نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد هفتم، شماره اول، ۱۳۹۶
http://ejsms.gau.ac.ir

مقایسه تأثیر اندازه اکسیدهای آلومینیم و سیلیسیم بر میزان روان‌آب و هدررفت خاک

نوازاله مرادی[۱]، *حجت امامی[۲]، علیرضا آستارایی[۲] و امیر فتوت[۳]

[۱]دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشگاه فردوسی مشهد، [۲]دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه فردوسی مشهد،
[۳]استاد گروه علوم خاک، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۹۵/۱/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۹/۱

چکیده

سابقه و هدف: حفاظت خاک و مهار فرسایش یکی از اولویت‌های مهم بخش کشاورزی و منابع طبیعی است. روش‌های مختلفی جهت اصلاح خاک و جلوگیری از فرسایش وجود دارد. یکی از راه‌کارهای مدیریت خاک و آب برای بهبود ویژگی‌های فیزیکی و جلوگیری از فرسایش خاک در سال‌های اخیر، افزودن مواد اصلاح‌کننده به خاک می‌باشد. استفاده از نانوذرات با توجه به ویژگی‌های خاص آن‌ها مثل سطح ویژه زیاد می‌تواند در اصلاح و کنترل فرسایش خاک مورد توجه قرار گیرد. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی مقایسه تأثیر اکسیدهای آلومینیم و سیلیسیم نانو و معمولی بر میزان روان‌آب و هدررفت خاک بود.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی اثر اکسیدهای آلومینیوم و سیلیسیم نانو و معمولی بر میزان روان‌آب، هدررفت و ضریب روان‌آب بر روی یک خاک لوم سیلتی انتخاب شد. خاک مورد مطالعه از مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی نمونه‌برداری و هواخشک و بعد از عبور دادن از الک ٤ میلی‌متری، در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۹ تیمار و ۳ تکرار اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی شامل شاهد (بدون افزودن ماده اصلاحی) و نانواکسیدهای آلومینیوم و سیلیسیم به‌صورت جداگانه با غلظت‌های ۰/۰۰۲، ۰/۰۰۵ درصد وزنی و اکسید آلومینیم و سیلیسیم معمولی با غلظت ۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۵ درصد وزنی به خاک اضافه شدند و در جعبه‌هایی به وزن شش‌ونیم کیلوگرم در دوره زمانی ٤ ماه در رطوبت بین ظرفیت زراعی تا حدود ۵۰ درصد آن و دمای بین ۱۸ تا ۲۵ درجه در گلخانه نگهداری شدند. سپس هر یک از تیمارها زیر دستگاه شبیه‌سازی باران در شدت ٤۵ میلی‌متر در ساعت به‌مدت ۲۰ دقیقه در شیب ۲/۵ درصد قرار داده شدند و حجم روان‌آب و هدررفت خاک، ضریب روان‌آب و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت تر (MWD_{wet}) مربوط به هر تیمار اندازه‌گیری شد. تحلیل آماری و مقایسه میانگین‌ها در سطح پنج درصد بین تیمارهای مختلف بر اساس تجزیه واریانس یک‌طرفه و آزمون دانکن با استفاده از نرم‌افزار SPSS16 انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که افزودن هر دو نوع مواد اصلاحی نانو و معمولی اکسیدهای آلومینیم و سیلیسیم تأثیر معنی‌داری بر پارامترهای حجم روان‌آب، هدررفت خاک و ضریب روان‌آب داشتند. کم‌ترین حجم روان‌آب، هدررفت خاک و ضریب روان‌آب مربوط به غلظت ۰/۰۰۵ درصد نانواکسید سیلیسیم و آلومینیم بود که تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد با سایر سطوح اکسیدهای سیلیسیم و آلومینیم معمولی نشان دادند. همچنین بیش‌ترین حجم روان‌آب،

* مسئول مکاتبه: hemami@um.ac.ir

هدررفت خاک و ضریب روان‌آب مربوط به تیمار شاهد بود. علاوه‌بر این تفاوت معنی‌داری بین غلظت‌های مشابه نانواکسید سیلیسیم و آلومینیم از نظر پارامترهای اندازه‌گیری شده وجود نداشت. غلظت‌های مختلف هر دو نوع ماده اصلاحی میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش دادند.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی نتایج این پژوهش نشان‌دهنده تأثیر مثبت هر دو نوع ماده اصلاحی نانو و معمولی اکسید آلومینیم و سیلیسیم بر کاهش حجم روان‌آب، هدررفت خاک و ضریب روان‌آب می‌باشد و مواد اصلاحی در مقیاس نانو تأثیر بهتری نسبت به شکل معمولی از نظر کاهش حجم روان‌آب، هدررفت خاک و ضریب روان‌آب داشتند.

واژه‌های کلیدی: نانواکسید آلومینیم، نانواکسید سیلیسیم، اصلاح‌کننده، تلفات خاک

مقدمه

امروزه یکی از چالش‌های جدی زیست‌محیطی، فرسایش خاک می‌باشد، به‌طوری‌که تقریباً کم‌تر جایی از جهان می‌توان یافت که در معرض پدیده فرسایش خاک نباشد. فرسایش‌پذیری خاک تابع بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و اثرات متقابل بین آن‌ها است. به‌طورکلی بعضی از ویژگی‌های خاک مثل سرعت و ظرفیت نفوذ آب در خاک، بافت، ساختمان و پایداری خاکدانه‌ها در فرسایش خاک مؤثر هستند. از میان این ویژگی‌های، پایداری و مقاومت فیزیکی خاکدانه‌ها مؤثرترین عامل بر فرسایش و انتقال رسوب هستند (۳، ٤ و ۷). پایداری کم خاکدانه و بارندگی با شدت بالا باعث تخریب خاکدانه‌ها در خاک‌های حساس به فرسایش و در نتیجه جدا شدن ذرات و فرسایش خاک می‌شود. اندازه‌گیری میزان روان‌آب به‌عنوان عامل تأثیرگذار در میزان فرسایش ضروری می‌باشد و نقش مهمی در هدررفت خاک دارد. ایجاد روان‌آب در سطح خاک به‌علت ویژگی‌هایی مانند نفوذپذیری کم خاک در اثر نامناسب بودن ساختمان خاک صورت می‌گیرد. بنابراین حفاظت خاک در برابر فرسایش اهمیت زیادی در مدیریت و حفظ منابع طبیعی دارد. از طرف دیگر، پیامد اصلی هدررفت خاک به‌عنوان سرمایه اساسی عرصه منابع طبیعی و انباشت رسوب به‌عنوان معضل جدی، کاهش حجم مفید مخازن سدها به‌شمار می‌آید. به همین خاطر اقدامات مدیریتی و اجرایی مختلفی برای کاهش پیامدهای ناشی از فرسایش خاک صورت می‌گیرد (۲۱).

یکی از راهکارهای جدید در زمینه مدیریت خاک و آب در بهبود ویژگی‌های خاک و جلوگیری از فرسایش و حفاظت خاک در سال‌های اخیر، افزودن مواد اصلاح‌کننده[1] به خاک می‌باشد، که باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی و جلوگیری از فرسایش خاک می‌شود. در این زمینه از اصلاح‌کننده‌های آلی و معدنی شامل پلیمرهای آلی مانند پلی‌اکریل‌آمید، پلی‌وینیل‌استات و ترکیبات معدنی مانند گچ به‌طور گسترده استفاده شده است. بررسی‌های انجام شده توسط پژوهشگران در رابطه با اثر پلی‌اکریل‌آمید در ویژگی‌های فیزیکی خاک نشان‌دهنده اثر مثبت این ماده بر حفاظت خاک می‌باشد، به‌طوری‌که اضافه کردن این ماده با تأثیر بر ویژگی‌های فیزیکی خاک باعث کاهش میزان فرسایش و روان‌آب خاک در شرایط مختلف شده است (۱، ۵، ۱۸، ۲۱، ۲۳، ۲۵ و ۲۸). پلی‌وینیل‌استات یکی دیگر از پلیمرهایی می‌باشد که می‌تواند به‌عنوان یک اصلاح‌کننده مناسب برای بهبود ساختمان خاک و مهار روان‌آب و رسوب در سازندهای مارنی استفاده شود. این پلیمر به‌عنوان پلی

1- Amendments

بین ذرات خاک قرار گرفته و سبب هماوری ذرات خاک و تشکیل واحدهای ساختمانی می‌شود و با بهبود نفوذ آب در خاک، میزان روان‌آب را به‌شدت کاهش داده و در نتیجه باعث کاهش میزان فرسایش و تولید رسوب می‌شود (۱۱). گچ نیز به‌عنوان یکی از مواد معدنی به‌طور گسترده در مناطق مختلف جهت اصلاح ویژگی‌های فیزیکی (۸ و ۱۰) و جلوگیری از فرسایش و کاهش روان‌آب استفاده شده است (۲، ۱۷ و ۲۸). در پژوهش‌های دیگر نقش مثبت ترکیبات آلومینیم و سیلیسیم مانند اکسید و سولفات آلومینیم و اکسید سیلیسیم در بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند شاخص‌های پایداری خاک نشان داده شده است، به‌طوری‌که استفاده از سولفات آلومینیم به همراه مواد آلی باعث افزایش مقدار میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها و بهبود هدایت هیدرولیکی خاک شده است (۸). الطایف و قرایبه (۲۰۰۸) نیز نشان دادند که استفاده از سولفات آلومینیم (غلظت ۰/۲، ۰/۱، ۰/۰۵، ۰/۰۲ و ۰/۰۱ درصد) باعث افزایش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها شده است (۹). علاوه بر این استفاده از اکسیدهای آلومینیم و سیلیسیم در غلظت‌های (۲، ٤ و ٦ درصد) باعث افزایش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌های پایدار در آب در یک خاک با بافت لوم سیلتی شده است (۱۵). ولی بررسی چندانی به‌منظور مطالعه اثر این مواد در جلوگیری از فرسایش خاک و کاهش روان‌آب انجام نشده است.

فن‌آوری نانو یکی از جدیدترین فناوری‌های موجود است که به‌علت پتانسیل بالا و ویژگی‌های منحصر به فرد آن در تمام زمینه‌های علوم و تحقیقات از جمله منابع طبیعی و حفاظت خاک کاربرد دارد (۵). به‌نظر می‌رسد که با پیشرفت علم، فناوری نانو بتواند در بهبود کیفیت فیزیکی خاک و جلوگیری از فرسایش آن کمک شایانی نماید. بروغنی و همکاران (۲۰۱۱) گزارش نمودند که نانوزئولیت تأثیری در کاهش روان‌آب خاک‌های مارنی در شیب‌های مختلف نداشته است و علت آن را مقدار کم نانوزئولیت استفاده شده و همچنین واکنش ندادن نانوزئولیت با آب و خاک بیان کرده است (٤). مطالعات انجام شده در مباحث مکانیک خاک نشان می‌دهد که اضافه کردن نانوذرات (مانند آلومینیم، مس، منیزیم و رس) به خاک سبب تغییرات معنی‌داری در برخی از ویژگی‌های مکانیکی مانند مقاومت برشی و حدود خمیرایی خاک می‌شود (١٦، ۲۵ و ۲۷).

با این‌که مطالعه چندانی در رابطه با اثر نانوذرات بر ویژگی‌های فیزیکی خاک و تأثیر آن بر جلوگیری از فرسایش خاک و میزان روان‌آب انجام نشده است، ولی به‌نظر می‌رسد با توجه به ویژگی‌های ویژه نانوذرات که اندازه کوچک و سطح ویژه زیادی دارند، نانوذرات آلومینیم و سیلیسم می‌توانند تأثیر زیادی بر ویژگی‌های خاک بگذارند و نقش مهمی در بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک و در نتیجه کاهش روان‌آب و هدررفت خاک داشته باشند. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی مقایسه تأثیر اکسیدهای سیلیسیم و آلومینیم نانو و معمولی بر میزان روان‌آب و هدررفت خاک در یک خاک حساس به فرسایش با بافت لوم سیلتی در شرایط گلخانه‌ای بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش بر روی یک نوع خاک حساس به فرسایش با بافت لوم سیلتی که از مرکز تحقیقات کشاورزی استان خراسان رضوی جمع‌آوری شده بود، انجام شد. ابتدا برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مانند واکنش خاک در نسبت ۱:۵ آب به خاک با استفاده از دستگاه pH متر (۱۹)، کربن آلی به روش والکلی و بلک (۳۰) و بافت خاک به روش هیدرومتری اندازه‌گیری شدند (جدول ۱). پس از

نمونه‌برداری و هوا خشک نمودن خاک‌ها به‌منظور ایجاد یکنواختی، نمونه‌ها از الک ٤ میلی‌متری عبور داده شدند. به خاک عبور داده شده از الک در قالب طرح کاملاً تصادفی، غلظت‌های صفر، ۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۵ درصد وزنی اکسید آلومینیوم، اکسید سیلیسیم به شکل نانو (تهیه شده از شرکت nanosany) و غیرنانو به‌صورت جداگانه در سه تکرار به خاک اضافه شدند (انتخاب غلظت‌ها بر اساس پیش‌تیمار و نتایج ویژگی‌های فیزیکی خاک انجام شد)، که مشخصات مواد اصلاحی نانو در جدول ۲ ارائه شده است. از آن‌جا که مقدار مواد مصرفی کم بود برای ایجاد بیش‌ترین یکنواختی ممکن، ابتدا این مواد با یک ماده خنثی (شن‌ریز الک‌شده) کاملاً مخلوط و سپس در وزن بیش‌تر به‌صورت جداگانه در سه تکرار به خاک اضافه شدند. پس از اضافه کردن سطوح مختلف مواد اصلاحی به شش‌ونیم کیلوگرم خاک در جعبه‌هایی به طول ۳۵، عرض ۲۳ و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر ریخته شد. قبل از ریختن و آماده کردن خاک در کف جعبه به اندازه یک سانتی‌متر شن به‌عنوان زهکش، اضافه شد و جهت جلوگیری از ترک خوردن خاک نیز پارافین جامد در محل تماس خاک با دیواره جعبه‌ها ریخته شد. در دو سانتی‌متری لبه بالایی هر جعبه لوله‌های کوچکی جهت جمع‌آوری روان‌آب قرار داده شد و پس از آماده‌سازی نمونه‌ها در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی در دمای بین ۱۸ تا ۲۵ درجه به‌مدت ٤ ماه در وضعیت رطوبتی بین ظرفیت زراعی (FC) تا ۵۰ درصد آن نگهداری شدند. در ضمن در کف ظروف سوراخ‌هایی جهت خروج آب نفوذیافته در زمان ریزش باران مصنوعی تعبیه شده بود.

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه.

Table 1. Some physical and chemical properties of studied Soil.

pH / (1:5)	آهک (٪) Lime (%)	کربن آلی (٪) Organic carbon (%)	بافت خاک Soil texture	سیلت (٪) Silt (%)	شن (٪) Sand (%)	رس (٪) Clay (%)
7.76	18	0.23	Silt loam	54	28	18

جدول ۲- برخی از مشخصات مواد نانو.

Table 2. Some properties of nano material.

سطح ویژه SSA	اندازه Size	درصد خلوص Purity	نوع ماده نانو Nano material
>138 m^2/g	20 nm	99%	Al_2O_3
180-600 m^2/g	20-30 nm	99%	SiO_2

پس از گذشت دوره زمانی ٤ ماهه، جعبه‌های تیمارشده خاک در شیب ۲/۵ درصد قرار داده شد و توسط سامانه شبیه‌ساز باران با مشخصات ارتفاع ۱/۸ متر، ابعاد یک در یک متر و با ۲۲۵ نازل با قطر ۲ میلی‌متر از نوع ثابت با فاصله ۷ سانتی‌متر در شرایط آزمایشگاهی زیر ریزش باران با شدت بارندگی ٤۵ میلی‌متر در ساعت به‌مدت ۲۰ دقیقه و دوره بازگشت ۲۰ سال متناسب با اغلب مناطق خشک

ایران (۱۲، ۱۳، ۲۲ و ۲۳) قرار گرفت. انرژی جنبشی بر اساس فرمول ویشمایر و اسمیت (۱۹۷۸) مطابق رابطه ۱ برابر با ۲٤/۸ $Jm^{-2}mm^{-1}$ محاسبه شد (۳۱):

$$E= 11.87 + 7.83\log I \qquad (۱)$$

که در آن، E انرژی جنبشی ($Jm^{-2}mm^{-1}$) و I شدت بارندگی (mmh^{-1}) است.

روان‌آب تجمعی تولیدشده حاوی ذرات فرسایش‌یافته از انتهای جعبه خاک جمع‌آوری و حجم آن با استوانه مدرج اندازه‌گیری شد. همچنین برای اندازه‌گیری میزان هدررفت خاک در روان‌آب جمع‌آوری‌شده، بعد از ته‌نشینی ذرات خاک و جدا کردن آب، رسوبات مرطوب در آون به‌مدت ۲٤ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه قرار داده شد و هدررفت خاک در واحد سطح خاک تعیین شد (۱ و ۲٤).

ضریب روان‌آب هم از نسبت حجم آب خارج شده (حجم روان‌آب تولیدی) به حجم باران رسیده به سطح خاک به‌دست آمد. به‌منظور ارزیابی تأثیر شاخص‌های پایداری و همبستگی این خصوصیات با میزان روان‌آب و هدررفت خاک، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت تر[1] (MWD) به روش کمپر و روزنا (۱۹۸٦) با استفاده از سری الک‌های با قطر ٤، ۲، ۱، ۰/۵ و ۰/۲۵ میلی‌متر اندازه‌گیری شد (۱٤).

تجزیه تحلیل آماری: تحلیل آماری و مقایسه میانگین‌ها در سطح ۵ درصد بین تیمارهای مختلف به‌ترتیب بر اساس تجزیه واریانس یک‌طرفه و آزمون دانکن با استفاده از نرم‌افزار SPSS16 انجام شد و جهت رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳) تأثیر تیمارهای مختلف آزمایشی بر میزان روان‌آب، هدررفت خاک، ضریب روان‌آب و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت تر نشان می‌دهد که تأثیر تیمارهای آزمایشی بر میزان روان‌آب، هدررفت خاک، ضریب روان‌آب و میانگین وزنی قطر خاکدانه در حالت تر در سطح یک درصد معنی‌دار است.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس میانگین روان‌آب، هدررفت، ضریب روان‌آب و میانگین وزن قطر خاکدانه.

Table 3. Analysis of variance for runoff, soil loss, runoff coefficient and mean weight diameter of wet aggregates.

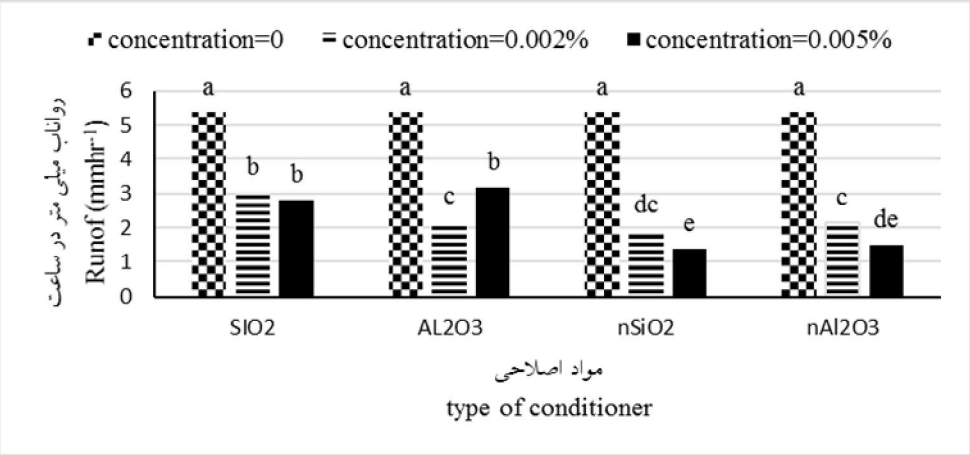
منابع تغییر Sources of variations	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares			
		روان‌آب Run off	هدررفت خاک Soil loss	ضریب روان‌آب runoff coefficient	MWD_{wet}
تیمار Treatment	8	4.4190**	38.955**	0.021**	0.026**
خطا Error	18	0.085	0.856	0	0.001
ضریب تغییرات CV (%)		11.2	15.7	0	4.7

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

ns, *, ** non significant and significant at P<0.05 and P<0.01, respectively.
MWD_{wet}: Mean weight diameter of wet aggregates.

1- Mean weighted diameter

تأثیر مواد اصلاحی بر میزان روان‌آب: نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان داد که افزودن اکسیدهای آلومینیوم و سیلیسیم در هر دو شکل نانو و معمولی به خاک تأثیر معنی‌داری در سطح پنج درصد بر کاهش میزان روان‌آب داشته است (شکل ۱) و به غیر از تیمار اکسید آلومینیم معمولی در سایر تیمارها با افزایش غلظت ماده اصلاحی مقدار روان‌آب کاهش پیدا کرده است. در غلظت‌های مشابه مقدار کاهش روان‌آب در تیمارهای نانواکسید سیلیسیم بیش‌تر از نانواکسید آلومینیم می‌باشد. بیش‌ترین حجم روان‌آب مربوط به تیمار شاهد و کم‌ترین مقدار آن مربوط به غلظت ۰/۰۰۵ درصد نانواکسید سیلیسیم و آلومینیم می‌باشد؛ به‌طوری‌که میزان روان‌آب در آن‌ها به‌ترتیب ۳/۹۳ و ۳/۶۳ برابر نسبت به شاهد کاهش یافته است. بر اساس نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین آزمون دانکن، از نظر کاهش روان‌آب اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین نانوذرات اکسید آلومینیم و سیلیسیم مشاهده نشد (شکل ۱)، در حالی‌که تقریباً این دو تیمار با تمامی تیمارهای دیگر در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار نشان دادند. البته غلظت ۰/۰۰۲ درصد اکسیدسیلسیم نانو و معمولی تفاوت معنی‌داری در میزان روان‌آب نداشتند. نانوذرات با تشکیل خاکدانه‌های با قطر بزرگ‌تر و بهبود ساختمان خاک توانسته‌اند نفوذ آب در خاک را افزایش داده و در نتیجه باعث کاهش روان‌آب شوند. نتایج به‌دست آمده از ویژگی‌های فیزیکی خاک نیز نشان می‌دهد که اضافه کردن اکسیدهای آلومینیم و سیلیسیم به خاک از طریق ایجاد پیوند ذرات خاک، باعث تشکیل خاکدانه‌های بزرگ و افزایش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در همه تیمارها شده‌اند (شکل ٤). از بین تیمارهای مواد اصلاحی بهترین ماده از نظر کاهش روان‌آب تیمار ۰/۰۰۵ درصد نانواکسید سیلیسیم می‌باشد. نتایج به‌دست آمده در این پژوهش بر خلاف نظر بروغنی و همکاران (۲۰۱۱) که گزارش کرده استفاده از نانوزئولیت تأثیری بر کاهش روان‌آب ندارد (٤)، نشان می‌دهد که استفاده از اکسیدهای آلومینیم و سیلیسیم با توجه به نوع ترکیب کاتیونی که دارای ظرفیت بالا هستند، خاصیت هماوری بیش‌تری در خاک ایجاد کرده و سبب بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک در نتیجه باعث کاهش در میزان روان‌آب شده است.



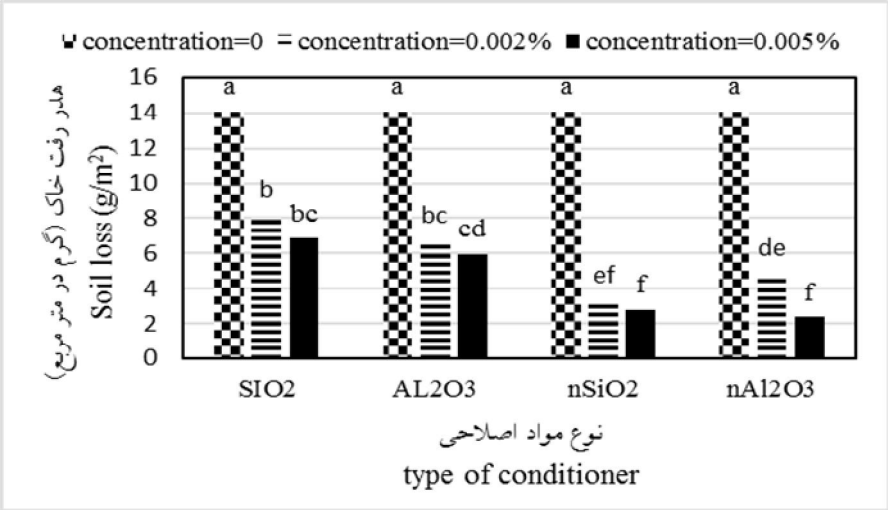
شکل ۱- اثر غلظت و نوع مواد اصلاحی بر مقدار روان‌آب (میلی‌متر در ساعت).

Figure 1. Effect of concentration and type of conditioner on Runoff (mm hr^{-1}).

مقادیر دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Values with same letters are not statistically different at P<0.05.

تأثیر مواد اصلاحی بر میزان هدررفت خاک: نتایج نشان داد افزودن اکسیدهای آلومینیوم و سیلیسیم به هر دو شکل نانو و معمولی به خاک تأثیر معنی‌داری بر کاهش میزان هدررفت خاک داشت و با افزایش غلظت ماده اصلاحی مقدار هدررفت خاک نیز کاهش پیدا کرد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین (شکل ۲) نشان داد که بیش‌ترین هدررفت خاک مربوط به تیمار شاهد و کم‌ترین مقدار آن نیز مربوط به تیمار نانواکسید آلومینیم ۰/۰۰۵ درصد بود؛ به‌طوری‌که میزان هدررفت خاک در این تیمار نسبت به شاهد به‌میزان ٦ برابر کاهش یافت. همچنین هر دو غلظت نانوذرات اکسید سیلیسیم تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد از نظر میزان هدررفت خاک نداشتند. علاوه بر این مقدار هدررفت خاک در همه تیمارهای حاوی نانوذرات اکسید آلومینیم و سیلیسیم نسبت به اکسیدهای معمولی کم‌تر و در همه موارد معنی‌دار بود. از بین تیمارهای اصلاحی نیز اکسیدهای سیلیسیم نانو در غلظت ۰/۰۰۵ درصد بیش‌ترین مقدار هدررفت خاک را دارا بود. از آن‌جا که خاک مورد مطالعه دارای مقدار زیادی سیلت می‌باشد و ذرات سیلت فاقد چسبندگی بوده و در اثر مرطوب شدن به آسانی جدا شده و منتقل می‌شدند، بنابراین اضافه کردن مواد اصلاحی اکسیدهای آلومینیم و سیلیسیم به هر دو شکل نانو و غیرنانو باعث چسپندگی و هماوری بیش‌تر ذرات و تشکیل خاکدانه و سبب افزایش اندازه و پایداری خاکدانه‌ها در نتیجه مقاومت بیش‌تر در برابر هدررفت خاک شده است. این اثرگذاری در نانوذرات به‌دلیل سطح ویژه بالاتر، بیش‌تر بود و هنگامی که غلظت مواد اصلاحی به اندازه کافی در محلول خاک افزایش یافته، تمایل پراکندگی ذرات رس کاهش پیدا کرده، بنابراین سبب تخریب کم‌تر خاکدانه‌ها توسط قطرات باران و روان‌آب شده در نتیجه مقدار هدررفت خاک نیز کاهش یافته است. پژوهش‌های مشابه در این زمینه نشان داده است که اضافه کردن مواد اصلاحی معدنی مانند گچ به خاک با افزایش غلظت الکترولیت سبب هماوری خاکدانه‌ها شده و مانع پراکنش خاکدانه‌ها شده و ذرات بزرگ‌تر، کم‌تر تخریب (٢٦) و در نتیجه فرسایش خاک را کاهش داده است (۱۷). یکی از عوامل دیگری که بر میزان فرسایش تأثیرگذار است نسبت سیلیسیم به آلومینیم است که وقتی نسبت سیلیسیم به آلومینیم بالاتر باشد میزان فرسایش بیش‌تر است (۳ و ۲۰)، نتایج به‌دست آمده در این پژوهش نشان‌دهنده همخوانی این روند در مواد اصلاحی اکسیدهای آلومینیم و سیلیسیم معمولی است در حالی‌که در تیمارهای نانوذرات سیلیسیم به‌دلیل بالاتر بودن سطح ویژه و اثرگذاری بیش‌تر، هدررفت کم‌تری به‌دست آمده است. بررسی‌های انجام شده در رابطه افزودن مواد اصلاحی به خاک هم نشان‌دهنده اثر مثبت این مواد در کاهش میزان هدررفت خاک است (۱، ۲، ۵، ۱۷، ۱۸، ۲۱، ٢٤، ۲۵ و ۲۹).



شکل ۲- اثر غلظت و نوع مواد اصلاحی بر میزان هدررفت خاک (گرم بر مترمربع) در طی ۲۰ دقیقه.

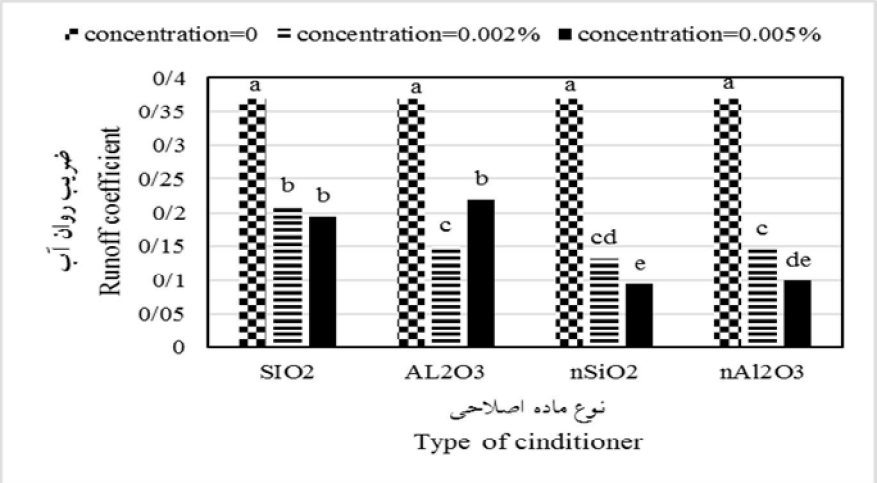
Figure 2. Effect of concentration and type of conditioner on loss of soil (g m^{-2}) for 20 minutes.

مقادیر دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح ۵ درصد اختلافی ندارند.

Values with same letters are not statistically different at P<0.05.

تأثیر مواد اصلاحی بر ضریب روان‌آب: نتایج نشان داد افزودن مقادیر مختلف (۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۵ درصد) اکسیدهای آلومینیوم و سیلیسیم به هر دو شکل نانو و معمولی به خاک تأثیر معنی‌داری بر کاهش ضریب روان‌آب داشت و با افزایش غلظت ماده اصلاحی ضریب روان‌آب نیز کاهش پیدا کرد. نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین (شکل ۳) آزمون دانکن نشان داد که بیش‌ترین مقدار ضریب روان‌آب مربوط به تیمار شاهد (۰/۳۷) و کم‌ترین مقدار آن مربوط به سطح ۰/۰۰۵ درصد تیمارهای نانواکسید سیلیسیم (۰/۰۹٤) و نانواکسید آلومینیم (۰/۱) بود. همچنین بین غلظت‌های مشابه نانوذرات تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد در میزان ضریب روان‌آب وجود نداشت، در حالی‌که هر دو غلظت، با تغییر اندازه ذرات اکسیدهای آلومینیم و سیلیسیم و تبدیل به شکل نانو، به‌طور معنی‌داری از ضریب رون‌آب کاسته شد.

یکی از دلایل کاهش ضریب روان‌آب می‌تواند این باشد که مواد اصلاحی افزوده شده به خاک باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک مثل افزایش خاکدانه‌سازی و منافذ درشت در نتیجه باعث نگهداشت بیش‌تر آب و نفوذ آن به خاک شده‌اند، که در نتیجه آن حجم و ضریب روان‌آب کاهش یافته است. همچنین مواد اصلاحی با تأثیری که بر خاکدانه‌سازی دارند باعث افزایش زبری سطح خاک شده و کاهش سرعت روان‌آب موجب کاهش ضریب روان‌آب می‌شوند. با توجه به ویژگی‌های خاص نانوذرات مانند اندازه کوچک‌تر و سطح ویژه بالاتر، این مواد تأثیر بیش‌تری بر ویژگی‌های فیزیکی خاک داشته‌اند. بنابراین نانوذرات در مقایسه با شکل معمولی این مواد در کاهش ضریب روان‌آب مؤثرترند. مطالعه انجام شده با گزارش‌های مورد استفاده از مواد اصلاحی مشابه در کاهش ضریب روان‌آب همخوانی دارد (۲ و ۱۳).



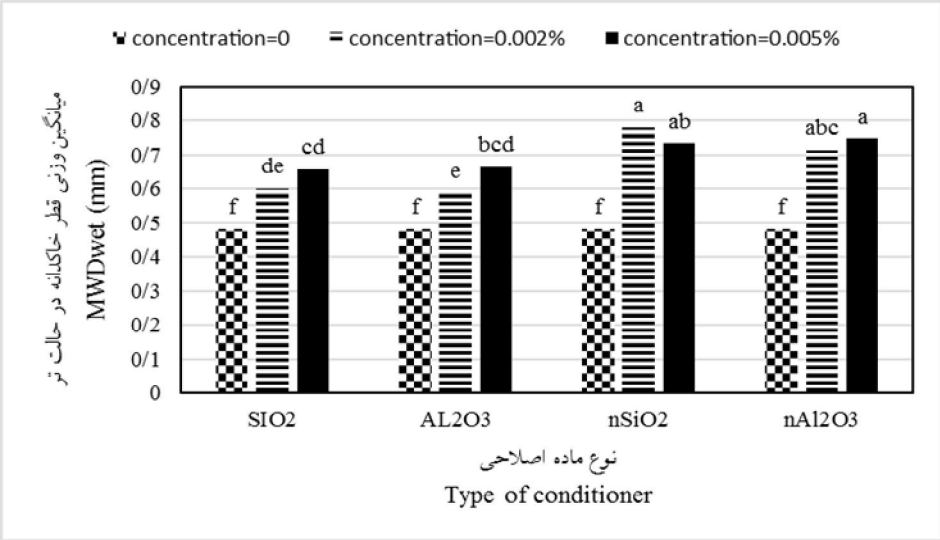
شکل ۳- اثر غلظت و نوع مواد اصلاحی بر ضریب روان‌آب.

Figure 3. Effect of concentration and type of conditioner on runoff coefficient.

مقادیر دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح ۵ درصد اختلافی ندارند.

Values with same letters are not statistically different at P<0.05.

تأثیر مواد اصلاحی بر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت تر (MWD_{wet}): نتایج نشان داد افزودن اکسیدهای آلومینیوم و سیلیسیم به هر دو شکل معمولی و نانو به خاک تأثیر معنی‌داری بر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت تر داشت (شکل ٤). بر اساس مقایسه میانگین آزمون دانکن مشخص شد که مقدار MWD_{wet} در همه تیمارهای حاوی مواد اصلاحی در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد (بدون ماده اصلاحی) داشت. کم‌ترین مقدار MWD_{wet} مربوط به تیمار شاهد و بیش‌ترین مقدار آن مربوط به نانواکسید سیلیسیم با غلظت ۰/۰۰۲ درصد بود و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت مرطوب در این تیمار ٦٢ درصد نسبت به تیمار شاهد بیش‌تر بود. همچنین بین تیمار ۰/۰۰۲ درصد نانواکسید سیلیسیم با سایر تیمارهای نانوذرات تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، در حالی‌که این تیمار با اکسیدهای آلومینیم و سیلیسیم معمولی تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد داشت. مقدار میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها بر اثر تغییر شکل ماده اصلاحی از شکل معمولی به نانو افزایش پیدا کرده است، که می‌تواند ناشی از افزایش سطح ویژه در شکل نانویی این مواد اصلاحی باشد که باعث اثرگذاری بیش‌تر این مواد شده است. علت افزایش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در اثر اضافه کردن اصلاح‌کننده‌ها به خاک این است که با بروز واکنش‌های شیمیایی و ایجاد پیوند بین ماده اصلاح‌کننده و ذرات خاک، خاکدانه‌ها به وجود آمده‌اند. ژوزف‌آکیو و زاچور (۲۰۱٤) تأثیر مثبت غلظت‌های مختلف (۰، ۲، ٤ و ٦ درصد) اکسید سیلیسیم و اکسید آلومینیوم غیرنانو بر MWD_{wet} گزارش نمودند (۱۵). بر اساس نتایج به‌دست آمده، اضافه کردن هر دو ماده اصلاحی به این خاک باعث افزایش MWD_{wet} شده است، که این نتایج با پژوهش‌های مشابه در رابطه با اثر نمک سولفات آلومینیم معمولی (غلظت‌های ۰/۲، ۰/۱، ۰/۰۵ ، ۰/۰۲ و ۰/۰۱ درصد) بر افزایش MWD_{wet} توسط الطایف و همکاران (۲۰۰۸) و دانشور و همکاران (۲۰۱۳) همخوانی دارد (۵ و ۷). با این تفاوت که حتی تأثیر غلظت‌های بالای سولفات آلومینیم (۰/۲ درصد) بر افزایش MWD_{wet} نسبت به نانواکسید سیلیسیم و آلومینیوم کم‌تر می‌باشد.



شکل ٤- اثر غلظت و نوع مواد اصلاحی بر میانگین وزنی قطر خاکدانه در حالت تر (میلی‌متر).

Figure 4. Effect of concentration and type of conditioner on MWD_{wet}.

مقادیر دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح ۵ درصد اختلافی ندارند.

Values with same letters are not statistically different at P<0.05.

به‌منظور بررسی ارتباط بین میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها با میزان هدررفت خاک و روان‌آب، همبستگی آزمون پیرسون انجام گرفت و نتایج حاصل از این همبستگی نشان داد (جدول ٤) که بین حجم روان‌آب، میزان هدررفت خاک و ضریب روان‌آب با میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD_{wet}) همبستگی معنی‌دار منفی در سطح یک درصد وجود داشت. ضریب همبستگی بین میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت تر با حجم روان‌آب، میزان هدررفت خاک و ضریب روان‌آب به‌ترتیب برابر ۰/۷۹۹-، ۰/۸۸۵- و ۰/۷۸- بود. افزایش مقدار MWD_{wet} به‌عنوان شاخص پایداری خاک سبب بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند نفوذ آب به خاک و مقاومت در برابر نیروهای وارد شده قطرات باران بر خاکدانه می‌شود و در نتیجه باعث کاهش روان‌آب، هدررفت و ضریب روان‌آب می‌شود. پژوهش‌های قبلی نیز همبستگی منفی بین میزان MWD و میزان فرسایش و رسوب را تأیید کرده‌اند (۲ و ٦).

جدول ٤- ضریب همبستگی پیرسون بین روان‌آب، رسوب، ضریب روان‌آب و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها.

Table 4. The correlation coefficient between runoff, soil loss and runoff coefficient with mean weight diameter of wet aggregates.

متغیرها variables	MWD_{wet}
روان‌آب Runoff	-0.779
هدررفت Soil loss	-0.885
ضریب روان‌آب runoff coefficient	-0.78

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده در این پژوهش نشان داد که افزودن اکسیدهای آلومینیم و سیلیسیم در هر دو اندازه نانو و معمولی باعث کاهش میزان روان‌آب و هدررفت خاک شد، ولی افزودن نانواکسیدهای آلومینیم و سیلیسیم به‌عنوان اصلاح‌کننده به خاک در مقایسه با شکل معمولی بر میزان کاهش روان‌آب و هدررفت خاک در شدت ٤٥ میلی‌متر بر ساعت تأثیر بیش‌تری داشت. این مواد اصلاح‌کننده با بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک و پایداری خاکدانه‌ها، باعث کاهش روان‌آب شده و از هدررفت خاک جلوگیری کرده‌اند. از بین نانو مواد اصلاحی مورد مطالعه، غلظت ۰/۰۰۵ درصد نانوذرات اکسید آلومینیم و سیلیسیم بهترین عملکرد را داشته است و می‌توان برای جلوگیری از هدررفت خاک و کاهش روان‌آب توصیه نمود. نتایج همبستگی بین میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها نیز بیانگر اهمیت مواد اصلاحی در بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک و در نتیجه کاهش میزان هدررفت خاک و روان‌آب می‌باشد. از آن‌جا که این پژوهش تحت شرایط محیط گلخانه‌ای با شرایط خاص انجام شده است با توجه به اهمیت و کاربرد آن پیشنهاد می‌شود که پژوهش‌های بیش‌تری در شرایط مزرعه و طبیعی با باران‌ساز و در شرایط باران طبیعی انجام داد و با نتایج این طرح مقایسه گردد.

منابع

1.Afrasiab, P., Chari, M.M., and Hashem Zadeh Vandi, H. 2013. Effect of PAM on runoff, soil erosion and water infiltration slopes, using a rainfall simulator. J. Water Res. Agric. 27: 2. 280-291. (In Persian)

2.Akbarzadeh, A., Gorgi, M., Refahi, H., and Rouhipour, H. 2010. Assessment the effect of gypsum on temporary soil stabilization. Iran. J. Natur. Resour. 63: 2. 127-141. (In Persian)

3.Bennett, H.H. 1926. Some comparisons of the properties of humid-tropical and humid-temperate American soils, with special reference to indicated relations between chemical composition and physical properties. Soil Sci. 21: 349-375.

4.Boroghani, M., Mirnia, S.K., Vahhabi, J., Ahmadi, S.J., and Charkhi, A. 2011. Nanozeolite Synthesis and the Effect of on the Runoff and Erosion Control under. Austr. J. Bas. Appl. Sci. 5: 12. 1156-1164.

5.Boroghani, M., Hayavi, F., and Noor, H. 2012. Affectability of splash erosion by polyacrylamide application and rainfall Intensity. Soil Water Res. 7: 4. 159-165.

6.Bryan, R.B. 1968. The development, use and efficiency of indices of soil erodibility. Geoderma. 2: 1. 5-26.

7.Cochrane, B.H.W., Reichert, J.M., Eltz, F.L.F., and Norton, L.D. 2005. Controlling soil erosion and runoff with polyacrylamide and phosphogypsum on subtropical soil. Amer. Soc. Agric. Engin. 48: 1. 149-154.

8.Daneshvar, S., Golchin, A., and Ahmadi, Sh. 2013. The effect of water soluble polymer, modified starch and nano clay with and without gypsum and aluminum sulfate on dispersible clay percentage in a sodic soil. Gorgan, J. Water Soil Cons. 20: 3. 261-267. (In Persian)

9.Eltaif, N.I., and Gharaibeh, M.A. 2008. Impact of alum on crust prevention and aggregation of calcareous soil: laboratory studies. Soil Use Manage. 24: 424-426.

10.Emami, H., and Astaraei, A.R. 2012. Effect of organic and inorganic amendments on parameters of water retention curve, bulk density and aggregate diameter of saline-sodic soil. J. Agric. Sci. Technol. 14: 1625-1636.

11.Hamidi Nehrani, S., and Vaezi, A.R. 2013. Effect of polyvinyl acetate on hydraulic conductivity, runoff and sediment production in a marl soil. J. Water Soil. 27: 4. 792-801. (In Persian)

12.Kavian, A., Azmodeh, A., Soleimani, K., and Vahabzadeh, GH. 2010. Effect of soil properties on runoff and soil erosion in forest lands. J. Range Water. Manage. 63: 1. 89-104. (In Persian)
13.Kavian, A., Mohammadi, M., Fallah, M., and Gholami, L. 2016. Effect of wheat straw on changing time to runoff and coefficient in laboratory plots under rainfall simulation. J. Water Soil Resour. Cons. 5: 2. 73-82. (In Persian)
14.Kemper, W.D., and Rosenau, R.C. 1986. Size distribution of aggregates. P 425-442, In: A. Klute (Ed.), Methods of Soil Analysis Part 1, second Ed., Agron. Monogr. 9. ASA-SSSA. Madison, WI.
15.Jozefaciuk, G., and Czachor, H. 2014. Impact of organic matter, iron oxides, alumina, silica and drying on mechanical and water stability of artificial soil aggregates. Assessment of new method to study water stability. Geoderma. 221-222: 1-10.
16.Majeed, Z.H., and Taha, M.R. 2013. A Review of stabilization of soil by using nanomaterials. Austr. J. Bas. Appl. Sci. 7: 2. 576-581.
17.Neyshabouri, M.R., Mirzajani, M., and Oustan, Sh. 2013. Effect of Polyacrylamide and Organic Matter on Three Structure Stability Indices in Two Fine and Medium Textured Soils Under Various Wetting and Drying Cycles. J. Soil Water Sci. 22: 4. 161-172. (In Persian)
18.Norton, L.D. 2007. Reducing runoff vollme and concentrations of phosphorous and atrazine with gypsum amendment. National soil Erosion Research Laboratory, USDA-ARS, Purdue University, Pp: 1-8.
19.Page, A.L., Miller, R.H., and Keeney, D.R. 1982. Methods of soil analysis. Part 2 chemical and microbiological properties (2^{nd} edition). Am. Soc. Of agronomy, Soil Sci. Am. Publisher. Madison, Wisconsin. USA, 1159p.
20.Rafahi, H.Gh. 2006. Water Erosion and Conservation. Tehran Univ. Press, 671p. (In Persian)
21.Rouhipour, H., Farzaneh, H., and Asadi, H. 2004. The effect of aggregate stability indices on soil erodibility factors using rainfall simulator. Iran. J. Range Des. Res. 11: 3. 235-254. (In Persian)
22.Sadeghi, S.H.R., Hazbavi, Z., and Behzadfar, M. 2013. Trend of soil loss and sediment concentration changeability due to application of polyacrylamide. J. Water Soil Resour. Cons. 2: 4. 53-67. (In Persian)
23.Saeediyan, H., and Moradi, H.R. 2011. Investigation on some of soil indices and land uses in Gachsaran formation deposits using multiple variable regression. Water. Manage. Res. (Pajouhesh and Sazandegi). 90: 78-86. (In Persian)
24.Sepaskhah, A.R., and Bazrafshan-Jahromi, A.R. 2006. Controlling Runoff and Erosion in sloping land with Polyacrylamide under a Rainnfall simulator. Biosyst. Engin. 93: 4. 469-474.
25.Sepaskhah, A.R., and Shahabizad, V. 2010. Effects of water quality and PAM application rate on the control of soil erosion, water infiltration and runoff for different soil textures measured in a rainfall simulator. Biosyst. Engin. 106: 513-520.
26.Shainberg, I., Summer, M.E., Miller, W.P., Farina, W.P.W., Pavan, M.A., and Fey, M.V. 1989. Use of gypsum on soils: a review. Adv. Soil Sci. 9: 1-111.
27.Taha, M.R. 2009. Geotechnical properties of soil-ball milled soil mixtures. Nanotechnol. Construct. 3: 377-382.
28.Taha, M.R., and Taha, O.M.E. 2012. Influence of nano-material on the expansive and shrinkage soil behavior. J. Nanopart Res. 14: 12. 1-13.
29.Tang, Z., Lei, T., Yu, J., Shainberg, I., Mamedov, A.I., Ben-Hur, M., and Levy, G.J. 2006. Runoff and interrill erosion in sodicsoils treated with dry PAM and Phosphogypsum. Soil Sci. Soc. Amer. J. 70: 679-691.
30.Walkley, A., and Black, I.A. 1934. An Examination of Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. Soil Science. 37: 29-37.
31.Wischmeier, W.H., and Smith, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Agriculture Handbook No. 537. US Department of Agriculture, Washington DC. USA, 58p.

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 7(1), 2017
http://ejsms.gau.ac.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Comparison the size effect of aluminum and silicon oxides on runoff and soil loss

N. Moradi[1], *H. Emami[2], A.R. Astaraei[2] and A. Fotovat[3]
[1]Ph.D. Student, Dept. of Soil Science, Ferdowsi University of Mashhad,
[2]Associate Prof., Dept. of Soil Science, Ferdowsi University of Mashhad,
[3]Professor, Dept. of Soil Science, Ferdowsi University of Mashhad
Received: 04/13/2016; Accepted: 11/21/2016

Abstract

Background and Objectives: Soil conservation and erosion control is one of the important priority in agriculture and natural resources. There is different methods for soil reclamation and erosion control. Application of amendments in soil is one of the methods for improving the soil physical properties and prevent the soil erosion in last years. Regard to unique characteristics of nano particles such as high specific area, they can be used for soil reclamation and erosion control. Therefore, the aim of this research was to compare the effect of nano silicon oxide ($nSiO_2$), nano Aluminum oxide (nAl_2O_3), silicon oxide (SiO_2) and, Aluminum oxide (Al_2O_3) on runoff and soil loss.

Materials and Methods: In order to investigate the effect of aluminum silicon oxides and nano size scale of this materials on runoff and soil loss a silt loam was selected. The studied soil was collected from Agricultural Research Center of Khorasan Razavi province, was air dried and passed through 4.0-mm sieve. The experiment was conducted as a completely randomized design with 9 treatments and 3 replications. The studied treatments include control (without any amendment) nano aluminum oxide (0.002 and 0.005%), nano silicon oxide (0.002 and 0.005%), aluminum oxide (0.002 and 0.005%) and silicon oxide (0.002 and 0.005%). After addition the different treatments to soil in boxes of 6 Kg, they were incubated for 4 months at moisture range from field capacity (FC) to 50% of FC at 18-25 ^{o}C in greenhouse condition. The experiments was performed in slope of 2.5% using rainfall simulation with rainfall intensity of 45 mm h^{-1} for 20 min and after then runoff volume, soil loss, runoff coefficient and mean weight diameter of wet aggregates (MWD_{wet}) were measured. Statistical analysis by one way analysis and comparison of means at $P<0.05$ by Duncan's test were done in SPSS16.

Results: The results showed that application of both type of amendments had a significant effect on runoff, soil loss and runoff coefficient. The minimum values of runoff, soil loss and runoff coefficient were obtained by application of 0.005% of nano silicon and -aluminum oxides and they had the significant difference with other treatments. Also, the highest values of runoff, soil loss and runoff coefficient were noted in control treatment. There was no significant difference between the similar concentrations of nano silicon oxide and nano aluminum oxide. The different concentrations of both amendments increased significantly the mean weight diameter of wet aggregates compared to the control.

Conclusion: The results of this research demonstrated the positive effects of aluminum and silicon oxides in decreasing the runoff, soil loss and runoff coefficient, and nano materials was better than coarse oxides for decreasing the runoff and soil loss.

Keywords: Soil loss, Nano-aluminum oxide, Nano silicon oxide, Amendments, Runoff

* Corresponding Author; Email: hemami@um.ac.ir