

## بررسی رفتار هیدرولیکی و شیمیایی پوشش زهکشی مرکب ژئوتکستایل و پوسته برنج در دو کیفیت آبی

### متفاوت

احسان قانع<sup>۱</sup>، مریم نوابیان\*<sup>۲</sup>، مهدی اسمعیلی ورکی<sup>۳</sup>، امیر ملک پور اسطلکی<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی گروه مهندسی آب دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان

۲. استادیار گروه مهندسی آب دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان

۳. استادیار گروه مهندسی آب دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان

۴. استادیار گروه مهندسی آب دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۲/۸ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۷/۶)

### چکیده

پوشش دور زهکشی، با هدف کاهش ورود ذرات خاک به درون زهکش و همچنین افزایش هدایت هیدرولیکی اطراف آن، نقشی مهم در عملکرد زهکش زیرزمینی دارد. در این پژوهش، اثر پوشش‌های مرکب، شامل مواد مصنوعی و آلی، به‌منزله تقویت‌کننده شیب هیدرولیکی و زیست جاذب بر روند تغییرات هیدرولیکی و شیمیایی زهاب خروجی از شرایط اراضی شالیزاری فاقد گیاه بررسی شد. برای این منظور، لوله زهکشی دارای پوشش مصنوعی در دو اندازه نازک و ضخیم در عمق ۴۰ سانتی‌متری درون مدل فیزیکی نصب و سپس به ضخامت ۵ سانتی‌متر با پوسته برنج دور آن پر شد. آزمایش تحت جریان ۱۰۰۰ ساعت و دو شوری آب ۰/۷ و ۱/۹ دسی‌زیمنس بر متر انجام گرفت و پارامترهای دبی، شوری، نسبت جذب سدیم، و اسیدیته زهاب خروجی از زهکش بررسی شد. نتایج نشان داد کاهش دبی زهاب نسبت به شروع آزمایش در تیمارهای پوسته برنج با ژئوتکستایل نازک در کیفیت آب شور (RNS)، پوسته برنج با ژئوتکستایل نازک در کیفیت آب معمولی (RN)، پوسته برنج با ژئوتکستایل ضخیم در کیفیت آب معمولی (RV)، و پوسته برنج با ژئوتکستایل نازک در کیفیت آب شور (RVS) به ترتیب ۴۴، ۹۴، ۲۱، و ۷۵ درصد است. تیمارهای RN و RNS به ترتیب بیشترین و کمترین گرفتگی را داشتند. ضخامت ژئوتکستایل در میزان کمی و کیفی زهاب خروجی مؤثر بود و پوسته برنج برای تیمارهای شور عملکرد مناسبی نداشت.

**کلیدواژگان:** آزمایش جریان طولانی‌مدت، پوشش آلی، پوشش مصنوعی، دبی خروجی، شوری، SAR.

### مقدمه

در اراضی شالیزاری، زهکشی برای دفع آب مازاد مزرعه به منظور ممانعت از استغراق کامل (آب‌ماندگی) و فراهم‌آمدن شرایط مناسب در خاک در دوره‌هایی از مرحله داشت و برداشت گیاه برنج و همچنین دستیابی به امکان کشت دوم به کار می‌رود (IRI vice Presidency for Planning and Supervision- NO. 471, 2000). از این رو، زهکشی می‌تواند نقشی کلیدی در ارتقای عملیات کشاورزی در استان‌های گیلان و مازندران ایفا کند.

پوشش زهکش ماده‌ای متخلخل است که به منظور بهبود شرایط هیدرولیکی لوله زهکش و محافظت از آن در برابر ورود مواد رسوبی اطراف آن نصب می‌شود (FAO, 2005). پوشش

یکی از عوامل مؤثر بر عملکرد مناسب شبکه زهکشی به شمار می‌رود و در سهولت نسبی انتقال و عبور آب از محیط خاک به درون لوله زهکش کمک می‌کند. عبور جریان آب از محیط خاک به درون لوله زهکش، به دلیل کاهش مقطع عبور جریان، موجب افزایش قابل ملاحظه سرعت جریان می‌شود. این پدیده از یک سو سبب افت فشار هیدرولیکی و از سوی دیگر موجب جابه‌جایی ذرات خاک اطراف لوله می‌شود. پوشش افت بار هیدرولیکی پیرامون لوله زهکش را در محدوده مجاز کنترل می‌کند و سرعت جریان آب را به نحوی تغییر می‌دهد تا نتواند ذرات خاک را با خود حمل و به درون لوله منتقل کند (Stuyt and Dierickx, 2006). حرکت ذرات خاک به سوی پوشش ممکن است سبب گرفتگی پوشش و کاهش عملکرد زهکش شود. پوشش دور زهکش دارای انواع معدنی، مصنوعی، و آلی است. پوشش‌های آلی، به دلیل تجزیه‌شدن و درشت‌بودن فضای بین الیافشان نسبت به اندازه ذرات خاک، برای خاک‌های با بافت

زهکش زیرزمینی بدون استفاده از لوله زهکش در شرایط مختلف خاک‌ورزی به منظور انتقال املاح و آب استفاده کردند. بر اساس یافته‌های ایشان، شخم عمیق‌تر منجر به هدایت بیشتر آب و املاح به پوسته برنج و در نتیجه افزایش کارایی کاهش خروج املاح توسط پوسته برنج می‌شود.

پوشش‌های مرکب زهکش از ترکیب دو نوع پوشش ایجاد می‌شود که معمولاً یکی از آن پوشش‌ها مصنوعی و به صورت پیچیده شده دور لوله زهکش (PLM) است. Shafiq (1995) روی پوشش دوگانه مصنوعی و معدنی آزمایش نفوذسنجی انجام داد و به دلیل عدم مشاهده رسوب در زهاب عملکرد پوشش‌های ترکیبی را تأیید کرد. Fourie *et al.* (1994) با آزمایش نفوذسنجی روی نمونه‌ای از ژئوتکستایل و یک لایه شن در بالای آن به این نتیجه رسیدند که در حالت عبور شیرابه زباله از نمونه در شرایط هوایی امکان گرفتگی بیولوژیکی بسیار محتمل است و به همین دلیل پیشنهاد کردند از مواد کنترل رشد باکتری یا قارچ در مراحل ساخت ژئوتکستایل استفاده شود.

Adeniran (2008) در پژوهشی عملکرد پوشش‌های آلی، مصنوعی، و لوله فاقد پوشش را بررسی کرد. نتایج نشان داد پس از دو سال کیفیت زهاب لوله زهکش بدون پوشش و پوشش آلی به دلیل تجزیه آن نامساعد می‌شود؛ در حالی که کیفیت زهاب پوشش ژئوتکستایل زلال و تمیز بود.

با توجه به نقش زهکش زیرزمینی در ایجاد شرایط مناسب کشت برای گیاه برنج و همچنین گیاهان کشت دوم در اراضی شالیزاری و تأثیرپذیری زیاد عملکرد زهکش از پوشش دور لوله آن و لزوم دستیابی به پوشش دارای شاخصه‌های مثبت در عملکرد و فراوانی و دردسترس بودن آن در استان گیلان و اهمیت مدیریت کیفیت زهاب، در این پژوهش عملکرد فنی و زیست‌محیطی پوشش‌های مرکب شامل ژئوتکستایل به منزله تقویت‌کننده شیب هیدرولیکی و پوسته برنج به منزله زیست‌جاذب در شرایط غرقاب حاکم بر اراضی شالیزاری بررسی شد. دلیل کاربرد پوشش مرکب ژئوتکستایل و پوسته برنج در این پژوهش توجه به نتایج پژوهش آدنیران (EB-Adeniran, 2008; Inosako *et al.*, 2011) مبنی بر بهبود کیفیت زهاب در پوشش مصنوعی و توانایی جذب برخی عناصر به وسیله پوسته برنج بود.

### مواد و روش‌ها

به منظور دستیابی به اهداف این پژوهش، مدل فیزیکی زهکشی زیرزمینی، شامل یک مخزن استوانه‌ای به ارتفاع ۹۰ و قطر ۶۰ سانتی‌متر و یک لوله زهکش از جنس PVC با قطر ۱۰۰ میلی‌متر، ساخته شد. لوله‌های زهکش دارای پوشش مرکب

ریز مناسب نیستند (Dierickx, 1987). همچنین، استفاده از پوشش شن و ماسه اغلب به دلیل فاصله زیاد منبع قرصه تا محل پروژه و هزینه بالا امکان‌پذیر یا مقرون‌به‌صرفه نیست. از این رو، استفاده از پوشش‌های مصنوعی رواج پیدا کرده است. یکی از مزیت‌های این پوشش‌ها امکان تولید پوشش منطبق با توزیع دانه‌بندی خاک است (Dierickx, 1987)؛ اگرچه نبود تجهیزات می‌تواند عاملی محدودکننده برای تولید متنوع این پوشش‌ها باشد. ژئوتکستایل یکی از پوشش‌های مصنوعی متداول است. نتیجه کار با ژئوتکستایل به منزله پوشش زهکشی در اراضی نیشکر خوزستان این است که پوشش مصنوعی استفاده شده به دلیل انسداد و شدت گرفتگی برای خاک‌های اراضی یادشده مناسب نیستند (Adimi *et al.*, 2009). نتیجه پژوهش نشان داد در شرایط کاربرد زهاب شور هدایت هیدرولیکی خاک-ژئوتکستایل به مقدار قابل توجهی کاهش می‌یابد (Hassanoghli and Pedram, 2012).

زایدات گیاهان، از جمله کاه و کلش آن‌ها، به مثابه پوشش آلی دور زهکش استفاده می‌شود. پوسته برنج، به دلیل دردسترس بودن و هزینه کمتر نسبت به پوشش‌های معدنی، از گزینه‌های مطرح پوشش دور زهکش در اراضی شالیزاری به شمار می‌رود. Ebrahimian (2007) از پوسته برنج در زهکشی اراضی شالیزاری استفاده کرد. نتایج نشان داد میزان شدت تخلیه زهاب با پوشش پوسته برنج از مقدار پیش‌بینی شده آن کمتر است. وی دلیل این حالت را گرفتگی شدید پوشش پوسته گزارش کرد. جذب<sup>۱</sup> یک فرایند متابولیکی غیر فعال است؛ به این معنی که انرژی نیاز ندارد و مقداری از آلاینده‌ها می‌توانند بسته به تعادل جنبشی و ترکیب سطح سلولی جاذب از زهاب حذف شوند (Vijayaraghavan and Yun, 2008; Velásquez and Dussan, 2009). پوسته برنج، کاه، کلش، یا اصلاح شده آن‌ها مانند خاکستر یا زغال فعال (Masulili, 2009; Rozainee *et al.*, 2010) از جاذب‌های آلی به شمار می‌روند. در پژوهشی درباره جذب کروم شش ظرفیتی به وسیله پوسته برنج به صورت ناپیوسته نتایج حاکی از آن بود که جذب کروم به وسیله پوسته برنج پس از ۱۲۰ دقیقه به حالت تعادل می‌رسد و در اسیدیته‌های پایین‌تر میزان جذب کروم بیشتر است؛ مثلاً در اسیدیته برابر با ۲ حداکثر حذف کروم ۹۹٫۸ درصد بود (Nameni *et al.*, 2009).

Inosako *et al.* (2012) از نرم‌افزار HYDRUS (2D/3D) برای شبیه‌سازی، ارزیابی، و مقایسه عملکرد پوسته برنج به منزله

$d_{10}$  و  $d_{30}$  و  $d_{60}$  قطر ذرات پوسته برنج بر حسب میلی‌متر است که به ترتیب ۱۰ و ۳۰ و ۶۰ درصد پوسته از آن قطر کوچک‌ترند.

برای آماده‌سازی مدل فیزیکی، ابتدا خاک با بافت غالب اراضی شالیزاری استان گیلان جمع‌آوری و در مجاورت هوا خشک و از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شد. سپس، خاک با تراکم مشابه مزرعه (طبق دستورالعمل آزمایش تراکم خاک) در مخازن پر و لوله زهکش در عمق ۴۰ سانتی‌متری سطح خاک تعبیه شد. شکل ۲ نمایی از مخزن خاک و نحوه قرارگیری زهکش و پوشش‌های دور آن را نشان می‌دهد. جدول‌های ۳ و ۴ مشخصات فیزیکی، هیدرولیکی، و شیمیایی خاک استفاده‌شده و شکل ۱ منحنی دانه‌بندی خاک را نشان می‌دهد. برای ایجاد شرایط غرقاب اراضی شالیزاری خاک به حد اشباع رسانده شد. سپس، با استفاده از مخزن آب و شناور، ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر آب روی سطح خاک در طول مدت آزمایش ایجاد شد.

پس از آماده‌سازی مدل فیزیکی، آزمایش شدت جریان طولانی‌مدت<sup>۱</sup> (Koerner, 1994) در هر تیمار پوشش روی دو ضخامت نازک (۳ میلی‌متر) و ضخیم ژئوتکستایل (۶ میلی‌متر) و دو کیفیت منبع آب متفاوت (EC و SAR مختلف) انجام شد. آزمایش جریان طولانی‌مدت پتانسیل گرفتگی مواد پوششی، به‌خصوص مواد مصنوعی که خلل‌و‌فرج ریزی دارند، را در مدت ۱۰۰۰ ساعت نشان می‌دهد (Vlotman *et al.*, 2000). ژئوتکستایل ضخیم با توجه به نیاز اراضی شالیزاری به محیط متخلخل با نفوذپذیری زیاد در اطراف زهکش مورد نظر این پژوهش قرار گرفت. از آنجا که ژئوتکستایل ضخیم در ایران تولید نمی‌شود، به طور دست‌ساز اقدام به ساخت آن شد؛ بدین صورت که ژئوتکستایل دارای ضخامت ۳ میلی‌متر از یک لوله دارای پوشش بریده و با ریسمان به دور لوله دارای پوشش دیگر پیچانده شد. در نهایت لوله زهکش با ضخامت ۶ میلی‌متر ایجاد شد.

برای تهیه منبع آب شور با شوری ۱/۹ دسی‌زیمنس بر متر، مقدار ۰/۷۷ گرم نمک کلرید سدیم در هر لیتر آب چاه (دارای شوری ۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر) حل شد. جدول ۲ خصوصیات شیمیایی منبع آب استفاده‌شده در پژوهش را نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول ۲ مشخص است، مجموع غلظت کلسیم و منیزیم در دو منبع آب یکی است و اثرگذاری غلظت سدیم در مقایسه با رفتار تیمارهای مختلف پوشش محسوس‌تر است.

ژئوتکستایل و پوسته برنج بودند. در این پژوهش، ژئوتکستایل با مشخصه  $O_{90}$  برابر با ۴۵۰ میکرومتر منطبق با استاندارد کومو (NEN-7090, 1989) و پوسته برنج به ضخامت ۵ سانتی‌متر استفاده شد. استاندارد کومو ضروریات و روش‌های آزمایش را به منظور مواد الیاف پوششی پلی‌پروپیلن برای لوله‌های زهکشی دارای پوشش عرضه می‌کند (Mehdinejadi, 2006).

مشخصات فیزیکی پوسته برنج شامل درصد جذب آب (S)، جرم مخصوص ظاهری، جرم مخصوص حقیقی، تخلخل، و منحنی دانه‌بندی در آزمایشگاه تعیین شد. درصد جذب آب پوسته برنج از تقسیم وزن مشخصی از پوسته برنج، که به مدت ۴۸ ساعت اشباع شده بود ( $M_{wh}$ )، بر وزن پوسته برنج پس از خشک‌شدن به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد ( $M_{dh}$ ) به دست آمد (رابطه ۱).

$$S = \frac{M_{wh}}{M_{dh}} \times 100 \quad (\text{رابطه ۱})$$

جرم مخصوص ظاهری ( $\rho_b$ ) از حاصل تقسیم وزن پوسته برنج آن خشک بر حجم ظرفی که پوسته برنج اشغال کرده بود محاسبه شد. جرم مخصوص حقیقی ( $\rho_s$ ) نیز از نسبت وزن پوسته برنج آن خشک بر حجم آب جابه‌جاشده حاصل از ریختن پوسته برنج در استوانه مدرج به دست آمد. تخلخل با استفاده از مقادیر جرم مخصوص ظاهری و حقیقی با رابطه ۲ تعیین شد:

$$n = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_s} \quad (\text{رابطه ۲})$$

منحنی دانه‌بندی پوسته برنج به روش الک‌خشک و شیک‌کردن به مدت ۱۰ دقیقه رسم شد. مشخصات فیزیکی و منحنی دانه‌بندی پوسته برنج در جدول ۱ و شکل ۱ نشان داده شده است. مقادیر ضریب انحنای ( $C_c$ ) و ضریب یکنواختی ( $C_u$ ) با رابطه‌های ۳ و ۴ به دست آمد. عیار یکنواختی و تناسب پوشش بر اساس ضریب انحنای و یکنواختی مشخص می‌شود؛ به طوری که در شرایطی که ضریب یکنواختی بزرگ‌تر از ۴ و ضریب انحنای بین ۱ تا ۳ باشد پوشش دانه‌بندی‌شده و در غیر این صورت یکنواخت نامیده می‌شود. با توجه به مقادیر ضریب انحنای و یکنواختی به‌دست‌آمده برای پوسته برنج، این پوشش یکنواخت است و انتظار می‌رود پتانسیل گرفتگی و تله‌اندازی بیشتری نسبت به پوشش‌های دانه‌بندی‌شده داشته باشد.

$$C_c = \frac{d_{30}^2}{d_{10} \times d_{60}} \quad (\text{رابطه ۳})$$

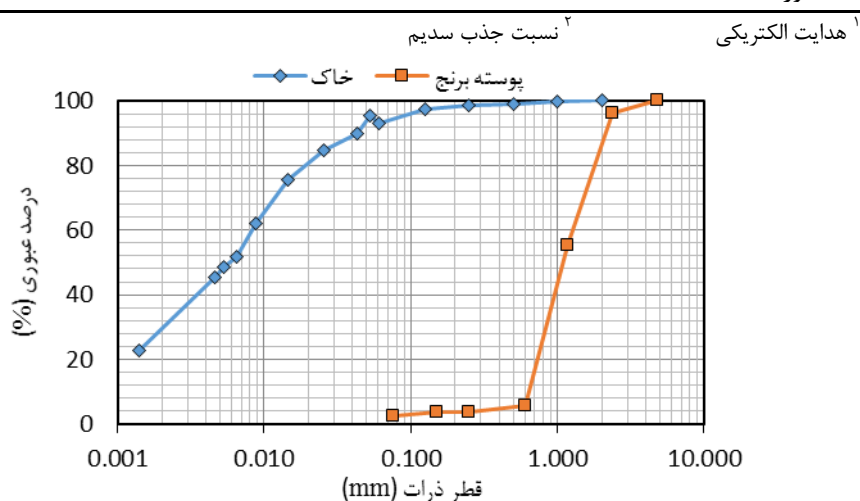
$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (\text{رابطه ۴})$$

جدول ۱. مشخصات فیزیکی پوشش پوسته برنج استفاده شده در پژوهش

جرم مخصوص ظاهری (gr cm <sup>-3</sup> )	جرم مخصوص حقیقی (gr cm <sup>-3</sup> )	تخلخل (%)	درصد جذب آب (%)	ضریب انحنا	ضریب یکنواختی
۰٫۰۸۰	۰٫۲۵۵	۵۸٫۳۳۳	۳۲۸٫۷۶۰	۱٫۷۷۶	۰٫۹۰۶

جدول ۲. برخی خصوصیات شیمیایی آب استفاده شده در تیمارهای کیفیت آب پژوهش

منبع آب	<sup>۱</sup> EC (dS/m)	pH	Mg <sup>+2</sup> (meq/lit)	Ca <sup>+2</sup> (meq/lit)	Na <sup>+</sup> (meq/lit)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/lit)	<sup>۲</sup> SAR (meq/lit) <sup>0.5</sup>
آب چاه	۰٫۷۰۰	۷٫۲۷۰	۳٫۴۰۰	۲٫۲۰۰	۲٫۳۶۹	۱٫۰۱۹	۱٫۴۱۶
آب شور	۱٫۹۰۰	۷٫۲۷۰	۴٫۱۰۰	۱٫۵۰۰	۶٫۷۲۰	۰٫۸۷۹	۴٫۱۶۷



شکل ۱. منحنی دانه بندی خاک و پوشش برنج استفاده شده در پژوهش

میلی متر) و پوسته برنج برای کیفیت آب چاه و دو تیمار با پوشش مشابه در کیفیت آب شور بررسی شد. جدول ۵ جزئیات هر تیمار و نحوه کدگذاری آن‌ها را نشان می‌دهد.

با توجه به توضیحات ارائه شده، چهار تیمار پوشش دور زهکش شامل دو تیمار با پوشش ژئوتکستایل نازک (ضخامت ۳ میلی متر) و پوسته برنج و ژئوتکستایل ضخیم (ضخامت ۶

جدول ۳. مشخصات فیزیکی و هیدرولیکی خاک آزمایش شده

بافت خاک	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	<sup>n</sup> p (gr cm <sup>-3</sup> )	<sup>۱</sup> K <sub>sat</sub> (cm day <sup>-1</sup> )	<sup>۲</sup> PI (%)	C <sub>u</sub>	C <sub>c</sub>
لوم سیلتی	۴٫۷۱۶	۷۲٫۵۳۰	۲۲٫۷۵۱	۱٫۵۵۰	۶٫۶۹۰	۱۴٫۵۰۰	۱۰٫۰۰۰	۰٫۶۳۰

۱. هدایت هیدرولیکی اشباع به روش بار ثابت ۲. شاخص خمیرایی

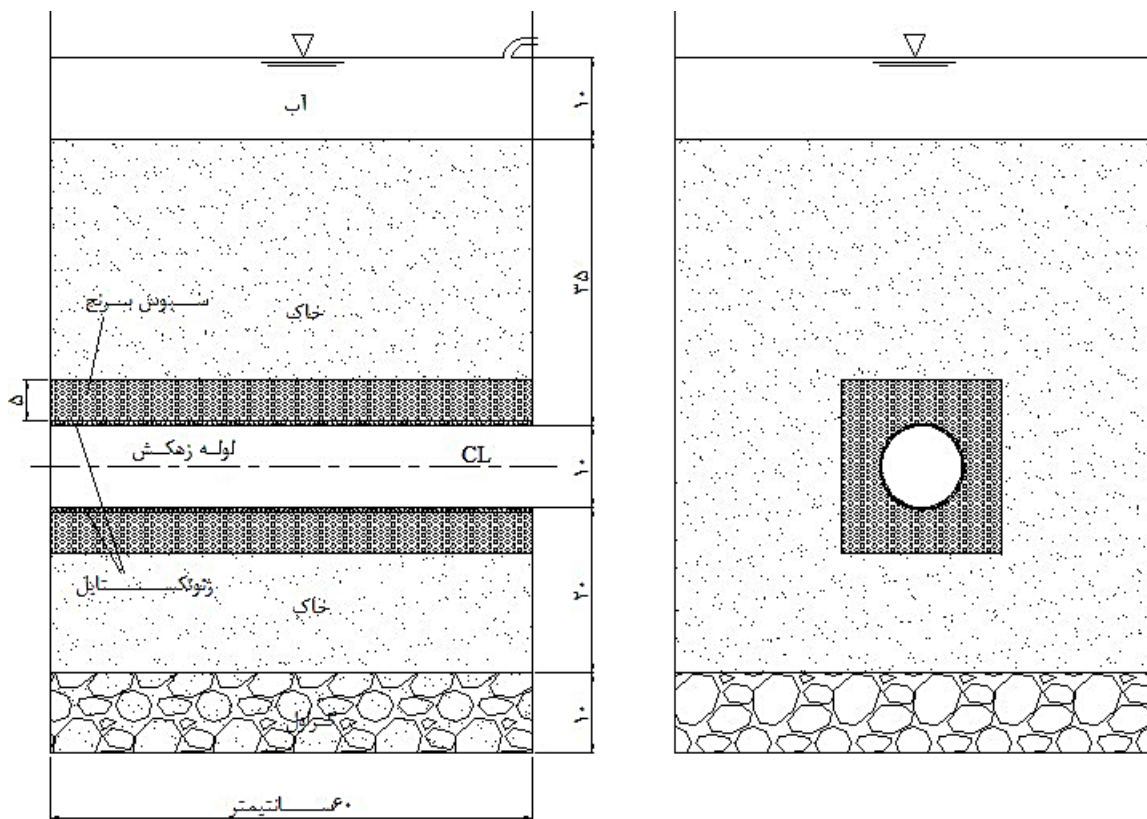
جدول ۵. مشخصات تیمارهای پوشش دور زهکش مورد نظر این پژوهش

تیمار	ضخامت پوشش ژئوتکستایل (میلی متر)	ضخامت پوسته برنج (سانتی متر)	منبع آب
RN	۳	۵	آب چاه
RV	۶	۵	آب چاه
RNS	۳	۵	آب شور
RVS	۶	۵	آب شور

جدول ۴. مشخصات شیمیایی خاک آزمایش شده

<sup>۱</sup> EC <sub>e</sub> (dS/m)	pH	Mg <sup>+2</sup> (meq/lit)	Ca <sup>+2</sup> (meq/lit)	Na <sup>+</sup> (meq/lit)	SAR (meq/lit) <sup>0.5</sup>
۱٫۳۳۳	۷٫۵۸۰	۷٫۸۰۰	۵٫۰۰۰	۲٫۵۳۸	۱٫۰۰۳

۱. هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک



شکل ۲. شکل شماتیکی از مدل فیزیکی به کاررفته و نحوه قرارگیری لوله زهکش همراه پوشش‌های دور آن

کرد. این موضوع را می‌توان ناشی از تمایل بیشتر پراکندگی ذرات خاک در این تیمار (به دلیل وجود سدیم زیاد و ESP برابر ۴/۶۶) دانست؛ طوری که در پوشش نازک‌تر احتمال تله‌اندازی ذرات پراکنده شده و در نتیجه گرفتگی پوشش کاهش می‌یابد. این در حالی است که در تیمارهای آب چاه پوشش حجیم ژئوتکستایل و پوسته برنج (RV) نسبت به پوشش نازک ژئوتکستایل و پوسته برنج (RN) برتری داشت. مقادیر درصد کاهش دبی خروجی از زهکش برای تیمارهای مورد بحث در چهار بازه زمانی در جدول ۶ می‌آید. همان‌طور که در جدول ۶ دیده می‌شود، در بازه زمانی ۱۰ تا ۲۰ روز میزان جریان خروجی در همه تیمارها به غیر از تیمار RNS به شدت کاهش یافته که دلیل آن می‌تواند تحکیم خاک<sup>۱</sup> و جابه‌جایی ذرات آن باشد. حرکت ذرات خاک به سمت زهکش باعث گرفتگی و انسداد اولیه<sup>۲</sup> پوشش دور زهکش می‌شود. پوشش RNS بعد از گذشت ۲۰ روز روند کاهش دبی یا افزایش گرفتگی پوشش را نشان داد. همچنین، افزایش دبی خروجی تیمارهای RV و RVS در بازه زمانی بعد از ۲۰ روز حاکی از رهاشدن تدریجی ذرات خاک گرفتار شده در پوشش و حرکت به سمت داخل زهکش است.

در طول مدت آزمایش دو بار در هفته دبی، EC، pH، و پارامترهای کلسیم و منیزیم و سدیم برای محاسبه SAR زهاب اندازه‌گیری شد. در این پژوهش، دبی به روش حجمی، EC و pH و سدیم به ترتیب با دستگاه EC متر و pH متر و فلیم فتومتر، و کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون اندازه‌گیری شد (IRI vice Presidency for Planning and Supervision- No. 467, 2009).

### یافته‌ها و بحث

به منظور ارزیابی عملکرد فنی زهکش در تیمارهای بررسی شده، روند تغییرات دبی خروجی از زهکش نسبت به زمان در شکل ۳ می‌آید. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، دبی خروجی زهکش در همه تیمارها نوسان دارد و بعد از گذشت ۴۲ روز از شروع آزمایش به مقدار ثابتی نرسیده است. این موضوع ناپایداری خاک و شرایط مساعد حرکت ذرات خاک به سمت زهکش و پتانسیل گرفتگی پوشش دور زهکش را نشان می‌دهد. مقایسه دبی خروجی در تیمارها نشان داد تیمارهای RNS و RN به ترتیب بیشترین و کمترین دبی خروجی را دارند. در تیمارهای آب شور، پوشش نازک ژئوتکستایل و پوسته برنج (RNS) نسبت به پوشش RVS در خروج زهاب موفق‌تر عمل

1. Consolidation  
2. Blocking

تیمارهای مختلف پوشش، علت این حالت را می‌توان در تجزیه پوسته سبوس جست‌وجو کرد. مقایسه شوری زهاب نشان داد پوشش حجیم و نازک ژئوتکستایل تأثیری بر مقادیر شوری زهاب در طول مدت آزمایش ندارد. از این رو پتانسیل تخلیه املاح و زهاب شور در تیمارهای مختلف پوشش تفاوتی ندارد. البته مقایسه شوری زهاب خروجی از زهکش نسبت به منبع آب نشان داد تیمارهای RN، RV، RNS، و RVS به ترتیب ۸، ۲۳، ۶۰ و ۵۰ درصد از املاح موجود در منبع آب را تخلیه کرده است. نتایج تفاوت غیر معنادار تیمار پوشش را در منبع آب شور و محسوس بودن تفاوت خروج املاح را در تیمارهای پوشش حجیم و نازک ژئوتکستایل در منبع آب چاه نشان داد.

جدول ۶. مقادیر درصد کاهش یا افزایش دبی خروجی از زهکش در سه بازه زمانی در طول مدت آزمایش

تیمار	بازه زمانی ۱۰ تا ۲۰ روز	بازه زمانی ۲۰ تا ۴۰ روز
RN	-۷۵٫۹۵	-۷۶٫۰۸
RV	-۳۲٫۶۳	+۱۶٫۴۸
RNS	+۰٫۲۳	-۱۵٫۷۸
RVS	-۵۶٫۹۷	+۱۷٫۴۵

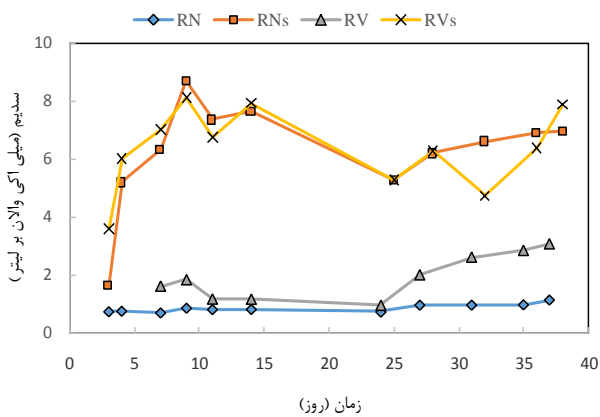
طوری که پوشش RV نسبت به RN سدیم بیشتری را به زهاب منتقل کرد. بنابراین، پوشش نازک نسبت به پوشش حجیم در خصوص ورود کمتر سدیم به محیط زیست ترجیح داده می‌شود. نتایج بررسی pH در تیمارها (شکل ۸) نشان داد pH از ۶ تا ۷٫۲ متغیر است و با افزایش شوری در تیمارهای شور pH روندی افزایشی و در تیمارهای آب چاه روندی نامشخص و نوسانی در این بازه دارد. تیمارهای RV و RN بعد از ۲۸ روز آزمایش روند نزولی و تیمارهای RVS و RNS از روز ۱۵ روند صعودی داشتند. تفاوت پوشش‌های حجیم و نازک ژئوتکستایل در تیمار آب شور مشاهده شد؛ طوری که RNS نسبت به RVS دارای pH بیشتری بود. مقادیر اسیدیته محیطی کاملاً مساعد برای رشد باکتری‌های بی‌هوازی، از قبیل باکتری‌های احیاکننده سولفات و متانزا (Kirk, 2004)، و باکتری‌های از خانواده گالیونلا<sup>۱</sup> و تیوتریکس<sup>۲</sup> (Rollin and Lombard, 1988)، که در محیط خنثی و دماهای پایین (۰ تا ۱۵ درجه سلسیوس) زندگی می‌کنند، فراهم می‌آورد. این باکتری‌ها نیز در تشکیل گل اخری نقشی مهم دارند (شکل ۹) و این موضوع، خود، بر روند تجزیه ماده آلی پوسته و ایجاد گاز دی‌اکسید کربن و تغییرات اسیدیته زهاب تأثیرگذار است.

برای ارزیابی زیست‌محیطی عملکرد پوشش‌های بررسی‌شده، روند تغییرات شوری و نسبت جذب سدیم و اسیدیته زهاب مطالعه شد. روند تغییرات شوری زهاب خروجی از زهکش‌ها نسبت به زمان در شکل ۴ می‌آید. این شکل را می‌توان در سه بازه زمانی ۱۵ روز ابتدایی آزمایش، ۱۵ تا ۲۵ روز، و بعد از ۲۵ روز بررسی کرد. در ۱۵ روز اولیه آزمایش، شوری زهاب در همه تیمارها روندی کاهشی داشت که جذب سطحی کاتیون‌های موجود در منبع آب را بر ذرات خاک نشان می‌دهد. از بازه زمانی ۱۵ تا ۲۵ روز، تغییرات زیادی در مقادیر شوری زهاب مشاهده نشد که ناشی از به تعادل رسیدن املاح آب و خاک است. از روز ۲۵ مقادیر شوری زهاب رو به افزایش گذاشت که با توجه به هم‌زمان بودن شروع افزایش شوری در

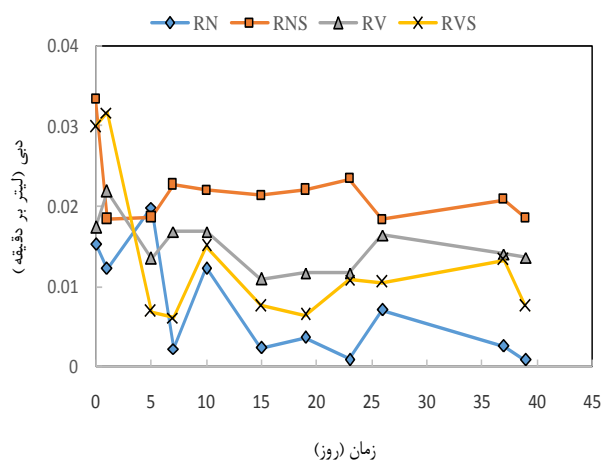
تخلیه زهاب دارای SAR بالا از آثار منفی تخلیه زهاب به محیط زیست است. به منظور مقایسه رفتار پوشش‌های بررسی‌شده، مقادیر SAR زهاب خروجی از زهکش‌ها نسبت به زمان رسم شد (شکل ۵). بر اساس نتایج، مقادیر SAR زهاب تیمارهای RN، RV، RNS، و RVS نسبت به SAR منبع آب کمتر بودند. مقادیر SAR زهاب هر یک از تیمارهای آب چاه و آب شور در انتهای بازه زمانی آزمایش تفاوت محسوس‌تری داشتند. در تیمار آب شور پوشش RNS دارای زهاب با SAR بیشتر و در تیمار آب چاه پوشش RV دارای SAR بیشتری بود. تیمارهای پوشش نازک و حجیم ژئوتکستایل در خصوص SAR تفاوت داشتند؛ طوری که در تیمار آب شور پوشش حجیم (RVS) و در تیمار آب چاه پوشش نازک (RN) به لحاظ زیست‌محیطی توصیه می‌شوند.

به منظور تفسیر نتایج SAR زهاب در تیمارهای بررسی‌شده، مقادیر سدیم و کلسیم و منیزیم زهاب در شکل‌های ۶ و ۷ می‌آید. روند تغییرات مجموع کلسیم و منیزیم در همه تیمارها روندی یکسان داشت. این روند طی ۲۵ روز اول کاهشی و بعد از آن افزایشی بود (شکل ۶). مطابق شکل ۸، در ۲۵ روز اول آزمایش پوشش‌های حجیم و نازک ژئوتکستایل تفاوتی در میزان تخلیه سدیم از طریق زهاب نداشتند. از روز ۲۵ در تیمار آب چاه دو پوشش نازک و حجیم رفتاری متفاوت نشان دادند؛

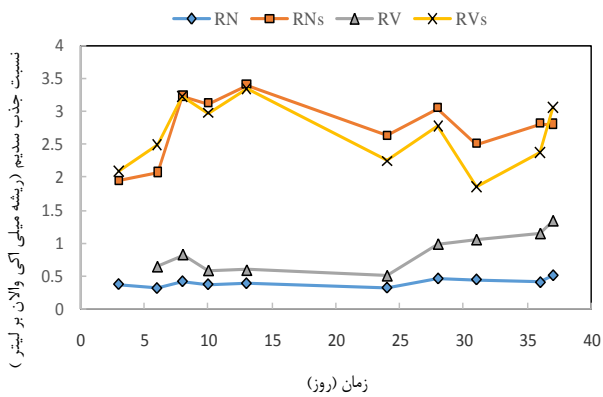
1. Gallionella  
2. Thiothrixniuea



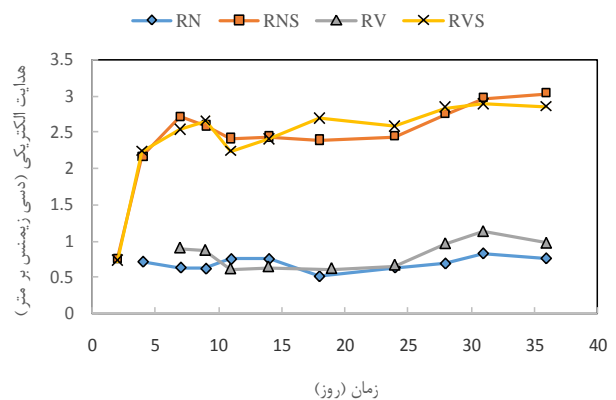
شکل ۶. تغییرات غلظت سدیم زهاب خروجی از زهکش نسبت به زمان در تیمارهای بررسی شده (RN و RNS به ترتیب ژئوتکستایل نازک با پوسته برنج با کیفیت آب چاه و شور، RV و RVS ژئوتکستایل ضخیم با پوسته برنج با کیفیت آب چاه و شور)



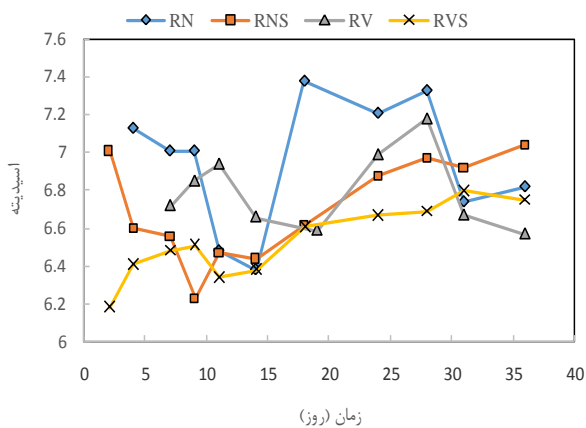
شکل ۳. تغییرات دبی زهاب خروجی از زهکش نسبت به زمان در تیمارهای بررسی شده (RN و RNS به ترتیب ژئوتکستایل نازک با پوسته برنج با کیفیت آب چاه و شور، RV و RVS ژئوتکستایل ضخیم با پوسته برنج با کیفیت آب چاه و شور)



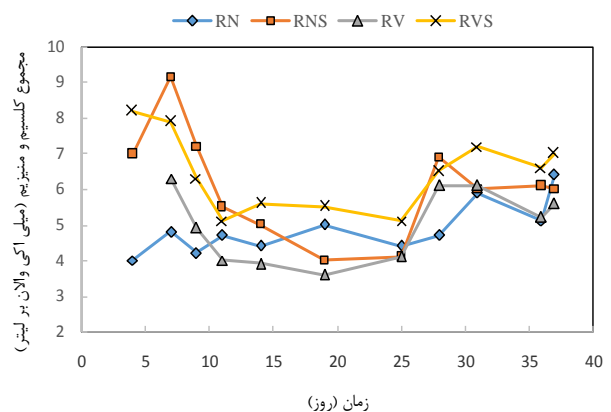
شکل ۷. تغییرات SAR زهاب خروجی از زهکش نسبت به زمان در تیمارهای بررسی شده (RN و RNS به ترتیب ژئوتکستایل نازک با پوسته برنج با کیفیت آب چاه و شور، RV و RVS ژئوتکستایل ضخیم با پوسته برنج با کیفیت آب چاه و شور)



شکل ۴. تغییرات EC زهاب خروجی از زهکش نسبت به زمان در تیمارهای بررسی شده (RN و RNS به ترتیب ژئوتکستایل نازک با پوسته برنج با کیفیت آب چاه و شور، RV و RVS ژئوتکستایل ضخیم با پوسته برنج با کیفیت آب چاه و شور)



شکل ۸. تغییرات اسیدینه زهاب خروجی از زهکش نسبت به زمان در تیمارهای بررسی شده (RN و RNS به ترتیب ژئوتکستایل نازک با پوسته برنج با کیفیت آب چاه و شور، RV و RVS ژئوتکستایل ضخیم با پوسته برنج با کیفیت آب چاه و شور)



شکل ۵. تغییرات مجموع غلظت مجموع کلسیم و منیزیم زهاب خروجی از زهکش نسبت به زمان در تیمارهای بررسی شده (RN و RNS به ترتیب ژئوتکستایل نازک با پوسته برنج با کیفیت آب چاه و شور، RV و RVS ژئوتکستایل ضخیم با پوسته برنج با کیفیت آب چاه و شور)

خروج عناصر سدیم و کلسیم و منیزیم در تیمار RN مشاهده شد.

ضخامت پوشش مصنوعی در تغییر روند شیمیایی مؤثر بود. این آثار در روندهای شوری (به ویژه در تیمارهای آب چاه) SAR و pH مشاهده شد. در تیمارهای شور، با وجود تفاوت ۴۱ درصدی میزان دبی، میزان شوری زهاب و SAR آن‌ها فقط ۳ درصد اختلاف داشتند. اما در تیمارهای آب چاه، شوری و SAR روندهایی تقریباً یکنواخت داشتند و نسبت آن‌ها در شوری و SAR با دیگر تیمارها به ترتیب ۳/۸ و ۵/۶ بود. Kamble *et al* (2008) نشان دادند پوشش مرکب ژئوتکستایل و شن درشت نسبت به پوشش شن درشت برتری محسوسی در کاهش پارامترهای pH، EC، SAR، و ESP دارد. همچنین، Nnadi *et al* (2014) نشان دادند استفاده از ژئوتکستایل در کاهش SAR، EC، و pH زهاب به منظور استفاده مجدد در آبیاری گیاهان زراعی می‌تواند موفق عمل کند. مقایسه نتایج این دو تحقیق با تحقیق حاضر تأییدی است بر نتایج این تحقیق مبنی بر نقش مؤثر ژئوتکستایل بر کیفیت زهاب عبوری از آن. تغییرات اسیدیته شرایط محیطی مساعد برای رشد باکتری‌ها را نشان داد که به گرفتگی بیولوژیکی پوشش‌ها اشاره می‌کند. روند تغییرات اسیدیته در تیمارهای شور افزایشی بود؛ ولی در تیمارهای آب چاه در محدوده ۶ تا ۷/۶ نوسان داشت. این طیف عددی اسیدیته با نتایج پژوهش Palmeira *et al* (2008) مطابقت دارد.

## REFERENCES

- Adeniran, K. A. (2008). Performance of no-filter drainage material on clayey loam. A. E. International. Vol. 10. Manuscript Number LW 08 005. 10 From [www.cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/1271/1127](http://www.cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/1271/1127).
- Adimi, M., Nabavi, M. R., Darbandi, S., and Shahriari, M. (2009). Drain envelopes. IRNCID pub. From <http://irncid.org/Publication>. (In Farsi)
- Dierickx, W. (1987). Nature of synthetic envelope materials in subsurface drainage. *Geotextiles and Geomembranes*, 5, 141-151.
- EB-405. (2011). Durability of polypropylene geotextiles for waste containment applications, Engineering Bulletin, Propex Operating Company.
- Ebrahimian, H. (2007). *Evaluation of subsurface drainage performance with rice husk envelope (case study: Behshar)*. Thesis of M.Sc. degree. Faculty of water and soil engineering, University of Tehran, Iran. (In Farsi)
- FAO. (2005). Materials for subsurface land drainage systems, edited by L. C. P. M. Stuyt, W. Dierickx and J. MartínezBeltrán. Rome, Italy: Food and Agricultural Organization, No. 60, 184.
- Fourie, A. B., Kuchema, S. M., and Blight, G. E. (1994). Effect of Biological Clogging on the Filtration Capacity of Geotextiles. *Proceedings of the 5th International Conference on Geosynthetics. Singapore*. 721-724.
- Hassanoghli, A. and Pedram, S. (2012). Impact of drained saline water on anticipation of physical clogging of synthetic envelope using penetrometer. In *7th Workshop on Drainage and Environmental Engineering*. IRNCID. Tehran. From: <http://irncid.org/Publication/Det.aspx?ID=147&CatId=7>. (In Farsi).
- Kamble, B. M., Rathod, S. D., and Phalke, D. H. (2008). Effect of sub-surface drainage (SSD) system with different filters (envelopes) on improvement of chemical properties of salt affected and water logged soil. *International Journal of Agricultural Engineering*, 1(2), 123-125.
- Inosako, K., Yasunaga, K., Takeshita, N., Saito, T., and Inoue, M. (2012). Desalinization of a salt-affected field using rice husk underdrainage system. *Journal of Arid Land Studies*, 22 (1), 143-146.



شکل ۹. آثار فعالیت بیولوژیکی درون زهکش‌های بررسی شده و تشکیل گل آخری

## نتیجه‌گیری

در این پژوهش عملکرد ۱۰۰۰ ساعته زهکش‌های مرکب ژئوتکستایل- پوسته برنج و اثر شوری بر آن بررسی شد. آزمایش روی پوشش مصنوعی با دو ضخامت نازک (۳ میلی‌متر) و ضخیم (۶ میلی‌متر) و دو کیفیت متفاوت منبع آب انجام شد. در کل مدت آزمایش تیمارهای RNS و RN به ترتیب بیشترین و کمترین گرفتگی را بین تیمارها داشتند. درصد تغییرات دبی در ابتدا و انتهای آزمایش در RN حدود ۶ درصد و در RNS ۵۵ درصد بود. تیمار RN کمترین زهاب خروجی را داشت؛ به طوری که نسبت دبی در این تیمار در مقایسه با تیمارهای RV، RNS، RVS به ترتیب ۰/۰۵، ۰/۰۶، ۰/۱۱۶ بود. نوسان دبی خروجی در تیمارهای مختلف نشان داد خاک تحت تأثیر شوری و پوشش دور زهکش به تعادل پایدار نمی‌رسد و علاوه بر آن کمترین



- Islamic Republic of Iran Vice Presidency for Planning and Supervision. (2000) Design criteria for renovation & mobilization of rice fields. Third Volume- Drainage No.: 471-3. From tec.mporg.ir. (In Farsi)
- Islamic Republic of Iran Vice Presidency for Planning and Supervision. (2009). Guidelines for laboratory analysis of soil and water samples. NO.467. pp 255. From tec.mporg.ir. (In Farsi)
- Kirk, G. J. D. (2004). *the Biogeochemistry of submerged soils*. Chester, England: John Wiley & Sons Ltd.
- Koerner, R. M. (1994). *Designing with geosynthetics*. 3th ed. Prentice- Hall. Eaglewood Cliffs, New Jersey, U. S. A. pp. 738.
- Masulili, A., Utomo, W. H., and Syechfani, M. S. (2010). Rice husk bio char for rice based cropping system in acid soil 1. The characteristics of rice husk bio char and its influence on the properties of acid sulfate soils and rice growth in West Kalimantan, Indonesia. *Agricultural Science*, 2 (1), 39-47.
- Mehdinejadani, B. (2006). *Experimental evaluation of the application of a synthetic envelope in subsurface drainage and compared with mineral envelope*. Thesis of M.Sc. degree. Faculty of water engineering. ShahidChamran University, Ahvaz, Iran. (In Farsi).
- Nnadi, E. O., Newman, A. P., and Coupe, S. J. (2014). Geotextile incorporated permeable pavement system as potential source of irrigation water: effects of re-used water on the soil, plant growth and development. *Clean- Soil, Air, and Water*, 42 (2), 125- 132.
- Nameni, M., AlaviMoghadam, M. R., and Arami, M. (2009). the study of sorption equilibrium of chromium (VI) from aqueous solutions using rice Bran. *Journal of Environmental Science and Technology*. 10(39): 0-0. (In Farsi)
- NEN-7090. (1989). *Omhullingsmateriaal van polypropeenvezels voor draineerbuizen*. Nederlands Normalisatie-Instituut (NNI), Delft, The Netherlands, 8 pp. (Dutch Wrapping material made of polypropylene fibers for land drainage pipes).
- Palmeira, E. M., Remigio, A. F. N., Ramos, M. L. G., and Bernardes, R. S. (2008). A study on biological clogging of nonwoven geotextiles. *Geotextiles and Geomembranes*, 26, 205-219.
- Rollin, A. L. and Lombard, G. (1988). Mechanisms affecting long-term filtration behavior of geotextiles. *Geotextiles and Geomembranes*, 7, 119-145.
- Rozainee, M., Ngo, S. P., Johari, A., Salema, A. A., and Tan, K. G. (2009). *Utilization of rice husk waste and its ash (Part 1)*. The Ingenieur, March-May, pp 46-50. Board of Engineers Malaysia. Malaysia.
- Shafiq, R. (1995). *Laboratory testing of envelope materials for pipe drains*. Thesis of M.Sc. degree. Department of Agricultural and Biosystems Engineering, McGill University, Quebec, Canada.
- 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.
- Velásquez, L. and Dussan, J. (2009). Biosorption and bioaccumulation of heavy metals on dead and living biomass of bacillus sphaericus. *Journal of Hazardous Materials*, 167 (1–3), 713-716.
- Vijayaraghavan, K. and Yun, Y. S. (2008). Bacterial biosorbents and biosorption. *Biotechnology Advances*, 26 (3), 266-291.
- Vlotman, W. F., Willardson, L. S., and Dierickx, W. (2000). *Envelope design for subsurface drains*. ILIR, Wageningen, the Netherlands.