

بررسی تناسب پوشش‌های مصنوعی زهکشی با خصوصیات خاک در اراضی دشت شادگان با استفاده از آزمون نفوذسنجی

علیرضا حسن اقلی*، آرزیتا رضانی و سیدمجید میرلطیفی**

* نگارنده مسئول: کرج، بلوار شهید فهمیده، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ص. پ. ۸۴۵-۳۱۵۸۵، تلفن: ۰۲۶)۳۲۷۰۵۳۲۰، پیام‌نگار: arho49@yahoo.com
** به ترتیب: دانشیار بخش تحقیقات آبیاری و زهکشی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی؛ فارغ‌التحصیل مقطع کارشناسی ارشد؛ و دانشیار گروه آبیاری و زهکشی دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

انتخاب پوشش (فیلتر) مناسب، یکی از موارد اصلی در تضمین عملکرد سامانه‌های زهکشی زیرزمینی است. در سال‌های اخیر تأمین پوشش‌های دانه‌ای (شن و ماسه) به دلایلی مانند دوری معادن از محل اجرای پروژه‌ها، هزینه زیاد، نامتناسب بودن دانه‌بندی با خاک محل و مسائل زیست‌محیطی دشوار شده است و به همین دلایل کاربرد پوشش‌های مصنوعی به عنوان جایگزین مطرح شده که نیاز به بررسی و تأیید دارد. در این تحقیق، با توجه به اهمیت تطابق پوشش زهکشی با خصوصیات خاک و شرایط هر منطقه، تناسب پوشش‌های مصنوعی رایج برای استفاده در اراضی تحت زهکشی دشت شادگان واقع در استان خوزستان بررسی شده است. به این منظور، آزمون‌های نفوذسنجی مطابق استاندارد ASTM D-5101 روی سه نمونه پوشش مصنوعی PLM شامل یک نمونه با مشخصه تجاری PP450 تولید خارج و دو نمونه با مشخصه‌های تجاری PP450 و PP700 تولید شده در یکی از کارخانه‌های داخل کشور اجرا شد. مقادیر هدایت هیدرولیکی و نسبت گرادیان مجموعه خاک-پوشش مصنوعی برای سه پوشش فوق تعیین شد. متوسط هدایت هیدرولیکی برای پوشش‌های PP450 خارجی و PP450 و PP700 ایرانی به ترتیب ۰/۲۱، ۰/۱۱ و ۰/۱۳ متر در روز و متوسط نسبت گرادیان برای این پوشش‌ها به ترتیب ۱/۸۶، ۰/۷۸ و ۰/۸۴ به دست آمد. با توجه به مقادیر نسبت گرادیان و تغییرات هدایت هیدرولیکی، عملکرد پوشش‌های PP450 و PP700 ایرانی نزدیک به هم ارزیابی شد و در الویت قرار گرفت، اما مقادیر هدایت هیدرولیکی و نسبت گرادیان مجموعه خاک-پوشش PP700 ایرانی، درصد تغییرات و نوسان کمتری را در خلال آزمون از خود نشان داد.

واژه‌های کلیدی

انسداد فیزیکی، پوشش PLM، زهکشی زیرزمینی، نسبت گرادیان، نفوذسنج

مقدمه

استفاده در کشور، پوشش حجیم معدنی یا دانه‌ای (شن و ماسه) است، اما به علت مشکلاتی که در سال‌های اخیر در تهیه، انتقال و کارگذاری این قبیل پوشش‌ها به وجود آمده و همچنین به علت هزینه بسیار زیاد برای تأمین آنها، سعی شده است پوشش‌های مصنوعی به جای پوشش‌های معدنی به کار گرفته شود. در استان خوزستان شرایط به گونه‌ای است که بیش از ۵۰ درصد هزینه‌های پروژه‌های زهکشی،

از مهمترین عوامل در موفقیت و عملکرد مناسب هر سامانه زهکشی زیرزمینی، پوشش اطراف لوله زهکش (فیلتر) است. انتخاب نادرست مواد پوششی در پروژه‌های زهکشی، منجر به ناکارآمدی سیستم و سرانجام شکست پروژه خواهد شد و صدمات اقتصادی جبران‌ناپذیری دارد. امروزه رایج‌ترین و بهترین نوع پوشش زهکشی مورد

سامانی و ویلاردسون (Samani & Willardson, 1981) و وان زیتس (Van Zeijts, 1992)، به اثبات رسانده‌اند. گیروود (Giroud, 1982 & 1995) در تحقیقات خود در زمینه عوامل مختلف تأثیرگذار بر قابلیت نگهداری پوشش‌های ژئوتکستایل، نقش گرادیان‌های هیدرولیکی و بارهای خارجی را مهم قلمداد کرده است.

کریمی و همکاران (Karimi et al., 2008) در آزمایشگاه، عملکرد سه نوع پوشش مصنوعی زهکشی تولید خارج از کشور (PP450, PP700 و PP900) را در مقایسه با پوشش معدنی با استفاده از خاک پروژه زهکشی شمال خرمشهر، با مدل فیزیکی نفوذسنج، بررسی کردند. نتایج بررسی‌های این محققان نشان می‌دهد که دبی خروجی از پوشش معدنی تقریباً دو برابر دبی خروجی از پوشش مصنوعی است و پوشش PP450 نسبت به دیگر پوشش‌های مصنوعی عملکرد مناسب‌تری دارد.

حسن‌اقلی و پدram (Hassanoghli & Pedram, 2013) در شرایط آزمایشگاهی و با آزمون نفوذسنجی، عملکرد سه نوع پوشش مصنوعی زهکشی PP450, PP700 و PP900 را با استفاده از آب معمولی (EC برابر ۰/۷۸ دسی‌زیمنس بر متر) و در مقایسه با کاربرد زه‌آب شور (EC برابر ۲۲/۲ دسی‌زیمنس بر متر) و خاک شور- سدیمی (EC برابر ۱۶۹/۳ دسی‌زیمنس بر متر) منطقه خرمشهر بررسی کردند. نتایج تحقیقات آنها نشان می‌دهد که در تمامی پوشش‌ها، میزان هدایت هیدرولیکی مجموعه خاک-پوشش با افزایش EC آب کاهش و پتانسیل گرفتگی پوشش‌ها در شرایط کاربرد آب شور افزایش می‌یابد. در این تحقیق، پوشش PP450 به‌عنوان نوع مناسب برای منطقه خرمشهر پیشنهاد شده است. پدram و همکاران (Pedram et al., 2011) در بخشی از تحقیقات خود، عملکرد انواع پوشش مصنوعی PP450 تولید شده در داخل و خارج از کشور را با استفاده از زه‌آب شور (EC برابر ۲۲/۲ دسی‌زیمنس بر متر) و آب غیر شور، توسط آزمون نفوذسنجی آزمایش کردند و به این نتیجه رسیدند که در

صرف تأمین لوله زهکش و پوشش شن و ماسه‌ای اطراف آن می‌شود (Hassanoghli, 2009). در پروژه‌های مختلف کشور پاکستان، هزینه‌های اجرای هر سامانه زهکشی با استفاده از پوشش معدنی، تا ۱۰ برابر هزینه استفاده از پوشش مصنوعی است. مقایسه هزینه‌های اجرای دو نوع پوشش معدنی و مصنوعی در اروپا نشان می‌دهد که هزینه اجرای هر متر از زهکش زیرزمینی با پوشش معدنی، تا ۱/۵ برابر هزینه اجرای هر متر زهکش زیرزمینی با پوشش مصنوعی است (Ritzema et al., 2006).

اولین مرحله در انتخاب پوشش‌های مصنوعی که برآورد اولیه از محصول مناسب را به‌دست می‌دهد، استفاده از ضوابط و معیارهایی است که در این خصوص ارائه شده‌اند، معیارهایی که بر اساس استانداردهای گوناگون و شرایط هر منطقه ممکن است تا حدودی متفاوت باشند (Vlotman et al., 2000). در مرحله دوم، از آزمون‌های تکمیلی آزمایشگاهی استفاده می‌شود که قابلیت شبیه‌سازی فرایندهایی را دارند که در سطح پوشش مصنوعی و در ارتباط با مجموعه خاک و آب به‌وقوع می‌پیوندد، فرایندهایی که بر خلاف آزمون‌های مزرعه‌ای وقت‌گیر، به‌سرعت قابل اجرا هستند (Hassanoghli, 1996 & 2009).

در میان روش‌های مختلف ارزیابی عملکرد پوشش‌های زهکشی مصنوعی، روش تعیین نسبت گرادیان^۱ با استفاده از دستگاه نفوذسنج^۲ با جریان عمودی، یکی از آزمون‌های شناخته شده است که دو ویژگی مهم آن، یکی پیچیدگی کم و دیگری سابقه زیاد آن است (Dierickx & Vlotman, 1995; Shan et al., 2001). در این آزمون، برای تعیین پتانسیل گرفتگی فیزیکی خلل و فرج خاک-پوشش مصنوعی از شاخص نسبت گرادیان استفاده می‌شود که عبارت است از حاصل تقسیم گرادیان مجموعه خاک-پوشش مصنوعی بر گرادیان خاک. اثربخشی نتایج آزمون‌های نفوذسنجی برای بررسی نیاز به پوشش را ویلاردسون و واکر (Willardson & Walker, 1979)،

1- Gradient Ratio (GR)

2- Permeameter

از محل پروژه زهکشی دشت شادگان (استان خوزستان)، عملکرد نمونه‌هایی از پوشش مصنوعی سست از پیش تنیده شده به دور لوله زهکش^۱ (PLM) برای این منطقه بررسی شد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، از آزمون نفوذسنجی (مطابق با استاندارد ASTM D-5101) استفاده شد. به این منظور هدایت هیدرولیکی مجموعه خاک-پوشش‌های مصنوعی و پتانسیل گرفتگی فیزیکی پوشش‌ها در گرادیان‌های هیدرولیکی مختلف تعیین و بررسی شده است. پتانسیل گرفتگی فیزیکی عبارت است از استعداد پوشش مصنوعی معین به کاهش نفوذپذیری و در نتیجه، مسدود شدن روزنه‌های آن توسط ذرات خاک یا تشکیل لایه‌ای بر سطح آن که جریان را محدود می‌کند (Anon, 2006). پوشش‌های استفاده شده شامل دو نمونه پوشش PP450 و PP700 تولید شده در یکی از کارخانه‌های داخل کشور و یک نمونه پوشش PP450 خارجی است.

دشت شادگان جلگه‌ای است هموار و بدون عوارض طبیعی که ارتفاع بلندترین و پست‌ترین نقطه آن نسبت به سطح دریای آزاد در محدوده پروژه زهکشی به ترتیب هفت و دو متر است. شیب اراضی در این محدوده بسیار کم و به‌طور متوسط حدود ۰/۰۰۰۵ متر در متر و در جهت کلی شمال شرقی به جنوب غربی است. اراضی طرح از رسوبات آبرفتی رودخانه جراحی تشکیل شده است که در خط‌الرأس دشت شادگان جریان دارد و زمین‌ها را دو قسمت می‌کند. آب آبیاری مورد نیاز را ایستگاه پمپاژ از رودخانه جراحی تأمین می‌کند. اقلیم دشت شادگان، خشک و کشت غالب منطقه گندم است. شبکه زهکشی دشت شادگان به وسعت ۲۵۰۰ هکتار در ۱۰۰ کیلومتری جنوب شرقی اهواز و ۷۰ کیلومتری شمال شرقی آبادان، در استان خوزستان واقع است. بر اساس مطالعات مهندسی

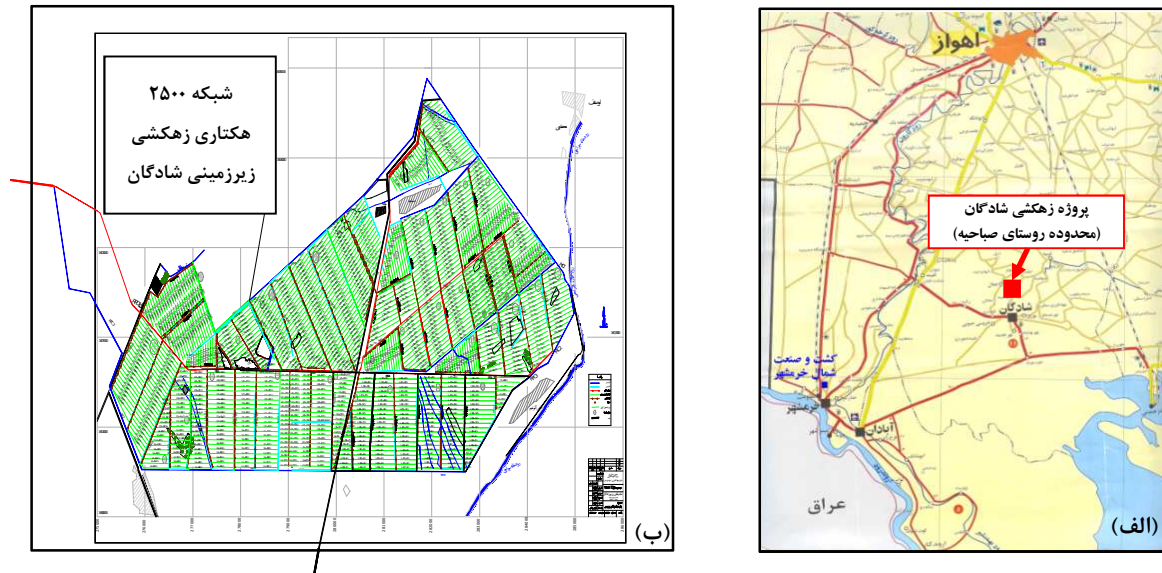
شرایط کاربرد زه‌آب شور و آب غیرشور، هدایت هیدرولیکی خاک-پوشش دو نمونه پوشش مصنوعی تولید کارخانه‌های داخل، نسبت به نمونه تولید خارج، کمتر است و در شرایط استفاده از زه‌آب شور، میزان کاهش هدایت هیدرولیکی در هر سه نمونه تولید داخل و خارج بیشتر می‌شود. همچنین پتانسیل انسداد معدنی نمونه‌های تولید داخل، بیشتر از پتانسیل انسداد در نمونه خارجی بوده است.

اوجاقلو و همکاران (Ojaghloou *et al.*, 2010) در آزمایشگاه، به‌منظور بررسی و مقایسه پتانسیل گرفتگی برای سه وضعیت زهکش بدون پوشش، دارای پوشش معدنی و دارای پوشش مصنوعی از نوع PP450 و با به‌کارگرفتن سه نمونه آب با مقادیر متفاوت SAR (۰/۴۲، ۰/۸ و ۲۵/۷) و شوری (۳/۹۴ و ۱۲/۱ دسی‌زیمنس بر متر)، از مدل فیزیکی نفوذسنج استفاده کردند. نتایج این مطالعات نشان می‌دهد که در هر سه نمونه آب ورودی، تیمار بدون پوشش در مقایسه با دو تیمار پوششی دیگر، پتانسیل انسداد بیشتری دارد و با افزایش مقدار SAR آب ورودی، پراکنش ذرات خاک و در نتیجه مسدود شدن منافذ خاک در محل صفحه زهکش بیشتر می‌شود و به انسداد پوشش‌ها می‌انجامد. رایسینگ‌هانی و ویس‌وانادهام (Raisinghani & Viswanadham, 2010) خواص نفوذپذیری ژئوتکستایل‌ها را در حضور خاک با هدایت هیدرولیکی پایین بررسی کردند. در این تحقیق از یک دستگاه نفوذسنج استفاده شد. این محققان به این نتیجه رسیدند که افزایش بار آبی منجر به کاهش خواص نفوذپذیری ژئوتکستایل می‌شود.

با توجه به اینکه تولید انواعی از پوشش‌های مصنوعی در داخل کشور امکان‌پذیر و بررسی کاربرد آنها در پروژه‌های زهکشی، با توجه به شرایط منطقه‌ای مطرح است، در این تحقیق آزمایشگاهی ابتدا خصوصیات اصلی پوشش‌های مصنوعی موجود تعیین و پس از آن با بهره‌گیری از آزمون نفوذسنجی و با کاربرد خاک تهیه شده

است (شکل ۱). لوله‌های زهکش به‌کار رفته در این پروژه از جنس PVC با قطر ۱۲۵ میلی‌متر است (Hassanoghli et al., 2013).

مشاور طرح، فاصله و عمق متوسط کارگذاری زهکش‌ها به‌ترتیب ۵۰ و ۱/۷ متر طراحی شده و طول لترال‌ها نیز به‌طور متوسط ۲۲۰ تا ۲۳۰ متر



شکل ۱- (الف) موقعیت جغرافیایی شبکه آبیاری و زهکشی دشت شادگان و (ب) شمای شبکه زهکشی زیرزمینی آن در استان خوزستان

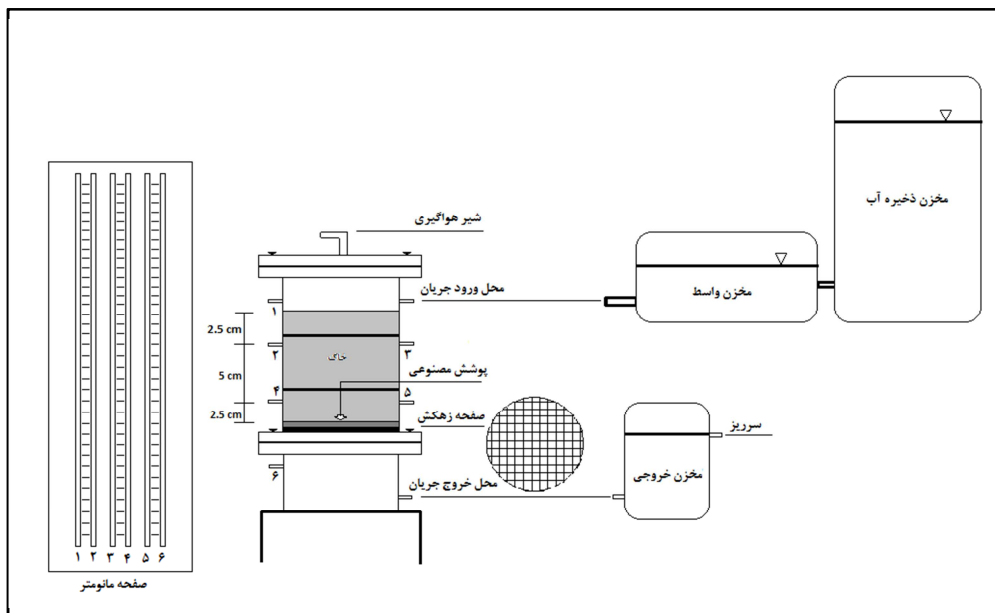
ساعت برای آزمون در دو گرادیان حد واسط یعنی ۲/۵ و ۷/۵. در این تحقیق از شش دستگاه نفوذسنج برای اجرای آزمایش‌ها استفاده شده و هر نمونه پوشش، هم‌زمان در سه دستگاه (سه تکرار) مورد آزمون قرار گرفته است. در شکل ۳، مجموعه سامانه آزمایشی نشان داده شده است.

بافت خاک منطقه اجرای پروژه آبیاری و زهکشی شادگان رس سیلتی^۱ و برخی مشخصات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک مورد آزمایش به شرح جدول ۱ است. نتایج ارائه شده در این جدول نشان می‌دهد که هدایت الکتریکی خاک بیشتر از ۴ دسی‌زیمنس بر متر و SAR آن بیشتر از ۱۳ است و خاک مورد نظر از نوع شور- سدیمی است. همچنین در آزمایش‌ها و مطابق توصیه استاندارد (Anon, 2006)، از آب معمولی پس از حذف اکسیژن محلول آن استفاده شده است. مشخصات شیمیایی آب در جدول ۲ آمده است.

دستگاه نفوذسنج، استوانه‌ای شفاف از جنس پلکسی‌گلاس است که در ترازهای مختلف آن مانومترهایی برای بررسی تغییرات گرادیان هیدرولیکی در طول ستون خاک و اطراف پوشش مصنوعی تعبیه شده است (شکل ۲). به‌منظور اجرای آزمایش، نمونه خاک پس از آماده‌سازی، به ارتفاع حدود ۱۰۰ میلی‌متر درون دستگاه قرار داده شد و پس از اشباع شدن، تحت پنج گرادیان هیدرولیکی ۰/۱، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶ و ۰/۲۴ ساعت پس از ایجاد هر ۵، ۷/۵ و ۱۰ قرار گرفت و در زمان‌های صفر، ۰/۵، ۱، ۲، ۴، ۶ و ۲۴ ساعت پس از ایجاد هر گرادیان، مقدار جریان خروجی از ادوات، زمان جمع‌آوری جریان، دمای آب ورودی و ارتفاع سطح آب در مانومترها اندازه‌گیری شده است.

مدت زمان هر آزمایش حدود ۹۶ ساعت است (۲۴ ساعت برای عملیات اشباع و ۷۲ ساعت برای آزمون در گرادیان‌های ۰/۱، ۵ و ۱۰، هر کدام به‌مدت ۲۴ ساعت و ۰/۵

بررسی تناسب پوشش‌های مصنوعی زهکشی ...



شکل ۲- شمایی کلی از دستگاه نفوذسنج به همراه مخازن ورودی و خروجی و سایر ادوات



شکل ۳- دستگاه‌های نفوذسنج مورد استفاده در آزمون‌ها و ضمایم آنها

جدول ۱- مشخصات شیمیایی و فیزیکی خاک شادگان

بافت خاک	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	آنیون‌ها (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)			کاتیون‌ها (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)				SAR (میلی‌اکی‌والان بر لیتر) ^{۱/۵}	OC (درصد)	pH	ECe (دسی‌زیمنس بر متر)
				SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺				
رسی سیلتی	۴۱	۴۷	۱۲	۴۳	۷۰۰	۱۷	۹۱	۲۱۱	۴۶۲	ناچیز	۳۷/۶	۰/۷۱	۷/۲۵	۷۶/۲

جدول ۲- مشخصات شیمیایی آب مورد استفاده در آزمون‌ها

SAR (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)۰/۵	نیترات (قسمت در میلیون)	آنیون‌ها (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)			کاتیون‌ها (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)				pH	EC (دسی‌زیمنس بر متر)
		SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ³⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺		
۰/۸۳	۲۸	۲/۴	۲/۹	۱/۵	۴/۴	۱/۳	۱/۴	ناچیز	۷/۵۲	۰/۷

$$\Delta h_s = \frac{(M_2 - M_4) + (M_3 + M_5)}{2} \quad (۴)$$

$$\Delta h_{SF} = \frac{(M_4 - M_6) + (M_5 - M_6)}{2} \quad (۵)$$

در این سه رابطه،

GR = نسبت گرادیان (بدون بعد)؛ M_n = قرائت مانومتر شماره n (سانتی‌متر)؛ L_S = فاصله بین مانومترهای ۲ و ۴ یا ۳ و ۵ (سانتی‌متر)؛ و L_{SF} = فاصله بین مانومتر ۴ یا ۵ با نمونه پوشش مصنوعی (سانتی‌متر).

بر اساس اندازه‌گیری‌ها، پوشش‌های مورد آزمون با دارا بودن اندازه منافذ بزرگتر از ۲۰۰ میکرون، معیار اولیه نگهداری ذرات خاک و جلوگیری از انسداد سریع را با توجه به استانداردهای بین‌المللی موجود دارند (Dierickx & Vlotman, 1995). همچنین، هر سه پوشش مصنوعی حداقل ضخامت توصیه شده در استاندارد EN (CEN/TC155/WG18/1994)، بزرگتر از سه میلی‌متر (Stuyt et al., 2000)، را دارند. بر اساس استاندارد EN، میزان تغییرات جرم واحد سطح در نقاط مختلف پوشش باید کمتر از ۲۵ درصد باشد. مقادیر ارائه شده در جدول ۳، مربوط به مشخصات کلی پوشش‌های مورد استفاده، نشان می‌دهد که بر اساس استاندارد EN، تغییرات جرم واحد سطح تمامی پوشش‌ها از ۲۵ درصد بیشتر است که یکنواخت نبودن را در هر سه نمونه پوشش مصنوعی نشان می‌دهد. یادآوری می‌شود که ضخامت پوشش‌ها (جدول ۳) تحت بار استاندارد دو کیلوپاسکال اندازه‌گیری شده است.

در آزمایش‌ها، هدایت هیدرولیکی مجموعه خاک-پوشش مصنوعی در دمای آزمایش با رابطه ۱ محاسبه و پس از آن برای دمای استاندارد ۲۰ درجه سلسیوس، با استفاده از رابطه ۲ تصحیح می‌شود (Anon, 2006):

$$K_T = \frac{v}{i \times t \times A \times 100} \quad (۱)$$

$$K_{20} = \frac{K_T \times \mu_T}{\mu_{20}} \quad (۲)$$

که در آن،

K_T = هدایت هیدرولیکی سامانه در دمای آزمایش (متر بر ثانیه)، K_{20} = هدایت هیدرولیکی سامانه در دمای ۲۰ درجه سلسیوس (متر بر ثانیه)؛ V = حجم جریان خروجی اندازه‌گیری شده در مدت زمان مشخص (سانتی‌متر مکعب)، i = شیب هیدرولیکی سامانه (بدون بعد)، A = سطح مقطع نمونه پوشش مصنوعی (سانتی‌متر مربع)، t = مدت زمان اندازه‌گیری جریان خروجی (ثانیه)، μ_T = گرانشی (ویسکوزیته) آب در دمای آزمایش (کیلوگرم بر متر در ثانیه)؛ و μ_{20} = گرانشی آب در دمای ۲۰ درجه سلسیوس (کیلوگرم بر متر در ثانیه).

هم‌چنین نسبت گرادیان از رابطه‌های ۳ تا ۵ به‌دست می‌آید و با توجه به استاندارد مورد استفاده، اگر نسبت گرادیان بزرگتر از یک باشد، پوشش مصنوعی مستعد گرفتگی فیزیکی تشخیص داده می‌شود (Anon, 2006):

$$GR = \frac{\Delta h_{SF} / L_{SF}}{\Delta h_S / L_S} = \frac{\Delta h_{SF} \times L_S}{\Delta h_S \times L_{SF}} \quad (۳)$$

جدول ۳- مشخصات کلی پوشش‌های مورد استفاده

نوع پوشش	O90 (میکرون)	هدایت هیدرولیکی (متر در روز)	جرم واحد سطح (گرم بر سانتی‌متر مربع)	ضخامت (میلی‌متر)	تغییرات جرم (درصد)
PP450 خارجی	۴۵۰	۵۲/۲۱	۰/۰۶۷	۷/۰	۳۸/۶
PP450 ایرانی	۴۵۰	۱۴۹/۲۱	۰/۰۵۶	۶/۲	۵۱/۲
PP700 ایرانی	۷۰۰	۱۶۹/۳۶	۰/۰۶۵	۸/۹	۵۴/۰

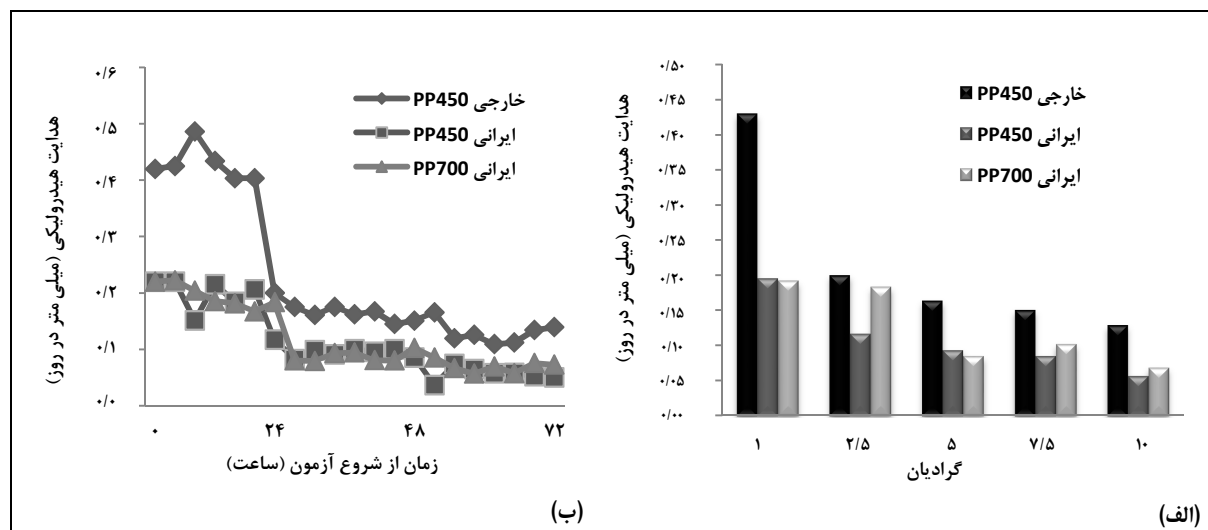
نتایج و بحث

در روز در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند. نوع و تراکم متفاوت الیاف موجود در نمونه‌های پوشش ایرانی، در مقایسه با نمونه خارجی، می‌تواند دلیلی بر وقوع تفاوت در مقدار هدایت هیدرولیکی مجموعه خاک- پوشش مصنوعی اندازه‌گیری شده در انواع پوشش‌ها باشد.

پدram و همکاران (Pedram et al., 2011) برای خاک پروژه زهکشی منطقه خرمشهر، هدایت هیدرولیکی متوسط مجموعه خاک- پوشش مصنوعی PP450 خارجی را برابر با ۰/۱۳ متر در روز، در دو نمونه PP450 ایرانی تولید شده در کارخانه‌ای متفاوت با کارخانه‌ای که تولیدات آن در این تحقیق به کار گرفته شد برابر ۰/۱۱ و ۰/۱ متر در روز، و در نمونه PP700 خارجی برابر با ۰/۱۲ متر در روز گزارش کردند. نتایج بررسی‌های مربوط به پوشش‌های PP450 و PP700 ایرانی در این تحقیق با نتایج تحقیق این محققان تطابق دارد، ولی از نتایج کریمی و همکاران (Karimi et al., 2008) که مقادیر هدایت هیدرولیکی مجموعه خاک- پوشش مصنوعی را برای نمونه PP450 خارجی برابر ۰/۳ متر در روز به دست آورده‌اند، کمتر است. این امر می‌تواند ناشی از تفاوت نسبی خصوصیات پوشش‌ها (با توجه به نوع الیاف پلیمری به کار برده شده در تولید هر پوشش) و ویژگی خاک‌های مورد استفاده از نظر کیفیت و دانه‌بندی آنها در دو تحقیق باشد.

تغییرات هدایت هیدرولیکی پوشش‌ها در گرادیان‌های مختلف در شکل ۴ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که مقدار هدایت هیدرولیکی مجموعه خاک- پوشش برای انواع پوشش‌های مصنوعی مورد آزمون در ابتدای آزمایش بالاست و به تدریج با گذشت زمان و افزایش گرادیان هیدرولیکی کاهش می‌یابد. متوسط هدایت هیدرولیکی در گرادیان ۱/۰ و برای سه پوشش PP450 خارجی، PP450 ایرانی و PP700 ایرانی به ترتیب برابر با ۰/۴۳، ۰/۲ و ۰/۱۹ متر در روز، در گرادیان ۵/۰ برابر با ۰/۱۶، ۰/۰۹ و ۰/۰۹ متر در روز و در گرادیان ۱۰ نیز به ترتیب برابر با ۰/۱۳، ۰/۰۶ و ۰/۰۷ متر در روز اندازه‌گیری شده است؛ کمترین هدایت هیدرولیکی، مربوط به پوشش PP450 ایرانی در گرادیان ۱۰ و بیشترین مقدار آن مربوط به پوشش PP450 خارجی و در گرادیان ۱/۰ است.

نتایج نشان‌دهنده بالاتر بودن نسبی هدایت هیدرولیکی نمونه خارجی پوشش در مقایسه با دو نوع نمونه ایرانی آن در تمامی گرادیان‌هاست. از مقایسه مقادیر متوسط کل تمامی مشاهدات در هر پوشش مشاهده می‌شود که پوشش PP450 خارجی با ۰/۲۱۴ متر در روز دارای بیشترین کمیت است، پس از آن پوشش PP700 ایرانی با ۰/۱۲۶ متر در روز و پوشش PP450 ایرانی با ۰/۱۱۲ متر



شکل ۴- (الف) روند تغییرات متوسط هدایت هیدرولیکی در گرادیان‌های هیدرولیکی مختلف و (ب) تغییرات هدایت هیدرولیکی نسبت به زمان برای پوشش‌های مصنوعی مورد آزمون

خاک- پوشش دارد. بالاتر بودن درصد تغییرات در دو پوشش PP450 ایرانی و خارجی نشان‌دهنده نوسان بیشتر مقادیر است که می‌تواند نشانه‌ای از کاهش بیشتر هدایت هیدرولیکی پوشش در اراضی کشاورزی و در زمان بهره‌برداری از آن در شرایط واقعی باشد.

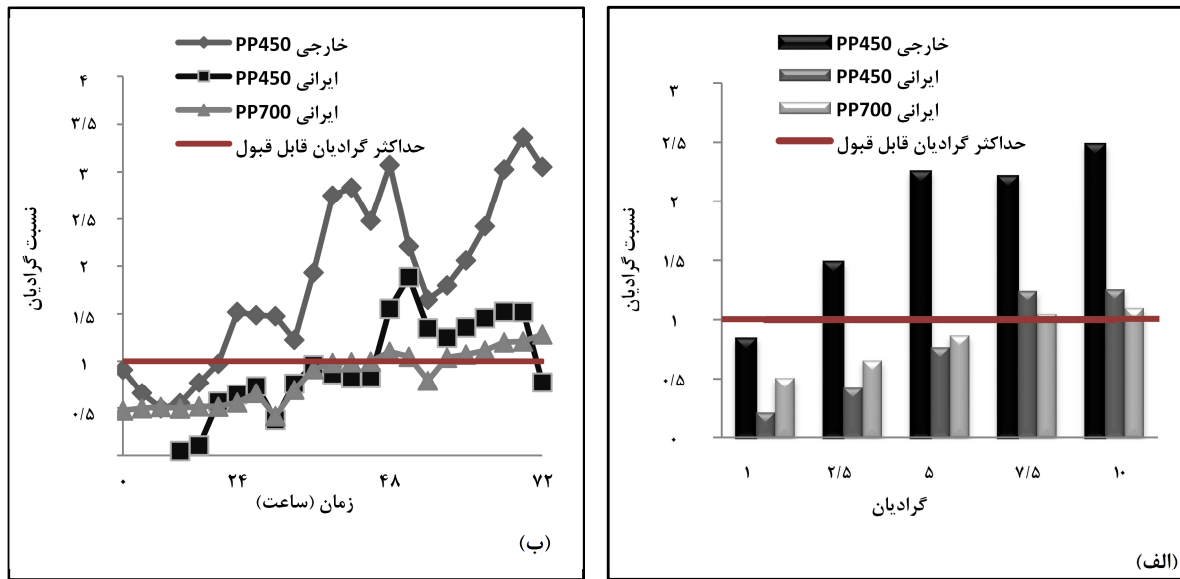
نتایج آزمایش‌های مرتبط با بررسی تغییرات نسبت گرادیان (شکل ۵) نشان می‌دهد که به‌صورت کلی با افزایش گرادیان هیدرولیکی در تمامی پوشش‌ها، نسبت گرادیان نیز افزایش می‌یابد. این امر در نتیجه جابه‌جایی بیشتر ذرات ریز خاک ناشی از افزایش بار آبی و انتقال ذرات به درون پوشش مصنوعی و منافذ خاک و نیز کاهش قطر روزه‌های پوشش در اثر افزایش فشار بار وارده و انعطاف‌پذیری نسبی پوشش مصنوعی قابل توجه است.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی مجموعه خاک-پوشش مصنوعی (شکل ۴) نشان می‌دهند که هدایت هیدرولیکی در تمامی پوشش‌ها با افزایش گرادیان و گذشت زمان، روند کاهشی دارد. چنین فرایندی معمولاً در اثر جابه‌جایی بخشی از ذرات ریز خاک به داخل منافذ پوشش و فضاهای خالی خاک و نیز کاهش قطر روزه‌ها در پوشش‌های مصنوعی، به‌واسطه افزایش تنش فشاری ناشی از افزایش گرادیان روی می‌دهد که انسداد نسبی بخشی از منافذ پوشش و کاهش مقادیر هدایت هیدرولیکی را به دنبال دارد.

نتایج مقایسه درصد تغییرات هدایت هیدرولیکی برای تمامی پوشش‌ها (جدول ۴) نشان می‌دهد که پوشش PP700 ایرانی به نسبت دو پوشش دیگر، نوسانات کمتر و یکنواختی بیشتری در میزان هدایت هیدرولیکی مجموعه

جدول ۴- درصد تغییرات هدایت هیدرولیکی و نسبت گرادیان مجموعه خاک- پوشش‌های مصنوعی

تغییرات نسبت گرادیان (درصد)	متوسط نسبت گرادیان	تغییرات هدایت هیدرولیکی (درصد)	متوسط هدایت هیدرولیکی مجموعه	
			خاک-پوشش (متر در روز)	نوع پوشش
۸۵	۱/۸۶	۷۸	۰/۲۱۴	PP450 خارجی
۹۷	۰/۷۸	۸۲	۰/۱۱۲	PP450 ایرانی
۶۸	۰/۸۴	۷۳	۰/۱۲۶	PP700 ایرانی



شکل ۵- (الف) روند تغییرات متوسط نسبت گرادیان در گرادیان‌های هیدرولیکی مختلف و (ب) تغییرات نسبت گرادیان با زمان برای پوشش‌های مصنوعی مورد آزمون

در پروژه‌های زهکشی، گرادیان برابر یک و کمتر، شرایط معمول اراضی تحت زهکشی است. در شکل ۵ مشاهده می‌شود که نسبت گرادیان پوشش PP450 ایرانی در گرادیان یک خیلی پایین است و در ادامه افزایش یافته است. در حالی که این مقدار برای پوشش PP700 ایرانی مقداری است متوسط و قابل قبول. با افزایش گرادیان هیدرولیکی، در گرادیان ۱۰ مشاهده می‌شود که نسبت گرادیان پوشش PP450 ایرانی از پوشش PP700 بیشتر شده که پتانسیل انسداد فیزیکی بالاتر این پوشش را در گرادیان‌های بیشتر نشان می‌دهد. تحقیقات پدram و همکاران (Pedram et al., 2011) و پدram و حسن‌اقلی (Pedram & Hassanoghli, 2013) نشان می‌دهد که با افزایش شوری آب ورودی به سامانه، احتمال انسداد فیزیکی نیز افزایش می‌یابد. اسمعیلی (Esmaeili, 2010) در تحقیقات خود در منطقه شادگان مشاهده کرده است که زه‌آب زهکش‌های زیرزمینی در این منطقه شوری نسبتاً بالایی دارند (بین ۱۲/۶ تا ۵۲/۱ دسی‌زیمنس بر متر)؛ از این رو با استناد به تحقیقات مذکور و نتایج به‌دست آمده برای دو پوشش PP450 و PP700 ایرانی در

بر اساس این نتایج، در گرادیان ۱/۰ مقدار متوسط نسبت گرادیان برای سه پوشش PP450 خارجی، PP450 و PP700 ایرانی به ترتیب برابر با ۰/۸۴، ۰/۲۲ و ۰/۵۱ است که در PP450 ایرانی کمترین مقدار و در PP450 خارجی بیشترین مقدار مشاهده می‌شود. همچنین، در گرادیان ۵/۰ نیز این مقادیر برای سه پوشش فوق به ترتیب برابر با ۲/۲۵، ۰/۷۷ و ۰/۸۷ است که در این گرادیان نیز PP450 خارجی بیشترین و PP450 ایرانی کمترین مقدار نسبت گرادیان را به خود اختصاص داده‌اند. در گرادیان ۱۰ مقدار متوسط نسبت گرادیان برای سه پوشش PP450 خارجی، PP450 و PP700 ایرانی به ترتیب برابر با ۲/۴۸، ۱/۲۶ و ۱/۱ است؛ کمترین نسبت گرادیان مربوط به پوشش PP700 و بیشترین آن مربوط به پوشش PP450 خارجی است. همان‌طور که از نتایج به‌دست آمده در تمامی گرادیان‌ها مشاهده می‌شود، نسبت گرادیان در پوشش PP450 خارجی از دیگر پوشش‌ها بالاتر است و در بیشتر موارد بیش از مقدار واحد است که در نتیجه، امکان گرفتگی فیزیکی در این پوشش، بیشتر از دیگر پوشش‌ها پیش‌بینی می‌شود.

به صورت کاملا تصادفی انجام پذیرفت و طی آن با در نظر گرفتن نوع پوشش مصنوعی، کمیت گرادیان هیدرولیکی و تکرار و تاثیرات متقابل آنها، هدایت هیدرولیکی و نسبت گرادیان ارزیابی شدند. به این منظور، آزمون‌های نفوذسنجی با کاربرد سه پوشش، سه گرادیان و در سه تکرار به سرانجام رسید. خلاصه نتایج حاصل از این مطالعات نشان می‌دهد که تاثیر نوع پوشش و مقدار گرادیان هیدرولیکی اعمال شده، روی هدایت هیدرولیکی مجموعه خاک- پوشش مصنوعی در سطح یک درصد معنی‌دار است و بین تیمارهای مورد بررسی تفاوت معنی‌داری از این نظر وجود دارد (جدول ۵). در حالی که تأثیر متقابل پوشش و گرادیان هیدرولیکی بر هدایت هیدرولیکی مجموعه خاک- پوشش معنی‌دار نبوده و بین تیمارهای مورد بررسی تفاوت معنی‌داری از این نظر وجود ندارد. نوع پوشش مورد استفاده نیز در سطح یک درصد روی مقادیر نسبت گرادیان موثر واقع شده و به عبارت دیگر، تفاوت مقادیر نسبت گرادیان در آزمون‌های نفوذسنجی و در مورد پوشش‌های مختلف معنی‌دار است. اثر گرادیان هیدرولیکی روی نسبت گرادیان در تیمارهای مورد نظر نیز در سطح ۵ درصد معنی‌دار است، در حالی که اثر متقابل پوشش و گرادیان هیدرولیکی در تحلیل آماری نسبت گرادیان معنی‌دار نیست.

نتایج آزمون دانکن ($\alpha=0/01$) در شرایطی که متغیرها، نوع پوشش مصنوعی و مقدار گرادیان هیدرولیکی در نظر گرفته شده، در جدول ۶ ارائه شده است. با توجه به نتایج آزمون دانکن (مقایسه میانگین‌ها) مشاهده می‌شود که بیشترین نسبت گرادیان و هدایت هیدرولیکی در کمترین گرادیان هیدرولیکی (گرادیان هیدرولیکی ۱/۰) و کمترین نسبت گرادیان و هدایت هیدرولیکی مربوط به گرادیان هیدرولیکی ۱۰ است. در تحقیقات پدram و همکاران (Pedram et al., 2011)، حسن‌اقلی و پدram (Hassanoghli & Pedram, 2013) و پدram و

این تحقیق، توصیه می‌شود از پوشش‌هایی که در گرادیان‌های بالاتر نیز مقدار نسبت گرادیان کمتری دارند، به عنوان پوشش مناسب استفاده شود. بدین ترتیب می‌توان پوشش‌های PP450 ایرانی و PP700 ایرانی را در این خاک در اولویت انتخاب قرار داد.

پدram و همکاران (Pedram et al., 2011) در تحقیق خود روی خاک و زه‌آب تهیه شده از پروژه زهکشی شمال خرمشهر، عملکرد پوشش PP450 خارجی را بهتر از نمونه‌های ایرانی برآورد کرده‌اند. در این تحقیق با توجه به نتایج به دست آمده، عملکرد پوشش‌های ایرانی (تولید شده در کارخانه‌های متفاوت) در خاک اراضی تحت زهکشی دشت شادگان بهتر از نوع خارجی ارزیابی شده است. نتایج تحقیقات پدram و همکاران (Pedram et al., 2011)، حسن‌اقلی و پدram (Hassanoghli & Pedram, 2013)، پدram و حسن‌اقلی (Pedram & Hassanoghli, 2013) و کریمی و همکاران (Karimi et al., 2008) روی خاک خرمشهر، عملکرد مناسب‌تر پوشش PP450 را نسبت به سایر پوشش‌های مصنوعی PLM نشان می‌دهد. در حالی که در تحقیق حاضر مشاهده شده است که پوشش‌های PP450 و PP700 تولید داخل در شرایط کاربرد خاک منطقه شادگان، عملکرد قابل قبول‌تری دارند. مهدی- نژادیانی (Mahdi-Nejadiani, 2007) با بررسی عملکرد پوشش PP450 با استفاده از آزمون نفوذسنجی، آن را به علت دارا بودن معیارهای طراحی، گزینه‌ای مناسب به جای پوشش‌های دانه‌ای در اهواز معرفی می‌کند. در تحقیق دیگر، عزیززی (Azizi, 2007) با بررسی عملکرد پوشش‌های مصنوعی PP450 و PP700 با پوشش معدنی در بخشی از مزرعه‌ای ۱۲ هکتاری در طرح آبیاری و زهکشی نخیلات آبادان، پوشش PP450 را گزینه‌ای مناسب برای منطقه مورد نظر معرفی می‌کند.

علاوه بر موارد فوق، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با نرم‌افزار آماری MSTAT-C و در قالب طرح فاکتوریل

حسن‌اقلی (Pedram & Hassanoghli, 2013) نیز در آنها با نتایج حاصل از تحقیق حاضر همخوانی چنین شرایطی مشاهده می‌شود و تغییرات مقادیر دارد.

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس تاثیر عوامل مختلف بر هدایت هیدرولیکی و نسبت گرادیان

میانگین مربعات		درجه آزادی	منبع تغییرات
نسبت گرادیان	هدایت هیدرولیکی (متر بر روز)		
۱/۸۹۴**	۰/۰۷۹**	۲	نوع پوشش
۱/۵۵۲*	۰/۰۸۲**	۲	گرادیان هیدرولیکی
۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۶ ns	۴	پوشش × گرادیان
۰/۲۸۴	۰/۰۰۴	۱۸	خطا

** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، * اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ns نبود اختلاف معنی‌دار

جدول ۶- آزمون مقایسه میانگین‌ها برای هدایت هیدرولیکی و نسبت گرادیان ($\alpha = 0.01$)

هدایت هیدرولیکی مجموعه خاک-پوشش (متر در روز)	نسبت گرادیان	منبع تغییرات
۰/۲۱۶ a	۱/۴۶۲ a	پوشش PP450 خارجی
۰/۱۱۲b	۰/۸۵۳ ab	پوشش PP450 ایرانی
۰/۱۲۵ b	۰/۵۳۳ b	پوشش PP700 ایرانی
۰/۲۷۵ a	۱/۳۱۶ a	گرادیان ۱
۰/۱۳۲b	۱/۰۶ ab	گرادیان ۵
۰/۰۹۵b	۰/۵۰۳ b	گرادیان ۱۰

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

شده است، هرچند کمیت آنها تفاوت دارد. در مورد مقدار گرادیان هیدرولیکی اعمال شده نیز تأثیر گرادیان‌های ۱/۰ و ۱۰ بر نسبت گرادیان و تأثیر گرادیان‌های ۱/۰ با ۵/۰ و ۱۰ بر هدایت هیدرولیکی معنی‌دار و متفاوت از هم است.

نتیجه‌گیری

با مقایسه متوسط مقادیر هدایت هیدرولیکی مجموعه خاک-پوشش مصنوعی در شرایط کاربرد دو نمونه پوشش مصنوعی PP450 و PP700 تولید داخل، با پوشش مصنوعی PP450 خارجی در قالب آزمون نفوذسنجی مشخص می‌شود که متوسط هدایت هیدرولیکی در کلیه

از نظر نوع پوشش، بیشترین نسبت گرادیان در پوشش PP450 خارجی و کمترین آن در PP700 ایرانی مشاهده می‌شود. از نتایج آزمون دانکن استنباط می‌شود که هدایت هیدرولیکی مجموعه خاک-پوشش مصنوعی و نسبت گرادیان، از متغیر نوع پوشش و کمیت گرادیان تأثیر پذیرفته است و بین مقادیر هدایت هیدرولیکی اندازه‌گیری شده در شرایط استفاده از پوشش PP450 خارجی و PP700 ایرانی و نسبت گرادیان در شرایط استفاده از پوشش خارجی، در مقایسه با پوشش‌های ایرانی، تفاوت معنی‌داری وجود دارد. تأثیر استفاده از پوشش‌های PP450 و PP700 ایرانی بر هدایت هیدرولیکی از نظر آماری مشابه یکدیگر ارزیابی

مقادیر نسبت گرادیان‌های به‌دست آمده برای دو پوشش ایرانی با استاندارد، این دو پوشش ممکن است با خاک شادگان تناسب بیشتری داشته باشند. یادآوری می‌شود که مقادیر نسبی هدایت هیدرولیکی پوشش PP700 ایرانی تا حدودی بالاتر از مقادیر نسبی پوشش PP450 ایرانی است و میزان درصد تغییرات کمتری، چه در میزان نسبت گرادیان‌ها و چه در مقادیر هدایت هیدرولیکی، در این پوشش مشاهده می‌شود. به‌دلیل نزدیکی نتایج و برای گزینش نهایی، آزمون دو نمونه ایرانی در مزرعه آزمایشی و در شرایط واقعی قابل توصیه است.

گرادیان‌های هیدرولیکی، در پوشش مصنوعی PP450 خارجی بیشتر از هدایت هیدرولیکی در پوشش‌های تولید داخل است. عملکرد پوشش‌های PP450 و PP700 ایرانی در این خصوص نزدیک به هم ارزیابی شده است، اما هدایت هیدرولیکی مجموعه خاک-پوشش در نمونه PP700 تا حدودی بالاتر از هدایت هیدرولیکی نوع PP450 داخلی است و مقادیر نسبت گرادیان در پوشش مصنوعی تولید خارج، در بیشتر موارد در محدوده خطر قرار دارد. با استناد به اینکه طبق استاندارد ASTM مقدار نسبت گرادیان قابل قبول کمتر یا مساوی یک است و با توجه به مقادیر به‌دست آمده برای سه پوشش، به‌دلیل تطابق بیشتر

قدردانی

از مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی به جهت مساعدت همه‌جانبه در تأمین امکانات مورد نیاز برای اجرای این تحقیق قدردانی می‌شود.

مراجع

- Anon. 2006. Standard Test Method for Measuring the Soil- Geotextile System Clogging Potential by the Gradient Ratio. ASTM D-5101 Standard. American Society for Testing and Materials.
- Azizi, J. 2007. Evaluation of synthetic drain filter performance compared with conventional gravel envelopes in drain tubes. M. Sc. Thesis. Irrigation and Drainage Department. University of Shahid Chamran. Ahwaz. Iran. (in Farsi)
- Dierickx, W. and Vlotman, W. F. 1995. Drain Envelope Laboratory Testing and Analysis Procedures. IWASRI Publication No. 109. International Water Logging and Salinity Institute. Lahore. Pakistan. NRAP Report No. 36, 124 pp.
- Esmaeili, A. 2010. Investigate the feasibility of replacing the synthetic envelope in the place of common granular envelope and non-use of envelope around the drainage tube in land in equipping and modernization of Shadegan. M. Sc. Thesis. Ferdowsi University of Mashhad. Mashhad. Iran. (in Farsi)
- Giroud, J. P. 1982. Filter criteria for geotextiles. Proceeding of the Second International Conference on Geotextiles. Aug. 1-6. Las Vegas. USA. Vol. I, 103-108.
- Giroud, J. P. 1995. Quantification of geosynthetic behavior. Proceeding of the Conference on Geotextiles, Geomembrances and Related Products. Singapore.
- Hassanoghli, A. 1996. Technical investigation on a geotextile drain pipe in soil depth through different laboratory physical models. M. Sc. Thesis. University of Tehran. Tehran. Iran. (in Farsi)
- Hassanoghli, A. 2009. Select and applying of a proper geotextile as a drain envelope in subsurface drainage. Agricultural Engineering Research Institute (AERI). Technical Pub. No. 20. (in Farsi)

- Hassanoghli, A. and Pedram, Sh. 2013. Assessment of clogging potential of three different synthetic drainage envelopes in application of saline water and soil permeability test. *J. Water Soil*. 26(6): 1395 -1409. (in Farsi)
- Hassanoghli, A., Esmaili-Aminlooei, A. and Sakhaei-Rad, H. 2013. Investigation of subsurface drainage system operation without envelope on water table control in compare with conventional mineral envelope in Shadegan region. *Iranian J. Water Soil Res*. 44(3): 225-236. (in Farsi)
- Karimi, B., Parsinejad, M., Hassanoghli, A. and Liaghat, M. 2008. Evaluations of three synthetic drain envelopes filter performance as compared with conventional envelope (laboratory experiment). *Iranian J. Irrig. Drain*. 2(2): 81-92. (in Farsi)
- Mahdi-Nejadiani, B. 2007. Laboratory evaluation of synthetic envelope application in subsurface drainage and compared with conventional envelopes. M. Sc. Thesis. Irrigation Engineering Department, University of Shahid Chamran. Ahwaz. Iran. (in Farsi)
- Ojaghloou, H., Sohrabi, T., Rahimi, H., Hassanoghli, A., Ghobadinia, M. and Mohammadi, M. 2010. Laboratory study of the effect of amount of EC and SAR of irrigation water on the performance of drainage system envelope. *Iranian Water Res. J*. 5(8):125-134. (in Farsi)
- Pedram, Sh. and Hassanoghli, A. 2013. Assessment of permeability test results of susceptibility of utilizing water quality in prediction synthetic drainage envelopes' mineral clogging potential. *Iranian Water Res. J*. In Publish. (in Farsi)
- Pedram, Sh., Hassanoghli, A. R., Mashal, M. and Liaghat, A. M. 2011. Laboratory comparison of two domestic synthetic drainage envelope samples (PP450) with an imported product. *J. Agric. Eng. Res*. 12(2): 19-40. (in Farsi)
- Raisinghani, D. V. and Viswanadham., B. V. S. 2010. Evaluation of permeability characteristics of a geosynthetic-reinforced soil through laboratory tests. *Geotext. Geomembranes*. 28(6): 579-588.
- Ritzema, H. P., Nijland, H. J. and Croon, F. W. 2006. Subsurface drainage practices: from manual installation to large-scale implementation. *Agr. Water Manage*. 86(1-2): 60-71.
- Samani, Z. A. and Willardson, L. S. 1981. Soil hydraulic stability in a subsurface drainage system. *T. ASABE*. 24(3): 666-669.
- Shan, H. Y., Wang, W. L. and Chou, T. C. 2001. Effect of boundary conditions on the hydraulic behavior of geotextile filtration system. *Geotext. Geomembranes*. 19(8): 509-527.
- Stuyt, L. C. P. M., Dierieckx, W. and Beltran, M. 2000. Material for subsurface land drainage system. *FAO Irrigation and Drainage Paper*. NO. 60. Rome.
- Van Zeijts T. E. J. 1992. Recommendations on the use of envelopes based on experiences in the Netherlands. *Proceedings of 5th International Drainage Workshop*. Lahore. Pakistan. ICID. IWASRI, 111(5): 88-96.
- Vlotman, W. F., Willardson, L. S. and Dierickx, W. 2000. *Envelope Design for Subsurface Drain*. International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI). Wageningen. The Netherlands.
- Willardson, L. S. and Walker, R. E. 1979. Synthetic drain envelope soil interactions. *J. Irr. Drain. Div-ASCE*. 105, 367-373.

Investigation of Drainage Synthetic Envelopes Proportionality with the Soil Properties of Shadegan Plain Using Permeameter Test

A. Hassanoghli^{*}, A. Ramezani and S. M. Mirlatifi

* Corresponding author: Associate Professor, Agricultural Engineering Research Institute, P. O. Box: 31585-845, Karaj, Iran.
Email: arho49@yahoo.com

Received: 2 October 2013, Accepted: 27 September 2014

Selecting a proper envelope (filter) guarantees the performance of underground drainage systems. Mineral and granular envelopes (sand and gravel) have drawbacks such as distance of source from project, high cost, inappropriate gradation of envelope in relation to soil and environmental issues. The use of synthetic envelopes is an alternative, but needs further investigation. There are different types of synthetic envelopes and it is important to adapt the products with soil and regional conditions. The present study investigated the suitability of conventional synthetic envelopes for the Shadegan irrigation and drainage project in Khuzestan province. The permeameter tests compliant with standard ASTM D-5101 were carried out for three samples: an imported PLM synthetic envelope (PP450) and two samples produced by domestic Iranian factory (PP450, PP700). The hydraulic conductivity (HC) and gradient ratio (GR) of the soil-synthetic envelope combinations were determined. The results showed that average HC for the PP450, PP450 and PP700 were 0.21, 0.11 and 0.13 m/d, respectively; the average GR were 1.86, 0.78, and 0.84, respectively. The results suggest that the use of the Iranian PP450 and PP700 envelopes, which have similar functional abilities, is preferable, but PP700 showed less variation during testing.

Keywords: Gradient Ratio; Permeameter; Physical Clogging; Shadegan; Subsurface Drainage; Synthetic PLM