

روند تغییرات هدررفت خاک و غلظت رسوب بر اثر کاربرد پلی‌آکریل‌آمید

سید حمیدرضا صادقی^{۱*}، زینب حزباوی^۲، حبیب‌اله یونسی^۳ و مرتضی بهزادفر^۴

*^۱ استاد گروه مهندسی آبخیزداری؛ دانشگاه تربیت مدرس؛ دانشکده منابع طبیعی؛ نور؛ ایران؛ نویسنده مسئول مکاتبات: sadeghi@modares.ac.ir

^۲ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری؛ دانشگاه تربیت مدرس؛ دانشکده منابع طبیعی؛ نور؛ ایران

^۳ دانشیار گروه محیط زیست؛ دانشگاه تربیت مدرس؛ تهران؛ ایران

^۴ دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری؛ دانشگاه تربیت مدرس؛ نور؛ ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۳/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۹/۱۸

چکیده

مه‌بار فرسایش خاک اهمیتی بسیار در مدیریت و حفاظت از منابع آب و خاک دارد. بر همین پایه، روش‌ها و شیوه‌های مختلفی برای مه‌بار فرسایش خاک معرفی و مورد استفاده قرار گرفته‌اند. یکی از فناوری‌های نوین در زمینه مدیریت منابع خاک و آب در سال‌های اخیر، استفاده از افزودنی‌های خاک می‌باشد. حال آن‌که ابعاد مختلف کاربرد آن در حفاظت خاک به‌طور جامع مد نظر قرار نگرفته است. از این‌رو پژوهش حاضر به‌منظور ارزیابی کمی استفاده از افزودنی مه‌بار پلی‌آکریل‌آمید بر مؤلفه‌های هدررفت خاک و غلظت رسوب خروجی در مقیاس کرت کوچک و در شرایط آزمایشگاهی در خاک‌های لسی شهرستان بجنورد واقع در استان خراسان شمالی صورت گرفت. بدین منظور، سطوح مختلف مصرف پلی‌آکریل‌آمید شامل ۰/۴، ۰/۶، ۱، ۲، ۳، ۴ و ۶ گرم در مترمربع و یک تیمار شاهد (بدون استفاده از افزودنی پلی‌آکریل‌آمید) و با سه تکرار مدنظر قرار گرفت. سپس، تیمارهای مطالعاتی تحت بارش مصنوعی با شدت ۱/۲ میلی‌متر در ساعت و دوام نیم ساعت قرار گرفته و مقدار هدررفت خاک و غلظت رسوب در زمان‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت. تحلیل نتایج حاصل نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اثر کاهنده استفاده از پلی‌آکریل‌آمید بر هدررفت خاک ($P=0/04$) و غلظت رسوب ($P=0/04$) دارد. بیشترین مقدار مجموع هدررفت خاک و غلظت رسوب کل در تیمار شاهد به‌ترتیب با مقدار ۴۹/۳۲ گرم و ۱۰/۷۹ گرم در لیتر و کمترین مقدار هدررفت خاک و غلظت رسوب در تیمار ۶ گرم در مترمربع به‌ترتیب با مقدار ۱۸/۰۳ گرم و ۶/۹۳ گرم در لیتر رخ داد. همچنین نتایج بدست آمده مؤید عدم تأثیرپذیری معنی‌دار ($P>0/3$) مقدار هدررفت خاک و غلظت رسوب در هر گام زمانی از پلی‌آکریل‌آمید بود. بر پایه نتایج بدست آمده می‌توان استفاده از پلی‌آکریل‌آمید به‌عنوان یکی از گزینه‌های مناسب برای حفاظت منابع آب و خاک را پیشنهاد نمود.

واژه‌های کلیدی: افزودنی‌های خاک؛ تولید رسوب؛ حفاظت خاک و آب؛ شبیه‌ساز باران

مقدمه

۱۳۸۹؛ UNESCO, 2009) و نیز یکی از مهم‌ترین عوامل

تهدید کمیّت و کیفیت خاک محسوب می‌شود که پیامدهای ناخواسته آن را می‌توان به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین مشکلات امروزی زیست‌بوم‌های مختلف تلقی نمود

فرسایش خاک به‌عنوان یکی از چالش‌های مهم در مباحث مدیریت پایدار کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست و طبعاً مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز (صادقی،

اواخر دهه ۱۹۹۰ بر می‌گردد (Green and Stott, 2001). هرچند پژوهش‌های مختلفی در رابطه با مهار روان‌آب (شهبازی و همکاران، ۱۳۸۴؛ حزباوی و همکاران، ۱۳۹۱؛ Weston et al., 2009؛ Jiang et al., 2010)، کاهش هدررفت مواد غذایی (Jiang et al., 2010؛ Kumar and Saha, 2011) و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۶؛ شهبازی و همکاران، ۱۳۸۸؛ فلامکی و همکاران، ۱۳۹۲؛ Smith et al., 1990؛ Zhang et al., 1996؛ Orts et al., 1999؛ Orts et al., 2000؛ Ajwa and Trout, 2006) در اثر کاربرد پلی‌آکریل‌آمید در نقاط مختلف جهان گزارش شده است. لکن کاربردهای محدودتری برای مهار فرسایش خاک و تولید رسوب گزارش شده است. در همین خصوص، Goodson و همکاران (۲۰۰۶) با هدف کنترل غلظت رسوب و فسفر خروجی از افزودنی پلی‌آکریل‌آمید در سه سطح ۱، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر از آب آبیاری استفاده کردند. نتایج حاصل از پژوهش آن‌ها بر خاک‌های سیلتی رسی و سیلتی لوم مناطق اطراف رودخانه Colorado، نشان‌دهنده تأثیر پلی‌آکریل‌آمید در کاهش رسوب و عدم تأثیر آن در کاهش فسفر محلول در آب بوده است. هم‌چنین Sepaskhah و Bazrafshan-Jahromi (۲۰۰۶) به بررسی اثرات سطوح مختلف پلی‌آکریل‌آمید (۰، ۱، ۲، ۴ و ۶ کیلوگرم در هکتار) بر میزان هدررفت خاک در شیب‌های مختلف (۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد) با استفاده از شبیه‌ساز باران و در پلات‌هایی مربع شکل به ابعاد ۱/۴ متر و عمق ۰/۰۹ متر پرداختند. این محققان دریافتند که کاربرد مقادیر بالاتری از پلی‌آکریل‌آمید برای کاهش فرسایش در شیب‌های تند مورد نیاز است. Abu-Zreig و همکاران (۲۰۰۷) کاهش میزان روان‌آب و غلظت رسوب در اثر استفاده از دو نوع پلی‌آکریل‌آمید با مقدار ۱۰ و ۳۰ کیلوگرم در هکتار در کرت‌هایی با ابعاد ۲ در ۱۰ متر مستقر در زمین‌های با شیب ۱۲ درصد در اردن تحت شرایط باران طبیعی را تأیید نمودند. هم‌چنین

(صادقی، ۱۳۸۹؛ ابراهیمی محمدی و همکاران، ۱۳۹۱). به‌همین دلیل مهار فرسایش خاک از اهمیت بسیار بالایی در مدیریت و حفظ منابع طبیعی برخوردار است. از طرف دیگر، دو پیامد اصلی هدررفت خاک به‌عنوان سرمایه اساسی عرصه منابع طبیعی و انباشت رسوب به‌عنوان معضل جدی در کاهش حجم مفید مخازن سدها به‌شمار می‌آیند. در همین راستا اقدامات مدیریتی و اجرایی مختلفی برای کاهش پیامدهای ناشی از فرسایش خاک صورت می‌گیرد.

امروزه کاربری اراضی دیم رها شده یکی از کاربری‌های غالب تلقی می‌شود و به‌عنوان منابع اصلی تولید رسوب در مقیاس حوزه‌های آبخیز مطرح هستند. بنابراین به‌منظور مهار فرسایش خاک این مناطق ضروری است که راه‌کارهای مدیریتی مناسب بررسی و ارائه شوند. به‌همین منظور از میان اقدامات مختلف مدیریتی موجود، لازم است روش‌هایی به‌کار گرفت که بتوان خاک را در محل خود و در اولین گام‌های تأثیر عوامل فرساینده، حفاظت نمود. استفاده از افزودنی‌های خاک^۱ از جمله این روش‌ها هستند و شامل هر ماده‌ای مانند آهک، گچ، خاک‌اره، پلی‌آکریل‌آمید^۲ و یا سایر افزودنی‌ها می‌باشد که برای تقویت توان تولید خاک و یا حفاظت فیزیکی آن در مقابل عوامل فرساینده به‌کار می‌روند. افزودنی‌های خاک از لحاظ نوع، روش مصرف، کیفیت دسترسی، قیمت و کارایی بسیار متنوع هستند. در این میان پلیمرها از مهم‌ترین و رایج‌ترین افزودنی‌ها هستند که برای بهبود خصوصیات فیزیکی خاک استفاده می‌شوند (عسکری، ۱۳۸۶؛ Green and Stott, 2004؛ Lado et al., 2004).

انجام پژوهش در ارتباط با استفاده از افزودنی‌های پلیمری به‌منظور اصلاح خصوصیات فیزیکی خاک به‌عنوان یکی از تیمارهای مهم مدیریت منابع خاک و آب از اوایل سال ۱۹۵۰ شروع شد. اما کاربرد پیشرفته پلی‌آکریل‌آمید به

^۱ Soil Amendments

^۲ Polyacrylamide (PAM)

پرداختند. نتایج آن‌ها حاکی از کاهش روان‌آب در اثر افزایش هر دو نوع PAM بود. Awad و همکاران (۲۰۱۲) اثر چند نوع پلیمر از جمله پلی‌آکریل‌آمید به‌منظور بهبود ساختمان خاکدانه‌ها و کاهش فرسایش خاک را بررسی کردند و اظهار داشتند این ترکیب پلیمری ضمن بهبود خصوصیات فیزیکی خاک می‌تواند در دسترسی و تجزیه بقایای گیاهی نیز تأثیر مثبت داشته باشد. اخیراً نیز Shin و همکاران (۲۰۱۳) اثر افزودن پلی‌آکریل‌آمید به همراه چند افزودنی دیگر شامل خاک اره، کاه و کلش و ژلیس، و اثر آن‌ها بر کاهش روان‌آب و آلاینده‌های غیرنقطه‌ای را بررسی کردند که در صورت افزودن پلی‌آکریل‌آمید، مقدار روان‌آب ۶۳/۳ درصد کاهش پیدا کرده و تقریباً هیچ‌گونه رسوبی از پلات‌ها تولید نشد. در ایران نیز، شکفته و همکاران (۱۳۸۴) نشان دادند که کم‌ترین رسوب در خاک‌های ماسه لومی، لومی و لومی رسی در مقدار ۳۰ کیلوگرم در هکتار پلی‌آکریل‌آمید ثبت شده است. شهبازی و همکاران (۱۳۸۴) نیز گزارش دادند که مقدار ۳۰ کیلوگرم در هکتار پلی‌آکریل‌آمید در خاک‌های رسی شور و قلیایی بیش‌ترین تأثیر تا ۸۶ درصد در کاهش رسوب را داشته است. سهرابی و همکاران (۱۳۸۴) نشان دادند که افزودن پلی‌آکریل‌آمید در آب آبیاری میزان تلفات خاک از جویچه را تا حد ۷۸ درصد کاهش داده است. هم‌چنین ربیعی و همکاران (۱۳۹۰) نیز با تهیه پلی‌الکترولیت آنیونی بر پایه آکریل‌آمید با هدف تثبیت خاک به این نتیجه رسیدند که استفاده از پلی‌آکریل‌آمید می‌تواند ضمن چسبندگی بهتر ذرات خاک موجب تقویت خواص آن نیز شود.

با بررسی مطالعات انجام شده در این زمینه می‌توان این‌گونه جمع‌بندی نمود که هرچند استفاده از پلی‌آکریل‌آمید در اهداف مختلف از جمله کاهش روان‌آب، فرسایش خاک و بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن تاکنون مورد توجه محققین مختلف قرار گرفته، لیکن ارزیابی اثر طیف وسیعی از مقادیر پلی‌آکریل‌آمید بر

Sepaskhah و Mahdi-Hosseinabadi (۲۰۰۸) با هدف بررسی اثر پلی‌آکریل‌آمید بر عامل فرسایش‌پذیری خاک به‌عنوان یکی از متغیرهای مهم مدل جهانی هدررفت خاک از چهار سطح ۱، ۲، ۴ و ۶ کیلوگرم در هکتار پلی‌آکریل‌آمید و در دفعات آبیاری متفاوت استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که حداقل مقدار عامل فرسایش‌پذیری به‌هنگام استفاده از تیمار ۶ کیلوگرم در هکتار از پلی‌آکریل‌آمید و در آبیاری نوبت اول به‌دست آمد. Akbarzadeh و همکاران (۲۰۰۹) نیز به بررسی اثر افزودنی‌ها شامل پلی‌آکریل‌آمید در سه سطح مختلف (۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار) و سه سطح از ژلیس مخلوط با لایه ۵ سانتی‌متری سطح خاک (۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌گرم در هکتار) و مخلوط پلی‌آکریل‌آمید و ژلیس در سه نسبت متفاوت (۱۰+۲۵، ۲۰+۵۰ و ۳۰+۷۵ کیلوگرم در هکتار از پلی‌آکریل‌آمید+میلی‌گرم در هکتار از ژلیس) بر مقدار روان‌آب و هدررفت خاک‌های ماری حوزة آبخیز سفیدرود و در شرایط شبیه‌سازی پرداختند. نتایج حاصل از پژوهش ایشان دلالت بر عدم داری تأثیر تیمارهای مختلف بر مهار روان‌آب سطحی و کاهش رسوب داشته است. حال‌آن‌که Lentz و Sojka (۲۰۰۹) تأثیر دو نوع پلی‌آکریل‌آمید (دانه‌ای و روغنی) در کاهش فرسایش و مدیریت نفوذ در آبیاری جوی پشته‌ای در خاک با بافت سیلت لوم و شیب ۱/۵ درصد بر کاهش فرسایش و افزایش تولید محصول را تأیید نمودند. هم‌چنین Shoemaker (۲۰۰۹) اثر مصرف محلول ۵۲/۵ کیلوگرم در هکتار پلی‌آکریل‌آمید در منطقه Montgomery در جنوب شرقی ایالت متحده در کاهش گل‌آلودگی اولیه و فرسایش خاک به‌ترتیب به‌میزان ۹۷ و ۵۰ درصد را گزارش نمود. Ai-Ping و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی اثر دو نوع PAM با وزن مولکولی متفاوت (۱۲ و ۱۸ میلیون گرم در مول) بر فرسایش خاک در شیب ۵ درصد در چین در شرایط آزمایشگاهی و تحت باران با شدت ۶۰ میلی‌متر در ساعت

مؤلفه‌های مختلف از جمله تغییرات زمانی هدررفت خاک و تولید رسوب در مقیاس کرت کوچک و رگبار در شرایط شبیه‌سازی بررسی نشده است. به‌همین دلیل پژوهش فعلی با هدف ارزیابی کمی تأثیر افزایش سطوح مختلف مصرف پلی‌آکریل‌آمید بر روند تغییرات هدررفت خاک و غلظت رسوب در رابطه با خاک‌های لسی تهیه شده از منطقه‌ای در خراسان شمالی به‌سبب وجود اطلاعات لازم و پیشینه پژوهشی انجام شد.

مواد و روش‌ها

- منطقه مادری خاک

پژوهش حاضر روی خاک تهیه شده از منطقه بدرانلو واقع در هفت کیلومتری شمال غرب شهرستان بجنورد در استان خراسان شمالی، با کاربری غالب اراضی دیم رها شده و انواع فرسایش با شدت‌های مختلف انتخاب شد. بر اساس نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ ورقه بجنورد از نظر ساختار زمین‌شناسی منطقه از نهشته‌های لسی^۱ دوره کواترنر تشکیل شده است. ارتفاع محل نمونه‌برداری از سطح دریا ۱۳۹۰ متر و در مختصات طول جغرافیایی ۱۱' ۵۷° شرقی و ۲۹' ۳۷° عرض شمالی واقع شده است. نمونه‌برداری از عمق ۳۰ سانتی‌متر سطحی خاک در منطقه مادری انجام گرفت. نمایی از محل نمونه‌برداری در استان خراسان شمالی و ایران در شکل ۱ ارائه شده است. مقادیر هدایت الکتریکی، pH، مواد آلی و بافت خاک مورد پژوهش بر اساس نتایج آزمایشگاهی، به‌ترتیب ۱۳۷/۳ میکروموس بر سانتی‌متر، ۸/۲، ۰/۱۵۵ درصد و لومی سیلتی بوده است.

- تیمارها و کرت‌های مورد استفاده در پژوهش

تیمارهای پژوهش شامل شاهد (بدون کاربرد افزودنی خاک) و آزمایشی شامل کاربرد پلی‌آکریل‌آمید با هفت سطح مختلف مصرف شامل ۰/۴، ۰/۶، ۱، ۲، ۳، ۴ و ۶ گرم در مترمربع (شکفته و همکاران، ۱۳۸۴؛ شهبازی و همکاران، ۱۳۸۴؛ Yu، Chaudhari and Flanagan, 1998؛ Sepaskhah and Bazrafshan-Jahromi, et al., 2003

2006) به‌روش محلول در آب و اسپری روی سطح خاک قبل از اجرای بارش مصنوعی به‌سبب مؤثر بودن آن در مهار فرسایش و غالب‌ترین شکل مصرف (Peterson et al., 2002؛ Shoemaker, 2009) بوده است. تعداد کل تیمارهای آزمایشی در مجموع ۲۴ عدد (۸ تیمار در سه تکرار) بوده است. هر کدام از مقادیر مورد استفاده در ۲۰۰ میلی‌لیتر از آب شهری حل و پس از حل شدن کامل پلی‌آکریل‌آمید، محلول توسط آب‌پاش به‌صورت یک‌نواخت روی خاک اسپری شد (Peterson et al., 2002؛ Shoemaker, 2009؛ Zheng 2011). در نهایت به‌لحاظ پخش همگن ماده در خاک و به‌لحاظ قابلیت اجرا در شرایط طبیعی، بعد از گذشت ۲۴ ساعت از زمان اسپری، شبیه‌سازی بارش روی کرت‌ها انجام گرفت (شکفته و همکاران، ۱۳۸۴). همچنین دوام و شدت بارش بر اساس تحلیل باران‌نمود ایستگاه سینوپتیک بجنورد به‌ترتیب سی دقیقه و ۱/۲ میلی‌متر در دقیقه لحاظ شد.

در این پژوهش از کرت‌های کوچک مکعبی از جنس آهن و به ابعاد ۰/۵ متر با عمق ۰/۳ متر و قابل استقرار روی کرت‌های اصلی سامانه شبیه‌ساز باران و فرسایش خاک دانشگاه تربیت مدرس با شیب ۲۰ درصد (متناسب با منطقه مادری خاک) استفاده شد. در هر کرت فیلتر زهکشی تحتانی به ضخامت ۱۷ سانتی‌متر و با استفاده از پوکه معدنی ایجاد گردید. هر کرت علاوه بر صفحه زهکشی در کف، مجهز به یک سرریز بوده که به‌منظور جمع‌آوری روان‌آب و رسوب از سطح کرت استفاده شده است (بهزادفر و همکاران، ۱۳۹۱).

- اندازه‌گیری هدررفت خاک و غلظت رسوب

به‌منظور تعیین روند تغییرات هدررفت خاک و رسوب خروجی از سطح مطالعاتی با افزایش مقدار پلی‌آکریل‌آمید در مدت ۳۰ دقیقه بارش، در تمام تیمارها، اقدام به نمونه‌برداری روان‌آب و رسوب در گام‌های زمانی مشخص شامل سه نمونه در هر دو دقیقه پس از شروع روان‌آب، سه

پس از تشکیل بانک اطلاعاتی داده‌های حاصل از نمونه‌برداری از کرت‌ها در محیط Excel 2007 و رسم نمودارهای مورد نیاز، کلیه آنالیزهای آماری داده‌ها در محیط نرم‌افزار SPSS 19 انجام شد. به‌همین منظور قبل از انجام هر گونه آنالیز آماری، نرمال بودن داده‌ها با آزمون Shapiro-Wilk به دلیل کم‌تر بودن تعداد داده‌های هر گروه از تیمارها از حد ۵۰ داده (Razali and Wah, 2011) ارزیابی شد. سپس داده‌های غیرنرمال، از طریق یکی از روش‌های متداول تبدیل داده (لگاریتم‌گیری، جذر و لگاریتم طبیعی) تبدیل و نرمال بودن آن‌ها مجدداً آزمون شد. هم‌چنین از آزمون همگنی واریانس Levene به منظور بررسی همگنی واریانس تیمارهای مختلف استفاده گردید. در نهایت اختلاف مقادیر میانگین هدررفت خاک، غلظت رسوب و مؤلفه‌های مربوط به آن‌ها در بین تیمارها در صورت نرمال بودن داده‌ها و همگن بودن واریانس‌ها با استفاده از تجزیه واریانس یک‌طرفه^۱ بررسی شد. هم‌چنین مقایسه میانگین‌ها در صورت معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح ۵ درصد به روش Duncan انجام شد. در صورت عدم تأیید نرمال بودن و یا همگنی واریانس‌ها از آزمون ناپارامتریک و روش مقایسه استفاده (Kruskal Wallis K Independent Sample) استفاده گردید.

نمونه در هر سه دقیقه و هر ۵ دقیقه تا انتهای بارش شد. سپس تا انتهای مدت زمان بارش طبق گام‌های زمانی ذکر شده، نمونه‌ها رأس زمان در نظر گرفته شده از خروجی سطح مطالعاتی به درون ظروف پلاستیکی جمع‌آوری شد. سپس با استفاده از استوانه مدرج مقدار روان‌آب محتوی رسوب قرائت شد. از کلیه نمونه‌ها یک نمونه یک‌نواخت از روان‌آب و رسوب خروجی به میزان ۱۰۰ میلی‌لیتر جدا گردید. سپس به مدت ۲۴ ساعت درون آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد (شکفته و همکاران، ۱۳۸۴ و شهبازی و همکاران، ۱۳۸۴؛ Flanagan et al., 2002). برای این کار ابتدا بشرها به مدت ۱۰ ساعت در آون قرار داده و بلافاصله توزین شدند (وزن اولیه بشر)، سپس نمونه‌ها به درون بشر انتقال یافت. پس از کسر وزن ثانویه (بشر+رسوب) از وزن اولیه، ابتدا میزان رسوب در ۱۰۰ میلی‌لیتر و در نهایت با تبدیل در مقدار کل روان‌آب و رسوب خروجی، مقدار کل رسوب محاسبه گردید. با توجه به تیمارها، تکرارها و گام‌های زمانی مطالعاتی در مجموع، ۲۱۶ نمونه روان‌آب و رسوب و آنالیزهای مربوطه برای آن‌ها اجرا و برداشت گردید.

تجزیه و تحلیل آماری



شکل ۱- موقعیت منطقه مادری خاک در استان خراسان شمالی

جدول ۱- مجموع هدررفت خاک بر حسب گرم از سطح مطالعاتی طی ۳۰ دقیقه بارش در تیمارهای مختلف

انحراف معیار± میانگین	تکرار سوم	تکرار دوم	تکرار اول	پلی آکریل آمید (گرم در مترمربع)
۴۹/۳۲±۱۰/۴۶	۵۲/۷۷	۳۷/۵۷	۵۷/۶۲	شاهد
۲۴/۱۸±۱۹/۳۸	۴۶/۴۹	۱۴/۵۴	۱۱/۵۰	۰/۴
۳۳/۷۱±۲۸/۴۹	۶۶/۵۸	۱۶/۳۵	۱۸/۱۸	۰/۶
۳۱/۸۰±۲۸/۹۸	۶۴/۲۸	۲۲/۵۲	۸/۵۹	۱
۲۶/۶۵±۲۸/۲۵	۵۸/۷۰	۱۵/۹۱	۵/۳۴	۲
۳۴/۶۳±۱۵/۲۹	۵۱/۸۵	۲۹/۳۶	۲۲/۶۶	۳
۳۴/۵۰±۱۸/۹۶	۵۶/۲۸	۲۵/۴۹	۲۱/۷۲	۴
۱۸/۰۳±۱۵/۳۲	۳۴/۶۹	۱۴/۸۴	۴/۵۶	۶

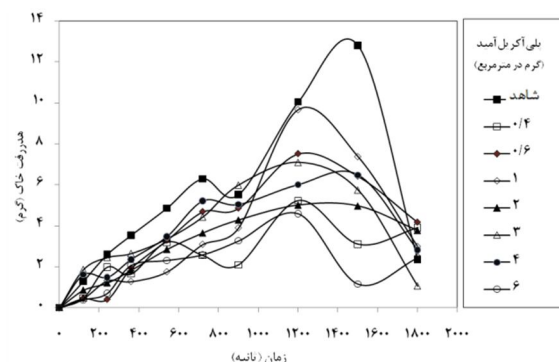
نتایج حاصل از اندازه گیری هدررفت خاک

تغییرات هدررفت خاک حاصل از تیمارهای مختلف در فاصله‌های زمانی مختلف و تغییرات هدررفت جمعیتی خاک حاصل از تیمارهای مختلف نسبت به زمان به ترتیب در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است. هم‌چنین مجموع کل هدررفت خاک حاصل از تکرار تیمارهای مختلف، محاسبه و نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است. سپس با استفاده از نتایج به دست آمده، مقدار هدررفت خاک در گام‌های زمانی تعریف شده در روش کار، استخراج و نتایج آن در جدول ۲ آمده است.

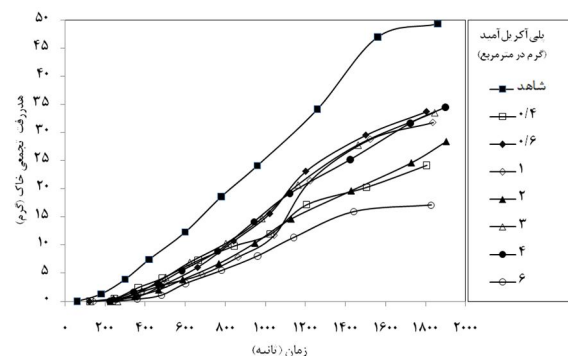
آنالیز آماری آزمون همگنی واریانس‌های نتایج هدررفت خاک به دست آمده از تیمارهای مختلف در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج آنالیز آماری دلالت بر معنی دار بودن اثر پلی آکریل آمید در میزان هدررفت خاک ($P=0/04$) بوده است.

نتایج مندرج در شکل‌های ۲ و ۳ نشان می‌دهد که بیش‌ترین هدررفت خاک در تیمار شاهد و کم‌ترین مقدار آن در تیمار ۶ گرم در مترمربع اتفاق افتاده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود در این بخش اثر پلی آکریل آمید در کاهش هدررفت خاک از الگوی خاصی تبعیت نکرده است که بیانگر پیچیدگی در رفتار تأثیر پلی آکریل آمید بر هدررفت خاک می‌باشد.

با استفاده از نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری هدررفت خاک از سطح مطالعاتی پس از کاربرد مقادیر پلی آکریل آمید مدنظر در پژوهش حاضر، مجموع هدررفت خاک در مدت ۳۰ دقیقه بارندگی و میزان هدررفت خاک در هر گام زمانی مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت (جدول‌های ۱ و ۲). نتایج مؤید کاهش میزان این متغیرها در اثر استفاده از پلی آکریل آمید نسبت به تیمار شاهد بوده است. بیش‌ترین میزان مجموع هدررفت خاک در تیمار شاهد با مقدار ۴۹/۳۲ گرم و و کم‌ترین میزان آن در تیمار ۶ گرم در مترمربع با مقدار ۱۸/۰۳ گرم به دست آمد. اما روند کاهش



شکل ۲- الگوی تغییرات هدررفت خاک تیمارهای مختلف پلی آکریل آمید در فاصله‌های زمانی مختلف



شکل ۳- الگوی تغییرات هدررفت جمعیتی خاک حاصل از تیمارهای مختلف پلی آکریل آمید نسبت به زمان

¹ Loess Deposit
² One Way ANOVA

خاک تحت تأثیر پلی‌آکریل آمید داشت که با نتایج Wallace و همکاران (۱۹۸۶) و Zheng (۲۰۱۱) هم‌خوانی دارد (جدول ۳). تغییرپذیری رفتار خاک طی زمان آزمایش را می‌توان دلیلی برای تأثیرپذیری هدررفت خاک از پلی‌آکریل آمید تلقی نمود. همچنین، نتایج آنالیز آماری حاکی از عدم وجود اختلاف معنی‌دار ($P > 0.30$) بین مجموع هدررفت خاک از تیمارها و همچنین میزان هدررفت خاک در تمامی گام‌های زمانی بوده است که با نتایج Ai-Ping و همکاران (۲۰۱۱) در چین مبنی بر عدم تأثیر پلی‌آکریل آمید در کاهش فرسایش و هدررفت خاک مطابقت دارد. یکی از دلایل این موضوع را می‌توان به اتصال زنجیره مولکولی پلی‌آکریل آمید به ذرات خاک و کاهش هدایت هیدرولیکی و نیز سرعت نفوذپذیری نسبت داد (Smith et al., 1990; Yu et al., 2003). آنالیز آماری حاکی از عدم وجود اختلاف معنی‌دار ($P > 0.30$) مجموع هدررفت خاک در مدت ۳۰ دقیقه بارندگی بین تیمارها و هدررفت خاک تمامی گام‌های زمانی بوده است (جدول ۳).

هدررفت خاک از کم‌ترین سطح مصرف پلی‌آکریل آمید (0.4 گرم در مترمربع) به سمت بیش‌ترین سطح مصرف آن (6 گرم در مترمربع) از نظم خاصی تبعیت نکرد که با یافته‌های حزباوی و همکاران (۱۳۹۱) مبنی بر عدم وجود روند خاص در مقادیر روان‌آب حاصل از کاربرد سطوح مختلف پلی‌آکریل آمید مطابقت دارد.

بیش‌ترین تأثیر پلی‌آکریل آمید در کاهش هدررفت خاک در گام‌های زمانی 120 ، 240 ، 360 ، 540 ، 720 ، 900 و گام زمانی آخر به ترتیب متعلق به سطح مصرف 6 ، 0.6 ، 1 ، 1 ، 6 ، 0.4 و 0.4 بوده است (جدول ۲). نتایج نشان‌دهنده عمل‌کرد متفاوت پلی‌آکریل آمید در زمان‌های متفاوت از یک واقعه می‌باشد. این بدین معنی است که در صورتی که نیاز به کاهش میزان هدررفت خاک در زمان‌های اولیه از وقوع بارندگی باشد سطح پلی‌آکریل آمید متفاوت از سطح مورد استفاده در زمان‌های انتهایی یک واقعه بارندگی می‌باشد.

تحلیل نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس یک طرفه، دلالت بر کاهش معنی‌دار ($P = 0.04$) مقدار هدررفت

جدول ۲- مقدار هدررفت خاک خروجی از سطح مطالعاتی (گرم) در گام‌های زمانی مختلف

آخر (در ۶۰ ثانیه)*	۹۰۰	۷۲۰	۵۴۰	۳۶۰	۲۴۰	۱۲۰	گام‌های زمانی پس از شروع روان‌آب (ثانیه)
۱/۷۵	۵/۵۲	۶/۳۰	۴/۸۶	۳/۵۴	۲/۶۰	۱/۳۰	شاهد
۰/۹۴	۲/۱۰	۲/۵۵	۳/۲۰	۱/۶۵	۱/۹۸	۰/۴۷	۰/۴
۱/۴۳	۴/۸۶	۴/۶۹	۳/۲۹	۱/۹۲	۰/۴۰	۰/۴۵	۰/۶
۱/۶۳	۳/۹۰	۳/۰۹	۱/۷۵	۱/۲۸	۱/۳۱	۰/۴۵	۱
۰/۹۹	۴/۲۹	۳/۶۵	۲/۸۵	۱/۸۳	۱/۲۰	۰/۸۵	۲
۱/۲۱	۵/۹۹	۴/۴۳	۳/۳۶	۲/۶۴	۲/۴۵	۱/۸۶	۳
۱/۳۴	۵/۰۴	۵/۲۱	۳/۴۷	۲/۳۶	۱/۴۹	۱/۶۲	۴
۰/۷۱	۳/۲۷	۲/۵۹	۲/۳۲	۲/۰۷	۰/۷۰	۰/۳۹	۶

* به دلیل عدم یکسان بودن مدت زمان انتهایی اندازه‌گیری غلظت رسوب برای کلیه تیمارها، به منظور مقایسه آماری، غلظت رسوب در گام زمانی آخر به صورت گرم در لیتر به ازای زمان یک دقیقه محاسبه شد.

جدول ۳- نتایج آزمون همگنی واریانس‌ها و تجزیه واریانس یک طرفه برای هدررفت خاک در گام‌های زمانی مختلف

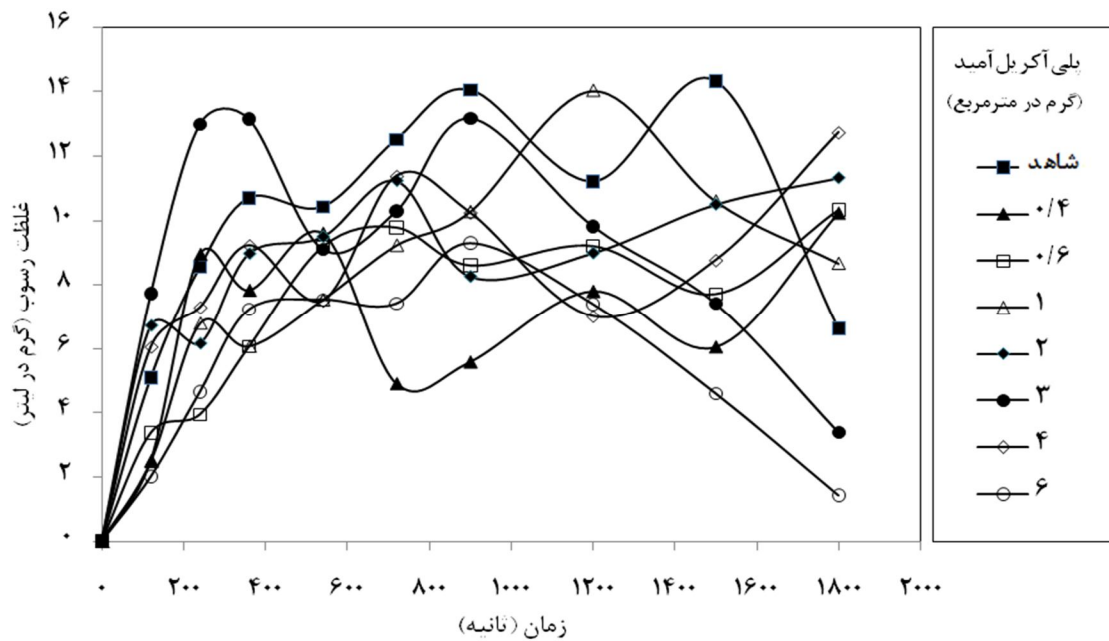
هدررفت خاک در گام زمانی (ثانیه) پس از شروع روان آب							مجموع هدررفت خاک در کل مدت بارش	میانگین هدررفت خاک در گام‌های زمانی مشترک	متغیرها	
آخر (در ۶۰ ثانیه)*	۹۰۰	۷۲۰	۵۴۰	۳۶۰	۲۴۰	۱۲۰			آماره Levene	آزمون همگنی واریانس‌ها
۱/۱۸	۲/۰۹	۱/۷	۰/۸۸	۱/۰۳	۲/۱۷	۲/۵۰	۱/۳۵	۲/۰۹	سطح معنی داری	آزمون تجزیه واریانس یک طرفه
۰/۳۷	۰/۱	۰/۱۸	۰/۵۴	۰/۴۵	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۲۹	۰/۰۶	مجموع مربعات	
۲/۶۸	۰/۶۸	۳۷/۱۳	۰/۵۵	۱۰/۱۹	۱۲/۹۴	۱/۹۵	۱۷۹۸/۹	۸۲/۹۶	میانگین مربعات	
۰/۳۸	۰/۱۰	۵/۳۰	۰/۰۸	۱/۴۶	۱/۸۵	۰/۲۸	۲۵۶/۹۹	۱۱/۸۵	درجه آزادی	
۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	آماره F	
۰/۶۴	۰/۷۳	۰/۵۴	۰/۵۶	۰/۴۷	۰/۹۸	۱/۳۲	۰/۵۵	۲/۲۱	سطح معنی داری	
۰/۷۱	۰/۶۵	۰/۷۹	۰/۷۸	۰/۸۹	۰/۴۷	۰/۳۰	۰/۷۹	۰/۰۴**		

* به دلیل عدم یکسان بودن مدت زمان انتهایی اندازه‌گیری غلظت رسوب برای کلیه تیمارها، به منظور مقایسه آماری، غلظت رسوب در گام زمانی آخر به صورت گرم در لیتر به ازای زمان یک دقیقه محاسبه شد.
** نشان دهنده اختلاف معنی دار میانگین‌ها در سطح ۵ درصد می‌باشد.

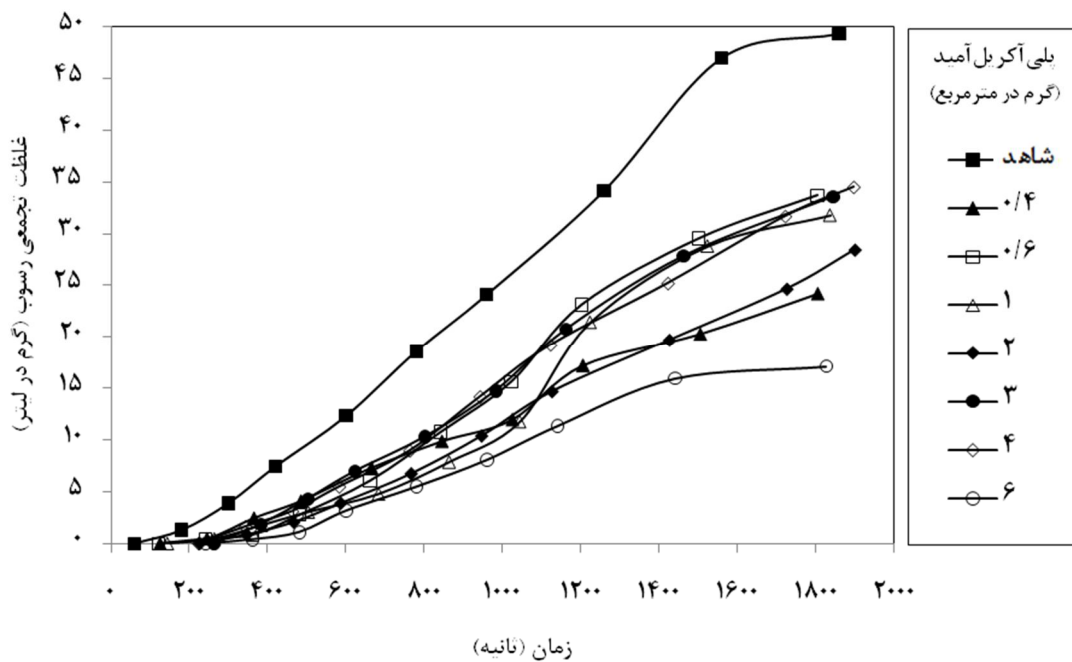
- نتایج حاصل از اندازه‌گیری غلظت رسوب

مختلف در سه تکرار و غلظت رسوب در گام‌های زمانی تعریف شده در روش کار نیز محاسبه و در شکل ۶ ارائه شده است. آنالیز آماری آزمون همگنی واریانس‌های غلظت‌های رسوب به دست آمده از تیمارهای مختلف نیز در جدول ۴ ارائه شده است. به دلیل عدم نرمال شدن متغیر غلظت رسوب در گام‌های زمانی اول (۱۲۰ ثانیه)، چهارم (طی ۳۶۰ تا ۵۴۰ ثانیه) و ششم (طی ۷۲۰ تا ۹۰۰ ثانیه) از آزمون ناپارامتریک به روش Kruskal Wallis استفاده شده و نتایج مربوطه در جدول ۵ ارائه شده است.

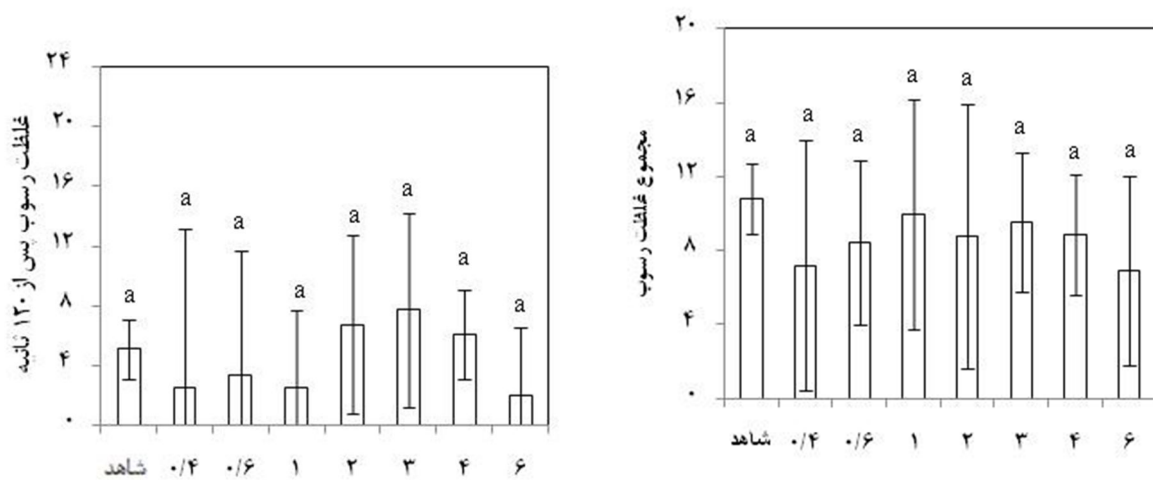
به منظور بررسی اثر پلی آکریل آمید بر غلظت رسوب خروجی از سطح مطالعاتی در تیمارهای مختلف، غلظت رسوب در فاصله‌های زمانی تعریف شده و غلظت رسوب متوسط در ۳۰ دقیقه بارندگی محاسبه شد. تغییرات غلظت رسوب حاصل از تیمارهای مختلف در فاصله‌های زمانی مختلف و تغییرات غلظت رسوب حاصل از تیمارهای مختلف نسبت به زمان به ترتیب در شکل‌های ۴ و ۵ نشان داده شده است. غلظت رسوب متوسط حاصل از تیمارهای



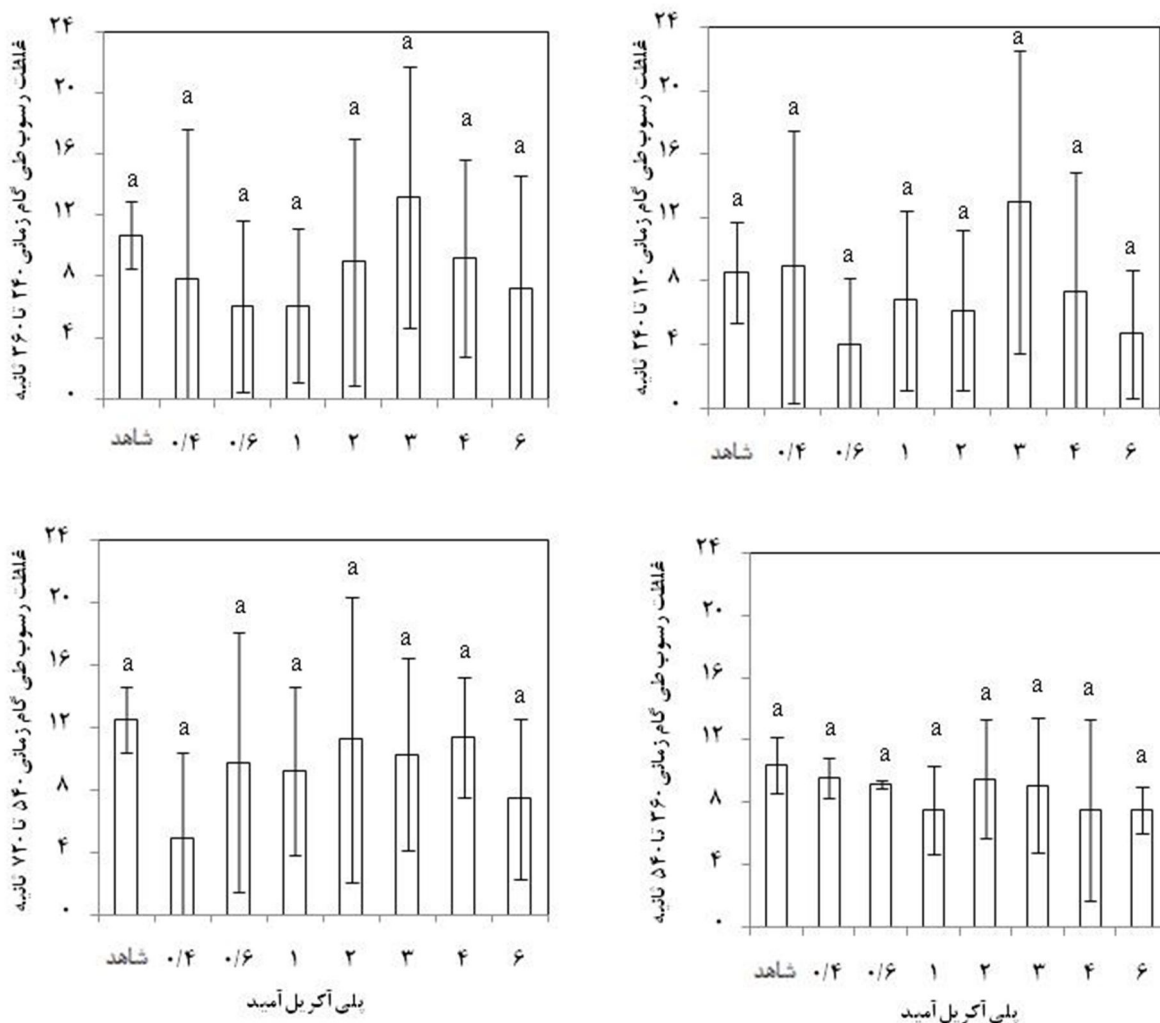
شکل ۴- الگوی تغییرات غلظت رسوب تیمارهای مختلف پلی‌آکریل آمید

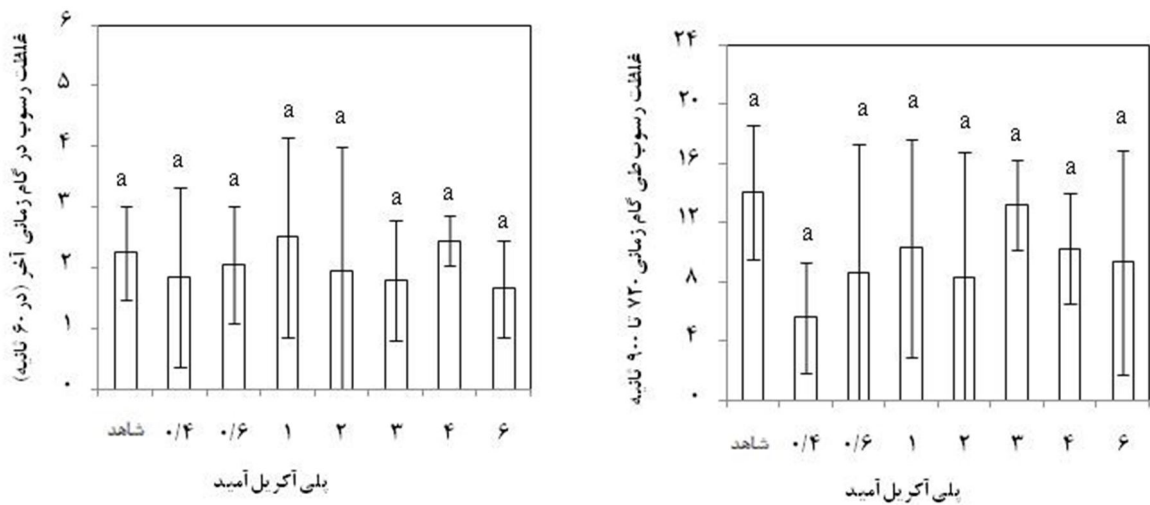


شکل ۵- الگوی تغییرات غلظت تجمعی رسوب تیمارهای مختلف پلی‌آکریل آمید



شکل ۶- تغییرات مجموع خلط رسوب (گرم در لیتر) در تیمارهای مختلف پلی آکریل آمید (گرم در متر مربع) و مقدار خلط رسوب گام‌های زمانی مختلف





ادامه شکل ۶- تغییرات مجموع غلظت رسوب (گرم در لیتر) در تیمارهای مختلف پلی آکریل آمید (گرم در متر مربع) و مقدار غلظت رسوب گام‌های زمانی مختلف

جدول ۴- نتایج آزمون همگنی واریانس‌ها و تجزیه واریانس یک طرفه برای متغیرهای اندازه‌گیری شده مربوط به غلظت رسوب

غلظت رسوب در گام زمانی (ثانیه) پس از شروع روان‌آب				مجموع غلظت رسوب در مدت ۳۰ دقیقه بارندگی	میانگین غلظت رسوب خروجی در گام‌های زمانی مشترک	متغیرها آماره‌های توصیفی
آخر (در ۶۰ ثانیه)*	۷۲۰	۳۶۰	۲۴۰			
نتایج آزمون همگنی واریانس‌ها						
۱/۸۱	۱/۹۶	۱/۵۸	۱/۱۴	۱/۴۷	۰/۴۸	آماره Levene
۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۲۱	۰/۳۹	۰/۲۵	۰/۸۵	سطح معنی‌داری
نتایج آزمون تجزیه واریانس یک طرفه						
۲/۰۶	۰/۶۹	۱۲۲/۴۷	۵/۰۱	۳۶/۰۴	۱۷۳/۰۶	مجموع مربعات
۰/۲۹	۰/۱۰	۱۷/۵۰	۰/۷۲	۵/۱۵	۲۴/۷۲	میانگین مربعات
۷	۷	۷	۷	۷	۷	درجه آزادی
۰/۱۹	۱/۱۲	۰/۳۶	۰/۷۱	۰/۲۰	۳/۴۲	آماره F
۰/۹۸	۰/۴۰	۰/۹۱	۰/۶۷	۰/۹۸	۰/۰۰۴**	سطح معنی‌داری

* به دلیل عدم یکسان بودن مدت زمان انتهایی اندازه‌گیری غلظت رسوب برای کلیه تیمارها، به منظور مقایسه آماری، غلظت رسوب در گام زمانی آخر به صورت گرم در لیتر به ازای زمان (یک دقیقه) محاسبه شد.
** نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها در سطح ۵ درصد می‌باشد.

جدول ۵- نتایج آزمون Kruskal Wallis برای متغیرهای اندازه‌گیری شده مربوط به غلظت رسوب

سطح معنی‌داری	درجه آزادی	آماره Chi-Square	آماره‌های توصیفی متغیرها	
			اول	غلظت رسوب در گام زمانی (ثانیه) پس از شروع روان‌آب
۰/۴۰	۷	۷/۳۲	اول	غلظت رسوب در گام زمانی (ثانیه) پس از شروع روان‌آب
۰/۹۹	۷	۱/۳۲	چهارم	
۰/۶۷	۷	۴/۹۵	ششم	

Sepaskhah and Abu-Zreig *et al.*, 2007; *et al.*, 2006 (Lentz and Sojka, 2009 و Mahdi-Hosseiniabadi, 2008 نیز به اثبات رسیده است. هم‌چنین در اکثر منابع (به‌عنوان مثال Yu *et al.*, 2003؛ Flanagan *et al.*, 2002 و Sepaskhah and Bazrafshan-Jahromi, 2006) اثرگذاری بیش‌تر پلی‌آکریل‌آمید در کاهش غلظت رسوب و هدررفت خاک نسبت به روان‌آب گزارش شده است. علت این امر را می‌توان به دلیل اتصال زنجیره مولکولی پلی‌آکریل‌آمید به ذرات خاک و کاهش هدایت هیدرولیکی خاک و نیز سرعت نفوذپذیری و جلوگیری از پاشمان و جدایش ذرات خاک نسبت داد (Yu *et al.*, 2003؛ Smith *et al.*, 1990).

هم‌چنین آنالیز آماری حاکی از عدم وجود اختلاف معنی‌دار ($P > 0/05$) بین مقادیر میانگین غلظت متوسط رسوب در مدت ۳۰ دقیقه بارندگی بین تیمارها و غلظت رسوب در تمامی گام‌های زمانی بوده است (جدول‌های ۴ و ۵).

نتیجه‌گیری نهایی

در مجموع می‌توان چنین جمع‌بندی نمود که استفاده از پلی‌آکریل‌آمید در کاهش هدررفت خاک و غلظت رسوب مؤثر بوده و تأثیر مذکور از لحاظ آماری معنی‌دار بوده است ($P < 0/05$). بر اساس نتایج پژوهش حاضر می‌توان به پیشنهاد استفاده از مقادیر پلی‌آکریل‌آمید به‌عنوان یکی از گزینه‌های موجود در حفاظت منابع آب و خاک اشاره نمود. اگرچه ضرورت مطالعه دقیق شیوه‌های مختلف مهار فرسایش خاک در یافته‌های زمانی مختلف و یا مقیاس مناسب با توجه به هدف مورد نظر از دیگر یافته‌های پژوهش حاضر است. با این‌وجود با توجه به شرایط طبیعی حاکم در منطقه مادری خاک و تأثیر احتمالی سایر عوامل از قبیل خصوصیات فیزیوگرافی، بارش و فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی نیم‌رخ خاک بر مقدار افزودنی مورد مطالعه، تحلیل و ارزیابی دقیق و جامع‌تر تأثیر استفاده از مواد افزودنی بر مهار روان‌آب و تولید رسوب حوزه آبخیز برای ارائه جمع‌بندی‌های نهایی پیشنهاد می‌شود.

بر اساس نتایج مندرج در شکل‌های ۴ تا ۶ کاهش غلظت رسوب در اثر استفاده از پلی‌آکریل‌آمید مشاهده شد. اما این کاهش برای هر کدام از متغیرهای هدررفت خاک در طول دوره زمانی بارندگی (شکل ۴)، مجموع هدررفت خاک و هدررفت خاک در گام‌های زمانی مختلف به یک میزان نبوده است که برای تعیین میزان تأثیرگذاری اثر پلی‌آکریل‌آمید بر متغیرهای مذکور از تجزیه و تحلیل‌های آماری استفاده شد. بدین منظور پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها، آزمون مناسب برای هر کدام از متغیرهای مربوط به غلظت رسوب (تجزیه واریانس یک طرفه یا Kruskal wallis) انتخاب و برای تجزیه و تحلیل آماری به‌کار گرفته شد (جدول‌های ۴ و ۵).

آنالیز آماری داده‌های به‌دست آمده، اختلاف زیاد و معنی‌داری ($P = 0/004$) بین غلظت رسوب حاصل از تیمارها را تأیید نمود که با نتایج Ai-Ping و همکاران (۲۰۱۱) در چین مبنی بر افزایش غلظت رسوب در اثر افزایش پلی‌آکریل‌آمید هم‌خوانی ندارد. در پژوهش حاضر کاربرد پلی‌آکریل‌آمید باعث کاهش غلظت رسوب در روان‌آب شده و به‌نوعی میزان گل‌آلودگی و انتقال خاک از کرت‌ها را کاهش داده است. این یافته‌ها با اظهارات Orts و همکاران (۱۹۹۹ و ۲۰۰۰) در رابطه با هم‌آوری ذرات خاک در اثر نیروهای کولنی^۱ و وان‌دروالسی^۲ مواد افزودنی طبیعی و خاک‌های کشاورزی مطابقت دارد. در نتیجه نیروی چسبندگی ذرات خاک و مقاومت برشی خاک نیز افزایش یافته که منجر به افزایش استحکام ساختمان خاک و جلوگیری از انتقال ذرات رسوب به‌همراه روان‌آب می‌شود. در نهایت ذرات خاک جدا شده، سریعاً جذب مولکول‌های پلی‌آکریل‌آمید شده و ته‌نشین می‌شوند (Zheng, 2011). تأثیر پلی‌آکریل‌آمید در کاهش غلظت رسوب در اکثر مطالعات قبلی صورت گرفته (به‌عنوان مثال Goodson؛ Sepaskhah and Bazrafshan-Jahromi, 2006

¹Coulombic Force

²Van der waals Force

فهرست منابع

- عسکری، ف. ۱۳۸۶. پلی آکریل آمید. انتشارات انجمن پلیمر ایران، ۷۰ ص.
- فلامکی، ا.، اسکندری، م.، بغلانی، غ. و احمدی، ا. ۱۳۹۲. مدل سازی بار رسوب کل رودخانه‌ها با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی. حفاظت منابع آب و خاک. ۲ (۳): ۱۳-۲۵.
- Abu-Zreig, M., Al-Sharif, M., and Amayreh, J. 2007. Erosion Control of Arid Land in Jordan with Two Anionic Polyacrylamides. *Arid Land Research Management*, 21: 315-328.
- Akbarzadeh, A., Taghizadeh Mehrjardi, R., Refahi, H.G., Rouhipour, H. and Gorji M. 2009. Using Soil Binders to Control Runoff and Soil Loss in Steep Slopes under Simulated Rainfall. *International Agrophysics*. 23: 99-109.
- Ai-Ping, W., Fa-Hu, L. and Sheng-Min, Y. 2011. Effect of Polyacrylamide Application on Runoff, Erosion, and Soil Nutrient Loss Under Simulated Rainfall. *Pedosphere*, 21(5): 628-638.
- Ajwa, H.A., and Trout, T.J., 2006. Polyacrylamide and Water Quality Effects on Infiltration in Sandy Loam Soils. *Soil Science Society of America Journal*, 70: 643-650.
- Awad, Y.M., Blagodatskaya, E., OK, Y.S. and Kuzeyakov, Y. 2012. Effects of Polyacrylamide, Biopolymer, and Biochar on Decomposition of Soil Organic Matter and Plant Residues as Determined by 14C and Enzyme Activities. *European Journal of Soil Biology*, 48: 1-10.
- Chaudhari, K., and Flanagan, D.C. 1998. Polyacrylamide Effect on Sediment Yield, Runoff, and Seedling Emergence on a Steep Slope. Technical papers, American Society of Agricultural Engineers ASAE Annual International Meeting, 20 July 1998, ASAE, St. Joseph, MI.
- Flanagan, D. C., Chaudhari, K. L., Norton, D. 2002. Polyacrylamide Soil Amendment Effects on Runoff and Sediment Yield on Steep Slopes: Part II. Natural Rainfall Conditions. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*. 45 (5): 1-13.
- Goodson, C.C., Schwartz, G., and Amrhein, C. 2006. Controlling Tailwater Sediment and Phosphorus Concentrations with Polyacrylamide in the Imperial Valley, California. *Journal of Environmental Quality*. 35:1072- 1077.
- Green, V.S. and Stott, D.E. 2001. Polyacrylamide: A Review of the Use, Effectiveness, and Cost of a Soil Erosion Control Amendment. 10th International Soil Conservation Meeting, May 24-29, 1999, Purdue University and the USDA-ARS
- ابراهیمی، س.، همایی، م. و واشقانی فراهانی، ا. ۱۳۸۶. تورم تناوبی پلیمرهای ابر جاذب در محیط متخلخل خاک. تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۱۲ (۸): ۱-۱۸.
- ابراهیمی محمدی، ش.، صادقی، س.ح.ر. و چچی، ک. ۱۳۹۱. تحلیل آورد رواناب، رسوب معلق و مواد مغذی ورودی‌های مختلف به دریاچه زریوار در پایه زمانی رگبار و آب پایه. حفاظت منابع آب و خاک، ۲ (۱): ۶۱-۷۶.
- بهرادفر، م.، صادقی، س.ح.ر.، خانجانی، م.ج. و حزباوی، ز. ۱۳۹۱. تأثیرپذیری تولید رواناب و رسوب خاک‌های تحت چرخه انجماد- ذوب در شرایط شبیه‌ساز باران. حفاظت منابع آب و خاک، ۲ (۱): ۱۳-۲۳.
- حزباوی، ز.، صادقی، س.ح.ر. و یونس، ح.ا. ۱۳۹۱. تحلیل و ارزیابی تأثیرپذیری مؤلفه‌های رواناب از کاربرد سطوح مختلف پلی آکریل آمید. حفاظت منابع آب و خاک ۲ (۲): ۱-۱۳.
- ریبعی، ا.، گیلانی، م. و جمشیدی، ه. ۱۳۹۰. تهیه پلی آکریل آمید آنیونی بر پایه آکریل آمید به‌عنوان تثبیت کننده خاک. مجله علوم و تکنولوژی پلیمر، ۴ (۲۴): ۲۹۱-۳۰۰.
- سهرابی، ت.، جهانجو، ب. و کشاورز، ع. ۱۳۸۴. تأثیر ماده شیمیایی پلی آکریل آمید بر تلفات خاک و نفوذ آب در خاک در روش آبیاری جویچه‌ای. تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۶ (۲۴): ۳۳-۴۶.
- شکفته، ح.، رفاهی، ح.ق. و گرجی، م. ۱۳۸۴. بررسی اثر ماده شیمیایی پلی آکریل آمید بر فرسایش و روان آب خاک‌ها. علوم کشاورزی ایران، ۳۶ (۱): ۱۷۷-۱۸۶.
- شهبازی، ع.، سرمیدان، ف.، رفاهی، ح.ق. و گرجی، م. ۱۳۸۴. تأثیر پلی آکریل آمید بر فرسایش و روان آب خاک‌های شور- سدیمی. علوم کشاورزی ایران، ۳۶ (۵): ۱۱۰۳-۱۱۱۲.
- شهبازی، ع.، یزدی‌پور، ع.ا. و رثوفی، ر. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر پلی آکریل آمید بر برخی خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک و ظهور جوانه‌های کلزا در خاک مستعد تشکیل سله. آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۳ (۲): ۳۸-۴۵.
- صادقی، س.ح.ر. ۱۳۸۹. مطالعه و اندازه‌گیری فرسایش آبی. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ۲۰۰ ص.

- of a Loam Soil. *Biosystems Engineering*, 99: 598-603.
- Shin, M.H., Won, C.H., Jang, J.R., Choi, Y.H., Shin, Y.C., Lim, K.J. and Choi, J.D. 2013. Effect of surface cover on the reduction of runoff and agricultural NPS pollution from upland field. *Paddy Water Environment*, 11: 493-501. DOI: 10.1007/s10333-012-0340-4.
- Shoemaker, A.E., 2009. Evaluation of Anionic Polyacrylamide as an Erosion Control Measure Using Intermediate-Scale Experimental Procedures. Auburn University Master Thesis, USA. 220p.
- Smith, H.J.C., Levy, G.J. and Shainberg, I. 1990. Water-Droplet Energy and Soil Amendments: Effect on Infiltration and Erosion. *Soil Science Society of America Journal*, 54: 1084-1087.
- UNESCO, 2009. Integrated Water Resources Management Guidelines at River Basin Level. Part 1, 24p.
- Wallace, A., Wallace, G.A. and Abouzamzam A.M. 1986. Effects of Excess Levels of a Polymer as a Soil Conditioner on Yields and Mineral Nutrition of Plants. *Soil Science*. 141: 377-379.
- Weston, D.D., Lentz, R.D., Cahn, M.D., Ogle, R.S., Rother, A.K. and Lydy, M.j. 2009. Toxicity of Anionic Polyacrylamide Formulations when Used for Erosion Control in Agriculture. Technical Reports: Surface Water Quality. *Journal of Environmental Quality*, 38: 238-247.
- Yu, J., Lei, T., Shainberg, I., Mamedov, A. I. and Levy, G. J. 2003. Infiltration and Erosion in Soils Treated with Dry PAM and Gypsum. *Soil Science Society of America Journal*. 67:630-636.
- Zhang, X.C., and Miller, W.P., 1996. Polyacrylamide Effect on Infiltration and Erosion in Furrows. *Soil Science Society of America Journal*, 60(3): 866-872.
- Zheng, M., 2011. A Technology for Enhanced Control of Erosion, Sediment and Metal Leaching at Disturbed Land Using Polyacrylamide and Magnetite Nanoparticles. A thesis submitted to the Graduate Faculty of Auburn University in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Science, Auburn, Alabama August, 104 p.
- National Soil Erosion Research Laboratory, 384-389.
- Jiang, T., Teng L., Wei, Sh., Deng, L., Luo, Z., and Chen, Y., 2010. Application of Polyacrylamide to Reduce Phosphorus Losses from a Chinese Purple Soil: A Laboratory and Field Investigation. *Journal of Environmental Management*, 91: 1437-1445.
- Kumar, A., and Saha, A., 2011. Effect of Polyacrylamide and Gypsum on Surface Runoff, Sediment Yield and Nutrient Losses from Steep Slopes. *Agricultural Water Management*, 98: 999-1004.
- Lado, M., Paz, A., and Ben-Hur M., 2004. Organic Matter and Aggregate Size Interactions in Infiltration, Seal Formation and Soil Loss. *Soil Science Society of America*, 68: 935-942.
- Lentz, R.D. and Sojka, R.E. 2009. Long-term Polyacrylamide Formulation Effects on Soil Erosion, Water Infiltration, and Yields of Furrow-irrigated Crops. *Agronomy Journal*, 101: 305-314.
- Orts, W.J., Glenn, G.M. and Nobes, G.A.R., 1999. Use of Natural Polymer Flocculating Agents to Control Agricultural Soil Loss. Abstracts of Papers of the American Chemical Society 217, 366- PMSE.
- Orts, W.J., Sojka, R.E. and Glenn, G.M., 2000. Biopolymer Additives to Reduce Erosion-Induced Soil Losses during Irrigation. *Industrial Crops and Products* 11: 19-29.
- Razali, N.M. and Wah, Y.B., 2011. Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogrov-Smirnov, Lillifores and Anderson-Darling tests. *Journal of Statistical Modeling and Analytics*, 2(1): 21-33.
- Peterson, J.R., Flanagan, D.C. and Tishmack J.K. 2002. PAM Application Method and Electrolyte Source Effects on Plot-Scale Runoff and Erosion. *Transactions of the ASAE*, 45(6): 1859-1867.
- Sepaskhah, A.R. and Bazrafshan-Jahromi, A.R. 2006. Controlling Runoff and Erosion in Sloping Land with Polyacrylamide under a Rainfall Simulator. *Biosystems Engineering*, 93(4): 469-474.
- Sepaskhah, A.R., and Mahdi-Hosseiniabadi, Z. 2008. Effect of Polyacrylamide on the Erodibility Factor



Trend of soil loss and sediment concentration changeability due to application of polyacrylamide

Seyed Hamid Reza Sadeghi^{1*}, Zeinab Hazbavi², Habibollah Younesi³ and Morteza Behzadfar⁴

1*) Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran, corresponding author email: sadeghi@modares.ac.ir

2) M.Sc. Student of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran

3) Associate Professor, Department of Environment Science, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran

4) PhD Student of Watershed Management Engineering Department, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran

Received: 09-12-2012

Accepted: 12-06-2013

Abstract

Soil erosion control is very important to natural resources conservationists and managers. For this reason, different methods and practices have been developed and used to control soil erosion. Application of soil amendments is one of the most recent technologies in soil and water conservation. However, different aspects of its application have not comprehensively been considered. Hence, the present research intended to assess the application of polyacrylamide (PAM) as an important soil amendment on soil loss and sediment concentration. The research was conducted under simulated rainfall condition in small plots on the loess soils of Bojnourd City located in Northern Khorasan Province, Iran. Accordingly, the laboratory experiments were conducted in treatments of 0 (control), 0.4, 0.6, 1, 2, 3, 4 and 6 g m⁻² of polyacrylamide with simulated rainfall intensity of 72 mm h⁻¹ with 30 minutes duration in three replicates. The collected data on soil loss and sediment concentrations showed that polyacrylamide significantly reduced both soil loss (P=0.04) and sediment concentration (P= 0.004). The maximum sum amount of soil loss and sediment concentration were 49.32 g and 10.79 g/l, respectively, at control treatment and their minimum were 18.03 g and 6.93 g/l respectively, at 6 g/m² level of PAM application. Also, the results showed that the polyacrylamide had no significant effect on temporal changes of soil loss and sediment concentration during event duration (P>0.3). The results suggest that PAM, as an available amendment, can be recommended for water and soil conservation purposes.

Keywords: rainfall simulation; sediment yield; soil amendments; soil and water conservation