مجله تحقیقات آب و خاک ایران (۴۰) ۱، ۱۳۸۸ (۶-۱)

# قابلیت کاربرد پوسته برنج به عنوان پوشش در زهکشی زیرزمینی

**کامی کابوسی[1*]، عبدالمجید لیاقت[2] و حسن رحیمی[3]**

[1] عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان و [2،3] استادان گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

## چکیده

با توجه به نقش و اهمیت زهکشی زیرزمینی و توجه ویژه به آن در راستای کنترل سطح ایستابی، تحقیقات گسترده‌ای در تمام نقاط دنیا به منظور دستیابی به راه حل‌های جدید و اقتصادی‌تر خصوصاً در ارتباط با انواع لوله، مواد پوششی اطراف آنها و تکنیک‌های نصب و کارگذاری هر یک در حال اجرا می‌باشد. این تحقیق، به منظور بررسی قابلیت کاربرد پوسته برنج در زهکشی زیرزمینی به عنوان پوشش دور لوله صورت گرفته است و به این دلیل کارکرد آن با پوشش شن و ماسه مورد مقایسه قرار گرفت. به منظور شبیه‌سازی شرایط طبیعی اراضی زهکشی شده در آزمایشگاه و آزمایش فیلتراسیون و آبگذری پوسته برنج، از یک مخزن آب و خاک با دیواره جانبی دو جداره که علاوه بر امکان تنظیم سطح ایستابی در ارتفاع مورد نظر، بخشی از یک ترانشه زهکشی را شبیه‌سازی می‌نماید، استفاده گردید. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که پوسته برنج حتی در تراکم‌های زیاد نیز دارای هدایت هیدرولیکی بالایی است که این امر می‌تواند متضمن کارکرد هیدرولیکی پوشش پوسته برنج باشد. همچنین در مقایسه با پوشش شن و ماسه، پوشش پوسته برنج کارکرد فیلتری مناسبی داشته است. به علاوه، اگرچه دبی زهکش با پوشش پوسته برنج کمتر از زهکش با پوشش شن و ماسه است، لیکن به دلیل هزینه بالای تهیه و حمل و نقل شن و ماسه بویژه در مناطقی که منابع قرضه از محل پروژه فاصله زیادی دارند و از طرفی در این مناطق پوسته برنج به مقدار فراوان موجود است (مانند مناطق شمالی کشور)، استفاده از پوشش پوسته برنج قابل توصیه می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** پوسته برنج، پوشش زهکش، شن و ماسه، فیلتر زهکش

## مقدمه

با عنایت به اهمیت پوشش در طرح‌های زهکشی اراضی، توجه به ملاحظات کلی طرح و جنبه‌های اقتصادی و فنی پروژه‌های زهکشی و تجارب بین‌المللی، از مهمترین جنبه‌های انتخاب نوع پوشش می‌باشد. پوشش‌های شن و ماسه که رایج‌ترین نوع پوشش لوله‌های زهکشی هستند، قسمت زیادی از هزینه اجرایی یک طرح را به خود اختصاص می‌دهند. چرا که در بسیاری از مناطق، منابع قرضه صدها کیلومتر از محل پروژه فاصله داشته و مشکلات عدیده‌ای را در تأمین آن بوجود می‌آورد. برای مثال، در طرح توسعه نیشکر خوزستان فاصله حمل مصالح پوششی تا محل مصرف بین ۵۰ تا ۲۲۰ کیلومتر است. واضح است که حمل حدود چند میلیون تن مصالح از فاصله‌ای دور، آسان و کم هزینه نبوده است (IRNCID, 2002). در مقابل، پوشش‌های آلی دارای مزایایی چون ارزانی، نصب آسان و عدم نیاز به طراحی خاص می‌باشند. با این حال طول عمر این مواد کاملاً متغیر است و به شدت به شرایط محیطی و عواملی چون درجه حرارت، شرایط رطوبتی، pH محیط، فعالیت بیولوژیکی باکتری‌ها و حضور اکسیژن در محل بستگی دارد (Knops and Dierickx, 1979; Vlotman et al., 2000). در کشورهای اسکاندیناوی، خاک اره حاصل از درختان مخروطی (Coniferous Tree) اغلب به عنوان ماده پوششی برای لوله‌های زهکشی مورد استفاده قرار می‌گیرد (IRNCID, 2004). در نروژ ۵۰ درصد از خاک اره معمولاً بعد از ۲۰ سال تجزیه می‌شود. با این وجود برخی از زهکش‌ها به دلیل درجه حرارت پائین در کشورهای اسکاندیناوی بیش از ۳۰ سال طول عمر داشته‌اند. در این کشورها خاک اره در لایه‌ای با ضخامت ۷۰-۵۰ میلی‌متر به عنوان پوشش استفاده می‌شود (IRNCID, 2002). در لیتوانی نتایج یک تحقیق چهار ساله که بین سال‌های ۹۸-۱۹۹۴ صورت گرفت، نشان داد که استفاده از پوشش خاک اره سبب بهبود کارکرد سیستم زهکشی گردید (Rimidis and Dierickx, 2003).

پوسته برنج به عنوان یکی از تولیدات جانبی کارخانه‌های شالیکوبی به مقدار فراوان یافت می‌شود. بر اساس آمار منتشر شده توسط اداره کل آمار و اطلاعات وزارت کشاورزی، تولید برنج ایران در سال زراعی ۸۱-۱۳۸۰ بالغ بر ۲،۷۰۰،۰۰۰ تن

* پست الکترونیک مکاتبه کننده: kkaboosi@yahoo.com

بوده است که با احتساب ۲۰٪ پوسته برنج میزان تولید این ماده قریب به نیم میلیون تن می‌باشد (Iran agriculture ministry, 2001). مطالعات زیادی به منظور استفاده از پوسته برنج در غذای طیور، تولید کود کشاورزی، عایق‌بندی و پر کردن مصالح، تولید انرژی و سوخت، جذب آلودگی‌های زیستی (آلودگی‌های گازی و آبی) و غیره صورت گرفته است (Munaf, and Zein, 1997; Munaf, et al., 1997; Asadi et al., 2002; Lopez, 2003). با این حال استفاده از پوسته برنج به عنوان پوشش زهکش سابقه علمی نداشته و برای نخستین بار در این تحقیق مورد بررسی قرار می‌گیرد. پیش فرض اولیه در استفاده از این ماده به عنوان پوشش زهکش، بالا بودن سیلیس (درصد مواد معدنی) و درصد تخلخل آن بوده است. هدف کلی این تحقیق کاهش هزینه طرح‌های زهکشی و استفاده از مواد و مصالح بومی موجود در یک منطقه، به خصوص در شرایطی که دیگر منابع تهیه پوشش در دسترس نباشند، بوده است. برای رسیدن به این هدف، اهداف علمی طرح شامل موارد زیر مورد بررسی قرار گرفت:

۱- بررسی خصوصیات هیدرولیکی پوسته برنج از نظر آبگذری و فیلتراسیون

۲- بررسی قابلیت استفاده از پوسته برنج به جای پوشش شن و ماسه

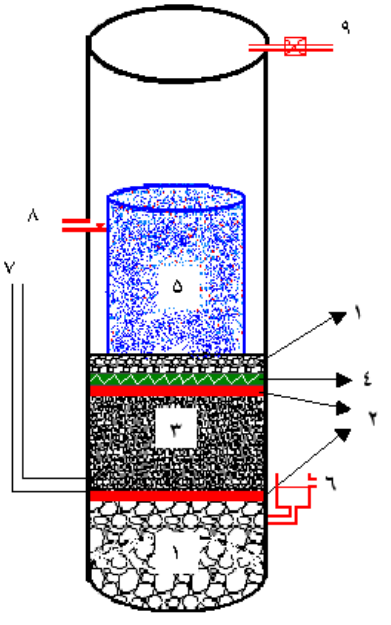
## مواد و روش‌ها

برای تحقق اهداف علمی تحقیق، در ابتدا برخی از خصوصیات فیزیکی حائز اهمیت پوسته برنج شامل منحنی دانه‌بندی، تخلخل، وزن مخصوص ظاهری و حقیقی و درصد جذب آب اندازه‌گیری گردید. پوسته برنج به دلیل شکل خاصش (دوکی شکل بودن) این امکان را دارد که در مدت زمان‌های مختلف الک کردن منحنی دانه‌بندی متفاوتی داشته باشد، به این دلیل منحنی دانه‌بندی پوسته برنج برای مدت‌های زمانی ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه الک کردن رسم گردید و مشاهده شد که با افزایش زمان، علاوه بر افزایش شانس ذرات برای عبور از الک، به دلیل شکسته شدن ذرات پوسته برنج منحنی دانه‌بندی تغییر می‌کند. به این دلیل و نیز به منظور رعایت استانداردهایی که در تعیین منحنی دانه‌بندی خاک وجود دارد، مدت زمان ۱۰ دقیقه برای الک کردن در نظر گرفته شد و منحنی دانه‌بندی با سه تکرار رسم شده و بر اساس آن ضریب یکنواختی و ضریب انحناء منحنی دانه‌بندی محاسبه گردید.

هدایت هیدرولیکی پوشش زهکش از عوامل تأثیرگذار بر مقاومت ورودی جریان بوده که بر کارکرد هیدرولیکی پوشش نیز مؤثر است. هدایت هیدرولیکی پوشش‌های آلی و از جمله پوسته برنج به دلیل تراکم آنها، در اثر بار وارده از طرف ستون خاک بالای آنها، متغیر است. به این دلیل با ساخت یک هدایت-سنج، تغییرات هدایت هیدرولیکی پوسته برنج در اثر اعمال بارهای استاتیکی مختلف مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. همان‌طور که در شکل (۱) نشان داده شده است، هدایت‌سنج از یک استوانه شفاف از جنس پلکسی‌گلاس به ضخامت ۸ میلی‌متر، قطر ۲۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۲۰ سانتی‌متر تشکیل شده است که در بدنه آن دو روزنه تعبیه شده است که روزنه بالایی نقش یک سرریز را ایفاء می‌کند و از آن برای ایجاد بار آبی ثابت استفاده می‌شود و روزنه پایینی به عنوان خروجی هدایت‌سنج می‌باشد که به وسیله لوله به یک مخزن دارای سرریز کنترل-کننده سطح آب متصل می‌باشد. همچنین برای اندازه‌گیری شیب هیدرولیکی یک عدد پیزومتر در ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری از پایین هدایت‌سنج در بدنه آن تعبیه گردید. ورودی جریان به هدایت سنج در قسمت بالایی قرار دارد که به منظور جلوگیری از تلاطم در سطح، آب بوسیله یک لوله به درون استوانه هدایت شد. برای اجرای آزمایش، از کف هدایت‌سنج تا محل نصب پیزومتر شن و ماسه درشت ریخته شد. به منظور جلوگیری از حرکت و خروج پوسته برنج یک توری فلزی نازک بر روی شن و ماسه مستقر گردید و سپس تا سطح مشخصی در داخل هدایت-سنج پوسته برنج ریخته شد و مجدداً در بالای پوسته برنج توری فلزی قرار گرفت. برای اعمال بار فشاری، به منظور شبیه‌سازی فشار ستون خاک در بالای پوشش در شرایط مزرعه، از استوانه-های بتنی به قطر ۱۵ سانتی‌متر استفاده گردید. در هر مرحله پس از تعیین هدایت هیدرولیکی بر میزان بار افزوده گردید. همچنین به منظور پخش کردن بار استاتیکی در تمام سطح مقطع و جلوگیری از اثرات حاشیه‌ای، از یک ورقه پلکسی‌گلاس مشبک به ضخامت ۸ میلی‌متر استفاده گردید که این ورقه در بالای توری فلزی قرار داده شد. از آنجا که قرار دادن استوانه بتنی بر روی این ورقه مشبک منجر به بسته شدن سوراخ‌های روی ورقه و جلوگیری از عبور جریان از تمام سطح مقطع پوسته برنج می‌گردید، بر روی این ورقه مقداری قلوه سنگ درشت ریخته شد و سپس در بالای آن استوانه‌های بتنی قرار گرفت.

برای بررسی خصوصیات آبگذری و فیلتراسیون پوسته برنج به عنوان پوشش دور لوله زهکش و مقایسه آن با پوشش رایج شن و ماسه در آزمایشگاه، از یک مخزن آب و خاک با دیواره جانبی دو جداره که علاوه بر امکان تنظیم سطح ایستابی در ارتفاع مورد نظر، بخشی از یک ترانشه زهکشی را شبیه‌سازی می‌نماید، استفاده گردید. در شکل (۲) نمایی از این مخزن نمایش داده شده است. سطح ایستابی در دیواره‌های جانبی دو

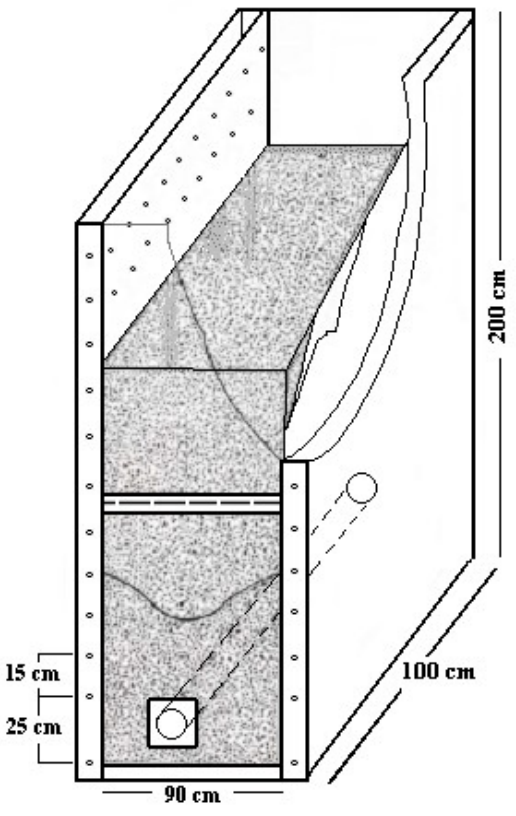
جداره از طریق سرریزهایی که به فاصله ۱۵ سانتی‌متر از یکدیگر نصب شده بودند کنترل شده و آب از طریق روزنه‌هایی که در فواصل ۱۰×۱۰ سانتی‌متر و قطر ۴ میلی‌متر در دیواره‌های جانبی مخزن تعبیه شده‌اند، از دو طرف به داخل خاک جریان می‌یابد که شرایطی شبیه به جریان آب در داخل زمین به طرف لوله‌های زهکش را بازسازی می‌نماید. برای امکان برقراری جریانات شعاعی، محور لوله زهکش در فاصله ۲۵ سانتی‌متر از کف مخزن قرار داده شد. ورود آب به داخل بخش دو جداره از طریق شیرهای موجود در پایین‌ترین قسمت آن امکان‌پذیر می‌باشد و با ورود آب از این نقطه و افزایش تدریجی عمق آن عملاً امکان اشباع هر چه بهتر خاک و خروج حباب‌های محبوس هوا فراهم می‌گردد. آب خروجی از زهکش‌ها نیز به وسیله یک لوله جمع‌آوری و به مخازن رسوبگیری که در پشت مخزن خاک و آب قرار داشت، منتقل گردید تا پس از بر جای گذاشتن رسوبات از مخزن خارج شود.




۱- شن و ماسه درشت، ۲- توری فلزی نازک، ۳- پوسته برنج، ۴- صفحه مشبک پلکسی‌گلاس، ۵- استوانه بتنی، ۶- مخزن سرریز کننده خروجی، ۷- پیزومتر، ۸- سرریز تنظیم کننده سطح ایستابی، ۹- ورودی جریان

**شکل ۱- ساختمان هدایت سنج و اجزاء آن**

در داخل این مخزن به ارتفاع ۱۵۰ سانتی‌متر خاک ریخته شد. آزمایش‌ها در دو نوع خاک (سبک و سنگین) که بر اساس استانداردهای موجود (استاندارد SCS و استاندارد آلمان غربی بر اساس بافت خاک) الزاماً به پوشش نیاز داشتند و در دو سطح ایستابی ۴۵ و ۹۰ سانتی‌متر از مرکز لوله زهکش صورت گرفت. خاک سنگین دارای بافت لوم (شامل ۱۴٪ رس، ۴۳٪ سیلت و ۴۳٪ ماسه) و خاک سبک دارای بافت لوم ماسه‌ای (شامل ۶٪ رس، ۲۳٪ سیلت و ۷۱٪ ماسه) بود. میزان دبی جریان زهکشی شده و درجه حرارت آب خروجی در زمان اندازه‌گیری دبی، روزانه اندازه‌گیری گردید و این عمل تا زمانی که دبی خروجی در چند روز متوالی تقریباً ثابت بماند، ادامه یافت. میزان رسوبات خروجی از زهکش و رسوبات بر جای مانده در داخل لوله زهکش نیز در پایان هر آزمایش تعیین گردید. لوله زهکش مورد استفاده در این تحقیق لوله PVC خرطومی به قطر ۱۰ سانتی‌متر بود که به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر در اطراف آن پوشش مورد نظر ریخته شد.

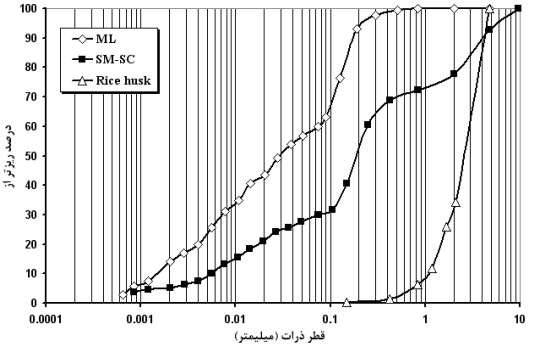



**شکل ۲- جزئیات ساختمان مدل فیزیکی (مخزن خاک و آب)**

## نتایج و بحث

در اجرای آزمایش‌های زهکشی، انتخاب نوع خاک از اهمیت ویژه ای برخوردار است و به طور مستقیم بر نتایج حاصله اثر می‌گذارد. بر این اساس با توجه به نتایج حاصله از آزمایش‌های دانه‌بندی و حدود اتربرگ، خاک‌ها در سیستم یونیفاید طبقه‌بندی گردیدند و در نهایت خاک ML با بافت سنگین (سیلت با پلاستیسیته پایین همراه با ماسه ریز) و خاک SM-SC با بافت سبک (ماسه رسی سیلتی، ماسه سیلتی) که بر اساس توصیه SCS نیازمند پوشش بودند، مورد استفاده قرار گرفتند. منحنی

دانه‌بندی خاک‌ها و پوسته برنج در شکل (۳) نشان داده شده است.



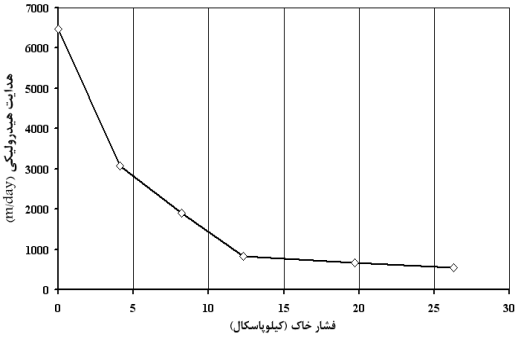

**شکل ۳- منحنی دانه‌بندی خاک‌ها و پوسته برنج**

خصوصیات فیزیکی پوسته برنج در جدول (۱) ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، درصد تخلخل پوسته برنج بسیار بالا و در حدود ۷۹ درصد است. علت بالا بودن تخلخل پوسته برنج علاوه بر نحوه آرایش آن به دلیل دوکی شکل بودن پوسته برنج نیز می‌باشد.

**جدول ۱- خصوصیات فیزیکی پوسته برنج**

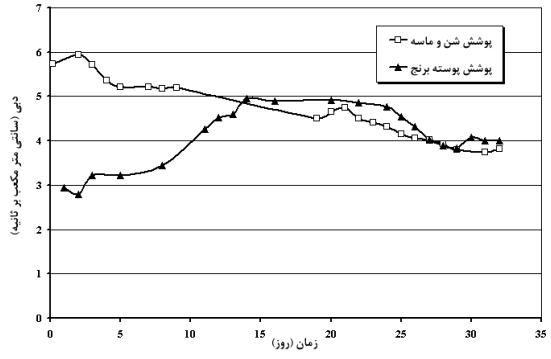
| ضریب انحناء | ضریب یکنواختی | تخلخل (٪) | درصد جذب آب | وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتیمترمکعب) | وزن مخصوص حقیقی (گرم بر سانتیمترمکعب) |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱/۱۶ | ۲/۸ | ۷۹ | ۴۱۰ | ۰/۰۸۱ | ۰/۳۶ |

نتایج تغییرات هدایت هیدرولیکی پوسته برنج تحت بارهای استاتیکی مختلف در شکل (۴) ارائه شده است. دامنه تغییرات هدایت هیدرولیکی پوسته برنج تحت فشار ۲۶-۰ کیلو پاسکال بین ۵۰۰-۶۵۰۰ متر بر روز می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، با افزایش فشار (یا افزایش تراکم)، هدایت هیدرولیکی کاهش می‌یابد اما در تراکم‌های بالا تقریباً ثابت می‌گردد. هدایت هیدرولیکی پوسته برنج حتی در تراکم‌های بالا نیز زیاد است که این امر کارکرد هیدرولیکی پوشش پوسته برنج را تضمین می‌نماید.

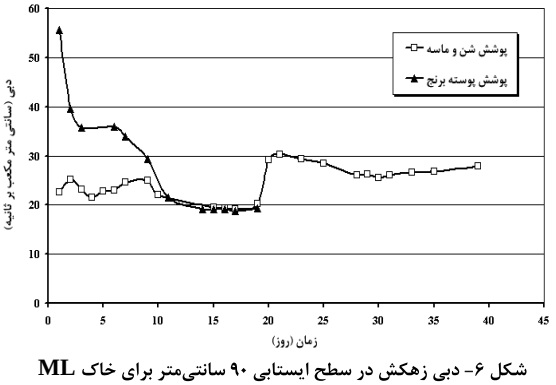



**شکل ۴- تغییرات هدایت هیدرولیکی پوسته برنج در فشارهای مختلف ستون خاک**

دبی خروجی از زهکش با پوشش شن و ماسه و زهکش با پوشش پوسته برنج برای خاک ML در دو سطح ایستابی ۴۵ و ۹۰ سانتی‌متر به ترتیب در شکل‌های (۵) و (۶) ارائه شده است. همان‌طور که در شکل (۵) دیده می‌شود، در سطح ایستابی ۴۵ سانتی‌متر بین دبی نهائی خروجی (متوسط دبی در سه روز آخر) از زهکش با پوشش شن و ماسه و دبی نهائی خروجی از زهکش با پوشش پوسته برنج اختلاف زیادی مشاهده نگردید و حتی دبی نهائی زهکش با پوشش پوسته برنج کمی بیشتر از زهکش با پوشش شن و ماسه بود. یکی از دلایل این امر بالاتر بودن دمای آب در زمان آزمایش پوشش پوسته برنج (متوسط دما در طول آزمایش $^{o}C$ ۲۴) در مقایسه با زمان آزمایش پوشش شن و ماسه (متوسط دما در طول آزمایش $^{o}C$ ۸) می‌باشد. همچنین با توجه به شکل (۶)، برای سطح ایستابی ۹۰ سانتی‌متر در خاک ML دبی خروجی نهائی از زهکش با پوشش شن و ماسه ۱/۴۵ برابر دبی خروجی نهائی از زهکش با پوشش پوسته برنج اندازه‌گیری گردید.




**شکل ۵- دبی زهکش در سطح ایستابی ۴۵ سانتی‌متر برای خاک ML**

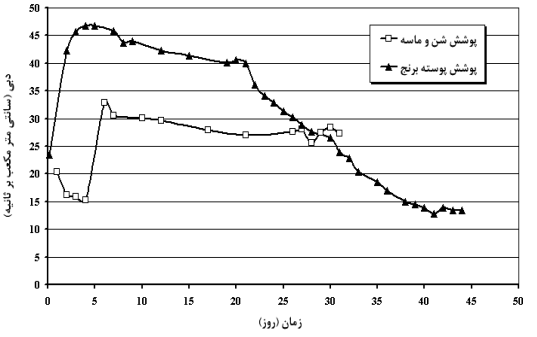



**شکل ۶- دبی زهکش در سطح ایستابی ۹۰ سانتی‌متر برای خاک ML**

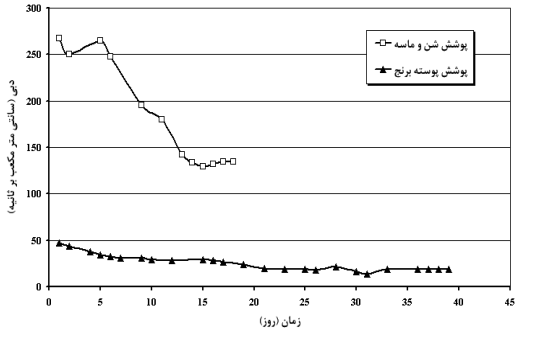
دبی خروجی از زهکش با پوشش شن و ماسه و زهکش با پوشش پوسته برنج برای خاک SM-SC در دو سطح ایستابی ۴۵ و ۹۰ سانتی‌متر به ترتیب در شکل‌های (۷) و (۸) نشان داده شده است. با توجه به شکل (۷)، برای سطح ایستابی ۴۵ سانتی‌متر دبی نهائی خروجی از زهکش با پوشش شن و ماسه دو برابر دبی نهائی زهکش با پوشش پوسته برنج می‌باشد. همچنین همان‌طور که در شکل (۸) دیده می‌شود، دبی خروجی از

زهکش با پوشش شن و ماسه بسیار زیاد است که این امر به دلیل نشست خاک در داخل مخزن و ایجاد درز و شکاف در خاک در عمق نصب زهکش بود. به این دلیل، از مقایسه آن با دبی خروجی از زهکش با پوشش پوسته برنج خودداری گردید. علت ایجاد درز و شکاف، فشار هیدرواستاتیکی است که از دو سمت جانبی و از بالا به خاک وارد شد که این امر به همراه متراکم نبودن خاک باعث نشست خاک و ایجاد درز و شکاف گردید.

روند افزایشی دبی خروجی از زهکش در چند روز نخست، در سطح ایستابی ۴۵ سانتی‌متر، به دلیل افزایش تراز سطح ایستابی از صفر به ۴۵ سانتی‌متر می‌باشد اما در سطح ایستابی ۹۰ سانتی‌متر قرائت دبی از زمان تثبیت سطح ایستابی در تراز ۹۰ سانتی‌متر صورت گرفت.




**شکل ۷- دبی زهکش در سطح ایستابی ۴۵ سانتی‌متر برای خاک SM-SC**




**شکل ۸- دبی زهکش در سطح ایستابی ۹۰ سانتی‌متر برای خاک SM-SC**

در تمام موارد دبی خروجی از زهکش‌ها سیر نزولی از خود نشان داد و در نهایت تقریباً در یک دامنه کم نوسان می‌کرد. علت کاهش دبی خروجی آن است که پس از پر کردن مخازن با خاک و برقرار شدن جریان، ذرات خاک در اطراف لوله و پوشش آرایش جدیدی یافته و ذرات ریزتر در داخل فضاهای خالی موجود بین ذرات پوشش قرار می‌گیرند که این امر موجب کاهش دبی می‌شود.

میزان رسوبات خروجی از زهکش و رسوبات بر جای مانده در داخل لوله زهکش برای تیمار زهکش با پوشش شن و ماسه در جدول (۲) ارائه شده است. با توجه به این که در هر دو خاک و برای هر دو سطح ایستابی در تیمار زهکش با پوشش پوسته برنج هیچ‌گونه رسوبی در داخل مخزن رسوبگیر و لوله زهکش مشاهده نگردید، مقادیر رسوب ارائه شده در جدول (۲) فقط مربوط به تیمار زهکش با پوشش شن و ماسه می‌باشد. عدم وجود رسوب در تیمار زهکش با پوشش پوسته برنج نشان از کارکرد فیلتری بسیار مناسب پوشش پوسته برنج دارد.

**جدول ۲- میزان رسوبات خروجی از زهکش و بر جای مانده در داخل آن در تیمار پوشش شن و ماسه (گرم)**

| نوع خاک | سطح ایستابی ۴۵ سانتی‌متر | | سطح ایستابی ۹۰ سانتی‌متر | |
|---|---|---|---|---|
| | داخل لوله زهکش | داخل مخزن رسوبگیر | داخل لوله زهکش | داخل مخزن رسوبگیر |
| SM-SC | اندک | صفر | ۱۰ | ۵۹ |
| ML | اندک | ۱۵ | ۶۷ | ۲۵۱ |

## نتیجه‌گیری کلی

در جمع‌بندی نتایج می‌توان اظهار داشت که استفاده از پوشش پوسته برنج در مقایسه با پوشش شن و ماسه موجب کاهش دبی خروجی از زهکش می‌گردد، با این حال این امر به‌گونه‌ای نیست که نتوان از این ماده به عنوان پوشش زهکش استفاده ننمود. علت کاهش دبی خروجی از زهکش با پوشش پوسته برنج، بافت ریز آن و دوکی شکل بودن پوسته برنج می‌باشد که باعث می‌شود ذرات خاک در فضای درون پوشش به دام افتاده و میزان مقاومت ورودی جریان افزایش یابد. این امر همچنین باعث می‌شود که هیچ‌گونه رسوبی به داخل لوله زهکش وارد نگردد. به این ترتیب، اگرچه خطر رسوبگذاری در داخل لوله زهکش کاهش می‌یابد، اما با گذر زمان جمع شدن رسوبات در داخل پوشش زهکش موجب کاهش آبگذری پوشش می‌گردد که میزان دبی خروجی نهائی زهکش مؤید این امر می‌باشد. به نظر می‌رسد که با ترکیب پوسته برنج و شن و ماسه درشت می‌توان علاوه بر ایجاد شرایط هیدرولیکی مناسب و آبدهی بالا خطر انسداد معدنی پوشش را مرتفع نموده و هزینه تأمین پوشش شن و ماسه را به مقدار زیادی کاهش داد. بنابراین پیشنهاد می‌شود در یک تحقیق دیگر، کارکرد پوشش با نسبت‌های مختلف اختلاط پوسته برنج و شن و ماسه مورد بررسی قرار گیرد. در نهایت می‌توان اظهار داشت استفاده از پوسته برنج به عنوان پوشش به خصوص در مناطقی که امکان تأمین انواع دیگر پوشش وجود ندارد و این ماده در دسترس است، مانند مناطق شمالی کشور، قابل توصیه می‌باشد.

از آنجا که یکی از اهداف این تحقیق کاهش هزینه سیستم‌های زهکشی و استفاده از پتانسیل‌های بومی موجود در هر منطقه می‌باشد در اینجا این سؤال مطرح می‌شود که با توجه به میزان پوسته برنج تولیدی در کشور چه مقدار از خطوط لوله

زهکش را می‌توان به وسیله این ماده پوشش داد؟ همان‌طور که اشاره شد سالانه حدود نیم میلیون تن پوسته برنج در کشور تولید می‌شود که با توجه به جدول (۱)، اگر وزن مخصوص ظاهری آن را ۱۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب در نظر گرفته شود، سالانه ۵۰۰۰ متر مکعب پوسته برنج در کشور تولید می‌شود. بنابراین اگر از پوشش پوسته برنج به ضخامت ۱۵ سانتی‌متر در اطراف لوله زهکش به قطر ۱۰ سانتی‌متر استفاده شود، می‌توان سالانه بیش از ۳۵ کیلومتر از خطوط زهکشی را به وسیله این ماده پوشش داد که در این صورت توسعه شبکه‌های زهکشی رشد چشمگیری خواهد داشت. در پایان یادآور می‌گردد که جهت جمع‌بندی نهایی و توصیه استفاده از پوشش پوسته برنج لازم است که آزمایش‌های صحرایی حداقل به طول مدت ۵ سال در شرایط واقعی نیز صورت گیرد.

## سپاسگزاری

از قطب علمی ارزیابی و بهسازی شبکه‌های آبیاری و زهکشی گروه آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران که امکان اجرای این طرح را فراهم نمودند کمال تشکر را می‌نماییم.

## REFERENCES

Asadi, F., Mir Gaffari, N. and Shariatmadari, H. (2002). Remove of heavy metals from laboratory solutions and industrial sewages by soil and rice husk. In: Proceedings of *8th Iranian Congress on soil science*, Rasht university, Rasht, Iran. (In Farsi)

Iran agriculture ministry. (2001). Head-office of Statistics and Information. From http://www.agri-jahad.org. (In Farsi)

Iranian National Committee on Irrigation and Drainage. (2002). *Viewpoints of problems of subsurface drainage studying and executing in Iran.* Tehran: IRNCID Publication No. 59. (in Farsi)

Iranian National Committee on Irrigation and Drainage. (2004). *Materials for subsurface drainage systems.* Tehran: IRNCID Publication No. 81. (in Farsi)

Knops, J. A. C. and Dierickx, W. (1979). Drainage material. In: Proceedings of *the International Drainage Workshop*, 16-20 May, ILRI, Wageningen, The Netherlands.

Lopez, E. R. (2003). Characterization of five agricultural by-products as potential biofilter carriers. *Bioresource Technology*, 88, 259-263.

Munaf, E. and Zein, R. (1997). The use of rice husk for removal of toxic metals from wastewater. *Environmental Technology*, 18(3), 359-362.

Munaf, E., Zein, R., Kurniadi, R., and Kurniadi, I. (1997). The use of rice husk for removal of phenol from wastewater as studied using 4-aminoantipyrine spectrophotometer method. *Environmental Technology*, 18(3), 365-358.

Rimidis, A. and Dierickx, W. (2003). Evaluation of subsurface drainage performance in Lithuania. *Agriculture Water Management*, 59, 15-31.

Vlotman, W. F., Willardson, L.S. and Dierickx, W. (2000). *Envelope design for subsurface drains.* Wageningen: ILIR.

This document was created with Win2PDF available at http://www.daneprairie.com.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.