نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال چهارم، شماره سوم، بهار ۱۳۹۴

ISSN 2251-7480

# تأثیر نوع و سطح مصرف پلی‌آکریل‌آمید بر هدررفت خاک

سیّدحمیدرضا صادقی[1*]، زینب کریمی[2] و حسین‌علی بهرامی[3]

۱*) استاد گروه مهندسی آبخیزداری؛ دانشکده منابع طبیعی؛ دانشگاه تربیت مدرس؛ نور؛ ۷۶۴۸۹-۴۶۴۱۷؛ مازندران؛ ایران

*نویسنده مسئول مکاتبات: sadeghi@modares.ac.ir

۲) دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی آبخیزداری؛ دانشکده منابع طبیعی؛ دانشگاه تربیت مدرس؛ نور؛ ۷۶۴۸۹-۴۶۴۱۷؛ مازندران؛ ایران

۳) دانشیار گروه خاکشناسی؛ دانشکده کشاورزی؛ دانشگاه تربیت مدرس؛ تهران؛ ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۷/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۴/۳/۲۰

**چکیده**

فرسایش خاک در مقیاس جهانی، منطقه‌ای و محلی یکی از معضلات اساسی می‌باشد. از این نظر اتخاذ تدابیر مدیریتی در مهار اثرات آن اهمیت قابل توجهی دارد. علاوه بر این، یکی از فن‌آوری‌های جدید در مقوله مهار فرسایش خاک، استفاده از مواد افزودنی از جمله پلی‌آکریل‌آمید است. از طرفی به‌رغم کاربرد پلی‌آکریل‌آمید در مدیریت رواناب و فرسایش خاک، تأثیر هم‌زمان نوع و سطح مصرف آن کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. از این‌رو پژوهش حاضر با هدف تعیین تأثیرپذیری هدررفت خاک در کرت‌های کوچک از کاربرد نوع پودری و محلول سطوح مختلف پلی‌اکریل‌آمید با مقادیر ۰/۴، ۲ و ۶ گرم بر مترمربع در شرایط آزمایشگاهی انجام شد. در این پژوهش از سه کرت کوچک به ابعاد ۰/۵ در ۰/۵ متر، با شیب ۳۰ درصد استفاده شد. برای انجام پژوهش حاضر، پس از گذشت ۴۸ ساعت از زمان استفاده از پلی‌آکریل‌آمید در شکل‌های پودری و محلول، باران با دو شدت ۵۰ و ۸۰ میلی‌متر بر ساعت به‌ترتیب با تداوم ۱۷ و ۸ دقیقه روی کرت‌ها شبیه‌سازی و نمونه‌برداری‌های لازم انجام شد. نتایج حاصل از آزمون آماری دلالت بر اثر معنی‌دار ($P=0/00$) شکل مصرف پلی‌آکریل‌آمید و شدت بارندگی مختلف بر میزان هدررفت خاک در سطوح مختلف مصرف پلی‌آکریل‌آمید بود. هم‌چنین شکل پودری مصرف پلی‌اکریل‌آمید در شرایط مورد نظر در این پژوهش از عملکرد بهتری برخودار بوده و لذا کاربرد آن به حالت محلول برای مهار هدررفت خاک پیشنهاد می‌شود.

**کلید واژه‌ها:** اصلاح‌کننده‌های خاک؛ تولید رسوب؛ شبیه‌ساز باران؛ حفاظت خاک؛ مهار فرسایش

**مقدمه**

خاک، یکی از مهم‌ترین اجزای منابع طبیعی هر کشور محسوب می‌گردد. انسان در طی تاریخ تکاملی خود، همواره از خاک به‌عنوان بستری برای تأمین نیازهای غذایی استفاده می‌کند، تا ادامه‌ی حیات خود را تضمین سازد. عامل اصلی نابودی خاک، پدیده‌ی فرسایش خاک[1] است. از این نظر مهار آن به‌عنوان یک ضرورت اساسی محسوب می‌شود. استفاده از مواد افزودنی خاک[2] از جمله شیوه‌های به‌صرفه و جدید در مهار فرسایش خاک است. افزودنی‌های خاک شامل هر ماده‌ای مانند آهک، گچ، خاک ارّه و یا سایر افزودنی‌هاست که برای تقویت توان تولید خاک به‌کار می‌روند (طالب بیدختی و همکاران، ۱۳۸۲).

[1] Soil Erosion

[2] Soil Amendments

پلی‌آکریل‌آمید[1] در شرایط و اهداف مختلف یکی از مرسوم‌ترین افزودنی‌های مورد استفاده در حفاظت از خاک است. انجام پژوهش‌های مرتبط 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 (Green و Stott، ۲۰۰۱). پلی‌آکریل‌آمید به‌عنوان یک اصلاح‌کننده[2] برای پایدار کردن ساختمان خاک و کاهش میزان رواناب و فرسایش استفاده می‌شود. هم‌چنین می‌تواند به‌عنوان یک اصلاح‌کننده مقرون به‌صرفه در پایدارکردن شیب‌های تند به‌وجود آمده در صنعت ساختمان‌سازی و ترانشه‌های جاده‌ها و بزرگراه‌ها و سایر خاک‌های به هم‌خورده باشد. هم‌چنین استفاده از پلی‌آکریل‌آمید در نسبت‌های پائین، در زمینه آبیاری از نظر اقتصادی بسیار مؤثر واقع شده است. در کشاورزی دیم و آبیاری بهاره، این ماده موجب کاهش انسداد سطحی و پوسته‌بندی خاک در اثر فرسایش می‌شود (Green و Stott، ۲۰۰۱). هم‌چنین این ماده غیر سمّی بوده و پس از ٤ تا ۷ سال، بسته به نوع پلیمر، در خاک به‌وسیله میکروارگانیسم‌ها تخریب می‌شود (Nadler و همکاران، ۱۹۹٦).

تاکنون تأثیر مطلوب مصرف جداگانه پلی‌آکریل‌آمید به‌صورت پودری (Jiang و همکاران، ۲۰۱۰؛ Awad و همکاران، ۲۰۱۲؛ Shin و همکاران، ۲۰۱۳؛ Prats و همکاران، ۲۰۱٤؛ بروغنی و حیاوی، ۱۳۹۰؛ ذبیحی و همکاران، ۱۳۹۲) یا محلول (Flanagan و همکاران، ۲۰۰۲؛ Ajwa و Trout، ۲۰۰٦؛ Goodson و همکاران، ۲۰۰٦؛ Sepaskhah و Bazrafshan-Jahrom، ۲۰۰٦؛ Kumar و Saha، ۲۰۱۱؛ شکفته و همکاران، ۱۳۸٤؛ شهبازی و همکاران، ۱۳۸٤؛ قربانی واقعی و همکاران، ۱۳۸۷؛ حزباوی و همکاران، ۱۳۹۱؛ افراسیاب و چاری، ۱۳۹۲؛ صادقی و همکاران، ۱۳۹۲) در شرایط مختلف برای مدیریت منابع خاک و آب مورد بررسی قرار گرفته است. لیکن بررسی استفاده از پلی‌آکریل‌آمید به دو شکل پودری و محلول به‌حالت مقایسه در عرصه نهایی منابع طبیعی کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. در همین‌راستا Roa-Espinosa و همکاران (۱۹۹۹) با انجام پژوهشی روی ۱۵ پلات با ابعاد یک متر در یک متر و شیب ۱۰ درصد به بررسی تأثیر پلی‌آکریل‌آمید پودری و محلول در مناطق ساخت و ساز پرداختند. نتایج نشان‌دهنده تأثیر بهتر پلی‌آکریل‌آمید محلول در کاهش رسوب بوده است. Peterson و همکاران (۲۰۰۲) نیز با کاربرد پلی‌آکریل‌آمید در کرت‌هایی با ابعاد ۹/۱ متر طول و ۳ متر عرض و با شیب ۱۷ درصد به بررسی تأثیر دو شکل پودری و محلول پلی‌آکریل‌آمید پس از بذرپاشی پرداختند. نتایج حاکی از تأثیر بیش‌تر پلی‌آکریل‌آمید به‌شکل محلول در کاهش هدررفت خاک به‌میزان ۹۳ تا ۹۸ درصد بوده است. نتایج پژوهش مذکور نیز نشان داد که پلی‌آکریل‌آمید پودری تقریباً هیچ تأثیر معنی‌داری در کاهش رسوب نداشته است. هم‌چنین Shomaeker (۲۰۰۹) به بررسی اثر مقادیر مختلف پلی‌آکریل‌آمید (۲۲/۵، ۳۷/۵ و ۵۲/۵ کیلوگرم در هکتار) و روش‌های کاربرد پودری و محلول در خاک Montgomery مرکز Alabama واقع در جنوب‌شرقی ایالت متحده پرداخت. براساس نتایج به‌دست آمده مصرف میزان ۵۲ کیلوگرم در هکتار از پلی‌آکریل‌آمید و به‌صورت محلول بهترین عملکرد را داشته است. به‌طوری‌که موجب کاهش گل‌آلودگی اولیه به‌میزان ۹۷ درصد و کاهش فرسایش خاک به‌میزان ۵۰ درصد شده است. Dou و همکاران (۲۰۱۲) تأثیر پلی‌آکریل‌آمید به شکل پودری و محلول تحت شرایط آبیاری شبیه‌سازی شده در زمین‌های کشاورزی منطقه Yongledian واقع در چین، در سطح کرت‌هایی به طول و عرض یک متر را بررسی کردند. نتایج پژوهش مذکور نیز نشان داد که استفاده از پلی‌آکریل‌آمید محلول، جایگزین خوبی برای مهار هدررفت خاک تحت آبیاری با آب شور بوده است.

[1] Polyacrylamide (PAM)
[2] Soil Conditioner

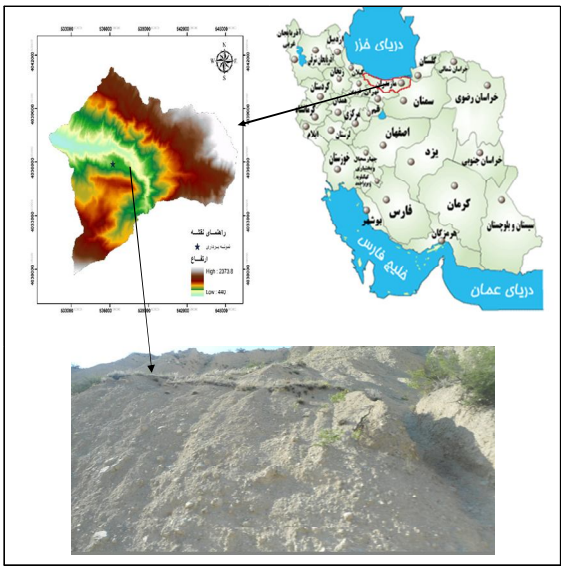
McLaughlin و همکاران (۲۰۱٤) طی پژوهشی به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد پلی‌آکریل‌آمید پودری و محلول در سطوح مختلف (۱، ۲/۵، ۵، ۱۰، ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) در مکان‌های ساخت و ساز در خاک‌های شمال غربی ایتالیا روی چهار نوع خاک، یک خاک معدنی با مواد آلی بالا از مزارع کشاورزی و سه نوع خاک از مناطق با شن و ماسه بالا با هدف مهار فرسایش و رسوب صورت گرفت. نتایج دلالت بر عملکرد بهتر پلی‌آکریل‌آمید محلول نسبت به حالت پودری در مهار فرسایش داشته است.

از بررسی تفضیلی پیشینه پژوهش می‌توان جمع‌بندی کرد که اگرچه استفاده از پلی‌آکریل‌آمید با اهداف مختلف صورت گرفته لیکن پژوهش حاضر با هدف ارزیابی تأثیرپذیری تولید هدررفت خاک خروجی از کرت‌های آزمایشی کوچک، در سطوح مختلف استفاده از پلی‌آکریل‌آمید پودری و محلول در دو شدت متفاوت به‌منظور مهار فرسایش خاک اراضی غیر کشاورزی و تهیه شده از یک منطقه حساس به فرسایش خاک برنامه‌ریزی شده است.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مطالعاتی و خاک مورد استفاده

خاک مورد نیاز از حواشی جاده مرزن‌آباد-کندلوس به‌دلیل وجود تشکیلات حساس به فرسایش و ضرورت حفاظت و نیز امکان اجرای نتایج حاصل از پژوهش تهیه و آماده‌سازی شد. ارتفاع محل نمونه‌برداری از سطح دریا ۱۹۵۰ متر و در مختصات طول "۳۰ '۲٤ °۵۱ شرقی و عرض "٤٦ '۲۸ °۳۸ شمالی واقع شده است. نمای‌ی از موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی در شکل ۱ ارائه شده است. هم‌چنین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه با استفاده از روش‌های استاندارد مورد استفاده در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه تربیت مدرس تعیین شد و نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است.




**شکل ۱. موقعیت منطقه مادری خاک در استان مازندران و ایران**

### آماده‌سازی کرت‌های فرسایشی

پس از شناسایی منطقه، نمونه‌ها از عمق تقریبی ۱۰ سانتی‌متری سطح خاک تهیه شد. سپس برای انجام آزمایش با شبیه‌ساز باران، ابتدا نمونه‌های خاک هواخشک و بعد از حذف بقایای گیاهی و سنگ و سنگ‌ریزه، از الک ٤ میلی‌متری عبور داده شد (شهبازی و همکاران، ۱۳۸٤). در این پژوهش از سه کرت کوچک مکعبی با حجم کلی ۰/۱۲۵ متر و قابل استقرار روی چهارپایه‌های فلزی ساخته شده در محل آزمایشگاه شبیه‌ساز باران و فرسایش خاک دانشگاه تربیت مدرس با شیب متناسب با منطقه خاک مادری حدود ۳۰ درصد استفاده شد (شکل ۲).

**شکل ۲. نمایی از شرایط آزمایشگاهی مورد استفاده در تحلیل اثر مصرف نوع پلی‌آکریل‌آمید بر هدررفت خاک**

برای شبیه‌سازی بهتر شرایط طبیعی، یک خاک لایه زهکشی از جنس پوکه معدنی به‌صورت دانه‌بندی تدریجی از بادامی تا ریزدانه (ساختار فیلتری) به ضخامت ۱۷ سانتی‌متر در کف کرت‌ها تعبیه شد. سپس کوبیدگی لازم توسط غلطک تا رسیدن به جرم مخصوص ظاهری نمونه دست نخورده مورد مطالعه (۱/۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب) انجام شد. هم‌چنین، به‌منظور تأمین شرایط رطوبت پیشین خاک و متناسب با شرایط طبیعی، کرت‌های آماده شده به‌مدت ٢٤ ساعت تحت شرایط اشباع به عمق ۱۵ سانتی‌متر قرار داده شد و قبل از اجرای آزمایش به‌مدت ٢٤ ساعت روی چهارپایه مربوطه مستقر شد (حزباوی و همکاران، ۱۳۹۱).

**تیمارهای پژوهش**

با توجه به پیشینه پژوهش‌های موجود (Flanagan و همکاران، ۲۰۰۲؛ Sepaskhah و Bazrafshan-Jahromi، ۲۰۰٦؛ شکفته و همکاران، ١٣٨٤؛ شهبازی و همکاران، ١٣٨٤؛ حزباوی و همکاران ۱۳۹۱، صادقی و همکاران ۱۳۹۲)، تیمارهای پژوهش شامل یک تیمار شاهد و سه سطح پلی‌آکریل‌آمید به دو شکل پودری و محلول با مقادیر ٠/٤، ۲ و ٦ گرم بر مترمربع در نظر گرفته شد. پلی‌آکریل‌آمید پودری با استفاده از نمک‌پاش و هر کدام از مقادیر نوع محلول آن در ۲۰۰ میلی‌لیتر آب شهری حل و در نهایت از طریق دستگاه پخش‌کننده[1] دستی در سطح کرت‌های فرسایش توزیع شد. در نهایت به‌لحاظ پخش همگن ماده در خاک و به‌لحاظ قابل اجرا بودن در عرصه (شکفته و همکاران، ١٣٨٤) بعد از گذشت ٤٨ ساعت از زمان استفاده از پلی‌آکریل‌آمید، بارش باران با دو شدت ۵۰ و ۸۰ میلی‌متر بر ساعت، به‌ترتیب با تداوم ۱۷ و ۸ دقیقه و متناسب با شرایط حاکم بر منطقه و مستخرج از آمار ایستگاه سینوپتیک کجور روی کرت‌ها اجرا و نمونه‌برداری‌های لازم صورت گرفت.

**تجزیه و تحلیل آماری**

به‌منظور تجزیه و تحلیل آماری، ابتدا بانک اطلاعاتی حاصل از نمونه‌برداری هدررفت خاک حاصل از کرت‌ها در نرم‌افزار Excel 2007 تشکیل شد. به‌همین منظور قبل از انجام هرگونه تحلیل آماری، نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Shapiro-Wilk به‌دلیل کم‌تر بودن تعداد داده‌های هر گروه از تیمارها، از حد ۵۰ داده (Razali و Wah، ۲۰۱۱) ارزیابی شد. مقایسه‌های آماری با استفاده از تجزیه و تحلیل واریانس یک‌طرفه[2]، آزمون دانکن[3] و مدل خطی عمومی[4] در نرم‌افزار SPSS 19 انجام شد.

**نتایج و بحث**

**نتایج حاصل از اندازه‌گیری هدررفت خاک در دو شکل پودری و محلول**

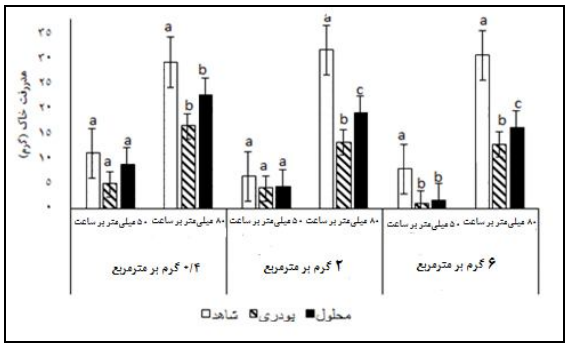
میزان هدررفت خاک مربوط به تیمار شاهد و سطوح مختلف پلی‌آکریل‌آمید (٠/٤، ۲ و ٦ گرم بر مترمربع) به دو شکل پودری و محلول و در دو شدت ۵۰ و ۸۰ میلی‌متر بر ساعت، به‌ترتیب با تداوم ۱۷ و ۸ دقیقه بر ساعت در شکل ۳ نشان داده شده است. هم‌چنین میانگین کل هدررفت خاک حاصل از تکرار سطوح مختلف پلی‌آکریل‌آمید به‌همراه تیمارهای شاهد آن‌ها محاسبه و نتایج مربوط در جدول ۲ ارائه شده است.

نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد که در هر دو شدت ۵۰ و ۸۰ میلی‌متر بر ساعت بیش‌ترین هدررفت خاک در تیمار شاهد و کم‌ترین هدررفت خاک در سطح ٦ گرم بر مترمربع از پلی‌آکریل‌آمید و در حالت پودری اتفاق افتاده است. به‌عبارت دیگر در هر دو شدت بارندگی (۵۰ و ۸۰ میلی‌متر بر ساعت) با افزایش مقدار پلی‌آکریل‌آمید، میزان هدررفت خاک به حداقل رسیده است. دلیل این یافته را می‌توان چنین بیان نمود که پلی‌آکریل‌آمید به‌دلیل دارا بودن وزن ملکولی بالا و میزان

[1] Sprayer

[2] One-Way Analysis of Variance, ANOVA
[3] Duncan Test
[4] General Linear Model, GLM

جذب بالای آن توسط ذرات خاک، در سطح باقی مانده و یک شبکه در اطراف خاک‌دانه‌ها تشکیل می‌دهد که این امر به پایداری خاک‌دانه‌ها کمک می‌کند. از این نظر در مهار هدررفت خاک مؤثر بوده و طبیعتاً کاربرد پلی‌اکریل‌آمید در مهار هدررفت خاک را تأیید نموده است. نتایج حاصل با یافته‌های Peterson و همکاران (۲۰۰۲)، Sepaskhah و Bazrafshan-Jahrom (۲۰۰٦)، Shoemaker (۲۰۰۹)، Dou و همکاران (۲۰۱۲) و Prats و همکاران (۲۰۱٤) مبنی بر اثر مثبت پلی‌آکریل‌آمید در کاهش هدررفت خاک تطبیق دارد. هم‌چنین در شدت ۵۰ میلی‌متر بر ساعت، بین تیمارهای شاهد از نظر مقداری تفاوت وجود دارد. دلیل این‌را نیز می‌توان چنین استنباط کرد که شرایط رطوبتی در روزهای انجام آزمایش با یکدیگر متفاوت بوده است.




**شکل ۳. میزان هدررفت خاک در اثر کاربرد دو شکل مصرف پودری و محلول پلی‌آکریل‌آمید در شدت‌های ۵۰ و ۸۰ میلی‌متر بر ساعت**

در ادامه نتایج تحلیل آماری تجزیه واریانس یک‌طرفه مربوط به بررسی اثر تیمارهای پژوهش بر میزان هدررفت خاک در دو شدت ۵۰ و ۸۰ میلی‌متر بر ساعت در جدول ۳ و نتایج مربوط برای شناسایی اثرات یک‌جانبه و متقابل تیمارهای شکل‌های مختلف مصرف پلی‌آکریل‌آمید و شدت‌های مختلف بارندگی بر میزان هدررفت خاک با استفاده از مدل خطی عمومی نیز در جدول ٤ نشان خلاصه شده است.

نتایج تجزیه و تحلیل آماری در جدول ۳ نشان می‌دهد که در سطح مصرف ۰/٤ و ۲ گرم بر مترمربع و در شدت ۵۰ میلی‌متر بر ساعت از لحاظ آماری معنی‌دار (P>۰/۲) نبوده است. این نتایج با یافته‌های Ai-Ping و همکاران (۲۰۱۱) مبنی بر عدم تأثیر دو پلی‌آکریل‌آمید با وزن ملکولی متفاوت (۱۲ و ۱۸ میلیون گرم بر مول) متاثر از نوع خاک در شدت ٦۰ میلی‌متر بر ساعت بر کاهش هدررفت خاک در چین مطابقت دارد. هم‌چنین تحلیل نتایج نشان داد که مقدار هدررفت خاک در سطح ٦ گرم بر مترمربع در شدت ۵۰ میلی‌متر بر ساعت و هم‌چنین در شدت ۸۰ میلی‌متر بر ساعت در تمام سطوح مصرفی از پلی‌آکریل‌آمید (۰/٤، ۲ و ٦ گرم بر مترمربع) از لحاظ آماری معنی‌دار (p=۰/۰۰) بوده است. این یافته با نتایج حاصل توسط Zhang و Miller (۱۹۹٦) روی خاک لوم‌ماسه‌ای و Zheng و همکاران (۲۰۱۱) روی خاک لوم‌شنی و لومی قابل تطبیق است (جدول ۳).

نتایج حاصل از آزمون مدل خطی عمومی (جدول ٤)، با در نظر گرفتن تأثیر شکل مصرف (پودری و محلول) و دو شدت ۵۰ و ۸۰ میلی‌متر بر ساعت دلالت بر اثر معنی‌داری (p=۰/۰۰) شکل مصرف و شدت‌های مختلف بارندگی بر میزان هدررفت خاک، در تمام سطوح مصرف پلی‌آکریل‌آمید می‌باشد. هم‌چنین اثر متقابل شکل مصرف و شدت بارندگی بر میزان هدررفت خاک نیز در تمام سطوح مصرف اثر معنی‌دار (p=۰/۰۰) داشت. نتایج پژوهش حاضر به‌ترتیب با یافته‌های Zheng و همکاران (۲۰۱۱) و Ai-Ping و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد. دلیل آن را می‌توان به اتصال زنجیره ملکولی، کاهش هدایت هیدرولیکی و سرعت نفوذپذیری نسبت داد. هم‌چنین McLaughlin و همکاران (۲۰۱٤) استفاده از دو شکل مصرف پلی‌اکریل‌آمید (پودری و محلول) را در کاهش فرسایش بسیار مفید می‌دانند حال آن‌که استفاده از پلی‌اکریل‌آمید محلول نسبت به شکل پودری آن در

پژوهش ایشان ترجیح داده شد که دلیل آن‌را خواص خاک و پلی‌اکریل‌آمید دانستند.

## نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی تأثیر دو شکل مصرف پلی‌اکریل‌آمید (پودری و محلول) در دو شدت بارندگی متفاوت بر مهار هدررفت خاک، از سطح کرت‌های کوچک آزمایشگاهی برنامه‌ریزی شد. بر اساس نتایج حاصل از پژوهش فعلی می‌توان نتیجه گرفت که هر یک از شکل‌های مصرف پودری و یا محلول پلی‌آکریل‌آمید به‌عنوان یک افزودنی خاک ارزان در کاهش هدررفت خاک مؤثر بوده و با خاصیت چسبندگی که در میان ذرات خاک ایجاد می‌کند منجر به فولکوله شدن ذرات خاک شده و در کاهش هدررفت خاک مؤثر بوده است. این ویژگی‌ها به‌عنوان مزیتی برای پلی‌آکریل‌آمید در نظر گرفته شده که در پژوهش انجام شده شکل پودری آن از عملکرد بهتری برخوردار بوده است و برای رسیدن به یک جمع‌بندی نهایی در خصوص خاک‌های حساس به فرسایش می‌توان اذعان نمود که بایستی تمام شرایط از جمله خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه را مورد بررسی قرار داد و استفاده از سطوح مختلف پلی‌اکریل‌آمید در دو شکل متفاوت برای مهار رواناب در شرایط آزمایشگاهی پیشنهاد می‌شود. با این وجود و انجام معمول اقدامات مشابه در عرصه‌های منابع طبیعی با استفاده از سایر افزودنی‌ها و غالباً مواد نفتی، زمینه‌سازی کاربرد پلی‌اکریل‌آمید در شرایط طبیعی و طبعاً پس از آزمون‌های محیط زیستی و اقتصادی لازم پیشنهاد می‌شود.

**جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه**

| بافت خاک | درصد ذرات خاک | | | ساختمان خاک | هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) | pH | درصد کربن آلی | جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ماسه | لای | رس | | | | | |
| لومی رسی | ۱۶ | ٤٤ | ٤٠ | دانه‌ای | ۰/۲۱۸ | ۸/٤٥ | ۰/۹٥ | ۱/۷ |

**جدول ۲. مقادیر هدررفت خاک (گرم) از سطوح مطالعاتی در شدت ۵۰ و ۸۰ میلی‌متر بر ساعت**

| پلی‌آکریل‌آمید (گرم بر مترمربع) | شکل مصرف | شدت ۵۰ میلی‌متر بر ساعت انحراف معیار ± میانگین | شدت ۸۰ میلی‌متر بر ساعت انحراف معیار ± میانگین |
|---|---|---|---|
| ۰/٤ | شاهد | ۱۱/۰۷ ±۵/۹۳ | ۲۹/۳۱ ±۲/۰۳ |
| | پودری | ۵/۰۱ ±۱/۹٤ | ۱٦/۵۵ ±۰/۸۸ |
| | محلول | ۸/۹۲ ±۳/٤٦ | ۲۲/۸۵ ±۰/۸۵ |
| ۲ | شاهد | ٦/۵۲ ± ۰/۵۷ | ۳۱/۷۳ ±۲/۲۲ |
| | پودری | ٤/۱۵ ± ۰/۵۸ | ۱۳/۳۷ ±۰/٦۵ |
| | محلول | ٤/۵۱ ±۱/۰۳ | ۱۹/۰۹ ±۰/۳۹ |
| ٦ | شاهد | ۷/۹۲ ±۱/۲۷ | ۳۰/٦۹ ±۱/٤۵ |
| | پودری | ۱/۰۸ ±۰/۳۷ | ۱۲/۹۵ ±۱/۱٦ |
| | محلول | ۱/۸۱ ±۰/٦۰ | ۱٦/۱۲ ±۱/۸۱ |

**جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس یک‌طرفه (ANOVA) اثر کاربرد سطوح مختلف پلی‌آکریل‌آمید در تیمارهای شاهد، پودری و محلول و در دو شدت مطالعاتی بر میزان هدررفت خاک با استفاده از آزمون دانکن**

| پلی‌آکریل‌آمید (گرم بر مترمربع) | شدت (میلی‌متر بر ساعت) | منبع تغییرات | مجموع مربعات | درجه آزادی | میانگین مربعات | آماره F | سطح معنی‌داری |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۰/٤ | ۵۰ | بین‌گروهی | ۰/٦۷ | ۲ | ۰/۳۳ | ۱/۷٤ | ۰/۲۵ |
| | | درون‌گروهی | ۱/۱۵ | ٦ | ۰/۱۹ | | |
| | | کل | ۱/۸۲ | ۸ | | | |
| | ۸۰ | بین‌گروهی | ۹/۷۸ | ۲ | ٤/۸۹ | ٦٤/٦۷ | ۰/۰۰ |
| | | درون‌گروهی | ۰/٤۵ | ٦ | ۰/۰۷ | | |
| | | کل | ۱۰/۲۳ | ۸ | | | |
| ۲ | ۵۰ | بین‌گروهی | ۰/۱۲ | ۲ | ۰/۰٦ | ۲/۱۲ | ۰/۲۰ |
| | | درون‌گروهی | ۰/۱۷ | ٦ | ۰/۰۲ | | |
| | | کل | ۰/۲۹ | ۸ | | | |
| | ۸۰ | بین‌گروهی | ۲۱/۱٦ | ۲ | ۱۰/۵۸ | ۱۵۰/۱۸ | ۰/۰۰ |
| | | درون‌گروهی | ۰/٤۲ | ٦ | ۰/۰۷ | | |
| | | کل | ۲۱/۵۸ | ۸ | | | |
| ٦ | ۵۰ | بین‌گروهی | ۱/۰٤ | ۲ | ۰/۵۲ | ٦۰/۷٦ | ۰/۰۰ |
| | | درون‌گروهی | ۰/۰۵ | ٦ | ۰/۰۰ | | |
| | | کل | ۱/۰۹ | ۸ | | | |
| | ۸۰ | بین‌گروهی | ۲۱/۱۲ | ۲ | ۱۰/۵٦ | ۱۰۷/٦۹ | ۰/۰۰ |
| | | درون‌گروهی | ۰/۵۸ | ٦ | ۰/۰۹ | | |
| | | کل | ۲۱/۷۱ | ۸ | | | |

**جدول ٤. نتایج آزمون مدل خطی عمومی (GLM) در خصوص شناسایی اثرات یک‌جانبه و متقابل تیمارهای شکل‌های مختلف مصرف پلی‌آکریل‌آمید و شدت‌های مختلف بارندگی بر میزان هدررفت خاک**

| پلی‌آکریل‌آمید (گرم بر مترمربع) | منبع | مجموع مربعات | درجه آزادی | میانگین مربعات | آماره | سطح معنی‌داری |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۰/٤ | شکل مصرف | ۷/۷۳ | ۲ | ۳/۸٦ | ۲۸/۹۳ | ۰/۰۰ |
| | شدت باران | ٦۰/٤۲ | ۱ | ٦۰/٤۲ | ٤۵۲/۰۱ | ۰/۰۰ |
| | شکل مصرف × شدت | ۲/۷۱ | ۲ | ۱/۳۵ | ۱۰/۱٤ | ۰/۰۰ |
| ۲ | شکل مصرف | ۱۲/۲٤ | ۲ | ٦/۱۲ | ۱۲۲/۸٤ | ۰/۰۰ |
| | شدت باران | ۵۹/۹۱ | ۱ | ۵۹/۹۱ | ۱/۲۰ | ۰/۰۰ |
| | شکل مصرف × شدت | ۹/۰٤ | ۲ | ٤/۵۲ | ۹۰/٦۹ | ۰/۰۰ |
| ٦ | شکل مصرف | ۱۵/۷٦ | ۲ | ۷/۸۸ | ۱٤۷/۸۱ | ۰/۰۰ |
| | شدت باران | ۵٤/۷۷ | ۱ | ۵٤/۷۷ | ۱/۰۲ | ۰/۰۰ |
| | شکل مصرف × شدت | ٦/٤۰ | ۲ | ۳/۲۰ | ٦۰/۰۲ | ۰/۰۰ |

**فهرست منابع**

افراسیاب، پ.، و چاری، م. ۱۳۹۲. بررسی اثر پلی‌اکریل‌آمید بر رواناب، فرسایش خاک و نفوذ آب در اراضی شیب‌دار با استفاده از شبیه‌ساز باران. مجله پژوهش آب در کشاورزی، ۲۷(۲): ۲۶۱-۲۹۰.

بروغنی، م.، و حیاوی، ف. ۱۳۹۰. کاربرد پلی‌آکریل‌آمید در کنترل فرسایش پاشمانی بر روی خاک‌های مارنی. پژوهش‌های فرسایش محیطی. ۳: ۳۱-٤٤.

حزباوی، ز.، صادقی، س.ح.ر.، و یونسی، ح.ا. ۱۳۹۱. تحلیل و ارزیابی تأثیرپذیری مؤلفه‌های رواناب از کاربرد سطوح مختلف پلی‌آکریل‌آمید. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، ۲(۲): ۱-۱۲.

ذبیحی، ف.، نیشابوری، م.، و دلالیان، م. ۱۳۹۲. تأثیر پلی‌آکریل‌آمید، پومیس و کمپوست زباله شهری بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی یک خاک رسی شور- سدیمی. نشریه دانش آب و خاک، ۲۳(۳): ۷۹-۹۲.

شکفته، ح.، رفاهی، ح.، و گرجی، م. ۱۳۸٤. بررسی اثر مادّه شیمیایی پلی‌آکریل‌آمید بر فرسایش و رواناب خاک‌ها. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳٦(۱): ۱۷۷-۱۸٦.

شهبازی، ع.، سرمدیان، ف.، رفاهی، ح.، و گرجی، م. ۱۳۸٤. تأثیر پلی‌آکریل‌آمید بر فرسایش و رواناب خاک‌های شور- سدیمی. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳٦(۵): ۱۱۰۳-۱۱۱۲.

صادقی، س.ح.ر.، حزباوی، ز.، یونسی، ح.ا.، و بهزادفر، م. ۱۳۹۲. روند تغییرات هدررفت خاک و غلظت رسوب بر اثر کاربرد پلی‌آکریل‌آمید. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، ۲(٤): ۵۵-٦۹.

طالب بیدختی ن.، شاهویی س. ص.، بهنیا ع.، بهبودی ف.، صادقی س. ح. ر.، ملک ع.، و شریفی ف.، ۱۳۸۲. فرهنگ تخصصی فرسایش و رسوب، مرکز انتشارات کمیسیون ملی یونسکو در ایران، چاپ اول، ۳۸٦ ص.

قربانی واقعی، ح.، بهرامی، ح.ع.، غفاریان مقرب، م.ه.، شهاب، ح.، و طلیعی طبری، ف. ۱۳۸۷. کارایی پلی‌آکریل‌آمیدآنیونی در افزایش سرعت نفوذ آب به خاک، مجله تحقیقات آب و خاک ایران، ۳۹ (۱): ۷۷-۸٤.

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.

Dou, C.Y., Fa-Hu, L., and WU, L.S., 2012. Soil Erosion as A□ected by Polyacrylamide Application under Simulated Furrow Irrigation with Saline Water. Pedosphere, 22(5): 681–688.

Flanagan, D. C., Chaudhari, K.L.,and Norton, D. 2002. Polyacrylamide Soil Amendment Effects on Runoff and Sediment Yield on Steep Slopes: Part II. Naturall 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 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.

McLaughlin, R., Amoozegar A., Duckworth, O., and Heitman, J., 2014. Optimizing Soil-Polyacrylamide Interactions for Erosion Control at Construction Sites. Water Resources Research Institute of the University of North Carolina. Report No. 441. 47 pp.

Nadler A, Perfect, E., and Kay B.D., 1996. Effect of polyacrylamide application on the stability of dry and wet aggregates. Soil Science Society of American Journal, 60: 555-561.

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 American Society of Agricultural Engineers, 45(6): 1859-1867.

Prats, S.A., Martins, M.A.S., Cortizo, M.M., Ben-Hur, M., and J.J., Keizer., 2014. Polyacrylamide Application versus Forest Residue Mulching for Reducing Post-Fire Runoff and Soil Erosion. Science of the Total Environment, 468: 464-474.

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.

Roa-Espinosa, A., Bubuenzer, G.D., and Miyashita, E.S., 1999. Sediment and Runoff Control on Construction Sites using Four Application Methods of Polyacrylamide Mix. American Society of Agricultural Engineers Annual Meeting Paper No. 99-2013. Available at (webapp1.dlib.indiana.edu.sci-hub.org).

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.

Shin, M.H., Won, C.H., Jang, J.R., Choi, Y.H., Shin, J.Y., Lim, K.J., and Choi, J.D., 2013. Effect of Surface Cover on the Reduction of Runoff and Agricultural NPS Pollution from Upland Fields. Paddy Water Environment, 11: 493-501.

Shoemaker, A.E., 2009. Evaluation of Anionic Polyacrylamide as an Erosion Control Measure Using Intermediate-Scale Experimental Procedures. Auburn University MSc. Thesis, USA, 220p.

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.

نشریه حفاظت منابع آب و خاک
ISSN 2251-7480

# Effect of type and application level of polyacrylamide on soil loss

**Seyed Hamidreza Sadeghi[1*], Zeinab Karimi[2], Hossein Ali Bahrami[3]**

1*) Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor 46417-76489, Mazandaran, Iran
corresponding author email: sadeghi@modares.ac.ir
2) Former M.Sc. Student of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor 46417-76489, Mazandaran, Iran
3) Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Received: 22-02-2014 Accepted: 10-06-2015

**Abstract**

Soil erosion is one of the basic issues at global, regional and local scales. Considering management plans in hindering its effects has therefore significant importance. Additionally, application of additive materials including polyacrylamide is one of new techniques in the field of soil erosion control. Despite of application of Polyacrylamide in runoff and soil erosion management, its contemporary effect in type and the amount of usage has been less considered. The present study was therefore carried out in order to determine the impressibility of soil loss in small plots from application of flour and soluble polyacrylamide in different levels of 0.4, 2, and 6 g $m^{-2}$ under the laboratory conditions. To this end, three plots with dimensions of 0.5*0.5m and 30% slope were used. In order to apply the current study, rainfall was simulated on study plots with intensity of 50 and 80 mm $h^{-1}$ and respective duration of 17 and 8 min after 48 h from using polyacrylamide in flour and soluble types. The results obtained from statistical tests verified significant (P=0.00) effect of polyacrylamide type and different rainfall intensities on the amount of soil loss in different levels of the polyacrylamide usage. In addition, the performance of powder application of polyacrylamide under study conditions was found better than that recorded for the solute application and therefore is recommended for the purpose of soil loss control.

**Keywords:** erosion control, rainfall simulation, sediment yield, soil amendments, soil conservation