نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۲، ص. ۸۰۱-۷۹۲

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No.4, Sept.-Oct. 2013, p. 792-801

تأثیر پلی‌وینیل‌استات بر هدایت هیدرولیکی و تولید رواناب و رسوب در یک خاک مارنی

سمیه حمیدی نهرانی[۱*]- علی‌رضا واعظی[۲]

تاریخ دریافت:۱۳۹۱/۱۱/۸
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۷/۷

چکیده

مارن‌ها از جمله سازندهای حساس به فرسایش آبی هستند. پلی‌وینیل‌استات به عنوان پلیمر قابل تجزیه در طبیعت است که مصرف آن اخیراً در برنامه‌های حفاظت خاک مورد توجه قرار گرفته است. این پژوهش به منظور بررسی تأثیر پلی‌وینیل‌استات بر هدایت هیدرولیکی و تولید رواناب و رسوب در یک خاک مارنی انجام گرفت. برای این منظور پلیمر در پنج سطح شامل صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در سه تکرار در سطح خاک مصرف گردید. خاک‌های تیمار شده با پلیمر به ۱۵ فلوم فلزی به ابعاد ۰/۵ متر در ۱ متر و عمق ۱۵ سانتی‌متر ریخته شدند. فلوم‌ها در شیب ۵ درجه (۹ درصد) تحت پنج رخداد باران یکسان شبیه‌سازی شده (با شدت ۴۰ میلی‌متر بر ساعت و مدت ۳۰ دقیقه) به فاصله حدود یک هفته قرار گرفتند. بر اساس نتایج، نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک به طور معنی‌داری به ترتیب در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱ تحت تأثیر مثبت پلی‌وینیل‌استات قرار گرفت. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای پلی‌وینیل‌استات بر تولید رواناب و رسوب در سطح احتمال ۰/۰۵ معنی‌دار بود. مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار پلی‌وینیل‌استات بیشترین تأثیر را در افزایش هدایت هیدرولیکی اشباع و نفوذپذیری خاک و کاهش رواناب و رسوب در خاک مارنی داشت. مقدار نفوذپذیری خاک در تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار ۱۶/۶درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. این پژوهش نشان داد که پلی‌وینیل‌استات می‌تواند به عنوان پلیمری مناسب برای بهبود ساختمان خاک و مهار رواناب و رسوب در سازندهای مارنی مصرف گردد.

واژه های کلیدی: رخداد بارندگی، شبیه‌ساز باران، نفوذپذیری خاک، هدایت هیدرولیکی

مقدمه

مواد آلی (بقایای گیاهی و جانوری) و پلیمرها از جمله مواد اصلاحی برای تقویت پایداری خاک هستند. همان‌طور که بنهور و همکاران (۷) بیان نمودند پلیمرها گروه خاصی از مواد آلی با وزن مولکولی بالا می‌باشند که از به هم پیوستن مونومرها در اثر پیوندهای کوالانسی به وجود می‌آیند. ویژگی‌های هر پلیمر به ساختمان آن بستگی دارد. هر چند کاربرد مواد آلی برای پایداری ساختمان خاک در دراز مدت بسیار مناسب است با این وجود مصرف پلیمرها جهت بهبود سریع ساختمان خاک در خاک‌های بسیار حساس به فرسایش حائز اهمیت است. نتایج لنتز و همکاران (۱۸) نشان داد که پلیمرها با اتصال ذرات خاک به یکدیگر و هم‌چنین با قرار گرفتن روی سطوح ذرات می‌توانند نقش مهمی در کاهش فرسایش ایفا کنند. تاکنون پژوهش‌های مختلفی در مورد مصرف مواد اصلاحی از جمله پلیمرها برای بهبود ساختمان خاک و کاهش فرسایش‌پذیری آن انجام گرفته است. شاینبرگ و همکاران (۲۴) بیان داشتند که استفاده از مواد اصلاح کننده مانند بعضی از انواع پلیمرها، ساختمان خاک و پایداری خاکدانه‌ها را افزایش می‌دهد. گال و همکاران (۱۳) نشان دادند که پلیمرها تخلخل و نفوذ آب به خاک را افزایش می‌دهند.

پلی‌اکریل‌آمید[3] (PAM) شامل گروهی از پلیمرهای با بنیان اکریلیک است که رایج برای کاهش فرسایش خاک می‌باشد. خایتان و همکاران (۱۶) اظهار داشتند که کاربرد پلی‌اکریل‌آمید به صورت محلول در سطح خاک به طور معنی‌داری میزان تخریب خاکدانه‌ها را کاهش داد و به دلیل بالا نگه داشتن نفوذپذیری و بهبود تهویه خاک، بستر مناسبی برای جوانه‌زنی و سبز کردن بذور فراهم آورد. سپاس-خواه و بذرافشان جهرمی (۲۳) تأثیر سطوح مختلف پلی‌اکریل‌آمید (صفر، ۱، ۲، ۴ و ۶ کیلوگرم در هکتار) را بر رواناب، هدررفت خاک و بهبود نفوذپذیری در شیب‌های مختلف خاک بررسی کردند. نتایج نشان داد که مقدار ۴ کیلوگرم در هکتار پلی‌اکریل‌آمید برای کاهش فرسایش خاک در شیب‌های ۵ و ۷/۵ درصد مناسب‌تر است. بررسی

۱و ۲- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان
(*- نویسنده مسئول: Email: somaye_024230@yahoo.com)

3- Polyacrylamide

Archive of SID
www.SID.ir

بورنبرگ و همکاران (۸) نشان داد که به کارگیری پلی‌اکریل‌آمید به مقدار ۲/۱ کیلوگرم در هکتار در چهار رخداد آبیاری مقدار خاک فرسایش یافته را در شیب ۵ درصد از ۳۴ کیلوگرم در هکتار به ۵ کیلوگرم در هکتار کاهش داد. ریچارد (۲۱) اظهار داشت که مصرف صفر تا ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم پلی‌اکریل‌آمید بر روی سطح خاکی با شیب ۲-۱ درصد میزان نفوذ آب به خاک را تا ۳۵ درصد افزایش داد.

پلی‌وینیل‌استات[1] (PVAc) از جمله پلیمرهای آلی با ساختار هیدروکربنی است که در خاک به سرعت تجزیه می‌شود و از این رو بدون اثرات زیانبار زیست‌محیطی می‌تواند در کاهش سریع فرسایش خاک مؤثر واقع گردد (۱۱). پلی‌وینیل‌استات به دلیل برقراری پیوندهای هیدروژنی با مولکول‌های آب، در آب حل می‌شود. این پلیمر یک ساختمان سه بعدی در ۲-۱ سانتی‌متری سطح خاک تشکیل می‌دهد و رطوبت را برای مدت طولانی در خاک حفظ می‌کند (۱۱). از مزایای پلی‌وینیل‌استات می توان به فقدان خطرات زیست محیطی، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک به مقدار بیش از ۴۰ درصد و کاهش فرسایش خاک در بارندگی‌های شدید اشاره کرد (۱۱). در مورد تأثیر پلی‌اکریل‌آمید در کاهش فرسایش خاک تحقیقات متعددی در سراسر دنیا انجام گرفته است. با این حال در مورد تأثیر پلی‌وینیل‌استات در مهار فرسایش خاک تحقیقات زیادی صورت نگرفته است. نتایج یک مطالعه نشان داد که مقدار ۱۰ گرم در متر مربع پلی‌وینیل‌استات، سرعت نفوذ آب در عمق ۶-۲ سانتی‌متر را به اندازه $۱/۹\times۱۰^{-۳}$ سانتی‌متر در ثانیه و در عمق ۲۴-۲۰ سانتی‌متر را به اندازه‌ی $۱/۷\times۱۰^{-۳}$ سانتی‌متر در ثانیه نسبت به شاهد افزایش داد (۲۷).

مارن‌ها از سازندهای بسیار حساس در برابر عوامل فرسایش آبی می‌باشند. در مارن‌ها کانی‌های کلسیت و رس به عنوان کانی اصلی به همراه سایر کانی‌ها از جمله کوارتز، آلبیت و غیره وجود دارد (۲). اندازه ذرات و کانی‌های موجود در مارن‌ها در حد رس، سیلت، ماسه و حتی گاهی در اندازه شن می‌باشد. به این ترتیب مارن‌ها بر حسب نوع کانی، بافت و درصد ذرات معدنی دارای گروه‌های متفاوتی هستند که خواص شیمیایی، فیزیکی، مکانیکی و فرسایشی آن‌ها متفاوت می‌باشد (۲). یافته‌های اکبرزاده و همکاران (۱) نشان داد که مصرف پلی-اکریل‌آمید در خاک‌های مارنی تأثیر چندانی در کاهش رواناب نداشت، درحالی‌که استفاده از آن اثر قابل ملاحظه‌ای در کاهش رسوب تولیدی داشت.

با توجه به فرسایش‌پذیری بالای خاک‌های مارنی لازم است ویژگی‌های خاک از نظر مقاومت در برابر نیروهای فرساینده (باران و رواناب) تقویت شود. استفاده از پلیمرها می‌تواند روشی مناسب برای بهبود ویژگی‌های فیزیکی و کاهش سریع فرسایش در این خاک‌ها باشد. برخلاف پلی‌اکریل‌آمید، تاکنون در مورد تأثیر پلی‌وینیل‌استات بر ویژگی‌های خاک و تولید رواناب و رسوب در خاک‌های مارنی تحقیق جامعی صورت نگرفته است. از آن‌جا که ترکیبات پلی‌وینیل‌استات در طبیعت تجزیه پذیر می‌باشند، این پژوهش به منظور بررسی تأثیر پلی-وینیل‌استات بر هدایت هیدرولیکی و تولید رواناب و رسوب در خاک مارنی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

برای انجام پژوهش از یک نوع خاک مارنی در غرب استان زنجان در سال ۱۳۸۹ نمونه‌برداری شد. منطقه مورد نظر در حوالی روستای آذرپی در ۵۳ کیلومتری جاده زنجان-میانه واقع است (شکل ۱). ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۳۶۳ متر است. بیش از ۲۴ درصد منطقه را شیب‌های بالاتر از ۲۰ درصد تشکیل داده است. متوسط بارندگی سالیانه ۲۵۵/۴ میلی‌متر است. خاک‌های منطقه بسیار حساس در برابر فرسایش آبی بوده و فرسایش خاک در منطقه به اشکال مختلف از جمله بارانی، سطحی، شیاری و آبکندی قابل مشاهده است. این منطقه یکی از مناطق مهم تولید رسوب در حوزه آبخیز زنجان‌رود است. اقلیم منطقه بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی به روش دومارتن، نیمه خشک است. اراضی دیم و مراتع کم بازده در محدوده مورد مطالعه وسعت نسبتاً زیادی دارند. رژیم رطوبتی و رژیم حرارتی خاک به ترتیب زریک و مزیک است. خاک مورد مطالعه از نظر رده‌بندی Typic Calcixerepts می‌باشد (۴).

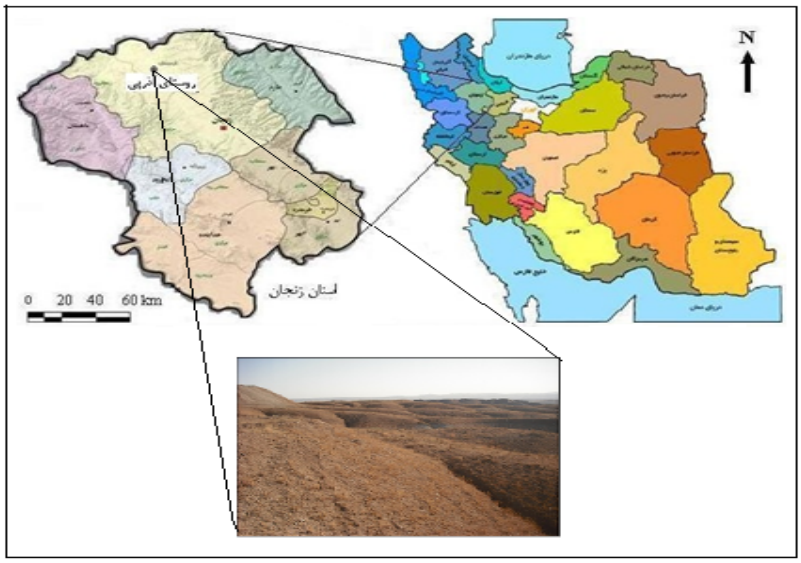
نمونه‌برداری خاک و تعیین ویژگی‌های آن

منطقه تحت نمونه‌برداری خاک دارای مختصات جغرافیایی ″۲۱ ′۵۶ °۳۶ عرض شمالی و ″۲۷ ′۰۶ °۴۸ طول شرقی است. مقدار ۱۵۰۰ کیلوگرم خاک از عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متر خاک برداشت شده و به آزمایشگاه منتقل شد. پیش از مصرف پلیمر، نمونه خاک از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شد. در خاک عبور داده شده از این الک، حضور خاکدانه‌ها بسیار کم بود و از این رو در صورت مصرف پلیمر، امکان بررسی آسان تشکیل خاکدانه‌ها فراهم بود. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک با سه تکرار در آزمایشگاه تعیین شدند. در این راستا درصد ذرات خاک به روش هیدرومتر اندازه‌گیری شد (۱۴). جرم مخصوص ظاهری به روش سیلندر (۱۲)، جرم مخصوص حقیقی به روش پیکنومتر (۱۷)، درصد سدیم تبادلی (ESP) با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر (۱۰)، ماده آلی به روش والکلی-بلاک (۲۰)، آهک به صورت کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک (۱۵)، گچ به روش استون (۲۲)، واکنش خاک در گل اشباع با استفاده از pH متر و هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع با استفاده از EC متر اندازه‌گیری شدند.

1- Polyvinyl acetate

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

پایداری خاکدانه بر اساس میانگین وزنی قطر خاکدانه‌های پایدار (MWD) بـه روش الـک تـر تعیـین شـد (۶). میـانگین وزنـی قطـر خاکدانه‌های پایدار پس از غربال شدن با سری الک‌ها (۸، ۶، ۴، ۲، ۱، ۰/۶ و ۰/۲۵ میلی‌متر) در آب مقطر به مدت ۱ دقیقه محاسبه شـد. بـا توجه به حساسیت بالای خاکدانه‌ها و تخریب سریع آن‌هـا بـه هنگـام قرار گرفتن در آب، آزمایش بـه مـدت ۱ دقیقـه انجـام شـد. هـدایت هیدرولیکی اشباع به روش بار ثابـت (۹) در خـاک بـدون پلیمـر و در خاک پلیمری شده جداگانه اندازه گیری شد. برای ایـن منظـور حجـم آب خروجی از استوانه حاوی ستون خاک در سطوح ایسـتابی مختلـف (۲۲، ۳۰، ۳۴، ۳۸ و ۴۲ سانتی‌متر) اندازه‌گیری شد. نفوذپذیری خاک از تفاضل کل بارندگی اعمـال شـده و آب خـارج شـده از سـطح خـاک (رواناب) طی مدت بارندگی به دست آمد.

پیاده‌سازی آزمایش

آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج سـطح پلیمـر شـامل صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در سـه تکـرار انجـام گرفت. مقدار مصرف پلیمر در خاک بر اساس نتـایج تحقیقـات ولـر و گیلمان (۲۷) بود. بر این اساس محلول پلی‌وینیل‌استات به مقدار صفر، ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ گرم به سطح فلوم‌های خاک اضافه شد. پلیمر مورد استفاده در این تحقیق محلول بوده و دارای فرمـول شـیمیایی CH_2-$CH(OOC-CH_3)$ است که در داخل کشور و توسط پژوهشگاه پلیمـر تولید می‌شود. در حال حاضـر هزینـه تولیـد ایـن پلیمـر بـه ازای هـر کیلوگرم، حدود ۲۰/۰۰۰ ریال می‌باشد. برای بررسی ویژگی‌های خاک و میزان تولید رواناب و رسوب در رخدادهای بارندگی از ۱۵ فلوم فلزی محتوی خاک استفاده شد. فلوم‌های فلزی به ابعاد ۰/۵ متر در ۱ متر و مساحت ۰/۵ متر مربع با عمق ۱۵ سانتی‌متـر بودنـد کـه کـف آن‌هـا سوراخ‌دار بود. در کف فلوم‌ها یک لایه فیلتر شنی به ضخامت حدود ۲ تا ۳ سانتی‌متر جهت زهکشی آسان آب نفوذ یافتـه قـرار داده شـد. در انتهای فلوم یک لوله پلیکا جهـت خـروج رواناب و رسـوب از سـطح جعبه قرار داده شد. در پایین دست فلوم نیز ظرفـی بـرای جمع‌آوری رواناب و رسوب قرار داده شد (شـکل ۲). نمونـه خـاک تـا عمـق ۱۰ سانتی‌متر در فلوم‌ها ریخته شد. پلی‌وینیل‌استات به صورت محلـول در پنج سطح به سطح نمونه‌های خاک پاشیده شد. از آن‌جا که هر گونـه عملیات خاک‌ورزی در سازندهای مارنی منجـر بـه تشـدید فرسـایش خاک می‌شود عملاً نمی‌توان پلیمر را در منطقه با خاک مخلوط کـرد. از این رو در این پژوهش سعی بر آن بود تا مصرف سـطحی پلیمـر و چگونگی تأثیر آن بر کاهش فرسایش مورد بررسی قـرار گیـرد. بـرای افزایش اثر بخشـی پلیمـر و بهبـود نقـش آن در همـاوری ذرات و در نتیجه تشکیل واحدهای ساختمانی، محلول پلیمری در سه مرحلـه بـا فاصله زمانی ۲۴ ساعت در سطح فلوم‌های خاک مصرف شـد. پـس از مصرف پلیمر، تأثیر آن بر بهبود ویژگی‌های خاک و کاهش فرسـایش، طی دوره ۳۵ روز تحت باران، مورد بررسی قرار گرفت.

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۲- جمع‌آوری رواناب و رسوب در فلوم تحت باران شبیه‌سازی شده

ایجاد رخدادهای یکسان باران

رخدادهای باران یکسان (از نظر شدت و مدت) با استفاده از دستگاه شبیه‌ساز باران بر سطح خاک فلوم‌ها اعمال شد. برای اطمینان از ماندگاری پلیمر در خاک و تأثیر آن در بهبود ساختمان خاک، تعداد پنج رخداد بارندگی هر کدام به مدت ۳۰ دقیقه با شدت ثابت ۴۰ میلی‌متر بر ساعت به فاصله یک هفته بر خاک‌ها اعمال شد. انتخاب این شدت بر اساس شدت‌های بارندگی منطقه و قابلیت دستگاه باران-ساز در ایجاد آن بود. علت استفاده از دستگاه باران‌ساز، برای ایجاد باران‌های با شدت یکسان و تکرارپذیر بود. دستگاه باران‌ساز متشکل از پانصد نازل قطره‌ساز (با قطر حدود ۲/۵ میلی‌متر) بود که قابلیت ایجاد شدت‌های مختلف از ۴۰ تا ۱۲۰ میلی‌متر بر ساعت را داشت. ارتفاع صفحه بارش از سطح زمین ۲۸۷ سانتی‌متر بود. پیش از اعمال رخدادهای باران بر سطح خاک داخل فلوم‌ها، برای حذف اثر رطوبت اولیه، خاک داخل فلوم‌ها تا رطوبت یکسان (۱۵ درصد جرمی) مرطوب شدند. میزان رطوبت اولیه بر اساس نسبتی از رطوبت ظرفیت نگه-داری آب در خاک (۸۰ درصد)، پس از خروج آب ثقلی در نظر گرفته شد. برای این منظور خاک مورد نظر ابتدا اشباع شد و پس از خروج آب ثقلی، رطوبت نگهداری شده در خاک به روش جرمی (وزنی) تعیین شد. حجم آب لازم برای اعمال این رطوبت (۱۵ درصد جرمی) در سه مرحله و همزمان با مصرف پلیمر به سطح نمونه‌های خاک پاشیده شد و برای اطمینان از پخش یکنواخت رطوبت در عمق خاک (۱۰ سانتی‌متر)، سطح فلوم‌ها پوشانده شد. این میزان رطوبت برای اطمینان از ایجاد واکنش‌های شیمیایی بین پلیمر و سطح ذرات خاک در نظر گرفته شد. با توجه به شیب عمومی خاک‌های منطقه، جعبه‌های خاک تحت شیب ۵ درجه (۹ درصد) زیر دستگاه شبیه‌ساز باران قرار داده شدند.

اندازه‌گیری رواناب و رسوب

در هر رخداد بارندگی، مخلوط رواناب و رسوب در ظرف پلاستیکی انتهای فلوم جمع‌آوری شد. در آزمایشگاه کل رسوب هر رخداد با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۴۲، کاملاً از رواناب جدا شد. وزن رسوب در هر رخداد پس از خشک کردن رسوب در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت به دست آمد. ارتفاع (عمق) رواناب از نسبت حجم رواناب به سطح جعبه‌های خاک به دست آمد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۸ انجام گرفت. مناسب‌ترین سطح مصرف پلیمر از نظر افزایش هدایت هیدرولیکی و نفوذپذیری خاک بر اساس آزمون دانکن انتخاب شد. نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel رسم گردید.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج، خاک مورد مطالعه دارای بافت لومی بود. درصد شن و سیلت و رس بر اساس روش طبقه‌بندی آمریکایی در جدول ۱ آمده است. میزان ماده آلی خاک (۰/۲۹ درصد) و پایداری خاکدانه‌ها در آب بر اساس میانگین وزنی قطر خاکدانه (۱/۱۶ میلی‌متر) پایین بود. خاک مورد مطالعه دارای درصد پایینی از سدیم تبادلی بود.

نتایج نشان داد که تأثیر سطوح پلی‌وینیل‌استات بر هدایت هیدرولیکی در سطح احتمال ۰/۰۱ و بر نفوذپذیری خاک در سطح احتمال ۰/۰۵ معنی‌دار بود (جدول ۲). این نتیجه با نتایج ولر و گیلمان (۲۷) مطابقت داشت.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

ویژگی فیزیکی	میانگین	انحراف معیار	ویژگی شیمیایی	میانگین	انحراف معیار
شن (٪)	۳۴/۹	۰/۰۲	واکنش خاک	۷/۶۶	۰/۰۱
سیلت (٪)	۳۹/۷	۰/۰۲	هدایت الکتریکی (dS/m)	۱/۵۲	۰/۰۳
رس (٪)	۲۵/۴	۰/۰۳	سدیم تبادلی(٪)	۱/۶۴	۰/۴۰
پایداری خاکدانه در آب، MWD (میلی‌متر)	۱/۱۶	۰/۱۷	ماده آلی (٪)	۰/۲۹	۰/۰۴
هدایت هیدرولیکی اشباع (متر در روز)	۰/۵۳	۰/۱۹	آهک (٪)	۵۱/۲	۰/۹۹
تخلخل (٪)	۵۲	۰/۰۳	گچ (٪)	۲/۰۵	۰/۱۳

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر سطوح پلی‌وینیل‌استات بر هدایت هیدرولیکی اشباع و نفوذپذیری خاک

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (هدایت هیدرولیکی اشباع)	F	سطح معنی‌داری	میانگین مربعات (نفوذپذیری)	F	سطح معنی‌داری
سطوح پلی‌وینیل-استات	۴	۲/۶۶۳	۷/۸۲۷	۰/۰۰۴	۵/۳۷۹	۴/۹۷۲	۰/۰۱۸
خطا	۱۰	۰/۳۴۰			۱/۰۸۲		
کل	۱۴						

مقایسه میانگین اثر سطوح پلی‌وینیل‌استات بر هدایت هیدرولیکی اشباع و نفوذپذیری خاک نشان داد که سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر مصرفی نسبت به تیمار شاهد و سایر تیمارها اثر معنی‌داری در افزایش نفوذپذیری خاک داشت (جدول ۳). سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار پلی‌وینیل‌استات بر خلاف سطوح ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار تأثیر معنی‌داری در افزایش نفوذ آب به خاک داشت. پلی‌وینیل-استات به دلیل برقرای پیوند با ذرات خاک، در هم‌آوری ذرات خاک و تشکیل واحدهای ساختمانی مؤثر بود. نتایج نشان داد که در سطح ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پلی‌وینیل‌استات، میزان نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی خاک کمتر از سایر تیمارها بود. دلیل این اتفاق احتمالاً آن است که در مقادیر بالاتر (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار)، پلیمر علاوه بر سطح به داخل واحدهای ساختمانی اولیه (خاکدانه‌های کوچکتر از ۲ میلیمتر) یا واحدهای ساختمانی ثانویه، که پس از مصرف پلیمر شکل گرفته بودند، نیز نفوذ نموده و باعث مسدود شدن منافذ خاک می‌شود. این مسئله منجر به کاهش نفوذ آب به خاک و هدایت هیدرولیکی خاک شد. این موضوع در تحقیقات شکفته و همکاران (۳) و شاینبرگ و همکاران (۲۵) نیز نشان داده شده است. علت دیگر کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع در غلظت‌های بالای پلیمر می‌تواند به دلیل افزایش گرانروی آب باشد. بررسی‌های مالیک و همکاران (۱۹) و ریچارد (۲۱) نیز نشان داد که استفاده از پلی‌اکریل‌آمید با غلظت بالا در آب آبیاری به دلیل بالا بردن لزوجت آب، سبب کاهش هدایت هیدرولیکی خاک می‌شود. مقدار نفوذپذیری خاک در تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار ۱۶/۶درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. این نتیجه به دلیل تأثیر پلیمر در اتصال ذرات خاک و ایجاد منافذ درشت در خاک بود. بررسی‌های شکفته و همکاران (۳) نشان داد که تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار پلی‌اکریل‌آمید میزان نفوذ آب به خاک را ۳۵ تا ۵۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داد و در مقادیر بالاتر پلیمر مصرفی، نفوذ آب به خاک کاهش یافت. سپاس‌خواه و بذرافشان جهرمی (۲۳) نشان دادند که مقدار ۶ کیلوگرم در هکتار پلی‌اکریل‌آمید طی سه رخداد بارندگی با فاصله زمانی ۳ تا ۴ روز، تأثیر معنی‌داری در افزایش نفوذ آب به خاک داشت.

تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که تأثیر تیمارهای مختلف پلی-وینیل‌استات بر تولید رواناب و رسوب در سطح احتمال ۰/۰۵ معنی‌دار بود (جدول ۴). این نتیجه با یافته‌های سپاس‌خواه و بذرافشان جهرمی (۲۳) که بر روی کنترل رواناب و رسوب با پلی‌اکریل‌آمید در زمین‌های شیب‌دار با خاک لوم انجام دادند، مطابقت داشت. این محققین نیز نشان دادند که تأثیر تیمارهای مختلف پلی‌اکریل‌آمید بر تولید رواناب و رسوب در سطح احتمال ۰/۰۵ معنی‌دار بود. بر اساس نتایج، سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر مصرفی نسبت به تیمار شاهد (صفر کیلوگرم در هکتار) تأثیر معنی‌داری در کاهش رواناب داشت (جدول ۵). در این سطح مصرف، پلیمر موجب اتصال ذرات خاک به یکدیگر و تشکیل واحدهای ساختمانی اولیه شد. تشکیل این واحدهای ساختمانی موجب شد تخلخل درشت خاک افزایش یابد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر سطوح پلی‌وینیل‌استات بر هدایت هیدرولیکی و نفوذپذیری در خاک مارنی

پلی‌وینیل‌استات (کیلوگرم درهکتار)	۰	۵۰	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰
هدایت هیدرولیکی اشباع (متر در روز)	۰/۵۳ b	۲/۷۲ a	۰/۷۱ b	۰/۹۰ b	۰/۴۵b
میانگین نفوذپذیری در پنج رخداد (میلی‌متر بر ساعت)	۲۵/۸۴ bc	۲۸/۱۹ a	۲۷/۲۱ ab	۲۷/۵۶ ab	۲۴/۹۰ c

جدول ٤- تجزیه واریانس اثر سطوح پلی‌وینیل‌استات بر تولید رواناب و رسوب در خاک مارنی

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (رواناب)	F	سطح معنی‌داری	میانگین مربعات (رسوب)	F	سطح معنی‌داری
سطوح پلی‌وینیل‌استات	۴	۶/۷۲۳	۴/۹۷۲	۰/۰۱۸	۱۱۲۵۸۶۷/۹۵۵	۴/۶۰۴	۰/۰۲۳
خطا	۱۰	۱/۳۵۲			۲۴۴۵۶۰/۱۹۹		
کل	۱۴						

این کار منجر به افزایش هدایت هیدرولیکی خاک و در نتیجه کاهش رواناب شد (۲۵ و ۲۶). نتایج نشان داد که با افزایش مصرف پلی‌وینیل‌استات تا سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار میزان تولید رسوب کاهش یافت (جدول ۵). با وجود آن که تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر مصرفی کمترین مقدار تولید رسوب را داشت لیکن تفاوت معنی‌داری بین آن و تیمارهای ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پلی‌وینیل‌استات از نظر تولید رسوب وجود نداشت. احتمالاً در مقادیر بالاتر به دلیل نفوذ پلیمر به منافذ خاک و مسدود کردن آن‌ها نفوذپذیری خاک کاهش یافت (۳ و ۲۵). این مسئله در افزایش تولید رواناب در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار مؤثر بود. دلیل دیگر افزایش رواناب می‌تواند افزایش لزوجت آب در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به دلیل محلول بودن پلیمر باشد که منجر به کاهش هدایت هیدرولیکی و افزایش رواناب می‌شود (۱۹ و ۲۱). با این وجود، تأثیر پلیمر در اتصال بیشتر ذرات خاک به یکدیگر و تشکیل توده‌های به هم پیوسته از ذرات خاک موجب کاهش تولید رسوب شد (۱۸). بنابراین واحد اولیه پلیمر مصرفی (۵۰ کیلوگرم در هکتار) اثر لازم برای افزایش نفوذپذیری خاک و کاهش تولید رسوب را داشت. مقدار تولید رسوب در تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار ۳۸ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. این نتیجه با یافته‌های ژانگ و میلر (۲۸) در مورد تأثیر پلی‌اکریل‌آمید بر کاهش فرسایش خاک نیز مطابقت داشت. گزارش‌های لنتز و همکاران (۱۸) نیز نشان داد که پلیمرها با اتصال ذرات خاک باعث هم‌آوری ذرات می‌شوند و با قرار گرفتن بر سطح خاکدانه‌ها از تخریب آن ها در اثر برخورد قطرات باران جلوگیری می‌کنند. بررسی‌های معاف و همکاران (۵) روی یک نمونه خاک شور و سدیمی نشان داد که مقدار ۷۵ کیلوگرم در هکتار پلی‌اکریل‌آمید تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۱ در کاهش فرسایش خاک داشت.

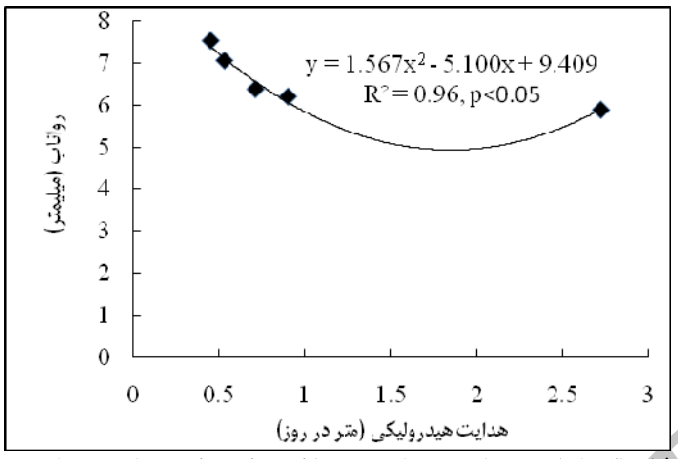
شکل ۳ رابطه بین میانگین تولید رواناب در پنج رخداد و مقدار هدایت هیدرولیکی خاک را نشان می‌دهد. بین میانگین تولید رواناب در پنج رخداد و مقدار هدایت هیدرولیکی خاک رابطه معنی‌داری ($p<۰/۰۵$ و $R^2=۰/۹۶$) برقرار بود. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود با افزایش هدایت هیدرولیکی خاک در نتیجه‌ی تأثیر پلیمر میزان رواناب کاهش یافت. بیشترین مقدار هدایت هیدرولیکی خاک (۲/۷۲ متر در روز) و کمترین مقدار تولید رواناب (۵/۹۰۴ میلی‌متر) در تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار پلی‌وینیل‌استات مشاهده شد.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر سطوح پلی‌وینیل‌استات بر تولید رواناب و رسوب در خاک مارنی

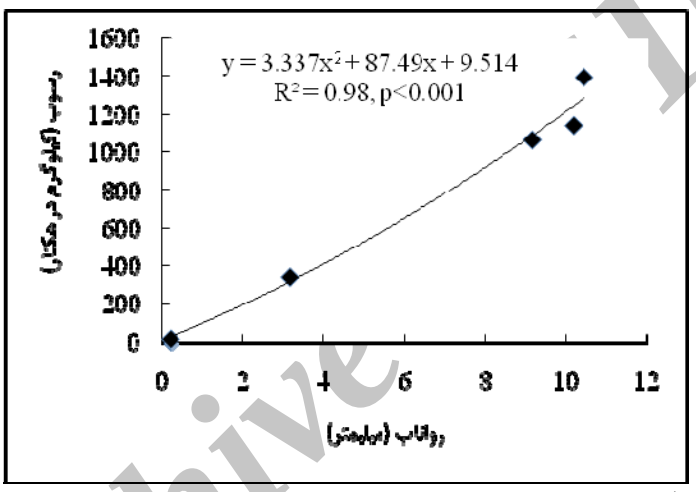
پلی‌وینیل‌استات (کیلوگرم درهکتار)	۰	۵۰	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰
میانگین رواناب در پنج رخداد (میلی‌متر)	۷/۰۷۹ ab	۵/۹۰۴c	۶/۳۹۷ bc	۶/۲۲۲ bc	۷/۵۴۹a
میانگین رسوب در پنج رخداد (کیلوگرم درهکتار)	۱۲۵۵/۳a	۷۷۸/۹b	۷۶۰/۰b	۵۵۷/۳b	۶۲۰/۹b

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳- رابطه بین رواناب و هدایت هیدرولیکی خاک در کل رخدادهای باران



شکل ٤- رابطه بین رواناب و رسوب در خاک مارنی تحت پنج رخداد بارندگی

نتایج نشان داد که بین تولید رسوب و رواناب در خاک مارنی تیمار شده با پلی‌وینیل‌استات رابطه معنی‌دار ($p<۰/۰۰۱$ و $R^2=۰/۹۸$) وجود داشت (شکل ۴). با افزایش تولید رواناب، تولید رسوب نیز افزایش چشمگیری پیدا کرد چرا که با افزایش رواناب، ذرات خاک به ویژه ذرات ریز به میزان بیشتری از سطح خاک شسته و خارج شدند.

نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد که پلی‌وینیل‌استات به عنوان پلیمری مناسب برای بهبود ویژگی‌های خاک از جمله نفوذپذیری آن در سازندهای مارنی تحت بررسی می‌باشد. این پلیمر به عنوان پلی بین ذرات خاک قرار گرفته و هماوری ذرات خاک و تشکیل واحدهای ساختمانی را موجب شد. با بهبود نفوذپذیری خاک تحت تأثیر این پلیمر، تولید رواناب به شدت کاهش یافت. این موضوع موجب شد فرسایش خاک و درنتیجه تولید رسوب نیز کاهش چشمگیری پیدا کند. مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر، مؤثرترین سطح پلیمر از نظر بهبود نفوذپذیری خاک و کاهش رواناب و رسوب بود. هزینه تولید ۵۰ کیلوگرم در هکتار پلی‌وینیل استات، با توجه به تولید آن در کارخانجات پتروشیمی و پژوهشگاه پلیمر ایران، در حال حاضر حدود ۱/۰۰۰/۰۰۰ ریال می‌باشد. از این رو از این پلیمر می‌توان در سطح گسترده برای کاهش رواناب و فرسایش در سازندهای مارنی منطقه استفاده کرد. استفاده از این پلیمر به ویژه در آغاز بارندگی‌ها (فصل بهار) برای افزایش اثربخشی آن مؤثر خواهد بود. همچنین انجام همزمان اقدامات بیولوژیکی (بذرپاشی گونه‌های مرتعی بومی) می‌تواند به عنوان روشی مناسب برای کاهش فرسایش خاک در سازندهای مارنی منطقه پیشنهاد گردد.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

۱- اکبرزاده ع.، رفاهی ح.، روحی‌پور ح. و گرجی م. ۱۳۸۸. ارزیابی کارایی پلی‌اکریل‌آمید در افزایش پایداری خاکدانه و کاهش فرسایش خاک‌های مارنی استان زنجان. مجله تحقیقات خاک و آب ایران، ۴۰(۲): ۱۷۶-۱۶۵.

۲- امیری م. و امیری ع. ۱۳۸۸. پیش بینی شکل فرسایش در خاک های مارنی استان همدان به کمک متغیر های شیمیایی. مجموعه مقالات یازدهمین کنگره علوم خاک ایران، گرگان، صفحه ۱۸۳۲.

۳- شکفته ح.، رفاهی ح. و گرجی م. ۱۳۸۴. بررسی اثر ماده شیمیایی پلی‌اکریل‌آمید بر فرسایش و رواناب خاکها. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۶(۱): ۱۸۶-۱۷۷.

۴- مدیریت آبخیزداری استان زنجان. ۱۳۸۱. طرح مطالعات تفصیلی- اجرایی حوزه آبخیز چپ چپ استان زنجان، شرکت مهندسین مشاور بوم ورزان همدان.

۵- معاف م.، عزیزی پ. و اسدی ح. ۱۳۸۸. تاثیر پلی‌اکریل‌آمید و گچ بر تولید رواناب و فرسایش یک نمونه خاک شور-سدیمی. مجموعه مقالات یازدهمین کنگره علوم خاک ایران، گرگان، صفحه ۱۹۳۷.

6- Amézketa E., Singer M.J., and Le Bissonnais Y. 1996. Testing a new procedure for measuring water-stable aggregation. Soil Science Society of America Journal, 60: 888-894.

7- Ben-Hur M., Letey J., and Shainberg I. 1990. Polymer effects on erosion under laboratory rainfall simulator conditions. Soil Science Society of America Journal, 54: 1092-1095.

8- Bjorneberg D.L., Santos F.L., Castanheira N.S., Martins O.C., Reis J.L., Aase J.K. and Sojka R.E. 2003. Using polyacrylamide with sprinkler irrigation to improve infiltration. Journal of Soil and Water Conservation, 58(5): 283–289.

9- Bouwer H., and Jackson R.D. 1974. Determining soil properties. p. 611- 627. In: J. Van. Schilfgaarde. (ed). Drainage for Agriculture, ASA Monograph No. 17, Madison, WI.

10- Chapman H.D., and Pratt P.F. 1978. Methods of Analysis for Soils, Plants and Waters. Division of Agricultural Sciences. University of California, Berkeley, CA, USA.

11- Crowley J., Bell D., and Kopp-Holtwiesche B. 2008. Environmentally-Favorable erosion control with a polyvinyl acetate-based formulation. Available at www.kiwipower.com/pdf/QEI-Atlas-article.

12- Culley J.L.B. 1993. Density and compressibility. p. 529-540. In M. R. Carter (ed.) soil sampling and methods of analysis. Lewis Published in United State of American.

13- Gal M., Stern R., and Levin J. 1992. Polymer effect on infiltration and erosion of sodic soils. South Africa Journal of Plant and Soil, 19(2): 108-112.

14- Gee G.W., and Bauder J.W. 1986. Particle-size analysis. p. 383-411. In A. Klute (ed.) Methods of Soil Analysis. Part 1. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.

15- Jackson M.L. 1967. Soil chemical analysis. p. 38-82. Prentice-Hall of India, Private Limited, New Delhi.

16- Khaitan S., Erickson L.E., Hutchinson S.L., and Karthikeyan R. 2003. Biodegradation of petroleum hydrocarbones in a soil containing polyacrylamide. p. 66-72. Proceedings Biochemical Engineering Symposium, Iowa State University.

17- Klute A. 1986. Physical and mineralogical methods, p. 635- 662. In Methods of soil analysis. Part 1. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.

18- Lentz R.D., Shainberg I., Sojka R.E., and Carter D.L. 1992. Preventing irrigation furrow erosion with small applications of polymers. Soil Science Society of America Journal, 56: 1926-1932.

19- Malik M., Amrhein C., and Letey J. 1991. Polyacrylamide to improve water flow and salt removal in a high shrink-swell soil. Soil Science Society of America Journal, 55: 1664-1667.

20- Nelson D.W., and Sommers L.E. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. p. 539–579. In A.L. Page et al. (ed.) Methods of Soil Analysis. Part 2. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.

21- Richard A.M. 2006. Polyacrylamide blocks for turbidity control on construction sites. ASAE Annual Meeting, Paper number 62254: 113-119.

22- Richard L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Handbook 60. Washington DC. 160 pp.

23- Sepaskhah A.R., and Bazrafshan-Jahromi A.R. 2006. Controlling runoff and erosion in slopping land with polyacrylamide under a rainfall simulator. Biosystems Engineering, 93: 469–474.

24- Shainberg I., Levey G.J., Rengasamy P., and Frenkel H. 1992. Aggregate stability and seal formation as affected by drops impact energy and soil amendment. Soil Science, 154: 113-119.

25- Shainberg I., Warrington D.N., and Rengasamy P. 1990. Water quality and PAM interactions in reducing surface sealing. Soil Science, 149: 301-307.

26- Smith H.J.C., Levy G.J., and Shainberg I. 1990. Water droplet energy and soil amendments: effect on infiltration

Archive of SID

www.SID.ir

and erosion. Soil Science society of America Journal, 54: 1084-1087.
27- Weller H., and Gillman. 1998. Pot Tests on Water Saving by Soil, Treatment with Terra Control SC-823. Soil Science Society of America Journal, 62: 654-662.
28- Zhang X.C., and Miller W.P. 1996. Polyacrylamide effect on infiltration and erosion in furrows. Soil Science Society of America Journal, 60: 866-872.

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No.4, Sept.-Oct. 2013, p. 792-801

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۲، ص. ۸۰۱-۷۹۲

Effect of Polyvinyl Acetate on Hydraulic Conductivity, Runoff and Sediment Production in a Marl Soil

S. Hamidi Nehrani[1*]-A.R. Vaezi[2]
Received:27-01-2013
Accepted:29-09-2013

Abstract

Marls have been recognized as susceptible formations against water erosion. Polyvinyl acetate (PVAc) is a biodegradable polymer which can be currently applied in soil conservation programs. The study was conducted to investigate effect of the PVAc on hydraulic conductivity and runoff and sediment production in a marl soil. The PVAc was applied in soil surface at five levels consists of zero (control), 50, 100, 150 and 200 kg ha^{-1} with three replications. The polymerized soils were putted into fifteen flumes with a dimension of 0.5m × 1m and 15cm depth. The flumes were placed in 9% slope and affected by five simulated rainfall events (40 mm h^{-1} in intensity and 30 min duration) with seven days interval. Based on the results, soil infiltration and hydraulic conductivity significantly affected by the PVAc application with a statistical level of 0.05 and 0.01, respectively. Analysis of runoff and sediment data showed that the runoff and sediment production was remarkably influenced by the PVAc application. There was found that 50 kg per hectare of the PVAc have the highest effect in improving infiltration rate and hydraulic conductivity, and consequently decreasing runoff and sediment production. The infiltration rate in 50 kg per hectare of the PVAc was 16.6% higher than zero treatment (control). The study reveled that the PVAc can be successfully used in the marl areas to improve soil structure and control runoff and sediment.

Keywords: Hydraulic conductivity, Rainfall event, Rainfall simulator, Soil infiltration

Archive of SID

1,2- M.Sc. Graduated and Assistant Professor, Department of Soil Science, Agriculture Faculty, University of Zanjan
(*- Corresponding Author Email: somaye_024230@yahoo.com)

www.SID.ir