



مدیریت آب و آبیاری

دوره ۳ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۲

صفحه‌های ۱۱۱-۱۱۹

امکان‌سنجی استفاده از پوسته برنج به‌جای لوله زهکش و پوشش شن و ماسه

سیدعلیرضا مسعودی*^۱، عبدالمجید لیاقت^۲

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج - ایران
۲. استاد گروه آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج - ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۲/۲۱

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۱/۱۲/۲

چکیده

باتوجه به نقش و اهمیت زهکش‌های زیرزمینی در کنترل سطح آب زیرزمینی، تحقیقات وسیعی برای یافتن راه‌های جدید و اقتصادی‌تر در حال اجراست. در مناطق شمالی کشور که به کشت شالیزارهای اختصاص دارند، به‌دلیل غرقاب بودن اراضی و نداشتن سیستم‌های زهکشی، معمولاً کشت دوم امکان‌پذیر نیست. شاید یکی از دلایل توسعه‌نیافتگی سیستم‌های زهکشی در منطقه، نبود پوشش‌های شن و ماسه و گاه دور بودن محل قرضه‌ها از محل اجرای طرح باشد. از طرفی پوسته برنج به‌عنوان ضایعات تولید برنج در منطقه به اندازه کافی وجود دارد و تولید آن در کشور حدود ۶۰۰ هزار تن در سال است. با توجه به هدایت هیدرولیکی مناسب پوسته برنج، می‌توان از این مواد در زمینه زهکشی استفاده کرد. موضوع این تحقیق، بررسی امکان استفاده از پوسته برنج به‌جای لوله زهکش و فیلتر شن و ماسه است. آزمایش‌ها در یک مدل فیزیکی اجرا شد و مقادیر حداکثر دبی خروجی در دو حالت تیمار شاهد و تراشه پوسته برنج به‌ترتیب ۰/۱۳ و ۰/۱۲ لیتر بر ثانیه و ضریب عکس‌العمل به‌ترتیب ۸/۹۳۷ و ۹/۸۹۹ بر روز به‌دست آمد. نتایج حاکی از عملکرد خوب پوسته برنج در کاهش سطح ایستابی و تأمین نیازهای زهکشی است.

کلیدواژه‌ها: پوسته برنج، پوشش شن و ماسه، زهکشی، ضریب عکس‌العمل، مدل فیزیکی، هدایت هیدرولیکی.

مقدمه

ضایعات تولید برنج در منطقه به اندازه کافی وجود دارد و تولید آن در کشور حدود ۶۰۰ هزار تن در سال است که می‌توان از این مواد برای زهکشی استفاده کرد. از طرفی برای کاستن هزینه زهکشی، به دلیل اینکه درصد زیادی از هزینه‌های اجرای سیستم زهکشی مربوط به پوشش‌های شن و ماسه و نصب آن است و نیز به منظور استفاده بهینه از ضایعات کشاورزی و حفاظت از محیط زیست، به‌کارگیری پوسته برنج توجیه‌پذیر است. پوشش‌های آلی مزایایی چون ارزانی، نصب آسان و عدم نیاز به طراحی خاص دارد. با این حال، عمر این مواد کاملاً متغیر است و به‌شدت به شرایط محیطی و عواملی چون درجه حرارت، شرایط رطوبتی، PH محیط، فعالیت بیولوژیکی باکتری‌ها و وجود اکسیژن در محل بستگی دارد. در این تحقیق، چهار نوع پوشش (کاه و کلش خردشده گندم، کاه و کلش خردشده گندم در حالت احاطه‌شده با نمد پشم شیشه، پوشش شن و ماسه و پوشش نمد پشم شیشه) تحت بارهای مختلف سطح ایستایی ارزیابی شد و نتایج زیر به‌دست آمد (۷):

الف) شدت جریان خروجی نشان داد که کاربرد پوشش کاه و کلش خردشده گندم (حالت اول) به‌تنهایی و همچنین در حالت احاطه‌شده با نمد پشم شیشه (حالت دوم)، دبی خروجی از لوله زهکش را افزایش می‌دهد؛

ب) ضخامت مناسب در حالت اول ۵ و در حالت دوم ۷/۵ سانتی‌متر تشخیص داده شد و ضخامت بیشتر تأثیری بر افزایش شدت جریان خروجی از زهکش نداشت.

ج) در مقایسه این دو، پوشش دوم کارکرد بهتری دارد. ضوابط طراحی در حوضه آبریز دلتای رودخانه نیل در مصر به مدت ۹ سال بررسی شد (۶). در این تحقیق به بررسی پارامترهای الگوی کشت، عملکرد محصول، شوری خاک، سطح ایستایی، کمیت و کیفیت زه‌آب و فشار مضاعف در سیستم زهکشی زیرزمینی پرداختند. نتایج

با توجه به نقش و اهمیت زهکش‌های زیرزمینی در کنترل سطح آب زیرزمینی، تحقیقات گسترده‌ای برای یافتن راه‌حل‌های جدید و اقتصادی‌تر در حال اجراست. این راه‌حل‌ها بیشتر در زمینه بهینه‌سازی مبانی طراحی و اجرای طرح‌های زهکشی از جمله ضریب زهکشی، فواصل و عمق زهکش‌ها و نیز انواع لوله، مواد پوششی اطراف و روش‌های نصب و کارگذاری آنهاست. در مناطق شمالی کشور که به کشت شالیزار اختصاص دارند، به‌دلیل غرقاب بودن اراضی و نداشتن سیستم‌های زهکشی، به‌طور معمول کشت دوم امکان‌پذیر نیست. در صورتی‌که با احداث سیستم زهکشی می‌توان شرایط کشت دوم را در منطقه فراهم آورد. بدین گونه که با زهکشی می‌توان زمین را زودتر خشک کرد تا ادوات کشاورزی به زمین وارد شود و برداشت انجام گیرد. این کار سبب می‌شود که هم از زیان دیدن محصول اول کاسته شود (به‌دلیل خوابیدگی برنج در اثر برداشت نکردن به‌موقع و همخوانی زمان برداشت با بارندگی) و هم شرایط برای کشت دوم فراهم آید. کشت دوم می‌تواند برنج - که از نظر کیفیت (عطر و طعم) و قیمت از برنج کشت اول برتر است - یا هر گیاه دیگر سازگار با شرایط منطقه مثل کلزا باشد. شاید یکی از دلایل توسعه نیافتگی سیستم‌های زهکشی در منطقه، نبود پوشش‌های شن و ماسه و گاه دور بودن محل قرضه‌ها از محل اجرای طرح باشد (۱). البته ذخایر رودخانه‌ای برای برداشت شن و ماسه وجود دارد، اما برداشت بیش از حد، سبب منفی شدن بیلان بستر این رودخانه‌ها و ایجاد مشکلات زیست‌محیطی شده است. از دلایل دیگر می‌توان به هزینه زیاد زهکشی در اراضی شالیزاری اشاره کرد، چرا که به دلیل سنگین بودن خاک و وجود لایه متراکم سطحی، فواصل زهکش در اراضی شالیزاری کم و نیاز به لوله و مصالح پوشش زیاد است. از طرفی پوسته برنج به‌عنوان

هدایت هیدرولیکی اشباع واقعی در خاک‌های رسی دلتای نیل حدود دو برابر مقادیر به‌دست‌آمده از روش چاهک بوده و عمق لایه نفوذناپذیر، بیش از مقدار پیش‌بینی شده قبلی است. همچنین شدت زهکشی بیش از حد مورد انتظار است.

هدایت هیدرولیکی پوسته برنج، از دیگر پوشش‌های آلی و همچنین از شن و گراول بیشتر است (۳). پوسته برنج را می‌توان جانشین مناسب پوشش شن و ماسه دانست (۱). تحقیق پیش رو به بررسی امکان استفاده از پوشش برنج به‌جای لوله زهکش و پوشش شن و ماسه می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در محل ایستگاه تحقیقات آب پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران انجام گرفت. در این آزمایش‌ها از مدل فیزیکی برای شبیه‌سازی جریان و سطح ایستابی بهره گرفته شد. ابعاد این مدل $1 \times 1 \times 4$ متر مکعب بود و در موقعیت‌های مختلف پیژومترهایی برای مشاهده سطح نشت تعبیه شد. مدل با خاک ماسه‌ای پر شد. مشخصات خاک ریخته‌شده در جدول ۱ آمده است.

فاصله زهکش در مدل، چهار متر و عمق نصب زهکش از سطح خاک نیم متر بود. در فواصل مشخص در مدل، ۳۳ پیژومتر نصب شد. فاصله زهکش از لایه نفوذناپذیر نیم متر بود. شکل ۱ مدل فیزیکی و قسمت‌های آن را نشان می‌دهد.

نشان داد که همه گونه‌های گیاهی پس از نصب و راه‌اندازی زهکش‌های زیرزمینی، افزایش محصول چشمگیری داشته‌اند. برای رسیدن به بهترین شرایط رشد و نمو در همه گونه‌های گیاهی کشت‌شده، متوسط عمق سطح ایستابی بین زهکش‌ها تا سطح زمین باید ۸۰ سانتی‌متر باشد. برای دستیابی به شرایط مطلوب زهکشی، لوله‌های زهکشی باید در عمق $2/1$ تا $4/1$ متری نصب شوند.

در لیتوانی پیش از ایجاد سیستم زهکشی جدید در سال ۱۹۹۴ در نه مزرعه آزمایشی، لوله‌ها و مواد پوششی مختلف، از جمله لوله سفالی پوشیده‌شده با کلش ذرت شل به ضخامت ۷-۱۰ سانتی‌متر، لوله خرطومی پلی‌اتیلن از قبل پیچانده‌شده با کلش ذرت به ضخامت ۲-۳ سانتی‌متر، لوله سفالی پوشیده‌شده با لایه‌ای به ضخامت ۷-۱۰ سانتی‌متر از کلش کتان شل و لوله سفالی پوشیده‌شده با لایه‌ای به ضخامت ۷-۱۰ سانتی‌متر از خاکاره شل ارزیابی شد. نتایج این تحقیق که بین سال‌های ۱۹۹۴-۱۹۹۸ صورت گرفت، نشان داد که سیستم زهکشی با پوشش خاکاره عملکرد بهتری دارد. همچنین کاربرد سه نوع دیگر از ترکیب لوله و پوشش چندان مناسب تشخیص داده نشد. در ارزیابی سیستم‌های زهکشی در اراضی شمال شرق دلتای رودخانه نیل، سطح ایستابی، شوری خاک، شوری آب آبیاری و زهکشی و دبی خروجی از زهکش‌های زیرزمینی در زمان‌های مختلف سال بررسی شد (۵). نتایج نشان داد که

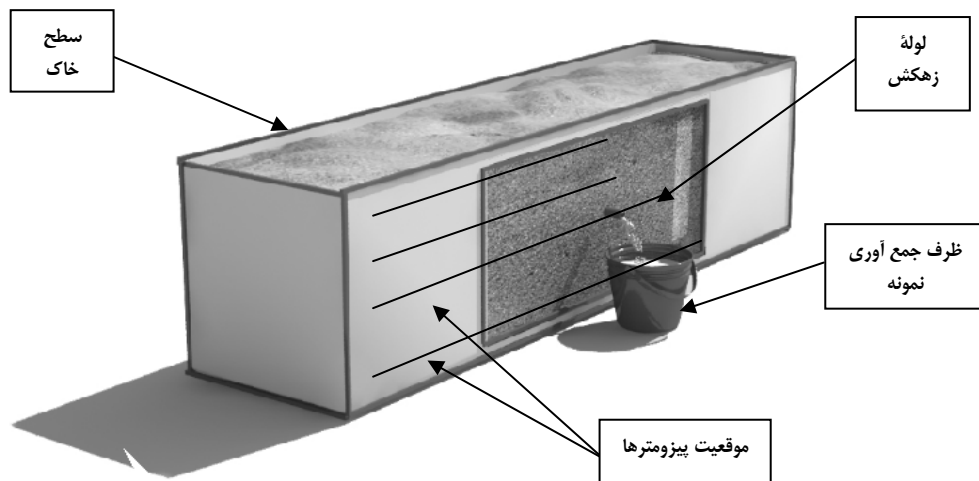
جدول ۱. نتایج آزمایش دانه‌بندی و نفوذپذیری خاک

دانه‌بندی خاک (سیستم یونیفاید)	$D_{85}(mm)^4$	$D_{50}(mm)^3$	$D_{15}(mm)^2$	$C_u=(D_{60}/D_{10})^1$	هدایت هیدرولیکی (میلی‌متر بر ثانیه)
SP	۰/۴۰۴	۰/۲۸۶	۰/۱۸	۲	۰/۱۴

۱. ضریب یکنواختی؛ ۲. قطری از الک که ۱۵ درصد ذرات خاک از آن عبور کرده‌اند؛ ۳. قطری از الک که ۵۰ درصد ذرات خاک از آن عبور کرده‌اند؛ ۴. قطری از الک که ۸۵ درصد ذرات خاک از آن عبور کرده‌اند.

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۳ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۲



شکل ۱. تصویر شماتیک مدل

۱۱ سانتی متر با حالت تیمار کنترل و لوله زهکشی به قطر ۵۰ میلی متر، و پوشش شن و ماسه دور لوله به ضخامت ۳۰ میلی متر در هر طرف لوله مقایسه شد. برای اجرای آزمایش ابتدا ترانشه حفر و پوسته برنج به داخل ترانشه ریخته شد. اطراف پوسته حایلی قرار داده شد. بعد از رسیدن به ارتفاع ۱۰ سانتی متری، حایل برداشته و به آرامی خاک بر روی پوسته ریخته شد (شکل ۲). آزمایش ها در سه تکرار انجام گرفت.

آزمایش ها پس از آماده سازی مدل فیزیکی و نصب پیزومترها شروع شد. آب از بالا به مدل اضافه شد تا جایی که خاک به حد اشباع رسید. بعد از اشباع شدن خاک، خروجی زهکش برداشته شد تا زهکشی شروع شود. از این لحظه به بعد، هیچ آبی به مدل اضافه نشد. در زمان های مختلف، مقدار دبی خروجی اندازه گیری و در همان زمان ها پیزومترها نیز قرائت شد. سه حالت استفاده از پوسته برنج به صورت ترانشه ۱۰×۱۰ سانتی متر مربع، پوسته برنج در داخل پوشش ژئوتکستایل با سطح مقطع دایره ای به قطر



شکل ۲. حایل برای ریختن پوسته در داخل ترانشه

عکس‌العمل سیستم را به ما می‌دهد. در حالتی که نوسانات سطح ایستابی در اثر تغذیه، خیلی سریع باشد، کاربرد فرمول‌های جریان غیرماندگار نظیر فرمول گلور-دام توصیه شده است که به‌صورت زیر می‌توان آن را بیان کرد:

$$h_t/h_0 = 1.16 * e^{-\alpha t} \quad [2]$$

$$\alpha = [\ln(h_t/h_0)/1.16]/t \quad [3]$$

در این رابطه‌ها، t مدت زمان مشاهده که طی آن سطح آب از موقعیت h_t به h_{t0} می‌رسد (روز)، h_t و h_{t0} بار هیدرولیکی مشاهداتی در زمان‌های t_{t1} و t_{t2} (متر) و α ضریب عکس‌العمل (بدون بعد) است.

هدایت هیدرولیکی پوشش زهکش از عوامل تأثیرگذار بر مقاومت ورودی جریان است که بر کارکرد هیدرولیکی پوشش نیز مؤثر است. هدایت هیدرولیکی پوشش‌های آلی و از جمله پوسته برنج، به‌دلیل تراکم آنها، در اثر بار وارد از طرف ستون خاک بالای آنها متغیر است. هدایت هیدرولیکی پوسته با دستگاه نفوذسنج اندازه‌گیری شد. به‌این صورت که تحت بار آبی مشخص قرار گرفته، آب خروجی از دستگاه در داخل ظرفی ریخته شد و سپس با داشتن زمان دبی خروجی از دستگاه نفوذسنج محاسبه شد. با جایگذاری شیب هیدرولیکی و سطح مقطع دستگاه نفوذسنج و داشتن دبی خروجی، مقدار هدایت هیدرولیکی بر اساس رابطه داری به‌دست آمد.

$$Q = KAI \quad [4]$$

هدایت هیدرولیکی پوسته برنج مقدار ۵۷۰ متر بر روز به‌دست آمد. بعضی از خصوصیات پوسته برنج در جدول ۲ و خصوصیات خاکستر آن در جدول ۳ آمده است.

پارامترهای اندازه‌گیری‌شده در این آزمایش‌ها عبارتند از:

۱. دبی خروجی از زهکش؛
۲. ارتفاع سطح آب موجود در پیزومترها در زمان‌های مشخص.

دبی خروجی از زهکش

حجم آب خروجی در مجدت زمان مشخص با استفاده از استوانه مدرج اندازه‌گیری و در نهایت با استفاده از رابطه زیر، دبی خروجی با روش حجمی تعیین شد.

$$Q = \left(\frac{V}{T} \right) \quad [1]$$

در این رابطه، Q دبی خروجی از دهانه زهکش، بر حسب لیتر در ثانیه، V حجم آب خروجی از زهکش بر حسب لیتر و T مدت زمان خروج آب به اندازه حجم V از دهانه زهکش بر حسب ثانیه است.

ارتفاع سطح آب موجود در پیزومترها در زمان‌های مشخص

برای قرائت تراز سطح آب داخل پیزومترها، پس از عکس‌برداری از پیزومترها در فواصل زمانی مشخص با رقومی کردن عکس‌ها و استفاده از نرم افزار گرافر تراز سطح آب مشخص شد. سپس نمودار سطح ایستابی نسبت به زمان برای هر سه گزینه رسم شد. همچنین مقدار ضریب عکس‌العمل برای هر سه گزینه به‌دست آمد تا برای مقایسه سرعت تخلیه به‌کار گرفته شود. از آنجا که هدف از زهکشی در مناطق شمالی، تخلیه هر چه سریع‌تر آب است، زهکشی سریع در این مناطق از خواسته‌های زهکشی است و ضریب عکس‌العمل عاملی است که سرعت تخلیه و

جدول ۲. خصوصیات فیزیکی پوسته برنج

درصد خاکستر	جرم حجمی Kg/M ³	جرم مخصوص حقیقی (gr/cm ³)	جرم مخصوص ظاهری (gr/cm ³)	درصد جذب آب	تخلخل (%)	Cu ¹	Cc ²
۱۸ - ۲۱	۱۰۰ - ۱۵۰	۰/۰۴	۰/۰۸	۴۱۰	۷۹	۲/۸	۱/۱۶

^۱ ضریب انحناء، ^۲ ضریب یکنواختی

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۳ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۲

جدول ۳. ترکیبات موجود در خاکستر پوسته برنج

عنصر	SiO ₂ ^۷	Fe ₂ O ₃ ^۶	Al ₂ O ₃ ^۵	CaO ^۴	MgO ^۳	Na ₂ O ^۲	K ₂ O ^۱
درصد وزنی موجود در خاکستر	۹۲/۱۵	۰/۲۱	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۵	۰/۰۸	۲/۳۱

^۱ اکسید پتاسیم، ^۲ اکسید سدیم، ^۳ اکسید منیزیم، ^۴ اکسید کلسیم، ^۵ اکسید آلومینوم، ^۶ اکسید آهن III، ^۷ سیلیس

جدول ۴. درصد ترکیبات شیمیایی پوسته برنج

ترکیب	سلولز	لیگنین	خاکستر
درصد	۳۶/۴۹ - ۵۴/۵۱	۲۳/۲۰ - ۷۷/۱۷	۳۲/۱۳ - ۸/۱۷

ژئوتکتستایل این است که سطح مقطع عبور جریان در حالت ترانشه بیشتر از حالت پوشش است. شکل‌های ۳ تا ۸ تغییرات دبی زهکش و نوسانات سطح ایستابی را نسبت به زمان به ترتیب برای سیستم‌های کنترل، ترانشه و لوله پوسته برنج نشان می‌دهند. همان‌طور که از شکل‌های ۳ تا ۵ دیده می‌شود، سطح زیر نمودارهای مربوط به سیستم ترانشه و پوسته لوله برنج، بیشتر از نمودار گزینه کنترل است که نشان می‌دهد حجم بیشتری آب از این دو سیستم خارج شده است. پس این دو سیستم در سریع خشک شدن خاک خوب عمل کرده‌اند و هدف زهکشی سریع را برآورده‌اند. تیمار کنترل (لوله و پوشش شن و ماسه) در ابتدای آزمایش، دبی بیشتری نسبت به پوسته برنج داشت، اما بعد از گذشت زمان کمی، دبی خروجی از پوسته بیشتر شد، علت را می‌توان تأثیر سطح ایستابی بر دبی دانست، به طوری که هر چه سطح ایستابی بالاتر بوده، دبی خروجی در گزینه کنترل بیشتر بوده است.

به‌علت زیاد بودن سیلیس در پوسته برنج، استفاده از آن در تعلیف دام محدود است، زیرا موجب لاغر شدن و سقط جنین می‌شود. زیاد بودن سیلیس سبب می‌شود که پوسته برنج در مقابل تجزیه مقاومت بیشتری داشته باشد که برای هدف زهکشی مناسب است. متوسط درصد ترکیب شیمیایی پوسته برنج در چند منطقه ایران در جدول ۴ ارائه شده است.

نتایج و بحث

مقدار ضریب عکس‌العمل با استفاده از رابطه گلور دام (رابطه ۳) برای هر سه حالت مورد نظر چنین به‌دست آمد که در جدول ۵ مشاهده می‌شود.

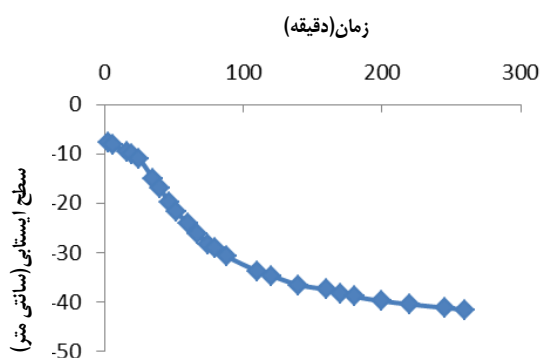
همان‌طور که از مقادیر ضریب عکس‌العمل مشاهده می‌شود، این مقدار برای تیمار ترانشه پوسته برنج بیشتر از سایر تیمارهاست. حالت استفاده از ترانشه پوسته برنج نتایج بهتری نشان داده است. دلیل تفاوت مقدار ضریب عکس‌العمل برای حالت ترانشه با حالت پوشش

جدول ۵. مقادیر ضریب عکس‌العمل برای تیمارهای مورد بررسی

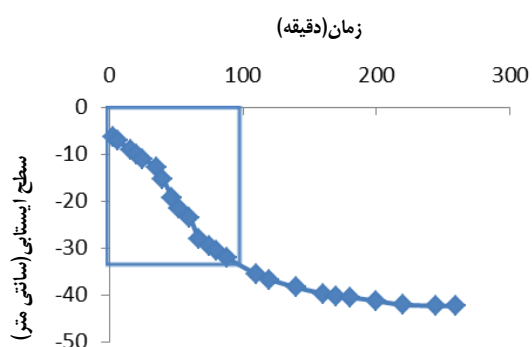
نوع زهکش مورد استفاده	لوله با پوشش شن و ماسه	ترانشه پوسته برنج	پوسته با پوشش ژئوتکتستایل
ضریب عکس‌العمل (بر روز)	۸/۹۳۷	۹/۸۹۹	۹/۱۳۶

مدیریت آب و آبیاری

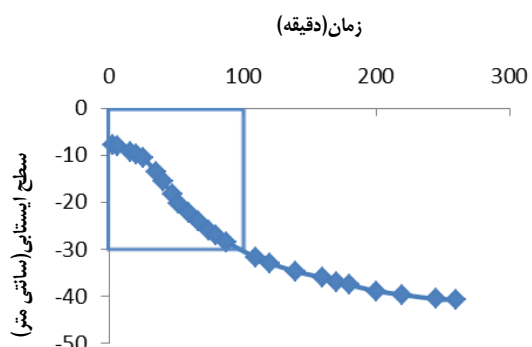
کمتری، بیشتر پایین آورده‌اند. به‌عبارتی تأثیر ارتفاع بیشینه سطح ایستابی بر گزینه کنترل بیشتر از دیگر سیستم‌هاست.



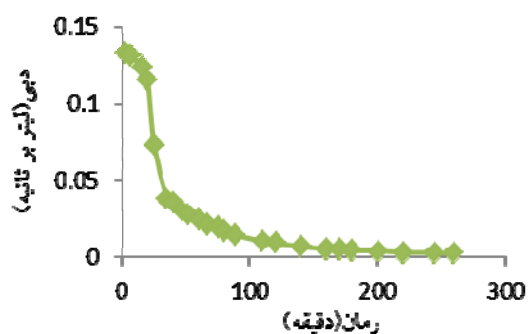
شکل ۶. تغییرات سطح ایستابی نسبت به زمان در گزینه کنترل



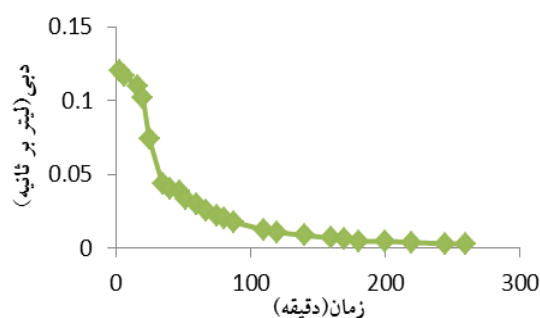
شکل ۷. تغییرات سطح ایستابی نسبت به زمان گزینه ترانشه



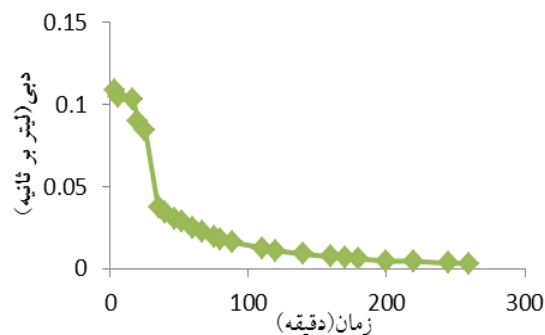
شکل ۸. تغییرات سطح ایستابی نسبت به زمان گزینه لوله پوسته برنج



شکل ۳. تغییرات دبی زهکش نسبت به زمان در گزینه کنترل



شکل ۴. تغییرات دبی زهکش نسبت به زمان در گزینه ترانشه



شکل ۵. تغییرات دبی زهکش نسبت به زمان در گزینه لوله پوسته برنج

همچنین از شکل‌های ۶ تا ۸ می‌توان دریافت که گزینه کنترل در زمان‌های اولیه، آب بیشتری به‌نسبت دو گزینه دیگر از خاک خارج کرده و در نتیجه آن، سطح ایستابی زودتر پایین افتاده است، اما در زمان‌های بعدی، گزینه‌های ترانشه و لوله پوسته برنج، سطح ایستابی را در زمان

منابع

۱. ابراهیمیان، ح (۱۳۸۶). ارزیابی عملکرد سیستم زهکشی زیرزمینی با پوشش پوسته برنج، منطقه مورد مطالعه بهشهر. دانشگاه تهران. تهران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
۲. حقایقی مقدم، ا؛ اخوان، ک (۱۳۸۳). «ارزیابی عملکرد زهکش‌های زیرزمینی احداث‌شده در منطقه مغان»، مجموعه مقالات سومین کنگره فنی زهکشی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ایران.
۳. کابوسی، ک (۱۳۸۴). بررسی پوسته برنج به منظور پوشش زهکشی لوله‌ای زیرزمینی. دانشگاه تهران. تهران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
۴. منصوری سرنجیانه، ف (۱۳۸۴). بررسی پارامترهای طراحی سیستم‌های زهکشی زیرزمینی (منطقه مورد مطالعه: نیشکر خوزستان). دانشگاه تهران. تهران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
5. Cooke RA, Badiger S and Garcia AM (2000) drainage equations for random and irregular tile drainage systems. Agriculture Water Management. 48(3): 207-224.
6. Trafford B D (1986) Drainage testing. Food and Agriculture Organization. Irrigation and Drainage. 28.
7. Stuyt. LCPM (2000) Materials for subsurface land drainage systems. FAO Irrigation and Drainage 60(1): 21-42.
8. Knops JAC and Dierickx W (1979) Drainage material. Proceedings of the international drainage workshop, Nedtherland.

همان‌طور که از شکل‌های ۸-۶ مشخص است، گزینه‌های کنترل و ترانشه‌ای در کاهش سطح ایستابی شبیه هم عمل کرده و تقریباً به یک اندازه سطح ایستابی را پایین آورده‌اند.

نتایج این آزمایش‌ها حاکی از آن است که برای برآورده کردن نیاز زهکشی در مناطق شمالی و امکان کشت دوم می‌توان از پوسته برنج به جای لوله و فیلتر بهره گرفت. با توجه به عملکرد خوب پوسته برنج در کاهش سطح ایستابی با توجه به وزن مخصوص ظاهری ۱۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب و تولید بیش از ۶۰۰ هزار تن پوسته برنج در کشور، می‌توان ۶۰ هزار کیلومتر خط زهکش به ابعاد ۵۰ × ۲۰ سانتی‌متر احداث کرد که به کشاورزان کمک می‌کند با هزینه کمتری نسبت به زهکش با پوشش شن و ماسه و با همان کارایی، زمین‌هایشان را زهکشی کنند و کشت دوم داشته باشند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج این تحقیق به قرار زیر است:

۱. پوسته برنج در کاهش سطح ایستابی خوب عمل می‌کند؛
 ۲. ضریب عکس‌العمل سیستم پوسته برنج تراشه‌ای بیشتر از پوسته برنج لوله‌ای است که می‌تواند هدف از زهکشی سریع را تأمین کند؛
 ۳. راحتی اجرا در حالت پوسته برنج تراشه‌ای بیشتر از حالت لوله‌ای است.
- پیشنهاد می‌شود این آزمایش‌ها در شرایط واقعی و با چند بافت خاک اجرا شود و علاوه بر بررسی مقدار خروجی زه‌آب، درباره مقدار گرفتگی پوشش برنج هم تحقیق شود تا کارکرد فیلتری پوشش نیز مشخص شود. همچنین بهتر است نقش فیلتری پوسته برنج در حذف آلاینده‌ها به خصوص نترات بررسی شود.

9. Knops JAC (1979) Research on envelope materials for subsurface drains. Proceedings of the international drainage workshop, Netherland.
10. Penkava FF and Singh PN (1982) Straw envelope and filters for corrugated plastic subsurface drain, proceedings 2nd international drainage workshop, USA.
11. Safwat AD (1998) Performance of some drainage systems in the Nile Delta. ASAE Proceedings of the 7th Annual Drainage, Egypt.
12. Safwat AD and Ritzema HP (1990) Verification of drainage design criteria in the Nile Delta. Irrigation and drainage Systems 4(2):117-131.