

کنترل نشت کانال با ترکیب خاک-کربنات دوسود و ملاس

صابر کریمی ناغونی^۱، بابک لشکرآرا^{۲*} و لیلا نجفی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول.

۲- نویسنده مسئول، استادیار گروه مهندسی عمران دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول. Lashkarara@jsu.ac.ir

۳- مربی گروه مهندسی عمران دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول.

پذیرش: ۹۶/۳/۳۰

بازنگری: ۹۶/۳/۲۸

دریافت: ۹۵/۹/۲۷

چکیده

در این پژوهش به منظور افزایش راندمان انتقال آب در کانال‌های خاکی، یک پوشش ارزان قیمت معرفی شده است. برای این منظور آستردهی کانال‌های خاکی با استفاده از کربنات دوسود و ملاس نیشکر مورد بررسی قرار گرفته است. ترکیب نمک دوسود با خاک منجر به واگرایی ذرات رس، کاهش خلل و فرج و در نهایت کاهش نفوذپذیری در آن می‌شود. در این تحقیق با توجه به میزان درصد رس در نمونه‌های خاک، اثر میزان به‌کارگیری درصدهای مختلف (۲ الی ۱۰) کربنات دوسود بر میزان نشت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که حداقل میزان نفوذپذیری از ترکیب کربنات دو سود با نمونه‌ی خاک با بافت سیلت-لومی (با ۱۰ درصد رس) از ترکیب ۸ درصد وزنی کربنات دو سود محقق می‌گردد. مشاهدات نظیر نشان داد که درصد مورد نیاز کربنات دوسود برای دستیابی به حداقل نفوذپذیری در خاک‌های با بافت لومی (با ۱۵ و ۲۰ درصد رس) و در خاک با بافت سیلت-رسی-لومی (با ۳۰ درصد رس) به ۱۰ درصد افزایش می‌یابد. آزمایش‌ها نشان داد که با کاهش میزان رس در نمونه‌های مورد بررسی، عوارض ناشی از به‌کارگیری کربنات دوسود و متلاشی شدن ساختمان خاک، باید خاک از نقطه‌نظر پایداری و فرسایش آبی اصلاح شود. به منظور تثبیت ذرات متلاشی شده خاک و افزایش زاویه اصطکاک داخلی ذرات از ملاس نیشکر استفاده شده است. بررسی نتایج نشان داد که روند تغییرات میزان ملاس مصرفی در نمونه‌های اشیاع مورد آزمون، تحت شرایط بهینه ۶ الی ۱۰ درصد وزنی، بسته به میزان رس نمونه تغییر می‌یابد. به منظور کنترل فرسایش آبی، سطوح نمونه پس از ترکیب با گوگرد، به وسیله غلطک داغ اتوکشی گردید. تجربه‌های ناشی از آزمون‌های مختلف در این پژوهش نشان داد که اتو زدن سطوح جداره کانال با غلطک داغ پس از ترکیب با حداقل ۲ درصد گوگرد منجر به ایجاد یک لایه جوشنی در سطوح نمونه شده و این امر منجر به افزایش مقاومت خاک در مقابل فرسایش آبی خواهد شد. علاوه بر آن به‌کارگیری گوگرد منجر به دفع حشرات و جانوران موزی شده و در صورت انحلال با جریان و انتقال به درون مزرعه می‌تواند به‌عنوان یک ماده ساده مغذی نقش مفیدی را ایفاء نماید.

کلید واژه‌ها: پوشش کانال، هدایت هیدرولیکی خاک، پراکندگی خاک رس، خاک‌های سدیمی.

مقدمه

تأمین نمی‌کند و لذا گیاهان دچار تنش آبی و در نهایت کاهش محصول خواهند گردید (Ghahraman and Sepaskhah, 2005). یکی از راه‌کارهای عملی حفظ منابع آبی موجود، کاهش تلفات نشت از کانال‌های خاکی است. به‌کارگیری مصالح مناسب و ارزان می‌تواند به‌عنوان یک راه‌کار عملی برای کاهش تلفات ناشی از نشت در کانال‌ها مورد توجه قرار گیرد. مدیریت صحیح کانال‌های آبیاری به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بخش‌های شبکه‌های آبیاری و زهکشی می‌تواند نقش مؤثری در کاهش تلفات و یا بالا بردن راندمان انتقال و توزیع آب ایفا کند. تجربه نشان داده است که تلفات ناشی از نشت در کانال‌های کوچک و نهرهای درون

در سال‌های اخیر خشکسالی‌های پی در پی و افزایش جمعیت، اهمیت حفاظت از منابع آبی را در کشور ایران دو چندان کرده است. بنابر عقیده بسیاری از محققین، خشکی و خشکسالی در ایران یک واقعیت اقلیمی است. بنابراین برای کاهش اثرات سوء آن باید راه‌کار مناسبی را جستجو کرد. در مناطق خشک و نیمه‌خشک رژیم بارندگی و رودخانه نوسانات زیادی دارند. به‌طور کلی برای تنظیم این نامنظمی‌ها از احداث سد کمک گرفته می‌شود. تقریباً تمامی سدهای ساخته شده در ایران به‌منظور تأمین آب کشاورزی مشترک‌اند. آب موجود در مخزن سد کفایت نیاز آبی گیاهان در اراضی پایین‌دست را در مواقع خشکسالی به‌طور کامل

اندازه‌گیری شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که کانال پوشش شده با موزائیک خاک سیمان، از میزان نفوذپذیری اندکی برخوردار بوده و پوشش مذکور به فرسایش مقاوم است.

Lashkar-Ara et al. (2008) پوشش بستر و جداره کانال‌های انتقال آب را به‌منظور کاهش تلفات ناشی از نشت آب مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق کربنات سدیم به‌عنوان نمکی که جذب سدیم را روی ذرات خاک بهتر صورت می‌دهد مورد بررسی قرار داده شد. سپس به‌منظور تثبیت ذرات خاک از سیمان استفاده گردید. نتیجه تحقیقات نشان داد که میزان نشت آب در کانال طرح تا ۵۰ درصد میزان نشت از کانال شاهد کاهش نشان می‌دهد. در این تحقیق به‌منظور افزایش میزان مقاومت پوشش در مقابل آبستگي و افزایش دوام آن استفاده از سیمان به میزان ۵ درصد در خاک‌های رسی توصیه شده است.

Ahadiyan et al. (2008) به بررسی ارزیابی پتانسیل کاهش هدررفت آب در رس‌های اشباع برای استفاده در خاک‌ریز کانال‌ها پرداختند. آن‌ها در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که با تغییر میزان تنش اعمال شده بر توده خاک از ۶۰ الی ۱۶۰۰ کیلونیوتن بر مترمربع تلفات نشت از ۷۰ الی ۹۶ درصد (تحت شرایط مشابه برای رس‌های با خاصیت خمیری کم تا متوسط) کاهش نشان می‌دهد.

هدف از این تحقیق معرفی پوششی ارزان به‌منظور کاهش تلفات نشت از کانال‌های درجه ۴ آبیاری و افزایش راندمان انتقال آب در آن‌ها می‌باشد. برای این منظور به‌جای استفاده از ماشین‌آلات سنگین برای افزایش تراکم خاک، استفاده از کربنات سدیم و ضایعات کارخانه‌های قند و شکر توصیه شده است.

مواد و روش‌ها

طبق تحقیقات به‌عمل آمده خاک مناسب برای پوشش، خاکی است که حداقل ۱۵ درصد رس با ظرفیت تبادل کاتیونی ۱۵ میلی‌اکی‌والان گرم در ۱۰۰ گرم خاک داشته باشد. اصولاً هر چه درصد خاک رس بیشتر باشد این نوع پوشش با مشکلات کمتری قابل اجرا خواهد بود. چنانچه میزان سدیم قابل تبادل در یک خاک رسی بیش از ۱۵ درصد باشد، یون سدیم به‌علت تک ظرفیتی بودن و داشتن بار مثبت با ذرات خاک رس درگیر شده و باعث واگرایی آن می‌گردد. واگرایی ذرات خاک باعث کاهش قابل ملاحظه نفوذپذیری آن می‌شود. این نمک با ایجاد محیطی قلیائی در خاک، کاتیون‌های کلسیم و منیزیم را که باعث به‌هم چسبیدن ذرات خاک می‌گردد، غیرفعال نموده و سدیم به راحتی جایگزین این کاتیون‌ها می‌شود. بنابراین کلسیم و منیزیم از محلول خاک خارج شده و با ایجاد پیوند با CO_3 موجود در محلول خاک به صورت $CaCO_3$ و $MgCO_3$ رسوب می‌نمایند. این رسوب به‌صورت یک لایه دج و غیرقابل نفوذ در زیر بستر کانال باقی می‌ماند و سدیم باقی‌مانده روی ذرات رس از استحکام بیشتری برخوردار خواهد بود. سطح خاک سدیم‌دار از قشر سختی پوشیده

مزرعه معمولاً بیشتر از کانال‌های انتقال است. یکی از فاکتورهای بسیار مهم در تعیین نشت، آبگذری مواد تشکیل‌دهنده بستر و جداره کانال است که تابع اندازه خلل و فرج در آن است. هر چه اندازه خلل و فرج خاک کاهش یابد آبگذری تقریباً به نسبت توان دوم قطر خلل و فرج خاک کاهش می‌یابد. به همین دلیل آبگذری رس‌ها معمولاً از سایر مصالح کمتر است. بنابراین هر عاملی که این خلل و فرج را از نظر اندازه و یا از نظر درصد کاهش دهد، می‌تواند نفوذپذیری را کاهش داده و مانع از نشت گردد (USBR, 1963).

Chawla و Garg (1970) در مطالعات خود نشان دادند که در سیستم کانال‌های آبیاری غیرپوششی، تلفات نشت خیلی بالا است. در برخی از سیستم‌های آبیاری، مقدار آبی که در داخل زمین نفوذ پیدا می‌کند بیشتر از ۵۰ درصد می‌باشد.

Khair et al. (1991) به انجام مطالعات آزمایشگاهی برای ارزیابی اثر جریان آب در یک کانال با پوشش موزائیک خاک سیمان پرداختند. آزمایش‌ها در یک فلوم، با طول ۳ متر و عرض ۱۰۰ میلی‌متر به اجرا درآمد که با موزائیک اندود شده بود و در معرض جریانی با سرعت ۲ متر بر ثانیه برای یک دوره ۷ روزه قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که پوشش‌های خاک سیمان با ضخامت ۲ میلی‌متر در برابر فرسایش ناشی از جریان آب مقاومت نشان می‌دهد و تلفات نشت در کانال‌های اندود شده که با موزائیک خاک-سیمان پوشیده شده‌اند، نمی‌تواند بیشتر از ۰/۰۰۳۴۳ تا ۰/۰۰۳۴۳ متر مکعب بر مترمربع در روز باشند.

Newton و Aylward (2006) مقدار تلفات آب را برای یک کانال خاکی به طول ۸/۲ کیلومتر، ۲۵ درصد تعیین نمودند و حجم تلفات را در مدت ۲۱۰ روز از فصل آبیاری ۱۱/۹ میلیون مترمکعب در نظر گرفتند. نتایج تحقیقات آنان نشان داد که با کنترل تلفات حدود ۳۰ تا ۴۵ درصد از آب مصرفی کاسته خواهد شد و همچنین تلفات آب در کانال، رابطه مستقیم با آبدهی دارد.

Rahimi و Bazaz (1993) به بررسی پوشش کانال‌های آبیاری با استفاده از مواد شیمیایی (کربنات سدیم و مالچ نفتی) پرداختند. نتایج نشان داد که اختلاط کربنات سدیم و مالچ نفتی می‌تواند میزان دبی نشت از کانال‌های خاکی را تا ۹۵ درصد کاهش داده و فرسایش‌پذیری پوشش نیز کم و در حد قابل قبول است.

Rahimi و Abbassi (2002) در تحقیق خود از موزائیک خاک و سیمان با ابعاد $۲۰ \times ۳۰ \times ۵$ سانتی‌متر برای پوشش کانال‌های آبیاری استفاده کردند. آن‌ها آزمایش‌های خود را در یک نهر پایه‌دار با سطح مقطع دوزنقه‌ای با عرض کف ۲۰ سانتی‌متر، شیب شیروانی ۱: ۱/۵، شیب طولی ۰/۵ درصد و با طول مفید ۱۰ متر انجام دادند. بر اساس آزمایش‌های انجام شده میزان نفوذپذیری پوشش کانال در حدود ۱/۵ لیتر در مترمربع در روز

نمونه‌ها قرار گیرد. برای این منظور با نمونه‌گیری‌های متعدد در منطقه، نمونه‌هایی انتخاب گردیدند که روند تغییرات رس آن‌ها بین ۱۰ تا ۳۰ درصد گزارش شده است.

پس از بازدیدهای میدانی و مشورت با کارشناسان خبره شرکت بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری ناحیه شمال خوزستان، حدود ۱۰ نمونه خاک از مناطق مختلف تهیه گردید. شکل (۱) محدوده‌ی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

از آنجایی که ملاک انتخاب نمونه‌ی نهایی برای انجام آزمایش، میزان رس موجود در آن می‌باشد لذا با انجام آزمایش هیدرومتری نسبت به تعیین بافت خاک کلیه ۱۰ نمونه‌ی اولیه اقدام گردید. به منظور گسترش دامنه‌ی کاربرد نتایج این تحقیق تلاش گردید تا یکی از نمونه‌ها از مناطقی انتخاب شود که به اصطلاح، خاک آن دچار مشکل است. به این مفهوم که شرایط قلیایی بودن خاک در آن قابل توجه بوده و در ظاهر با شرایط طرح پیشنهادی سازگار نمی‌باشد. برای این منظور نمونه‌ی دیگری از منطقه‌ای در نزدیکی هفت تپه تهیه و به جمع نمونه‌های مورد بررسی اضافه گردید. نتایج آزمایش هیدرومتری تعیین بافت خاک نمونه‌های انتخابی برای انجام تحقیق در جدول (۱) خلاصه شده است. بر اساس این نتایج ملاحظه می‌گردد که نمونه‌های بافت خاک مورد استفاده در تحقیق شامل بافت‌های لومی، سیلتی-لومی و سیلتی-رسی-لومی می‌باشند.

ظرفیت تبادل کاتیونی C.E.C یکی از خصوصیت‌های خیلی مهم خاک می‌باشد که با استفاده از آن پتانسیل حاصل خیزی خاک تعیین می‌شود. ظرفیت تبادل کاتیون یک خاک، اهمیت فوق‌العاده‌ای در خواص فیزیکی و شیمیایی آن دارد و از آن به‌عنوان یک مشخصه تعیین نوع خاک استفاده می‌شود. ظرفیت تبادل کاتیونی، یک بیان کمی از مقدار بار منفی به ازای مقدار مشخص خاک یا به عبارت دیگر ظرفیت جذب کاتیون‌ها از محلول است. مواد آلی و رس خاک، جزء منابع اصلی بار خاک محسوب می‌شوند. در خاک‌هایی با مقدار مواد آلی بیشتر، ظرفیت تبادل کاتیونی بیشتر، ظرفیت نگهداری آب بالاتر و بالاخره از سلامت بهتری نسبت به خاک‌هایی با مقدار مواد آلی کمتر برخوردار هستند. افزایش آب نگهداری شده و یا افزایش کربن آلی به‌علت وجود بارهای منفی سطح مواد آلی است و این موضوع برای خاک‌های شنی با اندازه‌گیری C.E.C ثابت می‌شود.

هر چه واکنش خاک قلیایی‌تر شود یا به عبارتی PH خاک بالاتر رود ظرفیت تبادل کاتیونی خاک افزایش می‌یابد و برعکس هر چه واکنش خاک پایین‌تر رود ظرفیت تبادل آنیونی افزوده می‌شود. وجود میزان رس نمونه‌ها در جذب کاتیون‌ها بسیار مؤثر است زیرا فعل و انفعالات شیمیایی صورت گرفته بین ذرات رس و کاتیون‌های نمک سدیم منجر به رسوب کلسیم از یک سو و تخریب بافت خاک از سوی دیگر می‌شود. این عمل در راستای کاهش ضریب نفوذپذیری نقش کلیدی بازی می‌نماید.

می‌شود که مانع جوانه زدن بذر خواهد بود و بدین ترتیب رشد علف‌های هرز در این خاک نیز متوقف یا کند می‌شود. بر این اساس باید به خاک بستر و جداره کانال تا حدی کربنات سدیم افزود که میزان سدیم قابل تبادل آن، شرایط لازم جهت واگرایی را فراهم آورد. به‌طور کلی برای واگرا کردن ۱۰۰ گرم خاک رس کافی است به اندازه ۱۵ درصد ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، نمک سدیم به آن اضافه نمود. مقدار دقیق کربنات سدیم را می‌توان از رابطه زیر به‌دست آورد.

$$Na_2CO_3 = 0.055 \times (0.15 \times C.E.C - E.S.P) \quad (1)$$

رابطه (۱) میزان کربنات سدیم مورد نیاز در ۱۰۰ گرم خاک خشک را نشان می‌دهد، بنابراین با مشخص شدن ابعاد هندسی کانال، وزن مخصوص خاک و ضخامت پوشش می‌توان با استفاده از رابطه (۲) میزان وزنی کربنات سدیم را برای طول کانال محاسبه نمود.

$$Na_2CO_3 = 0.055 \times P \times d \times \rho_s \times (0.15 \times C.E.C - E(\$)P)$$

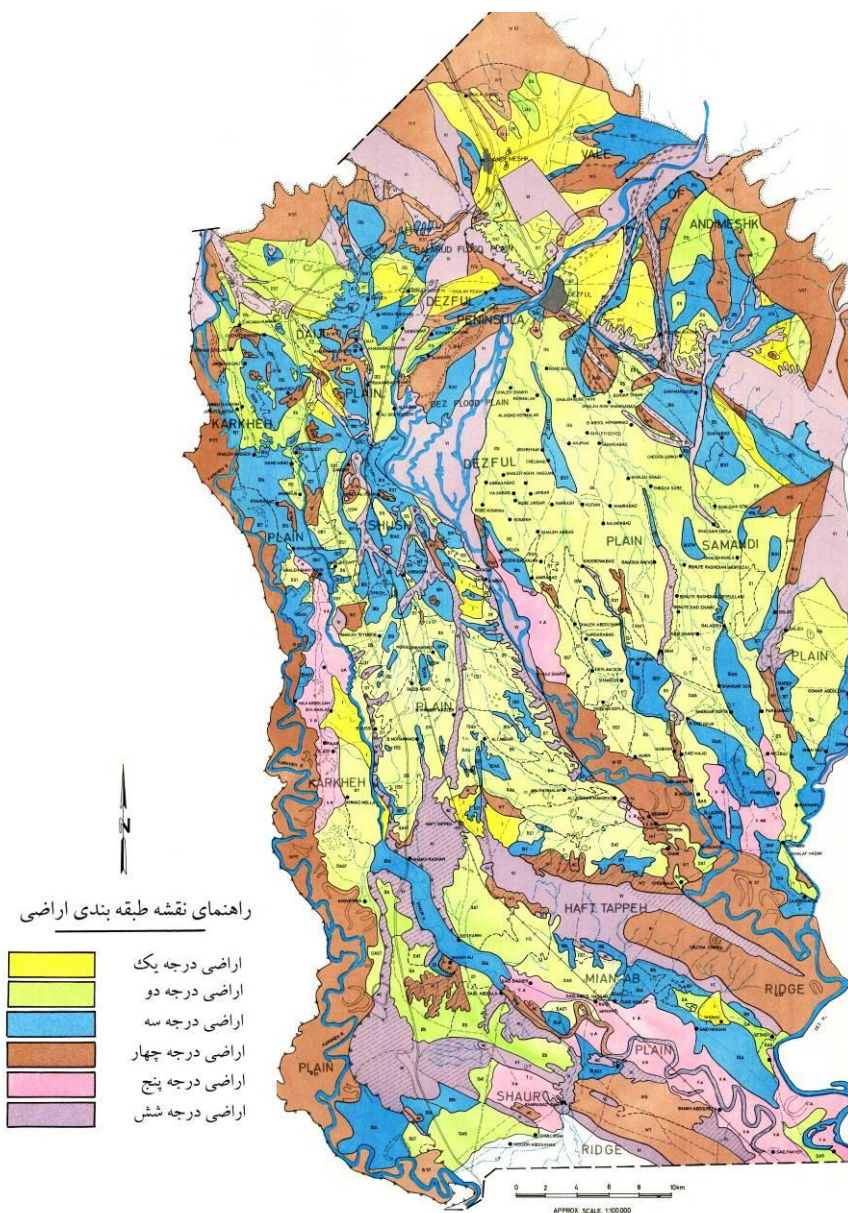
پارامترهای روابط (۱) و (۲) به ترتیب عبارتند از:

Na_2CO_3 : میزان کربنات سدیم در واحد طول کانال (کیلوگرم)، P : محیط خیس شده کانال (متر)، d : ضخامت جداره و کف کانال که باید با کربنات سدیم مخلوط شود (متر)، ρ_s : وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، C.E.C (Cation Exchange Capacity): ظرفیت تبادل کاتیونی (میلی اکی والان گرم در صد گرم خاک خشک)، E.S.P (Exchangeable Sodium Percentage): سدیم قابل تبادل خاک (میلی اکی والان گرم در صد گرم خاک) است.

اما باید به این نکته توجه داشت که ترکیب حاصل از خاک رس و کربنات سدیم چسبندگی بین این دو عنصر را کاهش داده و به‌علت واگرایی ذرات خاک، مقاومت آن در مقابل آبشستگی کاهش می‌یابد. به‌منظور جلوگیری از فرسایش‌پذیری خاک، استفاده از یک ماده چسبنده طبیعی ضروری به نظر می‌رسد. در این راستا بررسی‌های کتابخانه‌ای نشان داد که به‌کارگیری ملاس نیشکر در تثبیت خاک جداره‌های کانال‌های خاکی مورد استفاده قرار نگرفته است. لذا در این تحقیق به‌کارگیری درصد‌های مختلف از ملاس نیشکر نیز در دستورکار تحقیق قرار گرفت.

در این تحقیق محدوده شبکه‌های آبیاری ناحیه شمال خوزستان شامل شبکه‌های دز و شاوور مورد بررسی قرار گرفت. بررسی‌های کتابخانه‌ای و میدانی نشان داد که خاک‌های غالب شمال این دشت به‌خصوص در محدوده شبکه دز عمدتاً دارای رخنمون خاک‌های سنگین تا سبک هستند. با توجه به وجود لایه‌های رسی در منطقه این اندیشه تداعی گردید که روند تغییرات میزان رس موجود در خاک، به‌عنوان مبنای اصلی انتخاب

کریمی ناغونی و همکاران: کنترل نشتِ کانال با ترکیب خاک-کرنبات ...



شکل ۱- محدوده منطقه ی مورد مطالعه- شبکه آبیاری و زهکشی دز (Veenenbos with FAO 1968)

جدول ۱- نتایج هیدرومتری تعیین بافت خاک نمونه‌ها

شماره نمونه	درصد رس	درصد سیلت	درصد ماسه	نوع بافت خاک
* ۱	۱۰	۶۲	۲۸	Si.L
* ۲	۱۵	۴۵	۴۰	L
۳	۱۸	۴۹	۳۳	L
* ۴	۲۰	۴۲	۳۸	L
۵	۲۰	۴۲	۳۸	L
۶	۲۰	۴۵	۳۵	L
۷	۲۱	۴۸	۳۱	L
۸	۲۲	۴۴	۳۴	L
۹	۲۳	۳۶	۴۱	L
* ۱۰	۳۰	۵۶	۲۴	Si.C.L

* طبق نتایج آزمایش‌ها مقدار درصد رس بین ۱۰ تا ۲۰ درصد گزارش شده است.

در نظر گرفت (Tahooni, 2015). این رابطه به صورت زیر بیان می‌شود.

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad (5)$$

که در آن: τ : مقاومت برشی، c : چسبندگی، σ : تنش قائم، ϕ : زاویه اصطکاک داخلی ذرات است.

ذکر این نکته ضروری است که هر چند ملاس به عنوان یک ماده‌ی طبیعی از چسبندگی برخوردار بوده و قادر است تا ساختمان متلاشی شده‌ی خاک را به خوبی به هم بچسباند ولی نباید فراموش کرد که به دلیل حلال بودن آن در آب از یک سو و برخورداری از طعم شیرین از سوی دیگر ممکن است با مشکلات خاص خود مواجه باشد. در این میان می‌توان به آبستگی و تجمع حشرات اشاره نمود. برای مقابله با این عوامل محدودکننده، استفاده از گوگرد پیشنهاد گردید. مطالعات پیشین نشان داده است که ترکیب خاک و گوگرد قادر است تا مقاومت برشی خاک را افزایش دهد. (Mohammadi et al., 2015). اضافه نمودن گوگرد نیز سبب اصلاح این خاک‌ها می‌شود. گوگرد پس از اکسید شدن تبدیل به اسید سولفوریک می‌شود. این اسید نه تنها نمک‌های کربنات را به سولفات تبدیل می‌کند، بلکه با کاهش PH از شدت قلیائیت خاک می‌کاهد. همچنین از آنجایی که پایه اصلی تولید حشره‌کش‌ها گوگرد است، لذا پوشش ایجاد شده روی جداره کانال از نقطه نظر تهاجم حشرات نیز مصون خواهد بود. به منظور تعیین میزان گوگرد مورد نیاز برای حفاظت از پوشش پیشنهادی مقرر گردید تا سطح پوششی که از کمترین میزان نشت را به واسطه‌ی استفاده از کربنات سدیم و بیشترین میزان چسبندگی را به واسطه استفاده از ملاس برخوردار است مورد آزمون آبستگی قرار گیرد. برای این منظور از یک فلوم آزمایشگاهی به عرض ۶۰ سانتی‌متر استفاده گردید. در کف این فلوم چهار قالب به گونه‌ای جاسازی گردید که امکان بررسی اثر پوشش حفاظتی گوگرد به ازای درصدهای مصرفی صفر، ۲، ۴ و ۶ درصد میسر گردد. به منظور ایجاد لایه‌ی محافظ گوگردی ضرورت دارد تا لایه‌ی سطحی با غلظت داغ اتوکشی شود. حرارت حاصل از عمل اتوکشی لایه سطحی منجر به تشکیل یک زنجیره از لایه‌ی گوگرد در سطح پوشش خاکی خواهد شد که توانایی تثبیت خاک را در مقابل جریان آب عبوری در فلوم افزایش خواهد داد. برای اندازه‌گیری میزان شدت جریان عبوری از فلوم مورد استفاده از یک دستگاه کنتور الکترومغناطیس استفاده گردید. همچنین به منظور سنجش عمق آبستگی ایجاد شده بر روی نمونه‌ها از یک دستگاه عمق سنج استفاده شد.

نتایج و بحث

بر اساس روندی که برای انجام این تحقیق در بخش قبل توضیح داده شد از میان نمونه‌های تهیه شده، تعداد چهار نمونه به گونه‌ای انتخاب گردید که روند تغییرات رس در آن‌ها بتواند

در این پژوهش به منظور تعیین میزان نفوذپذیری نمونه‌های تهیه شده از آزمایش بار افتان استفاده شده است. ذکر این نکته ضروری است که با توجه به این که نمونه‌ها در آزمایشگاه مورد بررسی قرار گرفته‌اند لذا نتایج این تحقیق در راستای اندازه‌گیری میزان نفوذپذیری با نمونه‌های دست خورده در حالت اشباع مطابقت خواهد داشت. برای این منظور قبل از شروع آزمایش کلیه نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آب قرار داده شدند تا به حالت اشباع درآیند. پس از حصول اطمینان از اشباع شدن کامل خاک نمونه و هواگیری سیستم، آزمایش آغاز می‌گردد. با ثبت مقادیر افت تراز سطح آب در استوانه مدرج در طی زمان‌های مساوی، امکان تعیین میزان ضریب نفوذپذیری با استفاده از رابطه (۳) فراهم خواهد شد.

$$K = \frac{aL}{At} 2.303 \ln \frac{h_1}{h_2} \quad (3)$$

که در آن a : سطح مقطع استوانه مدرج، L : طول نمونه، A : سطح مقطع نمونه، t : انقضای زمان بر حسب ثانیه، h_1 : بار آبی یا ارتفاع آب روی نمونه قبل از شروع آزمایش یا در زمان $t=0$ بر حسب سانتی‌متر، h_2 : بار آبی یا ارتفاع آب روی نمونه در پایان آزمایش یا در زمان $t=T$ بر حسب سانتی‌متر.

با توجه به آن که در شرایط محیط مزرعه، آب جاری شده در کانال منجر به اشباع شدن جداره‌ها می‌شود و پس از خاتمه عملیات آبیاری و قطع آب، کانال خشک می‌گردد، لذا شرایط بهره‌برداری به گونه‌ای است که منجر به تغییر فشار آب منفذی در جداره کانال خواهد شد.

این مسأله به خصوص در ناحیه‌هایی که بافت خاک از نوع رسی باشد احتمال روانگرایی و لغزش جداره را به همراه دارد. از طرفی متلاشی شدن ساختمان خاک توسط نمک‌های سدیمی منجر به افزایش احتمال لغزش سطوح جانبی کانال خواهد شد. برای این منظور آگاهی از خصوصیات مقاومت برشی خاک ضروری است. برای این منظور لازم است تا آزمایش‌هایی برای تعیین پارامترهای مقاومت برشی صورت پذیرد. این عمل با استفاده از دستگاه برش مستقیم که یکی از ساده‌ترین و پرکاربردترین آزمایش‌های مقاومت برشی خاک است تحت شرایط اشباع کامل تعیین خواهد شد. هدف از این آزمایش برش خوردن نمونه از سطح اجباری و تعیین پارامترهایی نظیر چسبندگی (C) و زاویه اصطکاک داخلی خاک (ϕ) است. که بر اساس معیار گسیختگی مور-کولمب تعیین خواهد شد. طبق تئوری مور-کولمب رابطه بین مقاومت برشی و تنش‌های عمودی در سطح گسیختگی به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\tau = f(\sigma) \quad (4)$$

در اغلب مسائل مکانیک خاک با دقت کافی می‌توان مقاومت برشی در روی صفحه گسیختگی را یک تابع خطی از تنش قائم

کریمی ناغونی و همکاران: کنترل نشت کانال با ترکیب خاک-کربنات ...

کاتیون‌های کلسیم و منیزیم را فراهم آورده و نهایتاً منجر به متلاشی شدن ساختمان خاک می‌گردند، لذا تعیین میزان هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، ظرفیت سدیم قابل تبادل و ظرفیت تبادل کاتیونی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. کلیه نتایج آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک‌ها در جدول شماره (۲)، (۳) و (۴) نشان داده شده‌اند.

به‌عنوان یک سناریو در نتایج تحقیق ایفای نقش نماید. علاوه بر آن یکی از چهار نمونه نیز از خاک‌های مشکل‌دار (خاک قلیایی) انتخاب گردید. نمونه‌های انتخابی به‌صورت ستاره‌دار در جدول (۱) نمایش داده شده‌اند. از آنجائی که اولویت اول تحقیق حاضر کنترل نشت در کانال‌های خاکی با به‌کارگیری نمک‌های سدیمی است و این نمک‌ها به واسطه قلیایی نمودن محیط، شرایط غیرفعال شدن

جدول ۲- نتایج آزمایش‌های شیمیایی نمونه خاک‌های مورد استفاده در نمونه خاک‌ها مختلف

شماره نمونه	هدایت الکتریکی (میلی موس)	PH	درصد اشباع	نیتروژن کل	درصد کربن آلی	نسبت جذب سدیم	سدیم قابل تبادل خاک	ظرفیت تبادل کاتیونی
۱	۱/۶	۷/۵	۳۶/۷	۳۵۰	۰/۲۴	۲/۲	۰/۴۲	۱۰/۵
۲	۰/۱۸۵	۷/۵	۳۳/۴	۸۵۰	۰/۲۱	۱/۸	۰/۴۴	۱۱
۳	۰/۳۵	۷/۶	۴۰	۳۲۰	۰/۰۵	۰/۷۲	۱/۳	۱۱
۴	۱۸	۷/۶	۵۴/۲	۵۳۰	۰/۲۴	۸/۵	۲	۲۱/۸

جدول ۳- تجزیه آنیون‌ها در نمونه خاک‌های مختلف

شماره نمونه	سولفات میلی گرم در لیتر	کلر میلی گرم در لیتر	بیکربنات میلی گرم در لیتر	مجموع آنیون‌ها میلی اکی والان گرم در لیتر
۱	۸	۵	۴	۰/۳۸
۲	۴/۵	۲	۲	۰/۱۷
۳	۵۵	۳۵/۵	۱۲۰	۴/۲
۴	۵۰	۶۰	۱	۲/۷۴

جدول ۴- تجزیه کاتیون‌ها در نمونه خاک‌های مختلف

شماره نمونه	پتاسیم میلی گرم در لیتر	منیزیم میلی گرم در لیتر	کلسیم میلی گرم در لیتر	سدیم میلی گرم در لیتر	مجموع کاتیون‌ها میلی اکی والان گرم در لیتر
۱	-	۵/۶	۶/۴	۵/۵	۱/۰۳
۲	-	۲/۸	۳/۲	۳	۰/۵۲
۳	۲/۵	۱۰	۴۰	۲۰	۳/۷
۴	-	۲۸	۳۲	۴۶/۷	۵/۹۷

نشان داده است.

بررسی نتایج حاصل از نمونه‌های شماره ۱، ۲ و ۳ نشان می‌دهد که بیش‌ترین مقدار پارامترهای مقاومت برشی به ازای ترکیب با ۱۰ درصد ملاس حاصل شده است. در حالی که در نمونه شماره ۴ علی‌رغم برخورداری از میزان ۳۰ درصد رس، نتیجه بیش‌ترین مقدار چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی از ترکیب نمونه خاک با ۶ درصد ملاس حاصل شده است.

به‌منظور پیشگیری از انحلال‌پذیری ملاس در آب و ایجاد شرایط آبشستگی از یک‌سو و هم‌چنین برای جلوگیری از تجمع حشرات از سوی دیگر باید تمهیداتی صورت پذیرد. بر اساس دستورالعمل بیان شده در بخش مواد و روش‌ها برای رفع مشکل فرسایش از یک لایه‌ی حرارت دیده‌ی گوگردی استفاده گردید. غشای زنجیره‌ای ایجاد شده توسط گوگرد پس از اتوکشی توسط غلطک داغ طوری در سطح خاک گسترانده می‌شود که به‌صورت یک لایه‌ی جوشنی مقاومت خاک را در مقابل آبشستگی افزایش می‌دهد. برای ارزیابی عملکرد این روش، لایه‌ی سطحی خاک با درصد‌های مختلف گوگرد پوشانده شد. این عمل با ترکیب ۲، ۴ و ۶ درصد وزنی از خاک خشک نمونه‌ها انجام گردید. در شکل (۲-الف) نحوه‌ی آماده‌سازی نمونه و در شکل‌های (۲-ب) الی (۲-ه) نمونه‌های ساخته شده با ترکیب مختلف گوگرد پس از آزمون آبشستگی نمایش داده شده‌اند.

به‌منظور بررسی اندرکنش میزان کرنات سدیم و رس موجود در خاک بر هدایت هیدرولیکی و مقایسه با نتایج حاصل از رابطه (۱) سناریوهایی تدوین گردید. برای این منظور مقرر گردید تا در هریک از نمونه‌های خاک، به میزان ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ درصد وزنی خاک خشک، کرنات سدیم به نمونه افزوده شود و میزان هدایت هیدرولیکی مورد ارزیابی قرار گردید. ضریب نفوذپذیری مخلوط حاصله پس از آن‌که به اشباع کامل درآمد به روش بار افتان اندازه‌گیری شد. در این بررسی میزان حجم آب خارج شده از هر یک از نمونه‌ها در مدت ۲۰ دقیقه طی زمان‌های متوالی ثبت گردید. نتایج در جدول (۵) نشان داده شده‌اند. بر اساس این نتایج ملاحظه می‌گردد که میزان هدایت هیدرولیکی با افزایش درصد به‌کارگیری کرنات سدیم کاهش یافته است.

همان‌طوری که در بخش مواد و روش‌ها نیز بیان شد برای تعیین زاویه اصطکاک داخلی و چسبندگی خاک نمونه‌ها از نمودار گسیختگی مور-کولمب استفاده گردید. بدین منظور با ارزیابی مقاومت برشی نمونه در مقابل تنش فشاری (تنش ناشی از سربار قائم در آزمایش برش مستقیم) در لحظه گسیختگی نمونه، نسبت به تعیین پارامترهای مقاومت برشی خاک اقدام شد. برای این منظور با ترکیب ۲ الی ۱۲ درصد وزنی ملاس به هر یک از نمونه‌ها مقادیر زاویه اصطکاک داخلی و ضریب چسبندگی در هر یک از سناریوها تعیین و نتایج مربوطه در جدول (۶) خلاصه گردید. بررسی نتایج نشان می‌دهد که مقادیر چسبندگی و ضریب اصطکاک با افزایش درصد‌های به‌کارگیری ملاس نیشکر افزایش

جدول ۵- مقادیر ضریب هدایت هیدرولیکی به ازای ترکیب با درصد‌های مختلف کرنات سدیم

میزان نفوذ پذیری در نمونه‌ها (10^{-7} سانتی متر بر ثانیه)				
کرنات سدیم	شماره ۱	شماره ۲	شماره ۳	شماره ۴
درصد	۰/۰۶۷	۱/۴۹	۱/۷۹	۹/۳۸
۲	۰/۰۵۶	۱/۲۷	۱/۰۳	۹/۲۵
۴	۰/۰۵۳	۰/۹۹	۰/۸۴	۸/۱۱
۶	۰/۰۴۸	۰/۷۲	۰/۶۶	۷/۲۴
۸	۰/۰۴۱	۰/۶۳	۰/۵۷	۶/۳۰
۱۰	۰/۰۳۹	۰/۵۳	۰/۵۱	۵/۵۴

جدول ۶- مقادیر پارامترهای مقاومت برشی (C و Φ) به ازای ترکیب با ملاس

درصد ملاس	چسبندگی C (کیلوپاسکال)				زاویه اصطکاک داخلی Φ (درجه)			
	نمونه ۱	نمونه ۲	نمونه ۳	نمونه ۴	نمونه ۱	نمونه ۲	نمونه ۳	نمونه ۴
۰	۱۷/۳	۱۱/۲۷	۱۷/۰۸	۱۹/۲۵	۱۶/۲	۱۵/۵	۲۱/۱۷	۱۸/۱۲
۲	۲۳/۳۳	۱۹/۴۳	۲۹/۱۶	۲۶/۷۲	۱۷/۱	۱۶/۴	۱۹/۲۳	۱۹/۲۳
۴	۲۷/۲۱	۲۵/۶۶	۲۹/۷۴	۳۶/۷۴	۱۷/۵	۱۷/۲	۲۰/۹۶	۲۰/۹۶
۶	۳۴/۴	۳۱/۲	۳۲/۳۹	۴۲/۷۶	۱۷/۸	۱۹/۰۵	۲۱/۰۶	۲۱/۰۶
۸	۵۲/۸۸	۴۰/۸۱	۳۸/۸۸	۲۲/۹۳	۲۰/۸	۲۱/۳۲	۱۸/۷	۱۶/۴۵
۱۰	۵۶/۳۷	۴۵/۶۸	۴۲/۷۶	۱۶/۵۲	۲۱/۵	۲۲/۵۰	۱۸/۹	۱۸/۹
۱۲	۴۰/۸۱	۳۱/۶۱	۳۱/۸	-	۱۹/۶۵	۲۵	۵/۸۳	-

کریمی ناغونی و همکاران: کنترل نشت کانال با ترکیب خاک-کربنات ...

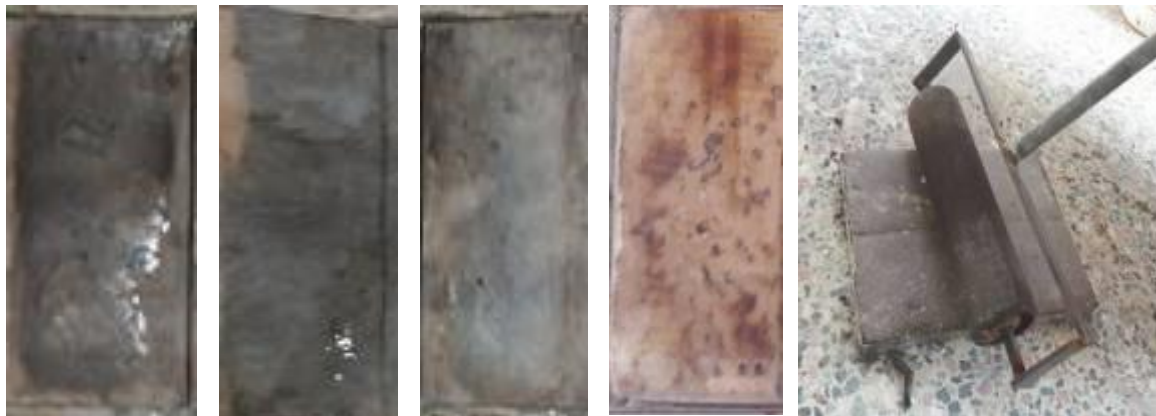
واگرایی حاصله در خاک، عملاً استفاده از این پوشش را غیرممکن می‌سازد.

پس از تعیین درصد رس در خاک‌های فاقد مشکل، مطابق با نتایج این تحقیق نسبت به ترکیب کربنات سدیم و ملاس در لایه اول اقدام شود. سپس در رطوبت مناسب نسبت به تراکم دستی لایه با استفاده از ابزاری همچون تخماق به صورت درجا اقدام نمود. در مرحله‌ی بعد با پخش ۲ درصد وزنی گوگرد در سطح لایه‌ی پوشش، نسبت به غلطک‌زنی داغ لایه اقدام نمود. شکل (۳) لایه‌های پیشنهادی در این پوشش را نشان می‌دهند.

مشاهدات نشان داد که اضافه شدن گوگرد به لایه‌ی سطحی مشمرثر بوده و حتی با اضافه شدن کمترین مقدار ممکن (۲ درصد) مسأله فرسایش تا حد قابل توجهی کنترل می‌شود.

به‌منظور اجرای این نوع پوشش تحت شرایط محیط مزرعه توصیه‌های زیر ارائه می‌گردد.

ابتدا پس از نمونه‌گیری و تعیین بافت خاک و خصوصیات شیمیایی خاک، از عدم قلیایی بودن خاک اطمینان حاصل شود. نتایج این تحقیق نشان داد که به‌واسطه آن که استفاده از کربنات سدیم منجر به تشدید خصوصیات قلیایی خاک خواهد شد لذا



۵) ۶ درصد گوگرد

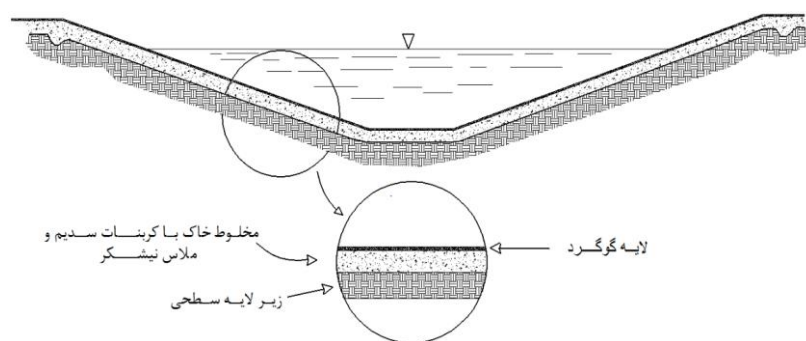
د) ۴ درصد گوگرد

ج) ۲ درصد گوگرد

ب) بدون غشای گوگرد

الف) اتوکشی سطح نمونه با غلطک داغ

شکل ۲- نمایی از مراحل آماده سازی نمونه‌ی اتوکشی شده و نمونه‌های مورد آزمون آبستگي تحت درصدهای مختلف گوگرد



شکل ۳- نحوه قرارگیری لایه‌های مختلف پوشش کانال

نتیجه گیری

بر اساس نتایج به دست آمده از کلیه آزمایش‌های انجام شده در این تحقیق نتیجه‌گیری و توصیه‌های زیر ارائه می‌شود. در کانال‌هایی که استفاده از ماشین‌آلات برای متراکم نمودن مخلوط خاک در محل با مشکل مواجه بوده و یا غیرممکن باشد می‌توان از یون کربنات سدیم به عنوان یک ماده واگرا و کاهش‌دهنده‌ی خلل و فرج استفاده نمود. بر اساس نتایج به دست آمده در این تحقیق افزایش ۱۰ درصدی کربنات سدیم به خاک، میزان نفوذپذیری آن را به صفر تقلیل می‌دهد. بدون شک کاهش نشت از کانال‌های آبیاری بسیار حائز اهمیت است. افزایش ملاس به خاک منجر به افزایش پارامترهای مقاومت برشی خاک می‌گردد. بررسی‌ها نشان داد که ترکیب ۶ الی ۱۰ درصد وزنی ملاس به خاک منجر به افزایش چشم‌گیر خصوصیات برشی خاک

می‌گردد. نتایج رضایت‌بخش آزمایش‌های تعیین میزان نفوذپذیری و فرسایش‌پذیری در کانال مفروش شده با موزائیک‌های ساخته شده از خاک با درصدهای مختلف کربنات سدیم و ملاس نیشکر و درصد اندکی گوگرد نشان داد که این ماده تمام معیارهای مورد نیاز جهت پوشش کانال‌های آبیاری سنتی را به نحو مطلوبی تامین می‌کند. هزینه اجرائی این نوع پوشش نسبت به پوشش‌های رایج بسیار کم می‌باشد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله نگارندگان این پژوهش از دانشگاه صنعتی چندی‌شاپور به پاس تامین منابع مالی و تدارک امکان استفاده از آزمایشگاه مدل‌های هیدرولیکی و مهندسی رودخانه تقدیر و تشکر می‌نمایند.

منابع

- 1- Ahdiyan, J., Nasr Esfahani, M.J., Shafai Bajestan, M., and Karimi, G.H., 2008. Evaluation of the Potential for water loss in saturated clay for use in Duct Canals. In 2nd Irrigation and Drainage Network Management National Conference, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.(in Persian).
- 2- Aylward, B. and Newton, D., 2006. Long-Range water resources management in Central Oregon: Balancing supply and demand in the Deschutes basin DWA Final Report.
- 3- Garg, S.P. and Chawla, A.S., 1970. Seepage from trapezoidal channels. Journal of the Hydraulics Division, 96(6):1261-1282.
- 4- Ghahraman, B., Sepaskhah, A., 2005. Reservoirs Operation Management, Iran Water Resources Research, 1(2):1-15.(in Persian).
- 5- Khair, A., Nalluri, C. and Kilkenny, W.M., 1991. Soil-cement tiles for lining irrigation canals. Irrigation and Drainage Systems, 5(2):151-163.
- 6- Lashkar-Ara, B., Fathi-Moghadam, M., Behnia, A.K. and Changelvaie, K., 2008. Chemical lining of canal walls using sodium salts, in 2nd Irrigation and Drainage Network Management National Conference, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.(in Persian).
- 7- Mohammadi, A., Dehestani, M., Shooshpasha, I. and Asadollahi, S., 2014. Mechanical properties of sandy soil stabilized with modified sulfur. Journal of Materials in Civil Engineering, 27(4), p.04014140.
- 8- Rahimi, H and Abbasi, N. 2002. Failure of Irrigation Canal Lining on Sandy Soils (A Case Study, Saveh Irrigation Network. Iranian Journal of Agriculture Science, 33(4): 671-682.(in Persian).
- 9- Rahimi, H and Bazaz, M., 1993. Irrigation Canal lining by Chemically Treated Soils. Iranian Journal of Agriculture Science, (1): 37-52.(in Persian).
- 10-Tahooni., S., (Translator) 2015. Geotechnical Engineering Principles Volume I. Pars Publishing Ayin. ISBN 4-08-6436-964-978.(in Persian).
- 11-USBR, 1963. Linings for Irrigation Canals. United States Department of Interior Bureau of Reclamation, USBR, Fort Collins.
- 12-Veenenbos, J.S. with F.A.O. of the United Nations, 1968. Unified report of the soil and land classification of Dezful project, Khuzestan, Iran. pp 12-14.



EXTENDED ABSTRACT

Canal Seepage Control by Soil Combined With Sodium Carbonate and Molasses

S. Karimi Naghuni¹, B. Laskar-Ara^{2*} and L. Najafi³

1- MSc Student, Civil Engineering Department, Jundi-Shapur University of Technology, Dezful, Iran.

2* - Corresponding Author, Assistant Professor of Civil Engineering Department, Jundi-Shapur University of Technology, Dezful, Iran, (*lashkarara@jsu.ac.ir*).

3- Instructor of Civil Engineering Department, Jundi-Shapur University of Technology, Dezful, Iran.

Received: 17 December 2016

Revised: 18 June 2017

Accepted: 20 June 2017

Keywords: Canal Lining, Soil Hydraulic Conductivity, Clay Dispersion, Sodic Soils.

Introduction

Seepage reduction in earth canals is a practical way for maintaining available water resources. The use of proper and inexpensive materials is a practical way for decreasing seepage losses in canals. Experiments showed that seepage in small channels and field canals is usually more than conveyance canals. One of the most important factors for determining seepage rate is permeability of constituent materials of bed and sidewall of canal, which depends on porosity size. Smaller porosity size results in less permeability, which is proportion to squared diameter of the porosity USBR (1963).

Garg and Chawla (1970) showed the seepage rate is high in unlined canals.

Aylward and Newton (2006) determined water losses rate to be 25% in an earth canal with 82 km length and found water losses volume to be 11.9 million cubic meter along a period of 210 days of irrigation season. The results showed that water losses decreased by 30% through 45% by controlling seepage and also water losses in the canal are directly proportional to permeability.

The purpose of this research is to introduce an economic lining in order to reduce seepage losses of four-degree irrigation canals and increase their water conveyance efficiency. Hence, it is recommended to use sodium carbonate and sugarcane and sugar beet factory waste instead of use of heavy machinery for compacting of soil.

Materials and Methods

According to previous researches, a proper soil for lining is one contains at least 15% clay with cationic exchange capacity 15 mEq gram in 100-gram soil. More clay percent causes fewer problems for performing this type of lining.

If exchangeable sodium amount in a clay soil is more than 15%, sodium ion, due to being monovalent and having positive charge, is involved in clay particles and diverges them. Thus sodium carbonate, due to having sodium ion, is added to the bed and sidewall soil to provide necessary conditions for divergence. In general, sodium salt, in the amount of 15% cationic exchange capacity of soil, is added to clay for diverging 100-gram clay.

Therefore, the amount of sodium carbonate for the canal length unit is calculated by equation (1) using geometric dimensions of canal, unit weight of soil and thickness of lining:

$$Na_2CO_3 = 0.055 \times P \times d \times \rho_s \times (0.15 \times C.E.C - E.S.P) \quad (1)$$

Where Na_2CO_3 : the amount of sodium carbonate for the canal length unit (kg), P : wetted perimeter (m), d : the thickness of bed and sidewall of canal mixed with sodium carbonate (m), ρ_s : the soil bulk unit mass (g/cm^3), C.E.C: Cationic Exchange Capacity (mEq gram in 100 gram dry soil), E.S.P: Exchangeable Sodium Percentage (mEq gram in 100 gram dry soil).

It is necessary to use a cementing agent in order to prevent the soil erosion. In this regard, library reviews showed that sugarcane molasses is not utilized yet for canal sidewall soil stabilization. Therefore, in this research, the use of different percentages of sugarcane molasses was investigated.

Since main base of insecticide production is sulfur, the canal lining would be protected against invasive insects. Thus the lining is combined with different percentages of sulfur, including zero, two, four and six; and is ironed by a roller. The ironing of lining by hot roller results in a chain of sulfur layers on it. This action stabilizes the lining against water erosion in addition to repelling insects.

Dez Irrigation System was selected as a pilot study to investigate for the lining. After field observations, it was provided about ten samples from the different areas. The textures of samples soils are loam, silt-loam, and silt-clay-loam.

In this study, the saturated samples in falling head experiment for determining the permeability were used. According to the field environment, water flowing in canal leads to sidewall saturation, and after irrigation, the canal is dried, thus the operating conditions are such that it will change pore pressure of canal sidewalls. Wetting and drying of the canal sidewall may create its sliding conditions. Hence, determination of shear strength parameters is significant and necessary for all scenarios. Then, direct shear experiment was conducted. Finally, scour depth of all samples in the flume was measured.

Results and discussion

It was previously noted that the first priority of this study is to control seepage in earth canals using sodium salts. These salts, due to the environment alkalization, cause deactivation of calcium and magnesium cations and ultimately lead to the soil structure collapse. It was determined electric conductivity, sodium absorption ratio, exchangeable sodium capacity and cationic exchange capacity for all samples.

Four samples were selected as control samples among ten samples. The samples were with different percentages of sodium carbonate afterwards. And the hydraulic conductivity coefficient using falling head experiment for all of them was obtained. The results are shown in the table (1).

Table 1- Hydraulic Conductivity Coefficient Rates for Different Percents of Sodium

Sodium Carbonate Percentages	Carbonate			
	hydraulic conductivity coefficient rates (cm/s×10 ⁻⁷)			
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
0	0.067	1.49	1.79	9.38
2	0.056	1.27	1.03	9.25
4	0.053	0.99	0.84	8.11
6	0.048	0.72	0.66	7.24
8	0.041	0.63	0.57	6.30
10	0.039	0.53	0.51	5.54

Then the samples were mixed with 2 to 12% by weight of sugarcane molasses and it was measured soil shear strength parameters. The results show cohesion coefficient and internal friction angle rates increase by increasing molasses percentages. The results give the maximum shear strength parameters for 10% molasses. While in sample No. 4, despite 30% clay, the maximum cohesion coefficient and maximum internal friction angle are obtained from the soil sample combination with 6% molasses.

According to instructions given in materials and methods section, a sulfur-heated layer was used to solve erosion problem. The chained membrane created by sulfur is rolled out by hot rollers on the soil surface, which increases the soil resistance against scouring like an armor layer. To evaluate the performance of this method, the surface layer of the soil was covered with various sulfur percentages. This procedure was performed by combining 2, 4 and 6% by weight of dry

soil samples. The observations showed that sulfur addition to surface layer is effective and even with addition of the lowest possible (2%), erosion problem is controlled to a significant degree.

Conclusion

Based on the results obtained from all conducted experiments, the following results can be obtained:

In this study, the 10% increase in sodium carbonate reduces its permeability to zero. Increasing molasses in soil leads to an increase in shear strength parameters of the soil. The investigations showed that the combination 6 to 10% by weight of molasses in soil resulted in a significant increase in shear properties of the soil. The satisfactory results of experiments on permeability and erosion in a canal lining with mosaics made of soil with different percentages of sodium carbonate and sugarcane molasses and a small percentage of sulfur, showed that this material provides all necessary criteria for lining traditional irrigation canals. The construction cost of this lining type is very low compared to conventional linings.

References

- 1- Aylward, B. and Newton, D., 2006. Long-Range Water Resources Management in Central Oregon: Balancing Supply and Demand in the Deschutes Basin DWA Final Report.
- 2- Garg, S.P. and Chawla, A.S., 1970. Seepage from trapezoidal channels. *Journal of the Hydraulics Division*, 96(6), pp.1261-1282.
- 3- USBR, 1963. Linings for Irrigation Canals. United States Department of Interior Bureau of Reclamation, USBR, Fort Collins.