بررسی اثر کاربرد پلی‌اکریل‌آمید بر فرسایش، رواناب و نفوذپذیری در یک خاک لوم سیلتی

نجیمه رشیدی*، مهدی نادری و شجاع قربانی‌دشتکی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۰۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۰۶)

چکیده

استفاده از تغییر دهنده‌های شرایط خاک از روش‌های معمول کاهش فرسایش و رواناب محسوب می‌شود. با توجه به مزایای پلی‌اکریل‌آمید (Polyacrylamide, PAM)، این تحقیق در راستای بررسی تأثیر این ماده بر سرعت نفوذ آب در خاک، کنترل رواناب و فرسایش خاک برنامه‌ریزی شد. یک طرح آزمایشی فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار صفر، ۶، ۱۰ و ۲۰ کیلوگرم PAM در هکتار، سه سطح شیب ۳، ۶ و ۹ درصد، در سه تکرار و سه نوبت بارش ترتیب داده شد. بدین منظور نمونه‌های خاک از محوطه دانشگاه شهرکرد جمع‌آوری شد. نمونه‌های خاک در پلات‌هایی به ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر و ابعاد ۵۵ × ۵۵ سانتی‌متر ریخته شدند. سپس تیمارهای مطالعاتی تحت بارش مصنوعی با شدت ۳۶ میلی‌متر در ساعت و دوام ۱۵ دقیقه قرار گرفتند. رواناب، آب زهکشی شده و بار رسوب ناشی از تیمارها جمع‌آوری و اندازه‌گیری شدند. نتایج اختلاف معنی‌داری بین میزان رواناب و فرسایش خاک در تیمار شاهد و تیمارهای پلی‌اکریل‌آمید نشان دادند. PAM آسیب ناشی از برخورد قطرات باران را به حداقل رساند و عامل بهبود نفوذپذیری و کاهش تولید رواناب بود. تیمار خاک با این تغییر دهنده شرایط خاک موجب شد فرسایش خاک و تولید رسوب کاهش به‌طور معنی‌داری در همه تیمارها کاهش یابد.

واژه‌های کلیدی: پلی‌اکریل‌آمید، شبیه‌ساز باران، فرسایش، رواناب، نفوذپذیری، لوم‌سیلتی

۱. گروه علوم خاک دانشگاه شهرکرد
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: najirashidi@yahoo.com

مقدمه

یکی از روش‌های مبارزه با فرسایش خاک استفاده از تثبیت کننده‌های خاک و یا تغییردهنده‌های شریط خاک مانند پلیمرهای شیمیایی است (۶، ۳۳). در اوایل دهه ۱۹۵۰ میلادی به سودمندی پلیمرهای آلی به‌عنوان بهبود دهنده و پایدار کننده‌های خاک توجه شد (۱۷). پلیمرها مولکول‌های بزرگی هستند که از اتصال تعداد نامتنابهی مولکول بسیار کوچک ساخته شده‌اند. مولکول‌های کوچکی که مولکول پلیمر را به‌وجود می‌آورند مونومر نام دارند. در یک مولکول صدها، هزاران، ده‌ها هزار و حتی تعداد زیادتری از مولکول‌ها را می‌توان یافت که به‌هم متصل شده‌اند (۳). پلیمرهای سوپر جاذب قادرند به میزان۵۰۰ -۲۰۰ میلی‌لیتر آب به‌ازای هر گرم وزن خشک پلیمر در خود ذخیره نمایند. پلیمرهای سوپرجاذب موجب جذب سریع و به‌مقدار قابل ملاحظه آب در ساختمان خود می‌شوند. تحقیقات انجام شده روی تأثیر پلیمرهای سوپرجاذب در خاک و تحت شرایط کم‌آبی روی برخی گیاهان موفقیت آمیز بوده و این خود به‌دلیل مناسب بودن نسبی قیمت این مواد در برخی کشورها، سهولت ساخت، مصرف و طیف وسیع کاربرد آنها است (۲).

در مقایسه با دیگر پلیمرها، پلی‌اکریل‌آمید (Polyacrylamide, PAM) بهترین اصلاح کننده خاک است (۳۶). پلی‌اکریل‌آمیدها به سه صورت کاتیونی، آنیونی و خنثی تولید می‌شوند. پلیمرهای خنثی بدون هدف مولکول‌های موجود در محلول را کلوئیدی می‌کنند بنابراین از نظر فلوکوله نمودن ذرات خاک چندان قابل توجه نمی‌باشند در صورتی‌که پلیمرهای آنیونی بر عکس پلیمرهای خنثی، تأثیر بیشتری در فلوکوله نمودن ذرات موجود در محلول خاک از خود نشان می‌دهند (۳۵). استفاده از پلی‌اکریل‌آمید نوع کاتیونی به‌دلیل تولید سم و یا ایجاد مانع در نفوذ آب به خاک در کشاورزی و منابع طبیعی توصیه نمی‌شود (۳۸).

پلی اکریل آمید با افزایش ثبات خاکدانه‌ها، افزایش سطح تأثیر انرژی جنبشی باران، حفظ زبری سطح خاک، افزایش پیوستگی ذرات خاک، کاهش جداسازی ذرات خاک، کاهش سله سطحی و پوسته پوسته شدن، افزایش هم آوری (فلوکوله) ذرات معلق خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و تشکیل پل بین ذرات خاک فرسایش خاک را تقلیل می‌دهد (۲۴).

بررسی اثر پلی‌اکریل‌آمید در کاهش آلودگی ذرات شناور در آب نشان داد که پلی‌اکریل‌آمید به میزان ۸۰-۵۰ درصد از آلودگی ذرات ریز را کاسته است (۳۲). شهبازی و همکاران اثر کاربرد مقادیر مختلف پلی‌اکریل‌آمید (۱۰، ۲۰ و ۳۰ کیلوگرم در هکتار) در شدت‌های بارندگی ۳۰ و ۴۰ میلی‌متر در ساعت و در خاک‌های با بافت رسی و شوری و قلیاییت متفاوت بر میزان رواناب بررسی کردند (۱۰). نتایج این محققین نشان داد که مقدار ۳۰ کیلوگرم در هکتار پلی‌اکریل‌آمید در تمام خاک‌ها بیشترین تأثیر را در کاهش رواناب داشته، به‌طوری که رواناب را نسبت به شاهد ۹۸ درصد کاهش داده است. شکفته و همکاران نیز طی پژوهشی به بررسی اثر مقادیر مختلف پلی‌اکریل‌آمید (۱۰، ۲۰ و ۳۰ کیلوگرم در هکتار) بر میزان رواناب سه خاک با بافت‌های ماسه لومی، لوم ولوم‌رسی و بارندگی با شدت ۳۹ و ۷۹ میلی‌متر در ساعت پرداختند (۹). نتایج آنها نشان داد که در بارش‌های ۳۹ و ۷۹ میلی‌متر در ساعت، کمترین مقدار رواناب در تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار پلی‌اکریل‌آمید، در تمام خاک‌ها گزارش شد و در خاک ماسه لومی در بارندگی با شدت ۳۹ میلی‌متر در ساعت مقدار رواناب صفر بوده است. همچنین حزباوی و همکاران تأثیر کاربرد مقادیر مختلف پلی‌اکریل‌آمید بر رواناب در شیب ۲۰٪ بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که کاهش مقدار رواناب با افزایش مقادیر پلی‌اکریل‌آمید از روند خاصی تبعیت نمی‌کند (۵).

پلیمرهای سوپرجاذب می‌توانند آب حاصل از آبیاری و بارندگی را جذب کرده، از فرونشت عمقی آن جلوگیری کنند و کارآیی مصرف آب را افزایش دهند. سید دراجی و همکاران به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف پلیمر سوپرجاذب بر ظرفیت نگهداری آب و تخلخل خاک در خاک‌هایی با شوری و بافت

مختلف سه آزمایش فاکتوریل درقالب طرح کرت های کاملاً تصادفی با سه سطح شوری (شوری اولیه: شاهد، ۴ و ۸ دسی زیمنس بر متر) و سطوح پلیمر (۰، ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ درصد وزنی) در سه تکرار به صورت جداگانه در سه خاک با بافت مختلف (شنی، لومی و رسی) انجام دادند (۷). این محققین گزارش کردند که کاربرد ۰/۶ درصد وزنی پلیمر در شوری اولیه خاک شنی و لومی میزان آب قابل استفاده گیاه را به‌ترتیب ۲/۲۰ و ۱/۲۰ برابر نسبت به شاهد افزایش داد، لذا مصرف پلیمر در خاک و مخصوصاً خاک‌های شنی می‌تواند با افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت و کاهش شوری خاک باعث موفقیت برنامه‌های آبیاری در مناطق خشک و نیمه خشک گردد.

افراسیاب و همکاران تأثیر میزان مختلف پلی‌اکریل‌آمید (صفر، ۳، ۶ و ۹ گرم در کیلوگرم خاک) را در خاکی با بافت لومی‌رسی با دو دور آبیاری متوالی (با دستگاه شبیه‌ساز باران) در کنترل رواناب، فرسایش و نفوذپذیری در اراضی شیب‌دار (شیب‌های ۲/۵، ۵ و ۱۰ درصد) مورد ارزیابی قرار دادند (۱). نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش غلظت پلی‌اکریل‌آمید در شیب‌های مختلف، رواناب و فرسایش خاک کاهش می‌یابد و این کاهش رواناب و فرسایش خاک در آبیاری دوم به مراتب بیشتر از آبیاری اول بود و سرعت نفوذ نهایی آب به خاک با افزایش غلظت پلی‌اکریل‌آمید در هر دو آبیاری افزایش یافت. شاین و همکاران نیز در کشور کره در منطقه چونچئون با استفاده از شبیه‌ساز باران و کرت‌هایی با ابعاد ۱ ×۱ ×۰/۶۵ متر با مصرف ۰/۲۵ گرم PAM در سطح کرت و بارش‌هایی با شدت ۶۰ میلی‌متر در ساعت و شیب ۲۰ درصد، کاهش ۵۲/۸ درصد رواناب سطحی را گزارش کردند (۳۴). همچنین کومار و سوها در اراضی شیب‌دار هیمالیای هند از ۲۰ کیلوگرم PAM و ۲۵۰۰ کیلوگرم گچ در هکتار به‌منظور کاهش رواناب سطحی استفاده کردند (۲۳). نتایج آنها حاکی از تأثیر بیشتر استفاده همزمان از PAM و گچ بود لیکن در نهایت با توجه به هزینه PAM و گچ و همچنین هزینه کارگر، استفاده از گچ به تنهایی را توصیه کرده‌اند.

مطالعات نشان می‌دهد کاربرد مواد مصنوعی همانند پلی‌اکریل‌آمید، به‌عنوان اصلاح کننده خاک اثرات مفیدی در جلوگیری از تشکیل سله، بهبود جوانه زنی بذر، فرسایش و رواناب دارد. تجزیه‌پذیری پلی‌اکریل‌آمیدهای آنیونی مخلوط شده با خاک فرآیندی کند و نسبتاً طولانی است و سرعت تجزیه در پلیمرهای مخلوط شده در خاک مناطق خشک به مراتب نسبت به خاک‌های مناطق مرطوب بیشتر است. زمانی که پلیمرها در خاک مناطق خشک قرار می‌گیرند ظرفیت نگهداری آب پلیمر کاهش می‌یابد، که می‌توان به‌علت وجود میزان رس بالا و افزایش ظرفیت تبادلات کاتیونی آنها باشد (۲۷). شیوه و روش آبیاری نیز بر طول عمر پلیمرها تأثیرگذار است (۳۶).

بنابراین پلی‌اکریل‌آمیدهای آنیونی به‌دلیل نقش بالای خود در هماوری ذرات ریز خاک می‌تواند جایگزین مناسبی برای ترکیبات آلی طبیعی در مناطق خشک و نیمه خشک باشند. با توجه به اینکه بیش از ۷۰ درصد مساحت استان چهارمحال و بختیاری کوهستانی است و فرسایش خاک ۵ برابر حد مجاز است (۱۲). عوامل مختلفی نظیر شیب زیاد، وجود سازنده‌های زمین‌شناسی حساس به فرسایش، بارندگی‌های شدید، ذوب سریع برف، رعایت نکردن اصول صحیح حفاظت از آب و خاک در اجرای طرح‌های عمرانی و کشاورزی و عوامل انسانی موجب تخریب حوزه‌های آبخیز استان چهارمحال و بختیاری شده است. در این پژوهش تلاش بر این است که با کاربرد پلی‌اکریل‌آمید و بررسی اثرات آن بر میزان رواناب و رسوب ناشی از بارش در صورت اثرات مثبت آن امکان بهره‌گیری از این ماده شیمیایی در اراضی کشاورزی به‌عنوان تغییر دهنده شرایط خاک بررسی گردد. البته قیمت پایین، تولید داخلی این ماده شیمیایی و میزان مصرف آن نسبتاً پایین لزوم تحقیق در مورد اثر این ماده شیمیایی بر خصوصیات خاک را ایجاب می‌کند.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در آزمایشگاه خاکشناسی دانشگاه شهرکرد در استان چهار محال و بختیاری انجام شد. نمونه خاک‌های مورد

جدول ۱. نمایی از پیاده سازی طرح آزمایشات

			سطوح تیمار			
Rain 1	شیب ۳٪	Rep. ۱	PAM۰	PAM۱۰	PAM۲۰	PAM۶
		Rep. ۳	PAM۱۰	PAM۶	PAM۰	PAM۲۰
		Rep. ۲	PAM۲۰	PAM۰	PAM۶	PAM۱۰
	شیب ۶٪	Rep. ۲	PAM۶	PAM۲۰	PAM۰	PAM۱۰
		Rep. ۱	PAM۲۰	PAM۰	PAM۱۰	PAM۶
		Rep. ۳	PAM۰	PAM۲۰	PAM۶	PAM۱۰
	شیب ۹٪	Rep. ۳	PAM۶	PAM۱۰	PAM۰	PAM۲۰
		Rep. ۲	PAM۱۰	PAM۰	PAM۶	PAM۲۰
		Rep. ۱	PAM۰	PAM۶	PAM۲۰	PAM۱۰

چهار سطح PAM ($kg.ha^{-1}$): PAM۰=۰، PAM۶=۶، PAM۱۰= ۱۰، PAM۲۰=۲۰، سه سطح شیب: ۳، ۶ و ۹٪، سه تکرار: Rep. ۱، Rep. ۲ و Rep. ۳، سه نوبت بارش شبیه‌سازی شده : Rain۱، Rain۲ و Rain۳

آزمایش از لایه سطحی مزرعه (صفر تا ۱۰ سانتی‌متر) محوطه دانشگاه شهرکرد برداشته شدند. نمونه‌های خاک در سایه هوا خشک شدند این نمونه‌ها حاوی ۱۷درصد وزنی سنگریزه بودند. برای تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها یک کیلوگرم از مخلوط خاک‌ها از الک دو میلی‌متری عبور داده شد.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا شد. فاکتورها شامل چهار سطح غلظت PAM (۰، ۶، ۱۰ و ۲۰ کیلوگرم در هکتار)، سه سطح شیب (۳، ۶ و ۹ درصد) و سه نوبت بارش در سه تکرار انجام گرفت (جدول ۱). بارش‌ها به‌صورت باران شبیه‌سازی شده و هر کدام از بارش‌ها به فاصله ۲۴ ساعت از هم انجام شد. در مجموع با در نظر گرفتن طرح آزمایش برای بررسی تأثیر PAM برروی رواناب، هدررفت خاک و نفوذپذیری در سطوح متفاوت شیب و دفعات بارش، ۱۰۸ رگبار شبیه‌سازی و اعمال شد.

برای اجرای این تحقیق از باران‌سازی استفاده شد که قطره ساز بود و در طراحی آن امکان تنظیم دبی با تغییر تعداد قطره چکان‌ها وجود داشت. پلات‌های مورد استفاده با ابعاد ۵۵× ۵۵×۲۰ سانتی‌متر به‌ترتیب طول و عرض و ارتفاع داشتند. دوام و شدت بارش مناسب براساس تحلیل شدت بارندگی ۳۶ میلی‌متر بر ساعت و تداوم بارش ۱۵ دقیقه‌ای با دور برگشت ۲۵ ساله منطقه شهرکرد شبیه‌سازی شد.

به‌منظور اندازه‌گیری قطر قطرات تولید شده توسط قطره چکان‌های تعبیه شده در شدت بارش ۳۶ میلی‌متر بر ساعت، در سیستم صفحه بارش از روش عکس‌برداری در سرعت‌های بالا از قطره‌ی در حال سقوط به کمک کاغذ شطرنجی، استفاده گردیده است. براساس روش عکس‌برداری قطره در حال سقوط با قطر بزرگ ۶ میلی‌متر و قطر کوچک ۵ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. چون نوع باران ساز از نوع قطره‌ساز است، قطر قطرات باران از باران طبیعی بزرگ‌تر است. به‌دلیل ارتفاع باران‌ساز، قطرات باران به سرعت حد (۹ متر بر ثانیه) در لحظه برخورد با خاک نرسیده‌اند. باران شبیه‌سازی شده با سرعت ۵/۱۴ متر بر ثانیه با سطح خاک برخورد کرد.

سرعت قطره باران با توجه به اینکه سرعت اولیه در هنگام سقوط صفر است و بر اثر نیروی ثقل آزادانه سقوط می‌کند، به‌علت ارتفاع پایین سقوط، مقاومت هوا ناچیز فرض گردید و با استفاده از رابطه ذیل محاسبه شد:

$$V^2 = 2gh \qquad (1)$$

که در آن، V: سرعت برخورد قطره باران با سطح زمین (m/s)،

g: شتاب ثقل (۹/۸ متر بر مجذور ثانیه) و h ارتفاع باران‌ساز (۱۳۵ سانتی‌متر) است. با استفاده از رابطه (۲) انرژی هر قطره باران محاسبه گردید.

$$E = \frac{1}{2}MV^2 \qquad (۲)$$

که در آن، m: جرم قطره (Kg)، E: انرژی هر قطره باران است (J).

با توجه به اینکه قطرات در حال سقوط به‌صورت بیضی بوده‌اند، حجم قطره (V) را بر این اساس به‌دست آوردیم:

$$V = ۴/۳\pi abc = ۰/۰۹۴۲cm^3 \qquad (۳)$$

که در آن، a و b شعاع استوایی و c شعاع قطبی است.

همچنین با استفاده از حجم قطرات باران، تعداد قطرات باران در یک زمان مشخص، محاسبه و انرژی کل در واحد سطح باران در این زمان به‌دست آمد. انرژی هر قطره باران ۱۲۴۴۳×۱۰^{-۷} ژول است و با استفاده از حجم قطرات باران (حجم یک قطره باران ۰/۰۹۴۲ سانتی‌متر مکعب)، تعداد قطرات باران در مدت زمان یک ساعته با شدت بارش ۳۶ میلی‌متر بر ساعت در مترمربع (۳۸۲۱۶۵/۶۱ قطره)، محاسبه و انرژی کل بارش به میزان $j.mm^{-۱}.m^{-۲}.h^{-۱}$ ۱۳/۲۱ به‌دست آمد.

جهت تهیه پلات‌های آزمایش، ابتدا به عمق ۱۵ سانتی‌متر پوکه معدنی با قطر حدوداً ۵ میلی‌متر در کف هر پلات ریخته شد سپس یک لایه گونی روی پوکه معدنی کشیده شد تا از مخلوط شدن خاک مورد آزمایش با پوکه معدنی جلوگیری شود. نمونه‌های خاک در حالی که ۱۷ درصد وزنی سنگ‌ریزه داشتند برای حفظ شرایط طبیعی خاک‌ها الک نشدند و به عمق ۱۰ سانتی‌متر بر روی گونی در هر پلات ریخته شدند. پس از تسطیح کردن سطح خاک در پلات‌ها با ایجاد تراکم مناسب چگالی ظاهری خاک به حالت طبیعی رسانیده شد. این آزمایشات در سه شیب ۳، ۶ و ۹ درصد انجام گرفت.

برای شروع آزمایش، خاک داخل پلات به‌مدت ۲۰ دقیقه از زیر اشباع شد. از چهار سطح غلظت PAM (۰، ۶، ۱۰ و ۲۰ کیلوگرم در هکتار) استفاده شد. ابتدا سوسپانسیون PAM تهیه و به‌صورت یکنواخت روی خاک پخش شد. درنهایت به‌منظور پخش همگن ماده در خاک و به لحاظ قابل اجرا بودن در عرصه، بعد از گذشت ۲۴ ساعت از زمان پخش کردن PAM، رطوبت خاک به ظرفیت زراعی رسید، در این حالت شیب مورد نظر ثبت برروی کرت‌ها اعمال گردید. پس از کالیبراسیون شبیه‌ساز باران، بارندگی با شدت ۳۶ میلی‌متر به مدت ۱۵ دقیقه بر روی پلات‌ها شبیه‌سازی شد. به همین ترتیب بارش اول، دوم و سوم به فاصله ۲۴ ساعت از هم برروی پلات‌ها اعمال شد. باتوجه به همسطح بودن خاک کوبیده شده در پلات‌ها با لبه پلات رواناب و رسوب همراه از محل خروجی لبه پلات به درون قیف و مزور مدرج هدایت شدند و جداسازی رسوب و رواناب به‌وسیله کاغذ صافی انجام شد. رسوب به ظرف فلزی منتقل شد و در آون با درجه حرارت ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت وزن خشک رسوب اندازه‌گیری شد. مقدار نفوذ با اندازه‌گیری مدت و حجم آب خروجی از روزنه زیرین (زهکش) پلات‌ها اندازه‌گیری شد.

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نظیر pH در گل اشباع خاک توسط دستگاه pH متر، ماده آلی به روش والکلی و بلاک (۲۹) و توزیع اندازهٔ ذرات به روش هیدرومتری (۲۱) اندازه‌گیری شد. چگالی ظاهری خاک با سیلندر محاسبه شد (۱۵). کاتیون‌ها و آنیون‌های خاک از جمله سدیم و پتاسیم با دستگاه فلیم‌فتومتر و کلسیم، منیزیم، کربنات، بی کربنات و کلر به روش تیترسنجی اندازه‌گیری شد (۲۶). پس از اندازه‌گیری پارامترهای مورد نظر در اولین مرحله نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف انجام گرفت. از آنالیز واریانس در طرح فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون LSD در سطح معنی‌دار پنج درصد به‌کمک نرم افزار SAS Ver.9.4 استفاده گردید.

نتایج و بحث

برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک مورد مطالعه در جدول (۲) ارائه شده است. خاک مورد مطالعه دارای بافت لوم‌سیلتی (۲۸٪ رس، ۵۹٪ سیلت و ۱۳٪ شن) بود.

جدول ۲. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

شن	سیلت	رس	سنگریزه کل	چگالی ظاهری	واکنش خاک	ماده آلی	سدیم	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	کلر
٪	٪	٪	٪	$g.cm^{-3}$	–	٪	$meq.l^{-1}$	$meq.l^{-1}$	$meq.l^{-1}$	$meq.l^{-1}$	$meq.l^{-1}$
۱۳	۵۹	۲۸	۱۷	۱/۴۸	۷/۸۴	۲/۲۱	۰/۱۹	۰/۲۳	۳/۷	۵/۹	۱۱/۵

جدول۳. اثرات PAM، شیب و بارش بر متوسط حجم رواناب (میلی‌لیتر در دقیقه)

بارش	شیب	غلظت پلی‌اکریل‌آمید (کیلوگرم در هکتار)			
		۰	۶	۱۰	۲۰
اول	۳	۷۶/۷ cd	۶۵/۵ gh	۵۶/۷ mnopq	۵۶/۶ mnopq
	۶	۸۷/۳ b	۶۹/۵ f	۶۱/۸ ijkl	۶۰/۷ jkl
	۹	۹۶/۷a	۷۸/۲ c	۶۷/۹ fg	۶۵/۹ ghi
دوم	۳	۶۳/۵hij	klm۵۹/۱	۴۶/۹ st	۴۸/۱ rs
	۶	۷۳/۳ de	۶۴/۱ ghi	۵۵/۶ pq	۵۶/۶ nopq
	۹	۸۰ c	۷۰/۷ef	۵۹/۵ klmn	۵۵/۷ nopq
سوم	۳	۵۴/۳ q	۵۰/۶ rs	۳۸/۲ v	۳۵/۴ v
	۶	۵۹/۷ lmn	۵۷/۷ op	۴۲/۱ u	۴۳/۶ tu
	۹	۶۲/۷ hij	۵۹/۱ klmno	۵۵/۹ pq	۵۰/۶ qr

میانگین‌های دارای حروف مشابه، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون LSD می‌باشند

تأثیر کاربرد پلی‌اکریل‌آمید بر حجم رواناب

با توجه به جدول (۳) روند نزولی کاهش میزان رواناب خاک با افزایش غلظت در کلیه شیب‌ها مشاهده شد و در این بین، میزان کاهش رواناب در تیمار PAM۲۰ بیشتر از سایر تیمارها بود. حجم رواناب در بارش اول و شیب ۳٪ در تیمارهای PAM۲۰، PAM۱۰ و PAM۶ به‌ترتیب ۲۶/۲، ۲۶و ۱۴/۶ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان دادند.

در کلیه شیب‌ها و بارش‌ها بیشترین حجم رواناب مربوط به تیمار شاهد و کمترین حجم رواناب مربوط به تیمار PAM۲۰ بود که با یافته‌های حزباوی و همکاران (۵) و صادقی و همکاران (۱۱) مبنی بر عدم وجود رابطه خاص در مقادیر رواناب حاصل از کاربرد سطوح مختلف PAM مطابقت ندارد. روند کاهش میزان رواناب از کمترین سطح مصرف PAM (۶ کیلوگرم در هکتار) به سمت بیشترین سطح مصرف PAM (۲۰ کیلوگرم در هکتار) از نظم خاصی تبعیت کرد یعنی با افزایش سطوح مصرفی PAM، درصد کاهش حجم رواناب بیشتر شد. در همه دفعات بارش و شیب‌ها بین حجم رواناب در غلظت‌های PAM۱۰ و PAM۲۰ تفاوت معنی‌دار نبود ولی نسبت به تیمارهای PAM۰ و PAM۶ اختلاف معنی‌دار بود.

همان‌طور که تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد تأثیر تیمارهای مختلف PAM بر تولید رواناب معنی‌دار بود. همچنین وجود همبستگی معنی‌دار منفی بین PAM و رواناب ($r = -۰/۵۶$) نیز تأیید کننده این مطلب است که با افزایش PAM از میزان حجم رواناب کاسته شده است (جدول ۴). دلیل این امر براساس گزارش توحیدلو و همکاران (۴) احتمالا ایجاد پل‌هایی بین ذرات خاک است که سبب چسبیدن ذرات به

جدول ۴. همبستگی بین سطوح PAM، شیب، دفعات بارش و ویژگی‌های اندازه‌گیری شده

	PAM	شیب	بارش	فرسایش	رواناب	نفوذ
PAM	۱					
شیب	۰	۱				
بارش	۰	۰	۱			
فرسایش	۰/۶۰** -	۰/۳۶**	۰/۶۲** -	۱		
رواناب	۰/۵۶** -	۰/۳۹**	۰/۶۱** -	۰/۹۸**	۱	
نفوذ	۰/۵۶**	۰/۳۸** -	۰/۶۲**	۰/۹۲** -	۰/۹۳** -	۱

یکدیگر ایجاد خاکدانه‌های درشت در خاک شده است. لذا با هم‌آوری ذرات خاک و تشکیل واحدهای ساختمانی، نفوذپذیری خاک بهبود یافته و تولید رواناب کاهش یافته است.

بر خلاف نتایج تحقیق ما یو و همکاران گزارش کردند که محلول PAM ذرات خاک را به‌صورت یک سطح چسبنده به هم متصل کرده و موجب بسته شدن خلل و فرج خاک و کاهش نفوذپذیری خاک می‌شود و رواناب را افزایش می‌دهد (۳۹).

مقایسه مقادیر رواناب تیمارهای مختلف نشان می‌دهد که مقدار نفوذ با افزایش مراحل بارش افزایش می‌یابد. نتایج جدول (۴) نیز نشان داد، میزان رواناب با دفعات بارش، رابطه منفی دارد یعنی با افزایش تعداد بارش، میزان رواناب روند کاهشی داشته است. علت کاهش رواناب با افزایش مراحل بارش را می‌توان به‌وجود سنگریزه‌های موجود در خاک اشاره کرد که در رخداد اول بارندگی با تخریب ساختمان خاک و انتقال بخش عمده ذرات فرسایش‌پذیر، سنگریزه‌ها در سطح خاک آشکار شدند. در این رابطه پوزن و همکاران، اظهار داشتند که وجود سنگ و سنگریزه در سطح خاک می‌تواند نفوذپذیری را افزایش و رواناب و فرسایش خاک را کاهش دهد (۳۰).

مقایسه میانگین‌های رواناب در تیمارهای مقادیر مختلف پلیمر نشان داد که با افزایش شیب متوسط حجم رواناب افزایش یافت (جدول ۳). جدول (۴) نشان‌دهنده همبستگی معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ و مثبت بین متوسط حجم رواناب و شیب است. هر چه شیب بیشتر باشد سرعت جریان رواناب سطحی نیز بیشتر بوده، بنابراین آب فرصت نفوذ خود را در خاک از دست داده و در نتیجه مقدار نفوذ کاهش می‌یابد. تحقیقات جول و مسینگ نیز این مطلب را تأیید می‌کند (۲۲). سنتوس و همکاران نشان دادند با بالا رفتن شیب زمین از ۲/۵ تا ۵ درصد، با وجود آن که حجم رواناب تا ۱۰ درصد افزایش یافت، لیکن نفوذ تجمعی خاک تا ۷ درصد کاهش یافت (۳۲).

تأثیر کاربرد پلی‌اکریل‌آمید بر مقدار فرسایش

نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که در هر سه بارش و کلیه شیب‌ها بیشترین هدررفت خاک در تیمار شاهد و کمترین هدر رفت خاک در تیمار ۲۰ کیلوگرم PAM بوده است و با افزایش مقدار PAM، میزان هدررفت خاک به حداقل رسیده است (جدول ۵). میزان فرسایش مربوط به تیمارهای PAM۶، PAM۱۰ و PAM۲۰ در کلیه شیب‌ها و مراحل بارش نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری دارند و کاهش در فرسایش مشاهده شد ولی اختلاف معنی‌داری بین میزان فرسایش در تیمارهای PAM۱۰ و PAM۲۰ وجود نداشت.

شهبازی و همکاران گزارش کردند که PAM برروی خاکدانه‌ها جذب شده و موجب افزایش پایداری آنها و چسباندن ذرات خاک به یکدیگر می‌شود و از اثر ضربات قطرات باران جلوگیری نموده و مانع از پراکنده شدن ذرات خاک شده و این عمل از نفوذ ذرات پراکنده شده به داخل خلل و فرج خاک و مسدود کردن آنها و ایجاد سله در سطح خاک جلوگیری می‌کند؛ بدین ترتیب باعث افزایش نفوذ آب و کاهش رواناب می‌گردد (۱۰). به همین دلیل با افزایش

جدول ۵. اثرات سطوح مختلف PAM، شیب و دفعات بارش بر میانگین مقدار فرسایش خاک (تن در هکتار)

بارش	شیب	غلظت پلی‌اکریل‌آمید (کیلوگرم در هکتار)			
		۰	۶	۱۰	۲۰
اول	۳	۰/۵۷ c	۰/۴۷ f	۰/۳۹ lm	۰/۳۵ m
	۶	۰/۶۵ b	۰/۵۲ e	۰/۴۵ j	۰/۴۱ j
	۹	۰/۷۱ a	۰/۵۸ c	۰/۴۷ fg	۰/۴۵ gh
دوم	۳	۰/۴۸ f	۰/۳۷ m	۰/۳۶ p	۰/۲۷ p
	۶	۰/۵۵ d	۰/۴۳ i	۰/۳۶ n	۰/۳۳ n
	۹	۰/۶۰ c	۰/۴۶ fg	۰/۴۰ jk	۰/۳۷ m
سوم	۳	۰/۳۴ n	۰/۲۵ o	۰/۲۱ r	۰/۱۸ s
	۶	۰/۳۹ kl	۰/۲۹ m	۰/۲۵ q	۰/۲۳ q
	۹	۰/۴۵ gh	۰/۳۲ jk	۰/۲۹ no	۰/۲۷ o

میانگین‌های دارای حروف مشابه، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون LSD می‌باشند

مقدار PAM اضافه شده به سطح خاک، میزان خاک از دست رفته کاهش یافته است.

لنتز و سوجکا گزارش کردند که به‌کارگیری PAM به مقدار ۰/۷ کیلوگرم در هکتار فرسایش را به‌طور متوسط ۹۴ درصد کاهش می‌دهد (۲۵). در آزمایشی، مصرف ۲۰ کیلوگرم در هکتار پلی‌اکریل‌آمید به‌صورت مایع در خاک‌های آلفی‌سول مناطق گرمسیری در برزیل نشان داد، مقدار فرسایش خاک ۹۰ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (۱۸). مطابق نتایج حاصله میزان هدر رفت خاک با افزایش دفعات بارش افزایش یافته است (جدول ۵). همچنین نتایج همبستگی (جدول ۴) گویای رابطه معنی‌دار و منفی بین بارش و فرسایش در سطح احتمال ۱٪ است.

بررسی مطالعات در زمینه اثر قطعات خرده سنگ برروی میزان فرسایش خاک نشان می‌دهد سنگریزه‌های لایه خاک سطحی از یک طرف باعث محافظت سطح خاک از ضربه قطرات باران و در نتیجه کاهش فرسایندگی باران و فرسایش خاک و از طرف دیگر باعث افزایش ضریب‌زبری و ممانعت از انتقال ذرات ریز خاک می‌شود (۱۴).

نتایج مطالعات لی نشان می‌دهد که وجود سنگریزه و قطعات سنگی در سطح و داخل لایه خاک سطحی از طرق مختلف می‌تواند باعث کاهش میزان هدر رفت خاک گردد (۲۸). بنابراین می‌توان گفت که کمتر بودن رواناب و فرسایش در بارش‌های دوم وسوم، نشان می‌دهد PAM در بارش‌های بعدی ساختمان خاک را پایدارتر ساخته و رواناب و فرسایش را کاهش داده است.

مقایسه اثر کاربرد پلی‌اکریل‌آمید در سطوح متفاوت شیب در سه مرحله بارش بر میزان فرسایش نشان داد؛ با افزایش درصد شیب میزان فرسایش در کلیه تیمارها افزایش یافته است (جدول ۵). همبستگی مثبت و معنی‌دار بین شیب و فرسایش نیز تأیید کننده این مطلب است (جدول ۴). با افزایش درصد شیب، سرعت حرکت رواناب افزایش یافته و انرژی جنبشی آن بیشتر می‌شود، بنابراین میزان فرسایش خاک افزایش می‌یابد (۸). مظاهری عقیده دارد که شیب زمین باعث تسریع جریان آب شده و به همان نسبت مقادیر فرسایش و رواناب افزایش می‌یابد (۱۳).

اثر کاربرد پلی‌اکریل‌آمید بر نفوذپذیری

جدول (۶) روند صعودی نفوذپذیری خاک با افزایش غلظت

جدول ۶. اثرات سطوح PAM، شیب و تعداد بارش برمتوسط نفوذپذیری (سانتی‌متر در ساعت)

بارش	شیب	غلظت پلی‌اکریل‌آمید (کیلوگرم در هکتار)			
		۰	۶	۱۰	۲۰
اول	۳	۲/۰۴ rs	۲/۲۶ no	۲/۴۵ efghi	۲/۴۳ efghi
	۶	۱/۸۳ t	۲/۱۸ p	۲/۳۴ klmn	۲/۳۷ jklm
	۹	۱/۶۴ u	۲/۰۱ s	۲/۲۳ op	۲/۲۷ no
دوم	۳	۲/۳۱ mn	۲/۳۸ ijkl	۲/۶۰ cd	۲/۶۴ bc
	۶	۲/۱۱ qr	۲/۲۹ no	۲/۴۷ efgh	۲/۴۸ ef
	۹	۱/۹۹ s	۲/۱۷ pq	۲/۳۸ hijkl	۲/۴۷ efg
سوم	۳	۲/۴۷ e	۲/۵۹ d	۲/۸۱ a	۲/۸۵ a
	۶	۲/۴۳ fg	۲/۴۰ de	۲/۷۲ b	۲/۶۹ b
	۹	۲/۳۲ lmn	۲/۳۸ fghij	۲/۴۹ ef	۲/۵۶ d

میانگین‌های دارای حروف مشابه، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون LSD می‌باشند

PAM در کلیه شیب‌ها را نشان می‌دهد. مقدار نفوذپذیری خاک پس از هر سه بارش و در سه سطح شیب ۳، ۶ و ۹ درصد، با افزایش PAM افزایش یافت به‌طوری که بیشترین حجم نفوذ برای PAM۲۰ و کمترین آن برای PAM۰ حاصل گردید. همچنین ارتباط معنی‌دار و مثبت نیز تأیید کننده این مطلب است که روند رو به رشد سرعت نفوذ با افزایش مقدار پلیمر حاصل شده است (جدول ۴). این نتیجه می‌تواند به‌دلیل تأثیر پلیمر در اتصال ذرات خاک، کاهش انسداد سطحی و ایجاد منافذ درشت در خاک باشد.

بررسی‌های شکفته و همکاران نیز نشان دادند که تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار PAM میزان نفوذ آب به خاک را ۳۵ تا ۵۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. این محققین علت را تأثیر PAM در افزایش پایداری خاکدانه‌ها دانستند (۹). ریچارد اظهار داشت که مصرف صفر تا ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم PAM برروی سطح خاکی با شیب ۲-۱ درصد میزان نفوذ آب به خاک را تا ۳۵ درصد افزایش داد (۳۱).

مقایسه مقادیر نفوذ تیمارهای مختلف نشان داد که مقدار نفوذ با افزایش مراحل بارش افزایش می‌یابد. نتایج جدول (۴) نیز نشان داد، میزان نفوذ در خاک با بارش، همبستگی مثبت دارد یعنی با افزایش مراحل بارش، میزان نفوذ روند افزایشی داشته است. همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شد، در رابطه با افزایش نفوذ با افزایش مراحل بارش می‌توان به وجود سنگریزه‌های موجود در خاک اشاره کرد که در رخداد اول بارندگی با تخریب ساختمان خاک و انتقال بخش عمده ذرات فرسایش‌پذیر، سنگریزه‌ها در سطح خاک آشکار شدند. پوشش سنگریزه سطحی زبری و اصطکاک سطح خاک را افزایش و سرعت جریان سطحی را کاهش می‌دهد و در نتیجه نفوذپذیری را افزایش می‌دهد (۲۰). علاوه بر آن سطوح با زبری بالا، تشکیل سله را کاهش داده و نفوذ آب به خاک را افزایش می‌دهد (۱۹). طبق نظر توی و همکاران سنگریزه به‌عنوان پوشش سطحی یا زمینی عمل می‌کند و به‌طور معنی‌داری نفوذپذیری را افزایش می‌دهد (۳۷).

در مقایسه میانگین‌ها اثر تیمار مقدار پلیمر بر نفوذ در شیب‌های مختلف نشان داد که هرچه درصد شیب افزایش یابد، متوسط حجم نفوذ کاهش یافت (جدول ۶). جدول (۴) نتایج همبستگی رابطه منفی و معنی‌دار (در سطح ۰/۰۱) را بین متوسط حجم نفوذ و شیب نشان می‌دهد. هر چه شیب بیشتر باشد سرعت جریان رواناب سطحی نیز بیشتر بوده، بنابراین آب

فرصت نفوذ خود را در خاک از دست داده و در نتیجه مقدار نفوذ کاهش می‌یابد. پژوهشگرانی از جمله جول و مسینگ (۲۲) و کاسانوا و همکاران (۱۶) نیز در تحقیق خود به نتیجه مشابهی دست یافتند.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این تحقیق نشان داد با افزایش غلظت PAM مقدار هدررفت خاک و رواناب روند نزولی و نفوذپذیری خاک روند صعودی داشته است. دلیل این امر احتمالا ایجاد پل‌هایی بین ذرات خاک است که سبب چسبیدن ذرات به یکدیگر و ایجاد خاکدانه‌های درشت در خاک شده است. لذا با هم‌آوری ذرات خاک و تشکیل واحدهای ساختمانی، نفوذپذیری خاک بهبود یافته و تولید رواناب و هدررفت خاک کاهش یافته است. با استناد به تجزیه و تحلیل آماری، تفاوت معنی‌داری بین تیمار ۱۰ و ۲۰ کیلوگرم در هکتار PAM در هر سه شیب و هر سه نوبت بارش مشاهده نشد؛ بنابراین از نظر اقتصادی، جهت حداقل نمودن رواناب، هدررفت خاک و افزایش نفوذپذیری در این خاک علیرغم اینکه تیمار ۲۰ کیلوگرم در هکتار در شرایط آزمایشگاهی رواناب و هدررفت خاک را به میزان بیشتری کنترل می‌کند و مؤثرترین سطح از نظر بهبود نفوذپذیری خاک است، مقدار ۱۰ کیلوگرم در هکتار PAM توصیه می‌گردد.

منابع مورد استفاده

۱. افراسیاب، پ.، م. م. چاری و ح. هاشم‌زاده‌وندی. ۱۳۹۲. بررسی اثر پلی‌آکریل‌آمید بر رواناب، فرسایش خاک و نفوذ آب در اراضی شیب‌دار با استفاده از شبیه‌ساز باران. مجله پژوهش آب در کشاورزی ۲۷(۲): ۲۹۱-۲۸۱.

۲. اله دادی، ا. ۱۳۸۴. بررسی تاثیر مقادیر مختلف پلیمر سوپر آب آ-۲۰۰ و سطوح مختلف آبیاری بر رشد و عملکرد ذرت علوفه‌ای. مجموعه مقالات سومین دوره تخصصی- آموزشی و سمینار تخصصی کاربرد کشاورزی و صنعتی هیدروژل‌های سوپرجاذب، تهران، ۱۶ آبان ماه ۱۳۸۴.

۳. بوهندی، ح. ۱۳۸۱. مقدمه‌ای بر پلیمرهای آبدوست. مجموعه مقالات دومین دوره تخصصی- آموزشی کاربرد کشاورزی و صنعتی هیدروژل‌های سوپرجاذب، تهران، بهمن ۱۳۸۱.

۴. توحیدلو، س.، ع. ر. واعظی و م. ح. محمدی. ۱۳۹۳. اثر پلی‌وینیل‌استات بر تراکم، مقاومت و جوانه‌زنی گندم در خاک مارنی تحت شبیه‌ساز باران، نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک ۲۱(۳): ۲۶۹-۲۸۲.

۵. حزباوی، ز.، ح. ر. صادقی و ح. یونسی. ۱۳۹۱. تحلیل و ارزیابی تأثیرپذیری مؤلفه های رواناب از کاربرد سطوح مختلف پلی‌آکریل‌آمید. نشریه حفاظت منابع آب و خاک ۲(۲): ۱-۱۳.

۶. رفاهی، ح. ۱۳۸۵. فرسایش آبی و کنترل آن، چاپ پنجم. انتشارات دانشگاه تهران.

۷. سید دراجی، س.، ا. گلچین و ش. احمدی. ۱۳۸۹. تأثیر سطوح مختلف یک پلیمر سوپر جاذب (superab A200) و شوری خاک بر ظرفیت نگهداشت آب در سه بافت شنی، لومی و رسی. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع غذایی) ۲۴(۲): ۳۰۶-۳۱۶.

۸. سیفی، م.، م. ر. نیشابوری، ح. روحی‌پور و ع. احمدی. ۱۳۹۳. تاثیر اندوده سطحی بر فرسایش بین شیاری در شیب و شدت بارندگی مختلف در شرایط آزمایشگاهی. نشریه دانش آب و خاک ۲۴(۱): ۵۵-۶۷.

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

۱۰.شهبازی، ع.، ف. سرمدیان، ح. رفاهی و م. گرجی. ۱۳۸۴. تاثیر پلی‌آکریل‌آمید بر فرسایش و رواناب خاک‌های شور- سدیمی، مجله علوم کشاورزی ایران ۳۶(۵): ۱۱۰۳-۱۱۱۲.

۱۱.صادقی، ح. ر.، ز. حزباوی ح. یونسی و م. بهزادفر. ۱۳۹۲. روند تغییرات هدررفت خاک و غلظت رسوب بر اثر کاربرد پلی‌آکریل‌آمید. نشریه حفاظت منابع آب و خاک ۲(۴): ۵۳-۶۷.

۱۲.صمدی بروجنی، ح. و ع. ابراهیمی. ۱۳۸۹. *پیامدهای خشکسالی و راه‌های مقابله با آن در استان چهارمحال و بختیاری*. انتشارات دانشگاه شهرکرد، شهرکرد.

۱۳.مظاهری، ا. ۱۳۶۳. *کلیات خاکشناسی*. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز.

۱۴.مورگان. آر. پی. سی.، ترجمه ا. علیزاده. ۱۳۶۸. *فرسایش و حفاظت خاک*. انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.

15. Blake, G. R. and K. H. Hartge. 1986. Bulk density. PP. 363-382. *In*: Klute A. et al. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. ASA, Madison, WI.
16. Casanova, M., I. Messing and A. Joel. 2000. Influence of aspect and slope gradient on hydraulic conductivity measured by tension infiltrometer. Hydrol. Process 14: 155–164.
17. Chepil, W. S. 1954. The effect of synthetic conditioners on some phases of soil structure and erodibility by wind. Soil Sci. Soc. Am. J. 18: 386-390.
18. Cocharane, B. H. W., J. M. Reichert, F. L. F. Eltz and L. D. Norton. 2005. Controlling soil erosion and runoff with polyacrylamide and phosphogypsum on subtropical soils. Trans. ASAE, 48: 149–154.
19. Cogo, N. P., W. C. Moldenhauer and G. R. Foster. 1984. Soil loss reductions from conservation tillage practices. Soil Sci. Soc. Am. J. 48: 368–373.
20. Foster, G. R., L. J. Lan. M. A. Nearing, S. C. Finkner, and D. C. Flangan. 1989. Erosion Component PP. 10.1-10.12. *In*: Lane, L. J. and M. A. Nearing (Ed.), USDA-Water Erosion Prediction Project: Hillslope profile model documentation NSERL Report No. 2 USDA-ARS National Soil Erosion Laboratory Purdue University West Lafayette, Indiana.
21. Gee, G. W. and J. W. Bauder. 1979. Particle size analysis by hydrometer: a simplified method for routine textural analysis and a sensitivity test of measured parameters. Soil Sci. Soc. Am. J. 43: 1004-1007.
22. Joel, A. and I. Messing. 2000. Application of two methods to determine hydraulic conductivity with disc permeameters on sloping land. Eur. J. Soil Sci. 51: 93–98.
23. Kumar, A. and A. Saha. 2011. Effect of polyacrylamide and gypsum on surface runoff, sediment yield and nutrient losses from steep slopes. Agric. Water Manag. 98: 999-1004.
24. Lal, R. 2008. Principles of soil conservation and management. Springer, The Netherlands.
25. Lentez, R. D. and R. E. Sojka. 1994. Field results using polyacrylamide to manage furrow erosion and infiltration. Soil Sci. Soc. Am. J. 158(4): 274-282.
26. Leoppert, R. H. and D. L. Sparks. 1996. Carbonate and gypsum. PP. 437-474. *In*: D. L. Sparks (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical methods. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
27. Letey, J. 1994. Adsorption and desorption of polymers in soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 158(4): 244-248.
28. Li, X. Y. 2003. Gravel-sand mulch for soil and water conservation in the semiarid loess region of northwest China. Catena 52: 105-127.
29. Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. PP. 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.
30. Poesen, J., F. Ingelmo-Sanchez and H. Mucher. 1990. The hydrological response of soil surfaces to rainfall as affected by cover and position of rock fragments in the top layer. Earth Surf. Process Landf. 15: 653–671.
31. Richard, A. M. 2006. Polyacrylamide blocks for turbidity control on construction sites. American Society of Association Executives Annual Meeting 62254: 113-119.
32. Santos, F. L., J. L. Reis, O. C. Martins, N. L. Castanheria and R. P. Serralherio. 2003. Comparative assessment of infiltration, runoff and erosion of sprinkler irrigation soils. Biosyst. Eng. 86(3): 355-364.
33. Shainberg, I., G. J. Levy, P. Rengasamy and H. Frenkel. 1991. Aggregate stability and Seal formation as affected by drops impact energy and soil amendments. Soil Sci. Soc. Am. J. 154: 113-118.
34. Shin, M. H., C. H. Won, J. R. Jang, Y. H. Choi, J. Y. K. J. Shin-Lim and J. D. Choi. 2013. Effect of surface cover on the reduction of runoff and agricultural NPS pollution from upland fields. Paddy Water Environ. 11: 493–501.
35. Sojka, R. E. 2006. PAM Research Project. Cited 2 Jan, http://kimberly.ars.usda.gov/pampage.shtml.

36. Terry, R. E. and S. D. Nelson. 1986. Effect of polyacrylamide and irrigation method on soil physical properties. Soil Sci. 41: 17-32.
37. Toy, T. J., G. R. Foster and K. G. Renard. 2002. Soil Erosion Processes, Prediction, Measurement and Control. John and Sons. Inc. N. Y.
38. Yonts, C. D. and B. Benham. 2004. Polyacrylamide, a method to reduce soil erosion. NebGuide G98-1356-A.
39. Yu, J., T. Lei, I. Shainberg, A. I. Mamedov and G. J. Levy. 2003. Infiltration and erosion in soils treated with dry PAM and gypsum. Soil Sci. Soc. Am. J. 67: 630–636.

J. Water and Soil Sci (Sci. & Technol. Agric. & Natur. Resour.)
Vol. 21, No. 4, Winter 2018, Isf. Univ. Technol., Isf., Iran.

The Effect of Polyacrylamide on Erosion, Runoff and Infiltration of a Silty Loam Soil

N. Rashidi*, M. Naderi and SH. Ghorbani Dashtaki[1]

(Received: May 21-2016 ; Accepted: Dec. 26-2016)

Abstract

Nowadays application of soil conditioners for mitigation and reduction of runoff is a current method. Considering the advantages of Polyacrylamide (PAM), this study was arranged to evaluate impacts of this soil conditioner on soil infiltration rate, runoff and erosion control. To fulfill the goal, a factorial experiment in a completely randomized design was carried out with four PAM treatments (0, 6, 10, 20 $kgha^{-1}$), three slope levels (3, 6 and 9 %), three irrigation treatments and three replications. Surficial (0-10 cm) soil samples were collected from Shahrekord University campus and poured into square plots (55×55cm) with 15 cm depth, after pretreatments. The plots were treated with a simulated rainfall intensity of 36 $mm.h^{-1}$ for 15 minutes and the attributed runoff, sediment load and drained water were collected and measured. The results showed significant differences among the runoff and soil erosion of control and of PAM treated soils. PAM minimized the raindrop negative impacts on soils and improved water infiltration and diminished the attributed runoff. Soil treatment with PAM as a soil conditioner significantly reduced soil erosion and sediment yield in all treatments.

Keywords: Erosion, Infiltration, Polyacrylamide, Rainfall simulation, Runoff, Silty loam.

1. Dept. of Soil Sci., Faculty of Agric., Shahrekord Univ., Shahrekord. Iran.
*: Corresponding Author, Email: najime.rashidi@yahoo.com