

## تأثیر پذیری مؤلفه‌های رواناب از کاربرد سطحی نانوسیلیکا

سیده صبا موسوی فر<sup>۱\*</sup>، سید حمیدرضا صادقی<sup>۲</sup> و نادر بهرامی فر<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی (نویسنده مسئول) گروه مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی، مازندران ([Saba.razani@yahoo.com](mailto:Saba.razani@yahoo.com))

۲- استاد گروه مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی، مازندران ([Sadeghi@modares.ac.ir](mailto:Sadeghi@modares.ac.ir))

۳- استادیار گروه محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی، مازندران ([Nbahramifar@yahoo.com](mailto:Nbahramifar@yahoo.com))

### چکیده

با توجه به اهمیت حفاظت خاک و جلوگیری از تولید رواناب و فرسایش، استفاده از افزودنی‌های زیست‌سازگار برای مهار رواناب و هدررفت خاک حائز اهمیت است. در این خصوص استفاده از ذرات نانو طبیعی و زیست‌سازگار و با حداقل اختلال در سامانه‌های طبیعی از قبیل نانو ذرات سیلیکا برای حفظ خاک و آب مناسب به نظر می‌رسد. با وجود این‌که تاکنون گزارش مستند در این خصوص ارائه نشده است، لذا پژوهش حاضر با هدف تأثیر میزان سه گرم بر مترمربع نانوسیلیکا بر مهار مؤلفه‌های رواناب برنامه‌ریزی شد. نتایج این پژوهش حاکی از اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد بین شاهد و تیمار نانوسیلیکا بر کاهش میزان رواناب کل و ضریب رواناب و به ترتیب به میزان ۸۰/۰۲ و ۷۹/۵۷ درصد رواناب بود. حال آن‌که اختلاف زمان شروع رواناب بین شاهد و تیمار نانوسیلیکا معنی‌دار نبود. نتایج حاصل می‌تواند به منظور تدوین برنامه‌های صحیح مهار رواناب با استفاده از افزودنی‌های معدنی و زیست‌سازگار مورد استفاده قرار گیرد.

**واژه‌های کلیدی:** بارش- رواناب، شبیه‌ساز باران، کرت‌های آزمایشی، مدیریت رواناب

## مقدمه

رواناب به آن قسمت از نزولات جوی گفته می‌شود که به صورت جریان سطحی یا زیر سطحی به طرف آبراهه‌ها، رودخانه‌ها، دریاها و اقیانوس‌ها حرکت می‌کنند (علیزاده، ۱۳۸۸). از آنجا که عدم مدیریت منابع آب در کشور خسارت‌های جبران ناپذیر به منابع آب و خاک وارد کرده است، مدیریت کمی و کیفی منابع آب، بیش از پیش مورد توجه واقع شده است. یکی از روش‌های کاهش رواناب، استفاده از اصلاح‌گرها<sup>۱</sup>، تثبیت‌کننده‌ها<sup>۲</sup> و افزودنی‌های<sup>۳</sup> خاک از قبیل مالچ‌های با منشأ طبیعی و مصنوعی (Awad و همکاران، ۲۰۱۲). (Sadeghi و همکاران، ۲۰۱۶). و پسماندهای معادن، مراکز صنعتی و کشاورزی، مالچ کاه و کلش، کود حیوانی، زغال زیستی و پلی‌آکریل‌آمید است (صادقی و همکاران، ۱۳۹۲). (Sadeghi و همکاران، ۲۰۱۵). (Gholami و همکاران، ۲۰۱۳). (Sojka و Entry، ۲۰۰۰) در این خصوص استفاده از نانوذرات<sup>۴</sup> طبیعی و زیست‌سازگار و با حداقل اختلال در سامانه‌های طبیعی از قبیل نانو سیلیکا برای حفظ خاک و آب مناسب است. نانو سیلیکا شامل مجموعه‌ای از ذرات کوچک  $\text{SiO}_2$  است که از طریق پیوندهای کووالانسی و هیدروژنی به یکدیگر متصل شده و ذرات بزرگ‌تری را تشکیل می‌دهند. مزیت اصلی نانوسیلیکا در مقایسه با سیلیس، سطح ویژه بالای این ماده است که باعث می‌شود در بستر مورد استفاده بر هم کنش بیش‌تری از خود نشان دهد. (Green و همکاران، ۲۰۰۳). پژوهش‌هایی اثر نانوذرات بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک همراه با سیمان را بررسی کردند و طی این پژوهش‌ها، تأثیر نانوسیلیکا در افزایش چسبندگی سنگ‌دانه‌ها و پر کردن حفره‌های بسیار ریز بتن تأیید شد و افزودند که نانوسیلیکا ساختار سیمان را یکنواخت‌تر کرده و تعداد حفرات را نیز کاهش می‌دهد. (Ji و همکاران، ۲۰۰۹). بر همین اساس در پژوهش حاضر با توجه ضرورت کاربرد افزودنی‌های با حداکثر اثربخشی و حداقل محدودیت‌های فنی و اجرایی در مهار هدررفت آب، نقش کاربرد نانوسیلیکا به عنوان یک افزودنی معدنی و زیست‌سازگار در مهار رواناب در مقیاس کرت کوچک و تحت شرایط شبیه‌ساز باران مورد بررسی قرار گرفت.

## ۱- مواد و روش‌ها

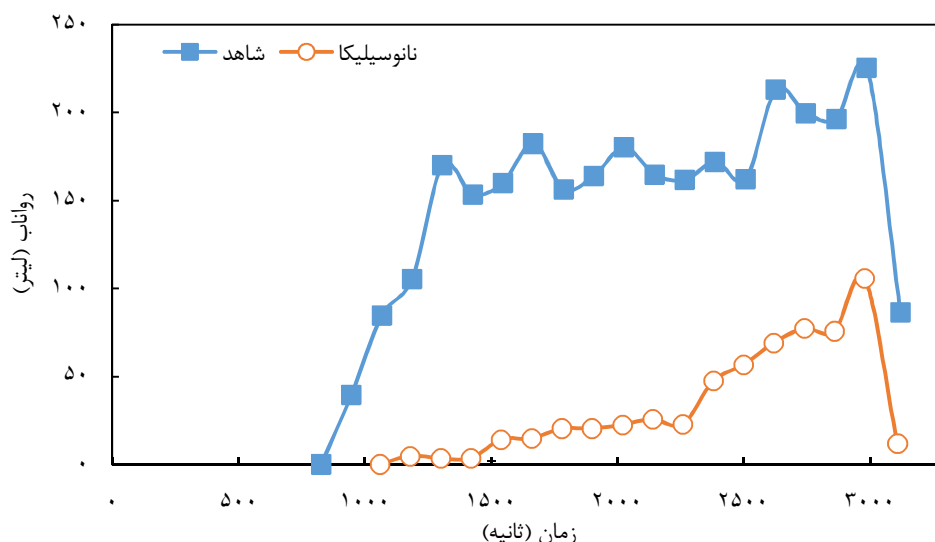
خاک مورد پژوهش از حواشی جاده‌ی مرزن‌آباد-کندلوس به دلیل وجود تشکیلات و خاک حساس به فرسایش تهیه شد و برای آماده‌سازی به آزمایشگاه شبیه‌ساز باران دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس منتقل شد. ابتدا خاک انتقال داده شده هوا خشک و بقایای گیاهی و سنگ و سنگ‌ریزه آن حذف و سپس از الک چهار میلی‌متری عبور داده شد. در این پژوهش از کرت‌های کوچک مکعبی به ابعاد ۰/۵ متر طول، ۰/۵ متر عرض و حجم کلی ۰/۱۲۵ مترمکعب و قابل استقرار روی چهارپایه‌های فلزی با شیب حدود ۲۰ درصد و متناسب با منطقه خاک مادری در محل آزمایشگاه شبیه‌ساز باران و فرسایش خاک دانشگاه تربیت مدرس استفاده شد. قبل از انتقال خاک به کرت‌ها، برای شبیه‌سازی بهتر شرایط طبیعی خاک، هر کدام از کرت‌ها تا عمق ۳۵ تا ۴۰ سانتی‌متر از پوکه معدنی به‌عنوان لایه زه‌کش پر شده و خاک به ضخامت حدود ۱۳ سانتی‌متر در بخش بالایی کرت‌ها قرار داده شد، به‌طوری که سطح نمونه خاک با سطح سرریز کرت‌ها یکسان بود. سپس خاک تا رسیدن به جرم مخصوص ظاهری نمونه دست نخورده مورد مطالعه غلتک زده شد. به‌منظور دستیابی به جرم مخصوص مشابه با حالت طبیعی (۱/۱۵ تا ۱/۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب) خاک به‌صورت لایه لایه در داخل کرت‌ها قرار داده شد. سپس کوبیدگی لازم توسط غلتک دستی کوچک و تا رسیدن به جرم مخصوص ظاهری نمونه‌ی دست نخورده صورت گرفت. پس از این مرحله به‌منظور تأمین شرایط متوسط رطوبت پیشین خاک در منطقه مادری، حدود ۲۴ ساعت تحت شرایط اشباع از کف قرار گرفته و سپس به مدت ۲۴ ساعت دیگر رها شده تا به‌حالت شرایط رطوبتی مزرعه برسد. (Sadeghi و همکاران، ۲۰۱۵). برای انجام آزمایش از تیمار شاهد (بدون نانوسیلیکا) و تیمار با مقدار سه گرم بر مترمربع نانوسیلیکا استفاده شد. نانوسیلیکا به‌شکل پودری با استفاده از الک دستی کوچک با توزیع و پراکنش یکنواخت و بدون غلتک زدن و مشابه با شرایط واقعی اجرا و روی سطح کرت‌های آزمایش پاشیده شد. در نهایت به‌لحاظ پخش همگن ماده در خاک و به‌لحاظ قابل اجرا بودن در عرصه، بعد

1 Conditioners  
2 Stabilizers  
3 Amendments  
4 Nano-particles

از گذشت ۲۴ ساعت از زمان پاشیده شدن نانوسیلیکا، بارندگی روی کرت‌ها اجرا و نمونه برداری انجام شد. شبیه‌سازی باران با شدت ۵۰ میلی‌متر بر ساعت و با دوام ۵۰ دقیقه و متناسب با رگبارهای غالب موجود در منطقه خاک مادری صورت گرفت. آزمایش‌ها در سه تکرار انجام و میزان رواناب خروجی از کرت‌ها اندازه‌گیری شد. برای تهیه بانک داده‌ای و انجام تجزیه و تحلیل آماری از محیط Excel و SPSS21 و از آزمون t نیز برای مقایسه میانگین گروه‌ها استفاده شد.

## ۲- نتایج و بحث

مقادیر رواناب سطحی طی وقایع شبیه‌سازی اندازه‌گیری و نتایج مربوطه در شکل ۱ نشان داده شده است. تحلیل نتایج شکل ۱ نشان می‌دهد که مقدار رواناب کل در کرت‌های شاهد و تیمار شده با سه گرم بر مترمربع نانوسیلیکا به ترتیب ۲۹۷۶/۷ و ۵۹۴/۷ میلی‌لیتر بود. نتایج آزمون t نیز در جدول ۱ خلاصه شده است. نتایج آماری داده‌های حجم رواناب نشان داد که بین تیمار شاهد و تیمار سه گرم بر مترمربع نانوسیلیکا اختلاف معنی‌دار ( $p < 0.035$ ) وجود داشت. به‌نحوی که میزان حجم و ضریب رواناب را به ترتیب ۸۰/۰۲ و ۷۹/۵۷ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داد. حال آن‌که داده‌های زمان شروع رواناب نشان داد که تأثیر تیمار سه گرم بر مترمربع نانوسیلیکا بر زمان شروع رواناب غیر معنی‌دار ( $p > 0.05$ ) بود.



شکل ۱- تغییرات میانگین رواناب خروجی از کرت‌های آزمایشی شاهد و تیمار شده با نانوسیلیکا طی وقایع شبیه‌سازی شده باران

جدول ۱- نتیجه آزمون t برای مقایسه میانگین مؤلفه‌های رواناب تیمار شاهد و تیمار نانوسیلیکا

متغیر مورد بررسی	t	F آماره	سطح معنی‌داری
زمان شروع رواناب	-۲/۲۷	۰/۴۳	۰/۵۴۵
رواناب کل	۸/۹۰	۱۰/۰۸	۰/۰۳۴
ضریب رواناب	۸/۹۵	۱۰/۱۸	۰/۰۳۳

نتایج نشان داد که استفاده از نانوسیلیکا بر مهار رواناب بوده است. دلیل این امر را می‌توان چنین استنباط کرد که کاربرد سطح سه گرم بر مترمربع نانوسیلیکا ضمن ایجاد خاک‌دانه‌های مناسب (Wang و Huang، ۲۰۱۶). مانع ایجاد لایه چسبنده و نفوذناپذیر در سطح خاک و طبیعتاً افزایش میزان نفوذپذیری این تیمار نسبت به تیمار شاهد شده است. از طرفی می‌توان گفت ذرات نانوسیلیکا به دلیل بالا بودن سطح ویژه بسیار بالا (تدین و همکاران، ۱۳۹۰). (Sanchez و Sobolev، ۲۰۱۰) قابلیت جذب آب بالایی دارند و با افزودن میزان

مشخصی از نانوسیلیکا، فضایی برای جذب آب ایجاد شده و کاهش میزان رواناب را به همراه داشته است. با استفاده از نتایج پژوهش حاضر می توان اظهار داشت که تیمار نانوسیلیکا سه گرم بر مترمربع، عملکرد قابل قبولی در بهبود مؤلفه های رواناب داشته است. در مجموع، استفاده از نانوسیلیکا به عنوان نوعی از افزودنی های غیرزیستی و زیست سازگار، می تواند راه کاری نوین، کارآ و مؤثر در حفاظت منابع خاک و آب باشد. اگرچه انجام مطالعات تکمیلی بیش تر برای جمع بندی های کامل ضروری است.

## منابع

- تدین، محسن، خانزادی، مصطفی، خزائنی، گرشاسب، (۱۳۹۰). بررسی مکانیزم های تاثیر نانو ذرات سیلیس در بهبود خواص مکانیکی بتن مطالعه ریز ساختارها، تحقیقات بتن، جلد چهارم، شماره ۲، گیلان.
- صادقی، سید حمیدرضا، حزباوی، زینب، یونسی، حبیب اله، بهزادفر، مرتضی، (۱۳۹۲)، روند تغییرات هدررفت خاک و غلظت رسوب بر اثر کاربرد پلی آکریل آمید. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، جلد چهارم، شماره ۲، تهران.
- علیزاده، امین، (۱۳۸۸)، فیزیک خاک، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، مشهد.
- Awad, Yasser Mahmoud, Blagodatskaya Evgenia, Ok, Yong Sik, Kuzyakov, Yakov, (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.
- Gholami, Leila, Sadeghi, Seyed Hamidreza, Homae, Mehdi, (2013), Straw mulching effect on splash erosion, runoff, and sediment yield from eroded plots, *Soil Science Society of America Journal*, 77(1).
- Green D.L., Lin J.S., Lam, Yui-Fai, Hu Mz.C, Schaefer, Dale.W, Harris, M.T, (2003), Size, volume fraction, and nucleation of stober silica nanoparticles. *Journal of Colloid and Interface Science*, 266(2): 346-358.
- Huang, Yu., Wang, Lin, (2016), Experimental studies on nanomaterials for soil improvement: a review, *Environmental Earth Sciences*, 75(6): 1.
- Ji, Toa., Mirzayee, Ammar., Zangeneh-Madar, Zahra., Zangeneh-Madar, Ebrahim, (2009), Preliminary study on water infiltration of concrete containing nano-SiO<sub>2</sub> and silicone. Pp. 7. In 8th International Congress on Civil Engineering. Iran.
- Sadeghi, Seyed Hamid Reza., Gholami, Leila., Homae, Mehdi., Khaledi Darvishan, Abdolvahed, (2015), Reducing sediment concentration and soil loss using organic and inorganic amendments at plot scale, *Solid Earth*, 6(2): 445.
- Sadeghi, Seyed Hamid Reza., Hazbavi, Zeinab., Younesi, Habibollah., Bahramifar, Nader, (2016), Trade-off between runoff and sediments from treated erosion plots and polyacrylamide and acrylamide residues, *Catena*, 142: 213-220.
- Sanchez, Florence., Sobolev, Konstantin, (2010), Nanotechnology in concrete—a review, *Construction and building materials*, 24(11): 2060-2071.
- Sojka, RE., Entry, J.A, (2000), Influence of polyacrylamide application to soil on movement of microorganisms in runoff water, *Environmental Pollution*, 108(3): 405-412.