



## تأثیر نانوزئولیت در کاهش روان آب خاک‌های مارنی در شیب‌های مختلف

\* مهدی بروغنی<sup>۱</sup>، سیدخلیق میرنیا<sup>۲</sup> و جلیل وهابی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد گروه آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، نور، دانشیار گروه آبخیزداری،

<sup>۲</sup> دانشگاه تربیت مدرس، نور، <sup>۳</sup> مربی پژوهشی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور

تاریخ دریافت: ۹۰/۷/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۵/۱۰

### چکیده

یکی از مشکلات بیش تر حوزه‌های آب خیز پدیده سیل خیزی می‌باشد، بنابراین کنترل این پدیده مخرب نیازمند کاهش روان آب و به عبارت دیگر افزایش نفوذپذیری خاک‌ها است. نانوتکنولوژی یکی از جدیدترین فن‌آوری‌های موجود است که به علت پتانسیل بالا و خصوصیات منحصر به فرد آن در تمام زمینه‌های علوم و تحقیقات از جمله منابع طبیعی و حفاظت خاک کاربرد دارد. در این پژوهش به بررسی تأثیر مقادیر مختلف نانوزئولیت (۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ گرم بر مترمربع) بر روی مقدار روان آب در ۳ شیب ۷، ۹ و ۱۴ درجه با استفاده از باران‌ساز FEL3 بر روی خاک مارنی پرداخته شد. آزمایش‌ها در هر خاک مارنی و در پلات با عرض ۰/۵ متر، طول ۱ متر و ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر انجام گردید. در هر آزمایش ۳۰ سانتی‌متر ارتفاع پلات به عنوان زه کش و ۱۰ سانتی‌متر بالایی آن با خاک با بافت موردنظر پر می‌شد. ماده نانوزئولیت به سطح خاک اضافه شدند. سپس نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه تحت بارش ۹۰ میلی‌متر در ساعت قرار داده شد. نتایج نشان داد که هیچ‌یک از سطوح نانوزئولیت نسبت به شاهد و در ۳ شیب ۷، ۹ و ۱۴ درجه تأثیر معنی‌داری در کاهش روان آب نداشته است.

**واژه‌های کلیدی:** باران‌ساز FEL3، پلات‌های آزمایشی، تولید روان آب، خاک‌های مارنی، نانوزئولیت

## مقدمه

روان آب<sup>۱</sup> به آن قسمت از نزولات جوی گفته می‌شود که به صورت جریان سطحی و یا زیرسطحی به طرف آب‌راه‌ها، رودخانه‌ها، دریاها و اقیانوس‌ها حرکت می‌کند. (علیزاده، ۲۰۰۴). الگوی تولید روان آب را می‌توان به صورت فزونی شدت بارندگی از ظرفیت نفوذپذیری خاک و روان آب ناشی از اشباع خاک تحلیل نمود (چنگ و همکاران، ۲۰۰۸). اصلاح‌کننده خاک<sup>۲</sup> یکی از این مواردی است که می‌تواند در کاهش روان آب و افزایش نفوذپذیری مؤثر باشد. اخیراً روش‌های نوینی در تولید اصلاح‌کننده خاک‌دانه‌های خاک توسعه یافته‌اند که از طریق فن‌آوری نانو<sup>۳</sup> به دست می‌آیند (بی‌نام، ۲۰۰۶). نانوذولیت تولید شده با استفاده از فن‌آوری نانو دارای ساختاری متشکل از شبکه سه‌بعدی بی‌پایانی از چهاروجهی‌های  $\text{SiO}_2$  و  $\text{AlO}_2$  (واحد‌های آلومینوسیلیکاتی) است که توسط اتم‌های اکسیژن به هم متصل شده‌اند. ساختمان نانوذولیت به گونه‌ای است که دارای فضای متخلخل زیادی است و در نتیجه می‌توان به عنوان جاذب آب مورد استفاده قرار داد (لارسن، ۲۰۰۷). در زمینه کاربرد مواد مختلف در کاهش روان آب مطالعات زیادی صورت گرفته اما هیچ‌گونه مطالعه‌ای در ارتباط با فن‌آوری نانو در حفاظت آب و خاک صورت نگرفته است.

ژوابین و ژاندین (۲۰۰۱) مشخص نمودند که خاک دارای ذولیت نفوذ آب در خاک را بین ۲۰-۷ درصد در شیب ملایم و در شیب‌های تند ۳۰ درصد افزایش داد. همچنین بررسی‌های پژوهش‌گران یاد شده نشان می‌دهد که رطوبت  $1/8-0/4$  درصد در شرایط بسیار خشک و بین ۱۵-۵ درصد در شرایط معمولی افزایش داشته است. خاک مورد آزمایش از نوع ماری بود. اراضی ماری با گسترش زیاد در نواحی زاگرس، ایران مرکزی و البرز، سطح وسیعی از کشور را به خود اختصاص داده‌اند (فیض‌نیا و همکاران، ۲۰۰۸). واحد‌های ماری در حوزه‌های آب‌خیز دارای بیش‌ترین میزان روان آب و رسوب می‌باشند (حسن‌زاده‌نقوی و همکاران، ۲۰۰۹). در این پژوهش برای اولین بار از فن‌آوری نانو (نانوذولیت) در کاهش روان آب مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به وسعت زیاد نهشته‌های ماری در بیش‌تر نقاط کشور و حساسیت بالا این تشکیلات نسبت به فرسایش انتخاب شیوه‌ای مناسب و سازگار با طبیعت اجتناب‌ناپذیر می‌باشد، بنابراین هدف از این پژوهش بررسی تأثیر مقادیر مختلف نانوذولیت (۰، ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ گرم در مترمربع) در کاهش روان آب در ۳ شیب ۷، ۹ و ۱۴ درجه در شدت بارندگی ۹۰ میلی‌متر در ساعت با استفاده از باران ساز FEL3 بود.

- 1- Run Off
- 2- Soil Conditioner
- 3- Nano Technology

## مواد و روش‌ها

محل نمونه برداری خاک مورد آزمایش، ۴۰ کیلومتری اتوبان تهران- قم و شیب محل نمونه برداری بین ۱۵-۵ درصد بود. نمونه خاک از عمق ۱۰ سانتی متری سطح خاک برداشت و به پژوهشگاه حفاظت خاک کشور انتقال داده شد.

باران‌ساز مورد استفاده در این آزمایش، مدل FEL3 دارای ارتفاع ۲/۶۵ متر، عرض ۲/۳ متر و طول ۱/۶ متر می‌باشد. نازل این دستگاه از نوع 1.1/H 30 است. نانوذرات زئولیتی به روش هیدروترمال، محلول شفاف و با ترکیب درصد مولی:  $(TMA)_2O (V-y) : Na_2O : 0.17 : SiO_2 (5+x)$  ( $1/1 \leq x \leq 10/8, 0/5 \leq y \leq 6/1$ )  $iPr_2O$  :  $3/00$  :  $H_2O$  ۳۸۹ سنتز شد. در این روش، ابتدا آلومینیوم تری- ایزوپروکساید، آب و هیدروکسید سدیم آب‌دار (۱ M, p.A., MERCK) مخلوط شده و سپس نصف TMAOH (۹۷/۵ درصد، ACROS .GC) به مخلوط یاد شده اضافه گردید. نصف باقی‌مانده TMAOH به مقدار مشخصی از سیلیکای کلئیدی افزوده شد. سپس دو مخلوط یاد شده با یکدیگر مخلوط شده، پس از یک شبانه‌روز به اتوکلاو اضافه شد. اتوکلاو یاد شده در دمای ثابت ۸۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۸ روز درون آن قرار گرفت. پس از پایان این مدت کریستال‌های تولید شده از محلول سنتز توسط سانتریفیوژ با دور ۱۵۰۰۰rpm جدا شد. عمل شست و شو کریستال‌های یاد شده در آب مقطر سپس سانتریفیوژ مجدد آن برای ۳ بار انجام شد. به منظور حذف طاق‌ساز آلی TMAOH از درون شبکه کریستالی زئولیتی، ۲ گرم از نمونه زئولیتی را در ۱۰۰ میلی‌متر از محلول نیترات سدیم ۱ مولار مخلوط می‌کنیم. عمل تبادل یون در ۸۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۱۰ ساعت اجرا شد. در پایان بعد از شستن نمونه‌ها، نانوزئولیت‌های سدیم فرم توسط سانتریفیوژ دور بالا جدا گردید و در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد (میتوا و همکاران، ۲۰۰۲). برای انجام این آزمایش‌ها از پلات‌هایی با ابعاد  $100 \times 50 \times 40$  سانتی‌متر استفاده شد. نمونه خاک پس از انتقال به آزمایشگاه و خشک شدن در معرض هوا، از الک ۴ میلی‌متری عبور داده شد. سپس مقداری از این خاک در پلات باران‌ساز با کف زه‌کشی با خصوصیات ۲۰ سانتی‌متر قلوه‌سنگ و شن بزرگ با ابعاد متوسط ۱۰-۵ سانتی‌متر و ۱۰ سانتی‌متر شن ریز با ابعاد متوسط ۵-۲ سانتی‌متر یکسان گردید. در نتیجه به ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر خاک در پلات ریخته شد. مقدار ۵۰۰ میلی‌لیتر نانوزئولیت به اندازه ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ گرم در مترمربع به‌طور یکنواخت به سطح نمونه‌ها اضافه شد. برای هر تیمار ۳ تکرار در نظر گرفته شد. تیمار شاهد نیز با اضافه نمودن ۵۰۰ میلی‌لیتر آب آماده گردید. سپس نمونه‌ها را در معرض باران با شدت ۹۰ میلی‌متر

در ساعت به مدت ۳۰ دقیقه در شیب‌های ۷، ۹ و ۱۴ درجه قرار داده و در پایان بارندگی روان‌آب خارج شده از انتهای پلات باران‌ساز جمع‌آوری و اندازه‌گیری گردید. بعد از هر آزمایش، خاک و قسمتی از زه‌کش بالایی برداشته شد. برای انجام آزمایش‌های بعدی، زه‌کش و خاک مانند شرایط اول آماده گردید و دوباره مراحل بالا تکرار شد. یعنی برای هر شیب ۱۲ آزمایش و در مجموع ۳۶ آزمایش انجام گرفت (سپاس‌خواه و جهرمی، ۲۰۰۶).

### نتایج

**مشخصات خاک مورد آزمایش:** خصوصیات خاک مورد آزمایش در آزمایشگاه خاک پژوهشگاه تعیین شد و به اختصار در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- خصوصیات خاک مورد آزمایش.

ماده آلی (درصد)	آهک (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	pH	توزیع اندازه ذرات		
				سیلت	رس	لوم
۰/۳۳۳	۷/۰۳	۱۶/۹۶	۷/۵۲	۳۴/۸	۱۷/۲	۴۸/۰

**نتایج شیب‌های مختلف:** جدول‌های ۲ و ۳ تحلیل آماری به دست آمده از تأثیر نانوزئولیت در کاهش روان‌آب و میانگین میزان روان‌آب در شیب‌های مختلف را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود مقادیر مختلف نانوزئولیت (۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ گرم در مترمربع) در کاهش روان‌آب در شیب ۷، ۹ و ۱۴ درجه نسبت به تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری را نداشته است.

جدول ۲- مشخصات آماری به دست آمده از اندازه‌گیری روان‌آب در تیمارهای مختلف نانوزئولیت.

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی‌داری
مقدار	۴۴۴۳۱۸/۷۵	۳	۱۴۸۱۰۶/۲۵	۰/۱۲	۰/۹۵*
شیب	۲۲۷۴۶۲/۵۰	۲	۱۱۳۷۳۱/۲۵	۰/۹۲	۰/۴۱*
مقدار × شیب	۵۹۶۰۱۳۷/۵۰	۶	۹۹۳۳۵۶/۲۵	۰/۷۹	۰/۵۸*
خطا	۷ <sup>۱</sup> × ۲/۹۸	۲۴	۱۲۴۳۵۳۹/۵۸		

\* غیرمعنی‌دار در سطح ۹۵ درصد.

جدول ۳- میانگین میزان روان آب (میلی لیتر) در شیب های مختلف به تفکیک مقدار نانوزئولیت.

تعداد داده	انحراف معیار	میانگین (میلی لیتر)	شیب (درجه)	مقدار (گرم در مترمربع)
۳	۹۰	۱۰۹۹۰	۷	شاهد
۳	۶۴۰	۱۰۳۵۰	۹	
۳	۱۱۶۵	۱۱۶۵	۱۴	
۹	۸۳۶	۱۰۹۵۲	میانگین	
۳	۱۱۵	۱۱۱۱۵	۷	۰/۲
۳	۱۶۶۰	۱۱۱۸۰	۹	
۳	۲۰۵۵	۱۰۳۸۵	۱۴	
۹	۱۳۷۶	۱۰۸۹۳	میانگین	
۳	۵۵۰	۱۰۱۰۰	۷	۰/۴
۳	۳۳۵	۱۰۲۱۵	۹	
۳	۱۱۳۵	۱۱۶۵۵	۱۴	
۹	۹۹۴	۱۰۶۵۷	میانگین	
۳	۶۹۰	۱۰۶۶۰	۷	۰/۶
۳	۱۴۲۵	۱۰۶۱۵	۹	
۳	۱۳۹۵	۱۱۱۴۵	۱۴	
۹	۱۰۸۵	۱۰۸۰۷	میانگین	
۳	۵۶۰	۱۰۷۱۶	۷	میانگین کل
۳	۱۰۵۶	۱۰۵۹۰	۹	
۳	۱۳۶۶	۱۱۱۷۵	۱۴	
۹	۱۰۴۹	۱۰۸۲۷	میانگین	

### بحث و نتیجه گیری

نتایج بیانگر آن است که مقادیر مختلف نانوزئولیت (۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ گرم در مترمربع) در کاهش روان آب در خاک در شیب های ۷، ۹ و ۱۴ درجه با شدت بارندگی ۹۰ میلی متر در ساعت نسبت به تیمار شاهد تفاوت معنی داری را نشان نمی دهد. این پژوهش با نتایج پژوهش های ژوابین و ژاندین (۲۰۰۱) که از زئولیت برای کنترل روان آب استفاده کردند، انطباق ندارد. در این پژوهش از نانوزئولیت استفاده شده است این ماده کاملاً طبیعی می باشد و در نتیجه مشکل زیست محیطی ندارد. این ماده بر خلاف مواد شیمیایی هیچ گونه واکنشی با آب نمی دهد و جاذب آب بودن این ماده به علت ساختمان

متخلخل آن می‌باشد که در این فضای متخلخل آب قرار می‌گیرد. در نتیجه با اشباع شدن این فضای متخلخل، ماده کارایی خود را از دست می‌دهد و برای این‌که بتواند آب را دوباره جذب کند باید آب موجود در فضای متخلخلش را از دست بدهد که این از ویژگی‌های منفی این ماده است. برای این‌که بتوان از این ماده در کاهش روان‌آب مورد استفاده قرار داد باید مقادیر بیش‌تری استفاده شود تا خلا به‌دست آمده از واکنش ندادن این ماده با آب جبران شود. با توجه به این‌که فن‌آوری نانو، فن‌آوری نوپایی هست و امکانات آن در کشور در این زمان ناچیز می‌باشد در نتیجه هزینه به‌دست آمده از تولید این مواد بالا می‌باشد. امید است با پیشرفت این علم بتوان به‌طور گسترده در رفع مشکلات منابع طبیعی کشور به‌ویژه در زمینه کنترل روان‌آب و نفوذپذیری مورد استفاده قرار داد.

### جمع‌بندی نهایی

نتایج بیانگر آن است که مقادیر مختلف نانوذولیت (۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ گرم در مترمربع) در کاهش روان‌آب در خاک ماری در شیب‌های ۷، ۹ و ۱۴ درجه با شدت بارندگی ۹۰ میلی‌متر در ساعت نسبت به تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. علت این‌که این ماده در کنترل فرسایش مؤثر نبوده مقدار کم نانوذولیت استفاده شده و همچنین واکنش ندادن نانوذولیت با آب و خاک می‌باشد.

### پیشنهاد

نانوتکنولوژی علم نوپایی است که در علوم مختلفی از جمله منابع طبیعی و حفاظت خاک کاربرد دارد. با توجه به این‌که این پژوهش اولین پژوهش در زمینه کاربرد مواد نانو در حفاظت خاک و کاهش روان‌آب در کشور می‌باشد و با توجه به اهمیت و کاربرد بالای این علم در علوم مختلف، در نتیجه پیشنهاد می‌شود که پژوهش‌های بیش‌تری در این زمینه انجام شود.

### منابع

1. Alizade, A. 2004. Soil physics. Tehran University, Press, 440p. (In Persian)
2. Anonymous. 2006. Soil bind and revegetation composition and methods of making and using such composition, 5-27, available at: <http://patft.uspto.gov/netahtml/PTO/search-bool.html>.
3. Cheng, Q., Ma, W., and Cai, Q. 2008. The Relative Importance of Soil Crust and Slope Angle in Runoff and Soil Loss. A Case Study in the Hilly Areas of the Loess Plateau, North China. *Geo. J.* 71: 117-125.

4. Feiznia, S., Heshmati, M., Ahmadi, H., and Ghodosi, J. 2008. Investigation of gully erosion in marl Agha-Jari formation in Zagross (Case study: Ghasreshirin, Kermanshah), *J. Cons. Res. Natur. Resour.* 74: 32-40. (In Persian)
5. Hassanzade naghavi, M., Feiznia, S., Ahmadi, H., Peyrovan, H.R., and Ghayomean, J. 2009. Investigation effect chemical and physical characteristic marl on the measure sediment with use rainfall simulator physical model, *J. Geo. Ins. Iran engine.* 1: 35-48. (In Persian)
6. Larsen, S. 2007. Nanocrystalline zeolites and zeolite structures: synthesis, characterization and Application, *J. Phys. Chem. C.* 111: 18464.
7. Mintova, S., Reinelt, M., Metzger, T.H., Senker, J., and Bein, T. 2002, Pure silica BETA colloidal zeolite assembled in thin films. *The Royal Society of Chemistry*, Pp: 326-327.
8. Sepaskhah, A.R., and Bazrafshan-Jahromi, AR. 2006. Controlling runoff and erosion in sloping land with polyacrylamide under a Rainfall Simulator. *Biosystems Engineering*, 93: 474-497.
9. Xiubin, H.E., and Zhandin, H. 2001. Zeolite application for enhancing water infiltration and retention in loess soil. *Institute of Soil and Water Conservation, Chin. Acad. Sci. Resour. Con. and Recycl.* 34: 45-52.



## **Effect of Nanozeolite on decreasing runoff using FEL3 rainfall simulator at different slope**

**\*M. Boroghani<sup>1</sup>, S.Kh. Mirnia<sup>2</sup> and J. Vahhabi<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>M.Sc. Student, Dept. of Watershed Management, Tarbiat Modares University, Nour,

<sup>2</sup>Associate Prof., Dept. of Watershed Management, Tarbiat Modares University, Nour,

<sup>3</sup>Research Instructor, Soil Conservation and Watershed Management Institute

Received: 10/10/2011; Accepted: 07/31/2012

### **Abstract**

Flooding phenomena accounts as a serious problem that affects most of watersheds so that the control of this catastrophic phenomena requires reduction of runoff and increasing soil infiltration. Nanotechnology is one of the newest technologies that because of its high potential and unique characteristics, it has extensive applications in all of aspects of science such as natural resources and soil conservation. This study has been done in order to assess the effects of different percentages of Nanozeolite (0.2, 0.4, and 0.6 gram per square meter) on marl soils in several slope degrees (7, 9 and 14 degree) using FEL3 rainfall simulator. The plot was used in this study had 0.5 meter in width, 1 meter in length and 0.4 meter in height. In each of plots 0.3 meter of height was dedicated for draining and the plots were filled with 0.1 meter of marl soil. After adding Nanozeolite to the soil surface, the samples were influenced by 90 millimeters per hour rainfall intensity during 30 minutes. Results showed that all of the Nanozeolite levels (0, 0.2, 0.4 and 0.6) in the three slope angle (7, 9 and 14 degrees) had not significant differences in decreasing runoff in comparison with control treatment.

**Keywords:** FEL3 rainfall simulator, Runoff generation, Experimental plots, Nanozeolite, Marly soil

---

\* Corresponding Author; Email: mboroghani@yahoo.com