳۵/۶	۲
۱۳۹۰/۶/۵	۴۵	۲
۱۳۹۰/۷/۱۰	۲۳/۶	۱
۱۳۹۰/۷/۱۳	۳۹/۵	۲
۱۳۹۰/۸/۲	۹۵/۴	۳
۱۳۹۰/۸/۶	۳۴/۲	۱
۱۳۹۰/۸/۹	۲۲/۷	۱
۱۳۹۰/۸/۱۷	۱۵/۶	۱
۱۳۹۰/۸/۲۴	۳۴/۹	۲
۱۳۹۰/۹/۶	۳۸/۸	۲
۱۳۹۰/۹/۲۲	۲۰/۴	۱

## نتایج و بحث

### دبی زهکش

مقادیر دبی خروجی از زهکش‌های با و بدون پوشش پلاستیک (به ترتیب زهکش B و زهکش A) برای زمان‌های مختلف در شکل



شکل ۳- دبی اندازه‌گیری شده از زهکش‌ها در روزهای مختلف

جدول ۳- میانگین  $\pm$  خطای استاندارد دبی زهکش (لیتر بر ثانیه) و حجم زه‌آب خروجی (متر مکعب)، به همراه سطح احتمال اختلاف معنی‌دار

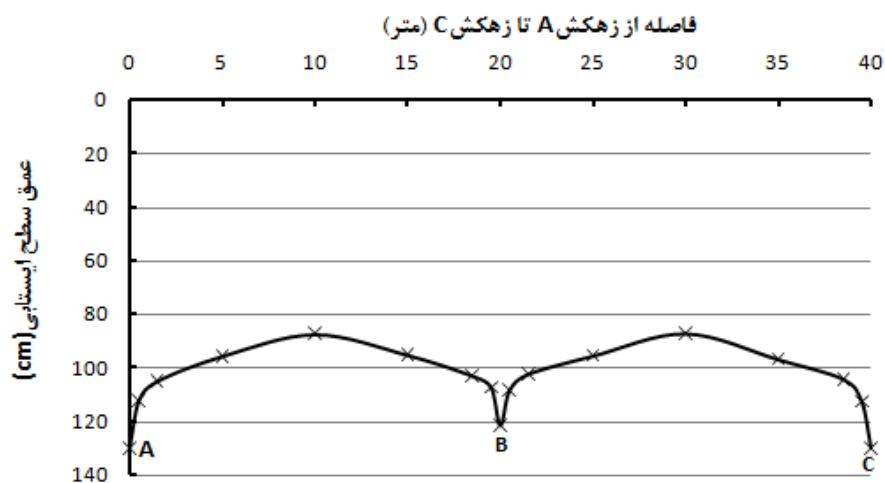
P value) محاسبه شده توسط آزمون t		
تیمارها	دبی (لیتر بر ثانیه)	حجم زه‌آب (لیتر)
زهکش A	$1/24 \pm 0/32$	$107057 \pm 2797$
زهکش B	$1/1 \pm 0/27$	$92998 \pm 2325$
P value	$0/0010$	$0/0010$

زهکش‌های A و C و سرعت کمتر افت آن می‌باشد.

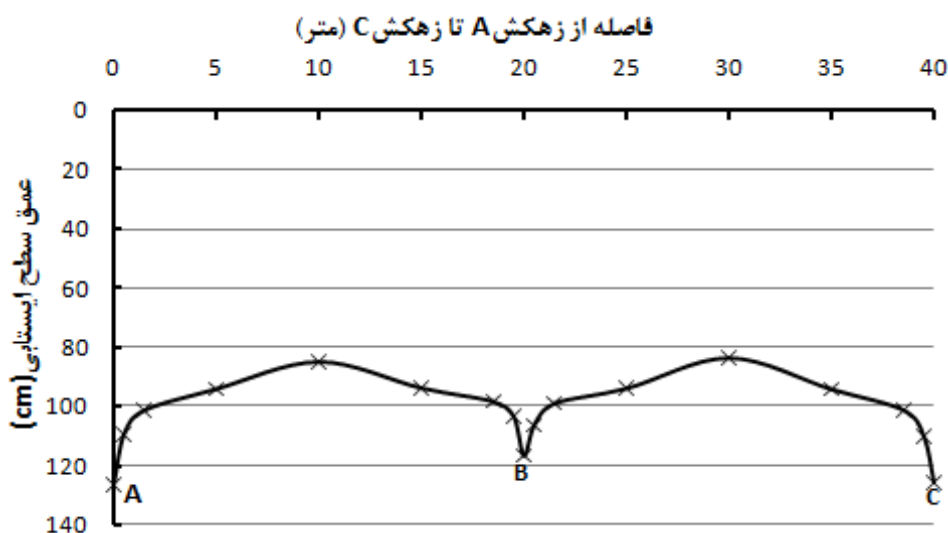
#### مقایسه آماری مقادیر عمق سطح ایستابی

نتایج مقایسه آماری مقادیر عمق سطح ایستابی مشاهده شده در کلیه چاهک‌های واقع در داخل زهکش A و به فواصل ۰/۵، ۱/۵ و ۵ متری از آن با مقادیر متناظر زهکش B، در جدول‌های ۴ تا ۷ ارائه شد. میانگین عمق سطح ایستابی مشاهده شده در کلیه چاهک‌های واقع در درون ترانشه زهکش A بیشتر از مقادیر متناظر زهکش B بوده و در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با آنها داشت (جدول ۴). با توجه به جدول ۵، روند نسبتاً مشابهی برای چاهک‌های واقع در فاصله ۰/۵ متری از زهکش‌های A و B وجود داشت. در این حالت نیز میانگین مقادیر عمق سطح ایستابی در چاهک‌های واقع در فاصله ۰/۵ متری از زهکش A همواره بیشتر از مقدار متناظر زهکش B بوده و در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با آنها داشت. برای چاهک‌های واقع در فاصله ۱/۵ متری از زهکش‌ها، اگرچه میانگین مقادیر عمق سطح ایستابی مربوط به زهکش A بیشتر از مقدار متناظر زهکش B بود، ولی در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری بین مقادیر متناظر وجود نداشت (جدول ۶).

مقدار عمق سطح ایستابی در فواصل ۰/۵ و ۱/۵ متری از زهکش B نیز تحت تاثیر پوشش پلاستیک قرار گرفت و کمتر از مقادیر مشاهده شده در فواصل ۰/۵ و ۱/۵ متری از زهکش‌های A و C بود. تغییرات عمق سطح ایستابی در فاصله ۵ متری از زهکش‌ها تقریباً مشابه بود. به‌طور کلی، پوشش پلاستیک بیشترین تاثیر را بر عمق سطح ایستابی داخل ترانشه زهکش داشت و با افزایش فاصله از زهکش مقدار تاثیر آن کاهش یافت، به‌طوری‌که در فاصله ۵ متری، تغییرات عمق سطح ایستابی برای هر سه زهکش مشابه بود. میانگین عمق سطح ایستابی کلیه چاهک‌های داخل ترانشه زهکش A، به مقدار ۹/۱ سانتی‌متر بیشتر از میانگین عمق سطح ایستابی در داخل ترانشه زهکش B بود. همچنین میانگین عمق سطح ایستابی در فاصله ۰/۵، ۱/۵ و ۵ متری از زهکش A به ترتیب حدود ۵/۲، ۲/۹ و ۰/۵ سانتی‌متر بیشتر از مقادیر متناظر زهکش B بود. به‌نظر می‌رسد که پوشش پلاستیک با ممانعت از ورود جریان عمودی به سمت زهکش سبب حرکت جانبی جریان آب روی زهکش به سمت طرفین پوشش پلاستیک و تداخل این جریان با جریان‌های جانبی یا افقی و شعاعی آب به سمت زهکش می‌گردد که این روند زمان تاخیری را در حرکت آب اطراف زهکش‌ها به‌درون زهکش ایجاد می‌کند که نتیجه آن بالاتر بودن سطح ایستابی در اطراف زهکش B نسبت به



شکل ۴- عمق سطح ایستابی برای چاهک‌های حفر شده در فاصله ۲۵ متری از نهر جمع کننده



شکل ۵- عمق سطح ایستابی برای چاهک‌های حفر شده در فاصله ۴۵ متری از نهر جمع کننده

وجود نداشت. روند کاهش عمق سطح ایستابی با افزایش فاصله از خروجی لوله زهکش را می‌توان با اثر زهکش جمع کننده و شیب کارگذاری لوله زهکش مرتبط دانست.

با توجه به جدول ۷، میانگین عمق سطح ایستابی اندازه‌گیری شده در چاهک‌های واقع در فاصله ۵ متری از هر دو زهکش تقریباً یکسان بودند و در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری بین آنها

جدول ۴- میانگین  $\pm$  خطای استاندارد عمق سطح ایستابی اندازه‌گیری شده در چاهک‌های مشاهده‌ای داخل ترانشه زهکش، به همراه سطح احتمال

اختلاف معنی‌دار (P value) محاسبه شده توسط آزمون t

تیمارها	فاصله از نهر جمع کننده (متر)					
	۵	۱۵	۲۵	۳۵	۴۵	۵۵
زهکش A	۱۳۳/۴۵ $\pm$ ۱/۶۲	۱۳۰/۰۵ $\pm$ ۱/۷۰	۱۲۷/۶۳ $\pm$ ۱/۶۲	۱۲۸/۳۲ $\pm$ ۱/۷۴	۱۲۶/۴۷ $\pm$ ۱/۷۱	۱۲۴/۴۸ $\pm$ ۱/۷۰
زهکش B	۱۲۴/۱۵ $\pm$ ۱/۶۲	۱۲۱/۴۵ $\pm$ ۱/۷۰	۱۱۹/۱۳ $\pm$ ۱/۶۲	۱۱۹/۵۵ $\pm$ ۱/۷۴	۱۱۶/۵۷ $\pm$ ۱/۷۱	۱۱۵/۰۴ $\pm$ ۱/۷۰
P value	/۰۰۰۶	/۰۰۱۴	/۰۰۱۶	/۰۰۱۴	/۰۰۰۶	/۰۰۰۸

جدول ۵- میانگین  $\pm$  خطای استاندارد عمق سطح ایستابی اندازه‌گیری شده در چاهکهای مشاهده‌ای واقع در ۰/۵ متری زهکش، به همراه سطح احتمال اختلاف معنی‌دار (P value) محاسبه شده توسط آزمون t

تیمارها	فاصله از نهر جمع کننده (متر)					
	۵	۱۵	۲۵	۳۵	۴۵	۵۵
زهکش A	۱۱۵/۱±۱/۳۴	۱۱۲/۸۵±۱/۳۷	۱۱۰/۵۵±۱/۴۰	۱۰۹/۳۱±۱/۲۹	۱۰۴/۹۵±۱/۱۹	۱۰۵/۵۵±۱/۱۵
زهکش B	۱۱۱/۰±۱/۳۴	۱۰۷/۸۵±۱/۳۷	۱۰۶/۵۵±۱/۴۰	۱۰۴/۰۱±۱/۲۹	۹۹/۴۵±۱/۱۹	۹۸/۷۸±۱/۱۵
P value	۰/۰۴۳	۰/۰۱۷۹	۰/۰۴۲۲	۰/۰۰۸۶	۰/۰۰۳۸	۰/۰۰۰۲

جدول ۶- میانگین  $\pm$  خطای استاندارد عمق سطح ایستابی اندازه‌گیری شده در چاهکهای مشاهده‌ای واقع در ۱/۵ متری زهکش، به همراه سطح احتمال اختلاف معنی‌دار (P value) محاسبه شده توسط آزمون t

تیمارها	فاصله از نهر جمع کننده (متر)					
	۵	۱۵	۲۵	۳۵	۴۵	۵۵
زهکش A	۱۰۷/۰۱±۱/۴	۱۰۵/۴۶±۱/۳۸	۱۰۴/۰۲±۱/۴۵	۱۰۲/۲۹±۱/۵۷	۱۰۰/۶±۱/۶۴	۹۸/۸۳±۱/۹۲
زهکش B	۱۰۴/۱۱±۱/۴	۱۰۲/۰۶±۱/۳۸	۱۰۱/۰۲±۱/۴۵	۹۹/۴۹±۱/۵۷	۹۷/۹±۱/۶۴	۹۶/۴۳±۱/۹۲
P value	۰/۱۵۸۳	۰/۰۹۶۷	۰/۱۵۸۹	۰/۲۲۱۲	۰/۲۵۸۸	۰/۳۸۷۲

جدول ۷- میانگین  $\pm$  خطای استاندارد عمق سطح ایستابی اندازه‌گیری شده در چاهکهای مشاهده‌ای واقع در ۵ متری زهکش، به همراه سطح احتمال اختلاف معنی‌دار (P value) محاسبه شده توسط آزمون t

تیمارها	فاصله از نهر جمع کننده (متر)					
	۵	۱۵	۲۵	۳۵	۴۵	۵۵
زهکش A	۹۹/۶۶±۱/۷۱	۹۸/۳۳±۱/۵۴	۹۶/۸۱±۱/۷۰	۹۵/۶±۱/۷۰	۹۴/۳۵±۱/۷۳	۹۲/۴۲±۲/۱۶
زهکش B	۹۹/۵۶±۱/۷۱	۹۸/۱۲±۱/۵۴	۹۶/۷۱±۱/۷۰	۹۵/۸±۱/۷۰	۹۴/۱۴±۱/۷۳	۹۲/۵۲±۲/۱۶
P value	۰/۹۶۷۴	۰/۹۳۰۸	۰/۹۶۷۱	۰/۹۳۴۴	۰/۹۳۵۷	۰/۹۷۴۲

می‌گردد که به واسطه آن بخش زیادی از رسوبات می‌تواند حتی قبل از ورود به داخل ترانسه زهکش رسوب نماید.

### نتیجه‌گیری

بررسی مقادیر عمق سطح ایستابی در داخل ترانسه و به فواصل مختلف از زهکش دارای پوشش پلاستیک و فاقد آن و همچنین دبی زهکش‌ها در طول مدت مطالعه، نشان داد که پوشش پلاستیک بیشترین تاثیر را بر عمق سطح ایستابی داخل ترانسه زهکش داشت و با افزایش فاصله از زهکش مقدار تاثیر آن کاهش یافت به طوری که در فاصله ۵ متری، تغییرات عمق سطح ایستابی برای هر سه زهکش نسبتاً مشابه بود. همچنین بار رسوب خروجی توسط زهکش دارای پوشش پلاستیک بیشتر از بار رسوب خروجی توسط زهکش فاقد پوشش پلاستیک بود. براساس نتایج، جریان آب ورودی از روی لوله زهکش به درون آن، نقش قابل توجهی در انتقال رسوب به درون زهکش دارد که با استفاده از پوشش پلاستیک می‌توان ضمن ممانعت از ورود مستقیم آن به درون لوله زهکش و هدایت آن به طرفین لوله، سبب فراهم شدن فرصت کافی برای ته‌نشین شدن رسوبات قبل از ورود به داخل لوله زهکش و کاهش گرفتگی لوله‌ها و پوشش‌های زهکشی گردید.

### تاثیر پوشش پلاستیک بر گرفتگی پوشش زهکش‌ها

در این تحقیق، با اندازه‌گیری جرم رسوب خارج شده از لوله زهکش در زمان اندازه‌گیری دبی زهکش، تاثیر پوشش پلاستیک بر گرفتگی پوشش زهکشی تعیین گردید. برای این کار، جرم خشک رسوب موجود در حجم مشخصی از زه‌آب تعیین و با استفاده از آن حجم کل رسوب خروجی از زهکش براساس حجم زه‌آب خروجی در هر روز برآورد گردید. در جدول ۸ مقدار رسوب موجود در زه‌آب زهکش‌های A و B ارایه گردید. مقدار رسوب موجود در زه‌آب زهکش A همواره بیشتر از مقدار رسوب زه‌آب زهکش B بود. مقدار کل رسوب خروجی به وسیله زهکش A در کل دوره مطالعه، ۷۴ درصد بیشتر از رسوب خروجی به وسیله زهکش B بود که نشان دهنده نقش قابل توجه جریان ورودی از روی لوله زهکش در انتقال رسوب به درون زهکش می‌باشد. به نظر می‌رسد که پوشش پلاستیک با ممانعت از ورود مستقیم جریان از روی لوله زهکش به درون آن و هدایت آن به طرفین لوله زهکش، سبب فراهم شدن فرصت کافی برای ته‌نشین شدن رسوبات قبل از ورود به داخل لوله زهکش گردید. همچنین عمق کمتر سطح ایستابی در اطراف زهکش B در مقایسه با زهکش A، در نتیجه استفاده از پوشش پلاستیک، سبب کاهش بار آبی موجد جریان و در نتیجه کاهش سرعت جریان به سمت زهکش

جدول ۸- حجم زه‌آب روزانه و جرم رسوب متناظر خروجی از زهکشهای A و B

مجموع	تاریخ اندازه‌گیری										زهکش	
	۹۰/۹/۲۲	۹۰/۹/۶	۹۰/۸/۲۴	۹۰/۸/۱۷	۹۰/۸/۹	۹۰/۸/۶	۹۰/۸/۲	۹۰/۷/۱۳	۹۰/۷/۱	۹۰/۶/۴		۹۰/۴/۴
۱۱۷۷/۷۱	۱۰۹/۸	۱۰۷/۱۴	۱۰۴/۵۴	۱۱۲/۳۲	۹۹/۴	۱۰۱/۹۵	۸۶/۴	۱۱۲/۳۲	۱۲۱/۸	۱۰۷/۱۴	۱۱۴/۹	زه‌آب زهکش A (مترمکعب)
۴۱۴۶۱	۳۷۸۶	۳۷۸۲	۳۶۹۰	۳۸۹۸	۳۵۱۷	۳۵۸۹	۳۰۵۹	۳۹۳۱	۴۲۳۹	۳۸۱۴	۴۰۵۶	رسوب زهکش A (گرم)
۱۰۲۲/۹۲	۱۰۳/۷	۹۳/۳	۹۰/۷	۹۵	۸۶/۴	۸۶/۴	۷۶/۹	۹۲/۳	۱۰۱/۹۵	۹۸/۵	۹۶/۷۷	زه‌آب زهکش B (مترمکعب)
۲۳۸۲۱	۲۳۸۵	۲۱۹۳	۲۱۳۲	۲۲۲۴	۱۹۷۰	۲۰۲۰	۱۷۷۶	۲۱۴۶	۲۴۰۶	۲۳۹۵	۲۲۶۴	رسوب زهکش B (گرم)

### سپاسگزاری

زهکش "می‌باشد که تحت حمایت‌های مالی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شد که بدینوسیله از این حمایت‌ها تقدیر و تشکر می‌گردد.

این مقاله بخشی از نتایج طرح تحقیقاتی " بررسی کارایی زهکشهای زیرزمینی در شرایط جلوگیری از ورود آب از سطح فوقانی

### منابع

- ۱- بای بوردی م. ۱۳۷۸. اصول مهندسی زهکشی و بهسازی خاک. چاپ هشتم، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲- رضائی مقدم ج.، هوشمند ع.، ناصری ع.، سبغ غ. و علیزاده ح. ۱۳۸۸. ارزیابی پوشش‌های مصنوعی توسط مدل فیزیکی جهت کاهش زه‌آب ورودی به رودخانه‌ها. مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک: ۸۶۷-۸۶۰.
- ۳- علیزاده ا. ۱۳۸۲. زهکشی اراضی، طرح و برنامه‌ریزی سیستم‌های زهکشی در کشاورزی. چاپ پنجم، انتشارات آستان قدس رضوی، ۴۴۸ صفحه.
- ۴- قانع ا. ۱۳۸۵. ارزیابی مدل فیزیکی تانک خاک و شن جهت مطالعه عملکرد فیلترهای مصنوعی در سیستم زهکشی زیرزمینی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی علوم آب. دانشگاه شهید چمران اهواز. ۱۱۰ ص.
- ۵- کابوسی ک.، لیاقت ع.، و رحیمی ح. ۱۳۸۵. قابلیت کاربرد پوسته برنج به عنوان پوشش در زهکشی زیرزمینی. چهارمین کارگاه فنی زهکشی، ۱۴۳-۱۳۱.
- ۶- کریمی و.، یوسفیان ح.، و سلمانی م.ق. ۱۳۸۶. ارزیابی سیستم زهکشی زیرزمینی با پوشش پوسته برنج در اراضی شالیزاری. دومین کنفرانس ملی تجربه‌های ساخت تاسیسات آبی و شبکه‌های آبیاری و زهکشی. ۲۵۲-۲۴۷.
- ۷- کمیته ملی آبیاری و زهکشی. ۱۳۸۶. زهکشی زیرزمینی؛ برنامه‌ریزی، اجرا و بهره برداری. ۲۵۴ صفحه.
- ۸- کمیته ملی آبیاری و زهکشی. ۱۳۸۳. مواد و مصالح سامانه‌های زهکشی زیرزمینی. ۳۴۰ صفحه.
- ۹- مهندسین مشاور آیسو، پایپلا، پندام، کارآب، ویسان، یکم. ۱۳۷۳. گزارش بررسی‌های انجام شده برای مقایسه فیلترهای زهکشی زیرزمینی.
- ۱۰- مهندسین مشاور انهار جنوب. ۱۳۸۴. خلاصه‌ای از تدوین مبانی و روش‌های اجرایی نوین در شبکه زهکشی نخیلات جنوب جزیره آبادان.
- 11- Dierickx W. 1980. Electrolytic Analogue Study of the Effect of Openings and Surrounds of Various Permeabilities on the Performance of Field Drainage Pipes. Rep. 77 National Institute of Agricultural Engineering, Merelbeke, Belgium.
- 12- Ministry of Agriculture and Food, British Columbia. 2000. Drain filters and envelopes. Drainage factsheet No. 541.240-1.
- 13- Ritzema H.P. 2007. "Performance Assessment of Subsurface Drainage Systems – Case Studies from Egypt and Pakistan". Wageningen, Alterra, the Netherlands, 137pp.
- 14- Stuyt L.C.P.M., and Dierickx W. 2006. Design and performance of materials for subsurface drainage systems in agriculture. Agricultural Water Management, 86: 50 –59.
- 15- Stuyt L.C.P.M., Dierickx W., and Martinez Beltran J. 2000. Materials for subsurface land drainage systems, FAO Irrigation and Drainage Paper, 60: 183 pp.





## Evaluation of Subsurface Drainage System Performance under Preventing Water Flow from upper Side Condition

A. Shahnazari<sup>1\*</sup>- A. Ziatabar Ahmadi<sup>2</sup>- M.Kh. Ziatabar Ahmadi<sup>3</sup>- Gh. Aghajani<sup>4</sup>

Received:08-01-2013

Accepted:28-04-2013

### Abstract

The downward flow to the drain pipe, has a greater influence on the movement of soil particles toward drain envelope as compared with the horizontal and radial flow. In this study, by installing of a singular subsurface drainage system consisting of three drain pipes with drain spacing of 20 m and drain depth of 1.5 m, in one hectare field of Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, the effects of the elimination of downward flow to the drain pipe was investigated on the water table level and drainage flow. Prevention of direct entry of the vertical flow into drain pipe was performed by placing a layer of plastic cover on the sand envelope of the middle drain pipe. Water table level fluctuations were measured in holes which were dug in each drain trench and at 0.5, 1.5, 5 and 10 m spacing apart from each drain at intervals of 5, 15, 25, 35, 45, and 55 meters from collector ditch. Water table depth and drain discharge were measured from April 21 to December 21, 2011. The average drainage discharge from no plastic drain (drain A) was more than corresponding value for plastic covered drain pipe (drain B) about 12 % and there was a significant difference ( $p=0.05$ ) between drainage water volume of drains A and B. The average depth of water table levels within the trench of drain A was 9.1 cm more than the corresponding water table depth of drain B. Also, the average depths of water table in the 0.5, 1.5, and 5 m spacing apart drain A were approximately 5.2, 2.9, and 0.05 m higher than of those values of drain B. Sediment load of drain A was 74% more than that of drain B, indicating the considerable role of the inflow to drain from its upper part on the consequent sediment transport into drain pipes.

**Keywords:** Subsurface drainage, Vertical flow, Plastic cover, Water table depth, Sediment load

---

1,2,3,4- Assistant Professor, MSc Graduate, Professor and Instructor of Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Respectively  
(\* - Corresponding Author Email: aliponh@yahoo.com)