انتخاب پلی‌مر آلی مناسب برای بهبود خصوصیات خاک در عرصه‌های مارنی مناطق خشک و نیمه‌خشک

علی‌رضا واعظی [۱]، ساناز توحیدلو [۲]، سعیده مرزوان [۳]
۱- دانشیار گروه علوم خاک دانشگاه زنجان، ۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد فیزیک و حفاظت خاک گروه علوم خاک دانشگاه زنجان، ۳- دانشجوی دکتری فیزیک وحفاظت خاکگروه علوم خاک دانشگاه زنجان

چکیده

مارن‌ها از جمله سازندهای زمین‌شناسی حساس به فرآیندهای فرسایشی هستند. بکارگیری اصلاح کننده‌های خاک برای مهار فرسایش در این عرصه‌ها ضروری است. به‌منظور مقایسه اثرات پلی‌اکریل‌آمید و پلی‌ونیل‌استات در اصلاح خصوصیات فیزیکی خاک مارنی، محلول پلی‌اکریل‌آمید و پلی‌ونیل‌استات در چهار سطح (صفر، ۳۳/۳۳، ۶۶/۶۶ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) با چهار تکرار به سطح ۳۲ جعبه محتوی نمونه خاک مارنی در سه نوبت پاشیده شد. ویژگی‌های فیزیکی خاک در خاک‌های پلیمری شده پس از اعمال پنج رخداد باران شبیه‌سازی شده اندازه‌گیری شدند. پلی‌آکریل‌آمید و پلی‌ونیل‌استات هر دو نقش مؤثری در بهبود ویژگی‌های خاک شامل خاکدانه‌سازی، پایداری خاکدانه‌ها، چگالی ظاهر و هدایت هیدرولیکی اشباع نشان دادند. ظرفیت نگهداری آب خاک متغیری بود که با مصرف پلی‌آکریل‌آمید کاهش یافت. با توجه به خطرات زیست‌محیطی استفاده از پلی‌آکریل‌آمید،پلی‌وینیل استات می‌تواند جایگزینی مناسب برای پلی‌آکریل آمید در عرصه‌های مارنی در نظر گرفته شود.

واژه های کلیدی: اصلاح کننده های خاک، پلی‌مر آلی،سازندهای مارنی، فرسایش خاک

مقدمه

فرآیندهای فرسایش آبی در سازندهای مارنی در مناطق خشک و نیمه‌خشک بسیار فعال است که منجر به هدررفت خاک، عناصر غذایی، تخریب سازه‌های انتقال آب و کاهش عمر مفید سدها می‌باشد. بنابراین ارائه راهکارهایی بهبود خصوصیات آن‌ها همواره مورد توجه پژوهشگران بوده است (واعظی و قره داغلی ۱۳۹۲).از این رو انجام اقداماتی مانند استفاده از اصلاح کننده‌های شیمیایی نظیر پلی‌مرها در کنار راه‌کارهای کنترل بیولوژیک ضروری است. امروزه استفاده از افزودنی‌های خاک به عنوان یکی از روش‌های مهم و نوظهور در مدیریت منابع آب و خاک توصیه می‌شود (حزباوی و صادقی، ۱۳۹۲).پلی‌مرها از جمله گسترده‌ترین مواد اصلاح کننده خاک هستند. این مواد برای مهار فرسایش خاک به‌صورت پودری و مایع استفاده می‌شوند (پترسون و همکاران، ۲۰۰۲). پلی‌اکریل آمید گسترده‌ترین پلیمر مورد استفاده برای اصلاح خصوصیات خاک و مهار فرسایش است. این ماده با هماوری ذرات ریز خاک مانند سیلت ریز و رس از تخریب خاکدانه‌های سست جلوگیری می‌کند و موجب افزایش نفوذ آب به خاک می‌شود (یونتس و همکاران، ۲۰۰۳). در سنتز پلی‌اکریل‌آمید یک ترکیب شیمیایی حدواسط (مونومر) اکریل‌آمید استفاده می‌شود. که سرعت تجزیه آن در خاک بسیار کند است. این به‌عنوان یک عامل سرطان‌زا شناخته شده است (حزباوی، ۲۰۱۳). به‌دلیل مشکلات زیستی بارز این پلی‌مر، استفاده از پلی‌مرهای دیگر اجتناب‌ناپذیر شده است. در برخی پژوهش‌ها به تأثیر پلی‌اکریل‌آمید در افزایش پایداری خاکدانه و کاهش فرسایش آبی (اکبرزاده و همکاران ۱۳۸۸؛ان‌گو و همکاران، ۲۰۱۲) تأکید شده است. پلی‌ونیل‌استات پلی‌مر نسبتاً جدید است که به دلیل فقدان خطرات زیست محیطی برای اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد توجه قرار گرفته است. پژوهش‌ها در مورد تأثیر این پلی‌مر بر خصوصیات خاک و مهار فرسایش بسیار محدود بوده است. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به تأثیر پلی‌ونیل‌استات بر خاک در مهار فرسایش بادی (هه و همکاران، ۲۰۰۸؛ موحدان و همکاران، ۲۰۱۲)، کاهش فرسایش آبی در خاک‌های مارنی (حمیدی نهرانی و واعظی، ۱۳۹۲) و کنترل فرسایش و رسوب و هدر رفت فلزات (زنگ، ۲۰۱۱) اشاره کرد.با توجه به گستردگی سازندهای مارنی در کشور، کاربرد نوع مناسب و مقدار بهینه پلی‌مر در مدیریت منابع خاک لازم است مورد توجه قرار گیرد. هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر دو پلی‌مر پلی‌اکریل‌آمید و پلی‌ونیل‌استات در بهبود برخی خصوصیات فیزیکی خاک مارنی بود.

مواد و روش‌ها

منطقه سردهات از جمله گستره‌های دربرگیرنده سازندهای مارنی است که در ۵۰ کیلومتری غرب استان زنجان در محدوده ′۵۷ ° ۳۶ عرض شمالی ′۴۶ ° ۳۶ تا ′۰۵ °۴۸ طول شرقی واقع شده است. ارتفاع متوسط منطقه ۱۳۳۵ متر و بارندگی متوسط سالانه آن ۴/۲۵۵ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت گرمترین ماه سال ۶/۲۰ درجه سانتی‌گراد در تیر ماه و متوسط درجه حرارت سردترین ماه سال ۵/۰ درجه سانتی‌گراد در دی ماه است. نمونه‌برداری خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک‌های مارنی منطقه انجام شد. محلول پلیمری پلی‌اکریل‌آمید و پلی‌ونیل‌استات هر کدام در چهار سطح صفر، ۳۳/۳۳ ، ۶۶/۶۶ و ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار و چهار تکرار، بر سطح خاک‌های مارنی پاشیده شدند. برای این کار ۳۲ نمونه خاک هر کدام با وزن ۱۵ کیلوگرم بر روی پلاستیک پهن

شدند. محلول پلیمری در سه مرحله به سطح خاک پاشده شد. خاک‌ها به واحدهای آزمایشی که شامل جعبه‌های پلاستیکی به ابعاد ۳۰ در ۵۰ سانتی‌متر با عمق ۲۵ سانتی‌متر، منتقل شد. تعداد ۴۰ بذر گندم به فاصله ۵ سانتی‌متری از هم در خاک داخل جعبه کشت شدند. جعبه‌های محتوی خاک پلی‌مری شده تحت باران‌های ثابت شبیه‌سازی شده با شدت ۴۰ میلی‌متر بر ساعت به مدت ۳۰ دقیقه، به تعداد چهار رخداد قرار گرفتند. پیش از افزودن پلیمرها ابتدا توزیع نسبی اندازه ذرات به روش هیدرومتری، جرم مخصوص ظاهری به روش سیلندر و جرم مخصوص حقیقی به‌روش پیکنومتر، ظرفیت زراعی (FC) در مکش ۳۳/۰ بار و نقطه پژمردگی دائم (PWP) در مکش ۱۵ بار به ترتیب با استفاده از دستگاه صفحه فشار و غشای فشاریتعیین شدند. پس از کاربرد پلی‌مرها، متوسط وزنی قطر خاکدانه (در حالت خشک) با استفاده از سری الک‌ها، پایداری خاکدانه بر اساس میانگین وزنی قطر خاکدانه‌های پایدار در آب به‌روش الک‌تر و مقاومت خاک به‌وسیله دستگاه نفوذسنج مدل (۱۶-T۰۱۷) در زمان جوانه‌زنی بذرها که رطوبت خاک نسبتاً پایین بود، اندازه‌گیری شد. هدایت هیدرولیکی اشباع(Ks) به‌روش بار ثابت تعیین شدند. به‌منظور مقایسه تأثیر دو پلی‌مر از نظر بهبود خصوصیات فیزیکی خاک از آزمون T مستقل استفاده شد. مقایسه سطوح مختلف مصرف هر پلی‌مر از نظر اصلاح خصوصیات خاک، به‌صورت جداگانه به روش تجزیه واریانس با استفاده از آزمون دانکن انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ صورت گرفت.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه‌های آزمایشگاهی، خاک مارنی مورد مطالعه دارای بافت حدواسط لوم رسی و لوم بود و به لحاظ داشتن مقدار زیادی آهک (۲۵/۳۶ درصد) و گچ (۵۲/۱۵) جزء خاک‌ها آهکی- گچی به شمار می‌رود. میزان ماده آلی خاک بسیار پایین (۷۵/۰ درصد) بود. رطوبت ظرفیت زراعی حدود ۵/۲۳ درصد جرمی و با توجه به نقطه پژمردگی دائم (۴/۱۵ درصد جرمی)، میزان آب قابل دسترس خاک نسبتاً پایین بود.نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که پلی‌آکریل‌آمید و پلی‌وینیل‌استات هر دو اثری معنی‌دار بر اندازه خاکدانه ($p<۰۰۱/۰$ و $p<۰۰۱/۰$)، پایداری خاکدانه‌ها ($p<۰۰۱/۰$ و $p<۰۵/۰$)، جرم مخصوص ظاهری ($p<۰۰۱/۰$ و $p<۰۰۱/۰$)، مقاومت سطح ($p<۰۵/۰$ و $p<۰۰۱/۰$) و هدایت هیدرولیکی اشباع ($p<۰۰۱/۰$ و $p<۰۰۱/۰$) داشتند. نقطه پژمردگی دائم متغیری بود که تحت تأثیر مصرف هیچ یک از پلی‌مرها قرار نگرفت. پلی‌آکریل‌آمید برخلاف پلی‌وینیل‌استات اثری معنی‌دار بر ظرفیت زراعی ($p<۰۱/۰$) نشان داد.

جدول ۱- تجزیه واریانس ومقایسه میانگین ویژگی‌های فیزیکی خاک مارنی تحت تأثیر سطوح مصرف پلی‌مرها

ویژگی‌های فیزیکی خاک	سطح مصرف پلی‌آکریل‌امید					سطح مصرف پلی ونیل استات				
	معنی‌داری	شاهد	۳۳/۳۳	۶۶/۶۶	۱۰۰	معنی‌داری	شاهد	۳۳/۳۳	۶۶/۶۶	۱۰۰
اندازه خاکدانه	۰/۰	۲/۱^{c}	۲/۱^{c}	۴/۱^{b}	۶/۱^{a}	۰/۰	۲/۱^{c}	۲/۱^{c}	۴/۱^{b}	۶/۱^{a}
پایداری خاکدانه	۰/۰	۵/۰^{c}	۶/۰^{c}	۲/۱^{b}	۶/۱^{a}	۰/۰	۵/۰^{b}	۹/۰^{ab}	۰/۱^{ab}	۰/۱^{a}
جرم مخصوص ظاهری	۰/۰	۱/۱^{a}	۰/۱^{a}	۸/۰^{b}	۷/۰^{b}	۰/۰	۱/۱^{a}	۹/۰^{b}	۸/۰^{c}	۸/۰^{d}
مقاومت سطح	۰/۰	۷/۷^{a}	۷/۵^{ab}	۷/۵^{ab}	۷/۳^{b}	۰/۰	۷/۷^{a}	۸/۵^{b}	۳/۴^{bc}	۲/۳^{c}
هدایت هیدرولیکی اشباع	۰/۰	۱/۱^{c}	۰/۲^{b}	۱/۲^{b}	۷/۲^{a}	۰/۰	۱/۱^{d}	۸/۱^{c}	۷/۲^{b}	۳/۳^{a}
نقطه پژمردگی دائم	۰/۱	۴/۱۵^{ns}	۴/۱۵^{ns}	۴/۱۵^{ns}	۴/۱۵^{ns}	۰/۱	۴/۱۵^{ns}	۴/۱۵^{ns}	۴/۱۵^{ns}	۴/۱۵^{ns}
ظرفیت زراعی	۰/۰	۵/۲۳^{a}	۳/۲۳^{a}	۵/۲۱^{b}	۲/۲۱^{b}	۸/۰	۵/۲۳^{ns}	۵/۲۳^{ns}	۱/۲۳^{ns}	۹/۲۲^{ns}

نتایج مقایسه میانگین ویژگی‌های فیزیکی خاک مارنی تحت تأثیر سطوح مصرف پلی‌مرها نشان داد که مصرف هر دو پلی‌مر موجب افزایش قابل توجه در اندازه خاکدانه، پایداری خاکدانه‌ها و هدایت هیدرولیکی اشباع و کاهش چشمگیر در چگالی ظاهری و مقاومت سطح خاک مارنی شد. اندازه خاکدانه و پایداری خاکدانه با افزایش سطوح مصرف هر دو پلی‌مر با روندی تقریباً مشابه افزایش یافت و بیشترین مقدار آن‌ها در سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پلی‌مرها مشاهده شد. تأثیر پلیمرها بر افزایش پایداری خاکدانه نسبت به افزایش اندازه خاکدانه بارزتر بود. در سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار با مصرف پلی‌آکریل‌آمید و پلی‌وینیل‌استات، اندازه خاکدانه به ترتیب ۲۹/۱ و ۳۰/۱ برابر و پایداری خاکدانه به ترتیب ۰۰/۳ و ۴۷/۲ برابر نسبت به شاهد افزایش نشان دادند.به طور کلی پلی‌مرهایی نظیر پلی‌اکریل‌آمید با تشکیل پیوندهای شیمیایی با ذرات خاک موجب افزایش قطر خاکدانه‌ها می‌شوند (کنث و ونکو، ۲۰۰۱). با افزایش سطح مصرف در هر دو پلی‌مر، جرم مخصوص ظاهری با روندی تقریباً مشابه کاهش یافت. در سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پلی‌آکریل‌آمید و پلی‌وینیل‌استات، جرم مخصوص ظاهری به ترتیب ۳۳ درصد و ۲۹ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. بهبود شاخص‌های ساختمان خاک (اندازه خاکدانه و پایداری آن) با مصرف پلیمرها عامل اصلی کاهش جرم مخصوص ظاهری بود. مصرف پلی‌مرها موجب کاهش مقاومت سطح خاک شد. کمترین میزان مقاومت سطح با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پلی‌آکریل‌آمید و پلی‌وینیل‌استات مشاهده شد. این موضوع نشان دهنده نقش پلی‌مرها در کاهش تولید سله در خاک‌های حساس می‌باشد (وو و همکاران، ۲۰۱۰). مصرف هر دو پلی‌مر موجب افزایش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک شد. بیشترین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم مصرف پلی‌آکریل‌آمید و پلی‌وینیل‌استات به دست آمد که به ترتیب ۵۱ درصد و ۵۸ درصد نسبت به شاهد بیشتر بود. این موضوع در افزایش نفوذ آب به خاک، کاهش تولید رواناب و فرسایش خاک حائز اهمیت است

(بارتز و رز، ۲۰۰۲). ظرفیت نگهداری آب خاک برخلاف پلی‌اکریل‌آمید، تحت تأثیر پلی‌ونیل‌استات قرار نگرفت. با مصرف پلی‌اکریل‌آمید به دلیل خاصیت آبگریزی این پلی‌مر، ظرفیت نگهداری آب خاک کاهش یافت.

تجزیه واریانس برای مقایسه بین پلی‌اکریل‌آمید و پلی‌ونیل استات از نظر ویژگی‌های فیزیکی خاک مارنینشان داد که بین دو پلیمر از نظر بهبود اندازه خاکدانه، پایداری خاکدانه، کاهش چگالی ظاهری، کاهش مقاومت سطح و افزایش هدایت هیدرولیکی اشباع تفاوتی معنی‌دار وجود ندارد (جدول ۲). در بین خصوصیات بررسی شده نقش افزایشی پلی‌وینیل‌استات در خاکدانه‌سازی و پایداری خاکدانه بیشتر از پلی‌اکریل‌آمید بود. با این حال هدایت هیدرولیکی اشباع با مصرف پلی‌اکریل‌آمید افزایش بیشتری را نشان داد. ظرفیت نگهداری آب خاک از ویژگی‌های مهم خاک بود که برخلاف پلی‌اکریل‌آمید تحت تأثیر مصرف پلی‌وینیل‌استات قرار نگرفت. با توجه به خصوصیات مولکولی پلی‌اکریل‌آمید، با افزایش مقدار مصرف این پلی‌مر ظرفیت نگهداری آب خاک کاهش یافت. این پژوهش نشان می‌دهد که پلی‌وینیل‌استات اثربخشی بهتری در بهبود بسیاری از خصوصیات فیزیکی خاک مارنی دارد. بنابراین با توجه به مشکلات زیست محیطی استفاده از پلی‌اکریل‌آمید، می‌توان از پلی‌وینیل‌استات به عنوان پلیمر دوست‌دار طبیعت،برای اصلاح خصوصیات فیزیکی خاک مناطق مارنی استفاده کرد.

جدول ۲- تجزیه واریانس برای مقایسه بین پلی‌اکریل‌آمید و پلی‌ونیل استات از نظر ویژگی‌های فیزیکی خاک مارنی

متغیر	t	درجه آزادی	معنی‌داری
اندازه خاکدانه	-۰۹/۰	۳۰	۹۳/۰
پایداری خاکدانه	۲۶/۰	۳۰	۷۹/۰
جرم مخصوص ظاهری	۱۲/۰	۳۰	۹۱/۰
مقاومت سطح	۶۵/۰	۳۰	۵۲/۰
هدایت هیدرولیکی اشباع	-۷۹/۰	۳۰	۴۴/۰
ظرفیت زراعی	-۹۱/۱	۳۰	۰۴/۰

منابع

اکبرزاده ع، رفاهی ح ق، روحی‌پور ح و گرجی م، ۱۳۸۸. ارزیابی کارایی پلی‌اکریل‌آمید (PAM) در افزایش پایداری خاکدانه و کاهش فرسایش خاک‌های مارنی اراضی شیب‌دار استان زنجان. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، جلد ۴۰، شماره ۲، صفحه‌های ۱۱۹تا ۱۳۱.

حزباوی ز و صادقی س ح ر، ۱۳۹۲. نظری بر سابقه و کاربرد افزودنی‌های خاک در مدیریت منابع خاک و آب. نشریه ترویج و توسعه آبخیزداری. شماره ۲، صفحه‌های ۱۴تا ۷.

حمیدی نهرانی، س و واعظی ع ر، ۱۳۹۲. تأثیر پلی‌ونیل‌استات بر هدایت هیدرولیکی و تولید رسوب و رواناب در یک خاک مارنی. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد ۲۷، شماره ۴، ص ۸۰۱-۷۹۲.

واعظی ع ر و قره‌داغلی ح، ۱۳۹۲. کمی‌سازی گسترش فرسایش شیاری در خاک‌های مارنی در حوزه آبخیز زنجان‌رود در شمال‌غرب زنجان. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد ۲۷،شماره ۵، صفحه‌های ۸۷۲ تا ۸۸۱.

BartesT, and Roose E, ۲۰۰۲.Aggregate stability as an indicator of soil susceptibility to runoff and erosion validation at several leves.catena, ۷۷: ۱۳۳-۱۴۹.

Hazbavi Z, ۲۰۱۳. Soil erosion control by application of polyacrylamide to minimize its cropping systems. A Review .agriculture .Ecosystems and Environment . ۱۶۴:۳۲-۵۲.

He JJ, Cai OG and Tang ZJ, ۲۰۰۸. Wind tunnel experimental study on the effect of PAM on soil wind erosion control.Environmental Monitoring and Assessment. ۱۴۵:۱۸۵-۱۹۳.

Kenneth NN and wankwo PE, ۲۰۰۱.Polyacrylamide as a soil stabilizer for erosion control.Wisconsin department of transportation. Report No: W۱۶۰-۹۸. Pp ۲۹.

Movahedan M, Abbasi N and Keramati M, ۲۰۱۲. Wind erosion control of soils using polymeric materials. Eurasian journal of soil science. ۲:۸۱-۸۶.

Ngo YH, Li D, Simon GP and Garnier G, ۲۰۱۲. Effect of cationic polyacrylamide on the aggregation and SERS performance of gold nanoparticles- treated paper. Journal of colloid and interface science. ۳۹۲:۲۳۷-۴۶.
Peterson JR, Flanagan DC and Tishmak JK, ۲۰۰۲. PAM application method and electrolyte source effects on plot-scale runoff and erosion. American Society of Agricultural Engineers.۴۵: ۱۸۵۹- ۱۸۶۷.
Wu SF, Wu PT, Feng H and Bu CF, ۲۰۱۰. Influence of amendments on soil structure and soil loss under simulated rainfall chinas loess plateau. African Journal of Biotechnology., ۹: ۶۱۱۶-۶۱۲۱.
Yonts CD, Eisenhauer BE and Varner, D, ۲۰۰۳. Managing Furrow Irrigation Systems. Water Resources Management ۶: ۲۱۵-۲۲۲.
Zheng M, ۲۰۱۱. ATechnology for Enhanced Control of Erosion, Sediment and Metal Leaching atDisturbed Land Using Polyacrylamide and Magnetite Nanoparticles.M.Sc Thesis, USA, Auburn University. ۱۰۴p.

Abstract

Marls are one of the most susceptible geological formations to soil erosion processes. Application of soil amendments is essential to control soil erosion in these areas. This study was carried out to compare the effects of polyacrylamide (PAM) and polyvinyle acetate (PVAc) for improving physical soil characteristics in the marl soils. Soil samples were poured into the boxes and the ploymers solutions were sprayed on the soil surface at rates of ۰.۰ ۳۳.۳۳, ۶۶.۶۶ and ۱۰۰ kg per hectare with three replicates. The physical soil characteristics were determined in the polymerized soil samples after five rainfall simulations. The PAM and PVAc appeared positive roles in improving soil aggregation, aggregate stability, bulk density, and saturated hydraulic conductivity. Field capacity was only physical soil variables, which was significantly decreased by the PAM application. With regarding environmental risks of PAM, the PVAc can be successfully replaced to soil management in the marl areas.