DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijwmse.2017.108738

Journal of Watershed Engineering and Management
Volume 9, Issue 1, 2017, Pages 1-10

نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز
جلد ۹، شماره ۱، ۱۳۹۶، صفحات ۱-۱۰

کاربرد ترکیبی پلی‌آکریل‌آمید و ورمی‌کمپوست بر مهار رواناب و فرسایش خاک

سید حمیدرضا صادقی*[۱]، زینب کریمی[۲] و زهرا هاشمی‌آریان[۳]

[۱] استاد گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس و [۲و۳] دانش‌آموختگان کارشناسی ارشد گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۳/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۹/۰۲

چکیده

سالانه مقدار زیادی خاک از سطح حوزه‌های آبخیز به‌وسیله عوامل فرسایشی شسته می‌شود. لذا، اعمال روش‌های مدیریتی مناسب برای مهار فرسایش خاک ضروری است. یکی از راه‌کارها و فناوری‌های جدید برای مهار فرسایش خاک، استفاده از اصلاح‌کننده‌های اقتصادی و دوست‌دار محیط‌زیست است. بر همین اساس، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی عملکرد کاربرد ترکیبی پلی‌آکریل‌آمید (شش گرم بر مترمربع) و ورمی‌کمپوست (۲۴ گرم بر مترمربع) در مقایسه‌ی کاربرد جداگانه هر یک از آن‌ها و همچنین شرایط عدم استفاده از افزودنی روی مهار رواناب و فرسایش از کرت‌های کوچک از شرایط آزمایشگاهی و روی یک خاک لومی‌رسی انجام پذیرفت. تیمارهای پژوهش تحت تأثیر بارندگی مصنوعی با شدت ۸۰ میلی‌متر بر ساعت و تداوم هشت دقیقه قرار گرفته و مقدار رواناب، غلظت رسوب و هدررفت خاک مورد ارزیابی قرار گرفتند. تحلیل نتایج آماری دلالت بر اثر معنی‌دار کلیه تیمارها (p=۰/۰۰) روی کاهش میزان رواناب، هدررفت خاک و غلظت رسوب خروجی داشت. همچنین، تأثیر کاربرد ترکیبی پلی‌آکریل‌آمید و ورمی‌کمپوست بر رواناب و غلظت رسوب بیش از اثر آن بر رواناب بود.

واژه‌های کلیدی: اصلاح کننده، افزودنی زیستی، حفاظت خاک، شبیه‌ساز باران، هدررفت خاک

مقدمه

فرسایش خاک به‌عنوان یک مشکل اساسی در سطح جهان مطرح است. فرسایش نه تنها منجر به تخریب خاک و کاهش حاصل‌خیزی می‌شود، بلکه آلودگی منابع آبی و کاهش کیفیت آب را نیز به‌دنبال دارد. در واقع، فرسایش به‌علت اثرات فراوان اقتصادی و محیط‌زیستی، همواره دغدغه بزرگی برای کشاورزان، مهندسان و سیاست‌گذاران منابع طبیعی در سال‌های اخیر به شمار می‌رود. لذا، مهار آن به شیوه‌های مختلف و با کم‌ترین اثر و همچنین، دوست با محیط‌زیست، به‌عنوان یک ضرورت است. یکی از راه‌های مهار فرسایش خاک استفاده از اصلاح کننده‌های خاک می‌باشد. افزودنی خاک یا اصلاح‌کننده خاک شامل موادی از قبیل آهک، گچ، خاک ارّه و حتی بقایای گیاهی و حیوانی و پلیمرها است که می‌تواند بر مهار فرسایش خاک و افزایش نفوذپذیری مؤثر باشد (Taleb Bidokhti و همکاران، ۲۰۰۳). پلی‌آکریل‌آمید یکی از غالب‌ترین افزودنی‌های مورد استفاده در حفاظت از خاک است (Green و Stott، ۲۰۰۱). پلی‌آکریل‌آمید یک پلیمر مصنوعی محلول در آب است که پس از چهار تا هفت سال، بسته به نوع پلیمر در خاک به‌وسیله ریزموجودات تخریب می‌شود (Nadler و همکاران، ۱۹۹۶). از طرف

* مسئول مکاتبات: sadeghi@modares.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

دیگر اقتصادی بودن استفاده از این ترکیب، زمینه گرایش عمومی به کاربرد آن را نیز فراهم نموده است (Green و Stott، ۲۰۰۱). در واقع پلی‌آکریل‌آمید به‌عنوان یک اصلاح‌کننده برای پایدار کردن ساختمان خاک و کاهش میزان رواناب و فرسایش استفاده می‌شود. حال آن‌که کمینه‌سازی مصرف آن به‌سبب ساختار شیمیایی و پیامدی محیط‌زیستی محتمل آن تأکید می‌شود. از این‌رو استفاده از خصوصیات هم‌افزایی سایر افزودنی‌های خاک مثل کودهای آلی و یا ورمی‌کمپوست‌ها با عملکردهای احتمالی مشابه ولی بدون اثرات نامساعد و یا کاهش هزینه‌های اقتصادی و محیط‌زیستی ایران از رویکردهای جدید محسوب می‌شود.

پژوهش‌های صورت گرفته، تأثیر و کاربرد پلی‌آکریل‌آمید را به‌طور جداگانه در نقاط مختلف جهان و ایران در زمینه‌های مختلف از جمله بهبود خصوصیات فیزیکی، بیولوژیکی و شیمیایی خاک (Smith و همکاران، ۱۹۹۰؛ Shainberg و همکاران، ۱۹۹۱؛ Sojka و همکاران، ۱۹۹۸؛ Yu و همکاران، ۲۰۰۳؛ Ajwa و Trout، ۲۰۰۶؛ Awad و همکاران، ۲۰۱۲؛ Afrasiab و همکاران، ۲۰۱۳؛ Zabihi و همکاران، ۲۰۱۳)، تثبیت شیب‌های تند (Kumar و Saha، ۲۰۱۱؛ Awad و همکاران، ۲۰۱۲؛ Afrasiab و همکاران، ۲۰۱۳)، مهار فرسایش پاشمانی (Akbarzadeh و همکاران، ۲۰۰۹؛ Boroghani و Haiavy، ۲۰۱۱)، کاهش رواناب و رسوب (Roa-Espinosa و همکاران، ۱۹۹۹؛ Shoemaker، ۲۰۰۹؛ Dou و همکاران، ۲۰۱۲؛ Sadeghi و همکاران، ۲۰۱۳؛ McLaughlin و همکاران، ۲۰۱۴؛ Inbar و همکاران، ۲۰۱۵) و کاهش هدررفت مواد غذایی (Goodson و همکاران، ۲۰۰۶؛ Jiang و همکاران، ۲۰۱۰؛ Kumar و Saha، ۲۰۱۱) مورد مطالعه قرار گرفته است. از طرف دیگر کاربرد کودهای آلی در کشاورزی علاوه بر بهبود حاصل‌خیزی خاک، می‌تواند روی خصوصیات فیزیکی خاک نیز مؤثر باشد (Zaeri و همکاران، ۲۰۰۵). از طرفی عمده‌ترین منابع تامین مواد آلی در خاک‌ها فضولات دامی، بقایای گیاهی، لجن فاضلاب‌ها، ورمی‌کمپوست و کمپوست زباله شهری هستند که امروزه با توجه به اهمیت کشاورزی زیستی بیشتر مورد توجه قرار گرفته است (Khandan و Astaraee، ۲۰۰۵؛ Mirzaee Talarposhti و همکاران، ۲۰۰۹). از ویژگی های اصلی ورمی‌کمپوست حالت اسفنجی آن است که مقدار زیادی آب را در خود نگه‌داری می‌کند. همچنین با عمل هضم مواد آلی به‌وسیله کرم‌های کمپوستی بقایای آلی به‌صورت پسماند کرم می‌شوند که ماده‌ای آلی و غنی از عناصر غذایی است (Tejada و Gonzalez، ۲۰۰۶). پسماند و مواد دفعی کرم‌های کمپوستی اغلب دارای نیتروژن و فسفر به‌میزان پنج تا ۱۱ برابر بیش از خاک می‌باشد. ترشحات درون سامانه هاضمه کرم‌ها، عناصر غذایی را به عناصر با قابلیت دسترسی بیش‌تر تبدیل می‌سازد. سامانه هاضمه بی‌همتای این کرم‌ها باعث می‌شود که پسماند کرم با پلی‌ساکاریدها پوشانده شود. این مساله باعث فراهم شدن ساختاری مناسب برای خاک با بیشینه تهویه و نگه‌داری آب می‌شود. از سوی دیگر پژوهش‌های مختلفی در زمینه کاربرد مؤثر ورمی‌کمپوست روی رشد گیاه (Edwards، ۱۹۸۹؛ Subler و همکاران، ۱۹۹۸؛ Atiye و همکاران، ۲۰۰۰؛ Arancon و همکاران، ۲۰۰۴) و بهبود ساختمان خاک (Madejón و همکاران، ۲۰۰۱؛ Zeytin و Aran، ۲۰۰۳؛ Tejada و همکاران، ۲۰۰۹؛ Vahabi و همکاران، ۲۰۱۱؛ Doan و همکاران، ۲۰۱۳) صورت گرفته است. همچنین، به‌منظور بهبود کیفیت فیزیکی و شیمیایی خاک شور-سدیمی در مرکز تحقیقات کشاورزی بیلوردی دانشگاه تبریز در سه سطح پلی‌آکریل‌آمید (صفر، ۰/۲۵ و ۰/۵ گرم بر کیلوگرم)، پومیس با سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ تن در هکتار) و کمپوست با سه سطح (صفر، ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار) پرداختند. نتایج نشان داد که برای اصلاح خاک‌های شور-سدیمی استفاده ابتدایی از پلی‌آکریل‌آمید و سپس از پومیس یا کمپوست از نتایج بهتری برخوردار بوده است (Zabihi و همکاران، ۲۰۱۳). در واقع پژوهش‌های بالا و بسیاری از پژوهش‌های دیگر در این زمینه نشان‌دهنده تأثیر مطلوب مواد افزودنی بر ویژگی‌های فیزیکی خاک و مهار فرسایش است. ولی تاکنون پژوهشی در رابطه با کاربرد هم‌زمان پلی‌آکریل‌آمید و ورمی‌کمپوست بر مهار رواناب و فرسایش گزارش نشده است. حال آن‌که تأثیر و کاربرد پلی‌آکریل‌آمید و ورمی‌کمپوست به‌طور

Archive of SID

www.SID.ir

جداگانه در نقاط مختلف جهان در زمینه‌های گوناگون مورد مطالعه قرار گرفته است. لذا پژوهش حاضر، با هدف ارزیابی عملکرد استفاده ترکیبی از پلی‌آکریل‌آمید و ورمی‌کمپوست به‌عنوان اصلاح‌کننده‌های خاک برای مهار فرسایش و با هدف تعیین شکل مناسب ترکیبی یا جداگانه استفاده از آن در آزمایشگاه شبیه‌ساز باران و فرسایش خاک دانشگاه تربیت مدرس برنامه‌ریزی و اجرا شده است.

مواد و روش‌ها

خاک و افزودنی‌های مورد استفاده: پژوهش حاضر روی یک نمونه خاک لومی‌رسی تهیه شده از لایه سطحی (صفر تا ۱۰ سانتی‌متر) حواشی جاده مرزن‌آباد-کندلوس و حساس به فرسایش انجام شد. به‌منظور آگاهی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، آزمایش‌های لازم برای ارزیابی آن صورت گرفت. مقادیر هدایت الکتریکی، pH، جرم مخصوص ظاهری خاک و مواد آلی به‌ترتیب ۲۱۷/۹ میکروزیمنس بر سانتی‌متر، ۸/۴۵، ۱/۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب و ۰/۹۵ درصد بوده است. ویژگی‌های پلی‌آکریل‌آمید آنیونی (APAM) مورد استفاده در پژوهش از جمله وزن ملکولی، مواد نامحلول در آب، حالت اسیدی و مدت زمان حل شدن در آب به‌ترتیب چهار تا ۴۰ مول، ۲≤ درصد، شش و ۲-۱ دقیقه است. همچنین، خصوصیات ورمی‌کمپوست مورد مطالعه در پژوهش از جمله بافت، جرم مخصوص، کربن و ماده‌آلی به‌ترتیب شنی‌لومی، ۱/۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب، ۲/۶۴ درصد و ۴/۵۴ درصد می‌باشد.

تهیه و آماده‌سازی کرت‌های آزمایشی: به‌منظور آماده‌سازی خاک از روش کار پیشنهادی Kukal و Sarkar (۲۰۱۱) و مشابه با پژوهش‌های موفق پیشین (Hazbavi و همکاران، ۲۰۱۲؛ Sadeghi و همکاران، ۲۰۱۳) استفاده شد. به‌همین منظور، ابتدا نمونه‌های خاک هواخشک و سپس از الک چهار میلی‌متری عبور داده شد. در این پژوهش از سه کرت کوچک مکعبی به ابعاد ۰/۵ متر (Hazbavi و همکاران، ۲۰۱۲) و قابل استقرار روی چهارپایه‌های فلزی ساخته شده در محل آزمایشگاه شبیه‌ساز باران و فرسایش خاک دانشگاه تربیت مدرس با شیب ۳۰ درصد و قابل اجرا در شرایط آزمایشی و حدوداً متناسب با شرایط عمومی منطقه استفاده شد. سپس تا عمق ۱۷ سانتی‌متر کرت‌ها از پوکه معدنی پر شد. در ادامه خاک به ضخامت حدود پنج سانتی‌متر در بخش بالایی کرت‌ها، قرار داده شد. به‌طوری‌که سطح نمونه خاک با سطح سرریز کرت‌ها یکسان بود. سپس کوبیدگی لازم به‌وسیله غلطک تا رسیدن به جرم مخصوص ظاهری نمونه دست نخورده مورد مطالعه انجام گرفت. پس از این مرحله، به‌منظور تأمین شرایط رطوبت پیشین منطقه برابر با ۲۵ درصد و متناسب با شرایط طبیعی به‌مدت ۲۴ ساعت تحت شرایط اشباع و سپس رهاسازی آن به‌مدت ۲۴ ساعت در شرایط از پیش تعیین شده آزمایشی صورت گرفت (Sadeghi و همکاران، ۲۰۱۳).

تیمارهای پژوهش: در پژوهش حاضر، از پلی‌آکریل‌آمید آنیونی به‌سبب تاثیر آن در کاهش رواناب و رسوب (Shin و همکاران، ۲۰۱۳؛ Prats و همکاران، ۲۰۱۴؛ McLaughlin و همکاران ۲۰۱۴؛ Inbar و همکاران، ۲۰۱۵) و همچنین، تأثیر معنی‌دار آن در مهار تشکیل سله و کاهش فرسایش خاک و رواناب، طولانی بودن اثرات باقی‌مانده آن در خاک و قابلیت دسترسی (Shainberg و همکاران، ۱۹۹۱) و نیز از ورمی‌کمپوست به‌دلیل اثر مثبت روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی (Tejada و همکاران، ۲۰۰۹؛ Vahabi و همکاران، ۲۰۱۱) استفاده شد. با توجه به پیشینه پژوهش‌های موجود (Chaudhari و Flanagan، ۱۹۹۸؛ Shahbazi و همکاران، ۲۰۰۵؛ Shekofteh و همکاران، ۲۰۰۵؛ Sepaskhah و Bazrafshan- Jahromi، ۲۰۰۶ و Sadeghi و همکاران، ۲۰۱۳) ماده افزودنی خاک شامل پلی‌آکریل‌آمید به میزان شش گرم بر مترمربع و به‌صورت پودری و همچنین ورمی‌کمپوست به میزان ۲۴ گرم بر مترمربع (Tejada و همکاران، ۲۰۰۹) در نظر گرفته شده و بر سطح خاک پاشیده شد. بعد از گذشت ۴۸ ساعت از زمان استفاده از ماده افزودنی متناسب با شرایط کاربرد آن در طبیعت و برقراری ارتباط مناسب آن با خاک، بارش باران مصنوعی با شدت بارندگی ۸۰ میلی‌متر بر ساعت و با تداوم هشت دقیقه و متناسب با بارندگی با دوره برگشت حدود ۵۰ سال بر اساس آمار ایستگاه

Archive of SID

www.SID.ir

کجور روی کرت‌ها اجرا و نمونه‌برداری‌های لازم انجام شد. کلیه آزمایش‌ها در سه تکرار انجام پذیرفت.

ثبت داده‌ها وتجزیه و تحلیل آماری: در طول مدت اعمال بارش، رواناب و هدررفت خاک به‌صورت چهار مرتبه در هر دو دقیقه یک بار پس از شروع رواناب و تا خاتمه آن اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌های برداشت شده، راس زمان در نظر گرفته شده از خروجی سطوح مطالعاتی به درون ظروف پلاستیکی جمع‌آوری شد. مقدار هدررفت خاک نیز از طریق روش برجاگذاری (Sadeghi و Saeidi، ۲۰۱۰) محاسبه شد. به این صورت که ظرف پلاستیکی حاوی رواناب و رسوب به‌مدت ۲۴ ساعت به حالت سکون قرار داده شد تا رسوب داخل آن به‌طور کامل ته‌نشین شود، سپس مقدار آب اضافی نمونه‌ها تا حد امکان با استفاده از روش تخلیه حذف شده و باقیمانده رسوب به‌کمک شستشو توسط آب مقطر به داخل ظروف آلومینیومی با وزن مشخص انتقال داده شده و پس از آن به‌مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. در نهایت اختلاف وزن نمونه‌های خشک شده با وزن اولیه ظرف آلومینیومی حاوی آن، با کمک ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ به‌عنوان وزن رسوب در نظر گرفته شد. سپس به‌منظور تجزیه و تحلیل آماری، ابتدا بانک اطلاعاتی حاصل از نمونه‌برداری از رواناب و رسوب حاصل از کرت‌ها در نرم‌افزار Excel ۲۰۱۳ تشکیل و نمودارهای مورد نیاز رسم و روابط بین متغیرها بررسی شد. کلیه مقایسه‌های آماری با استفاده از آزمون ANOVA با توجه به سرشت نرمال بودن داده‌ها در نرم‌افزار SPSS ۱۹ انجام شد.

نتایج و بحث

پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر جداگانه و ترکیبی افزودنی‌های خاک روی رواناب، هدررفت خاک و غلظت رسوب در شرایط آزمایشگاهی انجام شد. شکل ۱، نتایج حاصل از داده‌های وابسته به تیمارهای مورد بررسی شامل پلی‌آکریل‌آمید (شش گرم بر مترمربع)، ورمی‌کمپوست (۲۴ گرم بر مترمربع)، پلی‌آکریل‌آمید و ورمی‌کمپوست و همچنین، تیمار شاهد بر میزان رواناب، هدررفت خاک و غلظت رسوب در شدت ۸۰ میلی‌متر بر ساعت را نشان می‌دهد. همچنین، نتایج آزمون فاکتوریل و مقایسه‌های آماری عملکرد تیمارهای مطالعاتی در مقایسه با تیمار شاهد به‌ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲، خلاصه شده است. نتایج بیان‌گر اثر کاهشی میزان رواناب نسبت به تیمار شاهد در صورت استفاده از ماده افزودنی می‌باشد. به‌طوری که این میزان کاهش با افزودن پلی‌آکریل‌آمید به ورمی‌کمپوست در مقایسه با شرایط کاربرد جداگانه ورمی‌کمپوست و پلی‌آکریل‌آمید بیش‌تر بوده است. همچنین، این حالت کاهشی در هدررفت خاک و غلظت رسوب (شکل ۱) نیز کاملاً مشهود است. همچنین، بیشترین میزان فرسایش زمانی اتفاق افتاده که هیچ‌گونه ماده‌ای برای حفاظت از خاک به کار برده نشده است (کرت شاهد) و کمترین مقدار غلظت رسوب مربوط به تیمار مصرف هم‌زمان پلی‌آکریل‌آمید و ورمی‌کمپوست با هم می‌باشد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مربوط به آزمون فاکتوریل نشان می‌دهد اثر تیمارها (پلی‌آکریل‌آمید، ورمی‌کمپوست و ترکیب پلی‌آکریل‌آمید و ورمی‌کمپوست) بر روی متغیرهای مورد بررسی در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار می‌باشد. که بررسی سوابق انجام شده نشان می‌دهد این معنی‌داری با یافته‌های Lentz و Sojka، (۲۰۰۹)، Ahmadabadi و Ghajar Sepanlou (۲۰۱۱) و Mirbolok و همکاران (۲۰۱۱) منطبق می‌باشد. در واقع با افزایش شدت بارندگی، کاهش ماده آلی خاک باعث کاهش فعالیت‌های بیولوژیکی و کاهش پوشش گیاهی و در نتیجه افزایش هدررفت و رواناب می‌شود که با توجه به نتایج، اضافه شدن پلی‌آکریل‌آمید و ورمی‌کمپوست به خاک ماده آلی آن را افزایش داده و میزان رواناب و فرسایش را کاهش داده است که با نتایج Tejada و Gonzalez (۲۰۰۸) مطابقت دارد. همچنین، نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری مربوط به رواناب نشان داد که این نتایج از لحاظ آماری در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی‌دار (p=۰/۰۰) بوده که با یافته‌های Awad و همکاران (۲۰۱۲) و Shin و همکاران (۲۰۱۳) مبنی بر تأثیر مناسب پلی‌آکریل‌آمید بر حفظ ساختمان خاک و کاهش میزان رواناب و افزایش نفوذپذیری هم‌خوانی دارد.

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۱- تأثیر کاربرد جداگانه ورمی‌کمپوست و پلی‌آکریل‌آمید و ترکیبی ورمی‌کمپوست و پلی‌آکریل‌آمید بر رواناب (الف)، هدررفت خاک (ب) و غلظت رسوب (پ) از کرت‌های آزمایشی کوچک

در همین زمینه Shekofteh و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از سه سطح پلی‌آکریل‌آمید (یک، دو و سه گرم بر مترمربع) در دو شدت ۳۹ و ۷۹ میلی‌متر بر ساعت به این نتیجه رسیدند که سطح یک گرم بر مترمربع بهترین عمل‌کرد در کاهش میزان رواناب را داشته است که با نتایج به‌دست آمده هم‌خوانی دارد. هم‌چنین نتایج به‌دست آمده در پژوهش حاضر با یافته‌های Sojka و همکاران (۱۹۹۸)، Sirjacobs و

Archive of SID

www.SID.ir

همکاران (۲۰۰۰) و Ai-Ping و همکاران (۲۰۱۱) مبنی بر کاهش میزان رواناب در تیمار پلی‌آکریل‌آمید هم‌خوانی دارد. از طرفی معنی‌دار بودن اثر پلی‌آکریل‌آمید در کاهش رواناب مشخصاً با نظرات Yu و همکاران (۲۰۰۳) مبنی بر عدم تأثیر پلی‌آکریل‌آمید میزان کاهش رواناب هم‌خوانی ندارد. آنان بیان کردند که محلول پلی‌آکریل‌آمید ذرات خاک را به‌صورت یک سطح چسبنده به هم متصل کرده و موجب بسته شدن خلل و فرج خاک می‌شود. بنابراین کاهش نفوذپذیری ناشی از کاهش هدایت هیدرولیکی خاک نسبت به تشکیل سله و ایجاد لایه آب‌بند در سطح می‌باشد.

جدول ۱- نتایج آزمون فاکتوریل اثرتیمارهای مختلف کاربرد جداگانه و ترکیبی افزودنی‌های خاک

متغیر مورد بررسی	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معنی‌داری
رواناب (میلی‌لیتر)	۱۱۷۲۷۸/۹۱	۳	۳۹۰۹۲/۹۷	۲۹/۱۷	۰/۰۰
هدررفت خاک (گرم)	۵۷۷۷/۷۴	۳	۱۹۲۵/۹۱	۷۲/۴۶	۰/۰۰
غلظت رسوب (گرم بر لیتر)	۶۶۶/۴۷	۳	۲۲۲/۱۵	۱۱۹/۶۸	۰/۰۰

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثرتیمارهای مختلف کاربرد جداگانه و ترکیبی افزودنی‌های خاک در شدت ۸۰ میلی‌متر بر ساعت با استفاده از آزمون دانکن (α =۰/۰۵) بر مؤلفه‌های مطالعاتی

متغیر مورد بررسی	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معنی‌داری
رواناب (میلی‌لیتر)	۷۷۶۸/۱۷	۳	۲۵۸۹۳/۷۲	۱۹/۵۸	۰/۰۰
	۱۰۵/۷۴	۸	۱۳۲۱/۸۵		
	۸۸۲۵۶/۰۳	۱۱			
هدررفت خاک (گرم)	۵۲۱/۷۳	۳	۱۷۳/۹۱	۱۲۹/۱۵	۰/۰۰
	۱۰/۷۷	۸	۱/۱۳		
	۵۳۲/۵۰	۱۱			
غلظت رسوب (گرم بر لیتر)	۱۰۵۴/۴۸	۳	۳۵۱/۴۹	۴۴/۲۷	۰/۰۰
	۶۳/۵۱	۸	۷/۹۴		
	۱۱۸	۱۱			

همچنین، با نتایج Aase و همکاران (۲۰۰۳) و Shahbazi و همکاران (۲۰۰۵) در رابطه با کاهش هدررفت خاک مطابقت دارد. دلیل این یافته را می‌توان چنین بیان نمود که پلی‌آکریل‌آمید به‌دلیل دارا بودن وزن ملکولی بالا و میزان جذب بالای آن به‌وسیله ذرات خاک، در سطح باقی مانده و یک شبکه در اطراف خاک‌دانه‌ها تشکیل می‌دهد که این امر به پایداری و هم‌آوری خاک‌دانه‌ها کمک می‌کند. هم‌چنین نتایج آماری برای هدررفت خاک نشان داد که در سطح اعتماد ۹۹ درصد (p=۰/۰۰) در مهار هدررفت خاک مؤثر بوده و طبیعتاً کاربرد پلی‌اکریل‌آمید در مهار هدررفت خاک را مورد تأیید قرار داده است.

نتایج حاصل با یافته‌های Peterson و همکاران (۲۰۰۲)، Sepaskhah و Bazrafshan-Jahrom (۲۰۰۶)، Shoemaker (۲۰۰۹)، Dou و همکاران (۲۰۱۲) و Prats و همکاران (۲۰۱۴) مبنی بر اثر مثبت پلی‌آکریل‌آمید در کاهش هدررفت خاک منطبق است. همچنین، پلی‌آکریل‌آمید به‌عنوان یک افزودنی خاک ارزان در کاهش هدررفت خاک مؤثر بوده و با خاصیت چسبندگی که در میان ذرات خاک ایجاد و منجر به فولکوله شدن ذرات خاک و طبعاً کاهش هدررفت خاک مؤثر بوده است. نتایج حاصل با یافته‌های Ai-Ping و همکاران (۲۰۱۱) در چین مبنی بر افزایش غلظت رسوب در اثر افزایش پلی‌آکریل‌آمید هم‌خوانی ندارد.

Archive of SID
www.SID.ir

در پژوهش حاضر کاربرد پلی‌آکریل‌آمید باعث کاهش غلظت رسوب در رواناب شده و به نوعی میزان گل‌آلودگی و انتقال خاک از کرت‌ها را کاهش داده است. این یافته‌ها با اظهارات Orts و همکاران (۲۰۰۰) در رابطه با هم‌آوری ذرات خاک در اثر نیروهای کولنی و وان‌درووالسی مواد افزودنی طبیعی و خاک‌های کشاورزی مطابقت دارد. در نتیجه نیروی چسبندگی ذرات خاک و مقاومت برشی خاک نیز افزایش یافته و افزایش استحکام ساختمان خاک و جلوگیری از انتقال ذرات رسوب به همراه رواناب را به‌دنبال داشته است. در نهایت ذرات خاک جدا شده و سریعاً جذب مولکول‌های پلی‌آکریل‌آمید شده و ته‌نشین می‌شوند. تأثیر پلی‌آکریل‌آمید در کاهش غلظت رسوب در اکثر مطالعات قبلی صورت گرفته (به‌عنوان مثال Goodson و همکاران، ۲۰۰۶؛ Sepaskhah و Bazrafshan-Jahromi، ۲۰۰۶؛ Lentz و Sojka، ۲۰۰۹) نیز به اثبات رسیده است.

در اکثر منابع (به‌عنوان مثال Flanagan و همکاران، ۲۰۰۲؛ Yu و همکاران، ۲۰۰۳ و Sepaskhah و Bazrafshan-Jahromi، ۲۰۰۶) اثرگذاری بیشتر پلی‌آکریل‌آمید در کاهش غلظت رسوب و هدررفت خاک نسبت به رواناب گزارش شده است. علت این امر را می‌توان به‌دلیل اتصال زنجیره مولکولی پلی‌آکریل‌آمید به ذرات خاک و کاهش هدایت هیدرولیکی خاک و نیز سرعت نفوذپذیری و جلوگیری از پاشمان و جدایش ذرات (Smith و همکاران، ۱۹۹۹ و Yu و همکاران، ۲۰۰۳) نسبت داد. حال آن‌که Roa-Espinosa و همکاران (۱۹۹۹) مصرف شکل محلول پلی‌آکریل‌آمید را نسبت به پودری در کاهش رسوب مؤثرتر دانستند.

نتایج پژوهش حاضر مربوط به ورمی‌کمپوست با نتایج Tejada و همکاران (۲۰۰۹) در Sevill مبنی بر کاهش هدررفت خاک منطبق و با نتایج Mirbolok و همکاران (۲۰۱۱) مبنی بر کاهش نفوذپذیری و افزایش رواناب در تیمار ورمی‌کمپوست مطابقت ندارد. آنان دلیل این امر را ایجاد حالت سیمانی و جدا نشدن ذرات خاک دانستند. همچنین، در ترکیب ورمی‌کمپوست با ویناس میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم افزایش می‌یابد که این امر منجر به کاهش نفوذ و افزایش رواناب می‌شود که با پژوهش حاضر مطابقت ندارد. نتایج به‌دست آمده برای تیمار ورمی‌کمپوست با نتایج Tejada و همکاران (۲۰۰۸)، Hati و همکاران (۲۰۰۷)، Mirbolok و همکاران (۲۰۱۱) و Ahmadabadi و Ghajar Sepanlou (۲۰۱۱) مبنی بر تاثیر مناسب ورمی‌کمپوست بر کاهش هدررفت خاک و حفظ ساختمان خاک مطابقت دارد. ولی طی بررسی مرور منابع صورت گرفته پژوهشی که کاربرد ترکیبی هر دو افزودنی را هم‌زمان با هم در نظر گرفته باشد، مشاهده نشد و لذا امکان ارزیابی مقایسه‌ای تیمار مذکور با سایر تیمارها مهیا نشد.

تحلیل مقایسه‌ای نتایج حاصل از کاربرد جداگانه پلی‌آکریل‌آمید و ورمی‌کمپوست و نیز اثرات ترکیبی آن‌ها بر تأثیر معنی‌دار آن‌ها بر مؤلفه‌های رواناب، هدررفت خاک و غلظت رسوب دلالت داشته است. دلیل این نتایج را می‌توان چنین برداشت کرد که پلی‌آکریل‌آمید به‌دلیل ایجاد خاصیت چسبندگی، از جداشدگی ذرات خاک جلوگیری کرده و باعث هم‌آوری بین آن‌ها شده و در نتیجه رواناب جاری شده از گل‌آلودگی کم‌تری برخوردار بوده است. این ویژگی باعث شده که کاربرد آن به‌همراه ورمی‌کمپوست نیز تأثیر به‌سزایی در مهار هدررفت خاک داشته باشد. از طرف دیگر اثر فیزیکی و شیمیایی کمپوست به‌ترتیب به مقدار ماده آلی و ترکیب شیمیایی آن بستگی دارد و با توجه به تأثیر مثبت کمپوست در کشاورزی، روی خصوصیات فیزیکی خاک، استفاده از پلی‌آکریل‌آمید و ورمی‌کمپوست با هم در کاهش روند تغییرات هدررفت خاک و غلظت رسوب مؤثر واقع شده است. در نتیجه استفاده از ترکیب پلی‌آکریل‌آمید و کمپوست در سطوح مختلف به‌دلیل حساسیت بالای خاک‌های کشور و نتایج مثبت در کاهش فرسایش در شرایط آزمایشگاهی، در عرصه طبیعی پیشنهاد می‌شود. اگر چه ارائه جمع‌بندی‌های نهایی مستلزم انجام پژوهش‌های گسترده‌تر و در شرایط مختلف آزمایشی و به‌خصوص ارزیابی پیامدهای محیط‌زیستی کاربرد افزودنی‌های مورد نظر می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع مورد استفاده

1. Aase, J.K., D.L. Bjorneberg and R.E. Sojka, 1998. Sprinkler irrigation runoff and erosion control with polyacrylamide–laboratory tests. Soil Science Society of America Journal, 62: 1681-1687.
2. Afrasiab, P. and M. Charlie. 2013. Effect of polyacrylamide on runoff, soil erosion and water infiltration on slopes using rainfall simulator. Journal of Water Research in Agriculture, 27(2): 261-290 (in Persian).
3. Ahmadabadi, Z. and M. Ghajar Sepanlou. 2011. Effect of organic amendments on soil physical properties. Journal of Soil and Water Conservation, 19(2): 99-115 (in Persian).
4. Ai-Ping, W., L. Fa-Huand, Y. Sheng-Min. 2011. Effect of polyacrylamide application on runoff, erosion, and soil nutrient loss under simulated rainfall. Pedosphere, 21(5): 628–638.
5. Ajwa, H.A. and T.J. Trout. 2006. Polyacrylamide and water quality effects on infiltration in sandy loam soils. Soil Science Society of America Journal, 70: 643-650.
6. Akbarzadeh, A., R. Taghizadeh Mehrjardi, H.G. Refahi, H. Rouhipour and M. Gorji. 2009. Using soil binders to control runoff and soil loss in steep slopes under simulated rainfall. International Agrophysics, 23: 99-109 (in Persian).
7. Arancon, N.Q., P. Edwards, R.M. Atiyeh and J.D. Metzger. 2004. Effect of vermicompost produced from food wasters on the growth and yield of greenhouse peppers. Bioresource Technology, 93: 139-143.
8. Atiye, R.M., S. Subler, C.A. Edwards, G. Bachman, J.D. Metzger and W. Shuster. 2000. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. Pedobiologia, 44: 579-590.
9. Awad, Y.M., E. Blagodatskaya, Y.S. Ok and Y. Kuzeyakov. 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.
10. Boroghani, M. and F. Haiavy. 2011. Polyacrylamide application in splash erosion control on Marl soils. Research of Environmental Degradation, 3: 31-44 (in Persian).
11. Chaudhari, K. and D.C. Flanagan. 1998. Polyacrylamide effect on sediment yield, runoff and seedling emergence on a steep slope. American Society of Agricultural Engineers Annual International Meeting, 20 July 1998.
12. Doan, T.T., P.T. Ngo, C. Rumpel, B.V. Nguyen and P. Jouquet. 2013. Interactions between compost, vermicompost and earthworms influence plant growth and yield: A one-year Greenhouse Experiment. Scientia Horticulture, 160: 148-154.
13. Dou, C.Y., L. Fa-Hu and L.S. WU. 2012. Soil erosion as affected by polyacrylamide application under simulated furrow irrigation with saline water. Pedosphere, 22(5): 681–688.
14. Edwards, C.A. 1998. The use of earthworm in the breakdown and management of organic waste. In: Earthworm Ecology. ACA Press LLC, Boca Raton, FL, 327 pages.
15. Flanagan, D.C., K.L. Chaudhari and D. Norton. 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.
16. Ghorbanie Vaghei, H., H.A. Bahrami, M.H. Ghafarian Mogharab, H. Shahab and P. Avant Garde Tabari. 2008. Efficiency of anionic polyacrylamide in water infiltration rate of the soil. Journal of Soil and Water Research, 39(1): 77-84 (in Persian).
17. Hazbavi, Z., S.H.R. Sadeghi and H.A. Younesi. 2012. Analysis and assessing effectability of runoff components from different levels of polyacrylamide. Journal of Soil and Water Conservation, 2(2): 1-12 (in Persian).
18. Hati, K.M., A. Swarup, A.K. Dwivedi, A.K. Misra and K.K. Bandyopadhyay. 2007. Changes in soil physical properties and organic carbon status at the topsoil horizon of a vertisol of Central India after 28 years of continuous cropping, fertilization and manuring. Agriculture, Ecosystems and Environment, 119(1): 127-134.
19. Inbar, A., M. Ben-Hur, M. Sternberg and M. Lado. 2015. Using polyacrylamide to mitigate post-fire soil erosion. Geoderma, 239: 107-114.
20. Goodson, C.C., G. Schwartz and C. Amrhein. 2006. Controlling tail water sediment and phosphorus concentrations with polyacrylamide in the mperial Valley. California. Journal of Environmental Quality, 35: 1072-1077.
21. Green, V.S. and D.E. Stott. 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.

Archive of SID

www.SID.ir

22. Jiang, T., L. Teng, Sh. Wei, L. Deng, Z. Luo and Y. Chen. 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.
23. Khandan, A. and A. Astaraee. 2005. Effect of organic matter and fertilizer on some soil physical properties. Desert Journal, 10(2): 362-368 (in Persian).
24. Kukal, S.S. and M. Srakar. 2011. Laboratory simulation studies on splash erosion and crusting in relation to surface roughness and raindrop size. Journal of the Indian Society of Soil Sciences, 59: 87-93.
25. Kumar, A., and A. Saha. 2011. Effect of polyacrylamide and gypsum on surface runoff, sediment yield and nutrient losses from steep slopes. Agricultural Water Management, 98: 999-1004.
26. Lentz, R.D. and R.E. Sojka. 2009. Long-term polyacrylamide formulation effects on soil erosion, water infiltration, and yields of furrow-irrigated crops. Agronomy Journal, 101: 305-314.
27. Madejón, E., R. López, J.M. Murillo and F. Cabrera. 2001. Agricultural use of three (Sugar-Beet) vinasse composts: Effect on crops and chemical properties of a cambisol soil in the Guadalquivir River Valley (SW Spain). Agriculture, Ecosystems and Environment, 84: 55–65.
28. McLaughlin, R., A. Amoozegar, O. Duckworth and J. Heitman. 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 pages.
29. Mirbolook, A., A. Lakzian and GH. Haghnia. 2009. Comparison of chemical, physical characteristics and maturity of produced vermicompost from cow manure treated with sugar beet molasses, aeration and soil. Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi), 93: 25-33 (in Persian).
30. Mirzaee Talarposhti, R., J. Kambozia, H. Sabahi and A. Damghany. 2009. Effect of organic fertilizer on physical and chemical properties of soil, the yield and dry matter of tomato. Journal of Agricultural Research, 7(1): 257-267 (in Persian).
31. Nadler, A., E. Perfect and B.D. Kay. 1996. Effect of polyacrylamide application on the stability of dry and wet aggregates. Soil Society of America Journal, 60: 555-561.
32. Orts, W.J., G.M. Glenn and G.A.R. Nobes. 2000. Use of natural polymer flocculating agents to control agricultural soil loss. Abstracts of Papers of the American Chemical Society, 217: 366-386.
33. Peterson, J.R., D.C. Flanagan and J.K. Tishmack.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.
34. Prats, S.A., M.A.S. Martins, M.M. Cortizo, M. Ben-Hur 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.
35. Roa-Espinosa, A., G.D. Bubuenzer and E.S. Miyashita. 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.
36. Sadeghi, S.H.R. and P. Saeidi. 2010. Reliability of sediment rating curves for a deciduous forest watershed in Iran. Hydrological Sciences Journal, 55(5): 821–831.
37. Sadeghi, S.H.R., Z. Abdollahi and A.V. Khaledi Darvishan. 2013. Experimental comparison of some techniques for estimating natural raindrop size distribution in Caspian Sea Southern Coast, Iran. Hydrological Sciences Journal, 58(6): 1374-1382.
38. Sepaskhah, A.R. and A.R. Bazrafshan-Jahromi. 2006. Controlling runoff and erosion in sloping land with polyacrylamide under a rainfall simulator. Biosystems Engineering, 93(4): 469-474.
39. Shahbazi, A.S., F. Sarmadian, H. Refahi and M. Gorgi. 2005. Effect of polyacrylamide on soil erosion and runoff Shvr-sodium. Journal of Agricultural Science, 36(5): 1103-1112 (in Persian).
40. 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 Science Society of America Journal, 154: 113-118.
41. Shekofteh, H., H. Refahi and M. Gorgi. 2005. Effect of chemical amide soil erosion and runoff. Iranian Journal of Agriculture Science, 36(1): 177-186 (in Persian).
42. Shin, M.H., C.H. Won, J.R. Jang, Y.H. Choi, J.Y. Shin, K.J. Lim and J.D. Choi. 2013. Effect of surface cover on the reduction of runoff and agricultural NPS pollution from upland fields. Paddy Water Environment, 11: 493-501.

Archive of SID

www.SID.ir

43. Shoemaker, A.E. 2009. Evaluation of anionic polyacrylamide as erosion control measure using intermediate-scale experimental procedures. MSc Thesis, Auburn University, USA, 220 pages.
44. Sirjacobs, D., I. Shainberg, I. Rapp and G.J. Levy. 2000. Polyacrylamide, sediments, and interrupted flow effects on rill erosion and intake rate. Soil Science Society of America Journal, 64: 1487-1495.
45. Sojka, R.E., R.D. Lentz, C.W. Ross, T.J. Trout, D.L. Bjorneberg and J.K. Aase. 1998. Polyacrylamide effects on infiltration in irrigated agriculture. Journal of Soil and Water Conservation, 53: 325–331.
46. Smith, H.J.C., G.J. Levy and I. Shainberg. 1990. Water-droplet energy and soil amendments: Effect on infiltration and erosion. Soil Science Society of America Journal, 54: 1084-1087.
47. Subler, S., C.A. Edwards and J.D. Metzger. 1998. Comparing vermicompost and compost. Biocycle, 39: 63-68.
48. Taleb Bidokhti, N., S.S. Shahoee, A. Bahnia, F. Behbodi, S.H.R. Sadeghi, A. Malak and F. Sharifi. 2003. Professional culture of erosion and sedimentation. The Iranian National Commission for UNESCO publication, printing, 386 pages (in Persian).
49. Tejada, M. and J.L. Gonzalez. 2006. Effects of two beet vinasse forms on soil physical properties and soil loss. Catena, 68(1): 41-50.
50. Tejada, M. and J.L. Gonzalez. 2008. Influence of two organic amendments on the soil physical properties, soil losses, sediments and runoff water quality. Geoderma, 145: 325-334.
51. Tejada, M., A.M. García-Martínez and J. Parrado. 2009. Effects of a vermicompost composted with beet vinasse on soil properties, soil losses and soil restoration. Catena, 77(3): 238-247.
52. Tejada, M., J.L. Moreno, M.T. Hernandez and C. Garcia. 2007. Application of two beet vinasse forms in soil restoration: Effects on soil properties in an arid environment in southern Spain. Journal of Agriculture, Ecosystems and Environment, 119(1): 289–298.
53. 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 Science Society of America Journal, 67: 630–636.
54. Vahabi, F., H. Mir Seyed Hosseini and M. Shorafa. 2011. The effect of mushroom compost production on some characteristics of sandy loam soil. Journal of Soil Science (soil and water), (a), 25(1): 50-60 (in Persian).
55. Zabihi, F., MR. Neyshabouri and M.R. Dalalian. 2012. Effect of polyacrylamide, pumice and municipal compost on some physical and chemical characteristics of a saline-sodic clay soil. Journal Water and Soil Science, 23(3): 79-92 (in Persian).
56. Zaeri, A., Y. Rezaeenejad, M. Afiuny and H. Shariatmadari. 2005. Residual and accumulation effect on stability, permeability and bulk density of soil. Agriculture Journal, 28(1): 108-113 (in Persian).
57. Zeytin, S. and A. Aran. 2003. Influence of composted Hazelnut hask on some physical properties of soils. Bioresoure Technology, 88: 241-245.

Archive of SID

www.SID.ir