Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Water and Soil Conservation

Print ISSN: 2322-2069
Online ISSN: 2322-2794

Effect of Compost and Zeolite at Various Time Periods on Amount of Soil Splash

Niusha Mohabbati[1] | Leila Gholami[*2] | Ataollah Kavian[3] | Fatemeh Shokrian[4]

1. M.Sc. Graduate, Dept. of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran. E-mail: niushamohabati73@gmail.com
2. Corresponding Author, Associate Prof., Dept. of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran. E-mail: l.gholami@sanru.ac.ir
3. Professor, Dept. of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran. E-mail: a.kavian@sanru.ac.ir
4. Assistant Prof., Dept. of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran. E-mail: f.shokrian@sanru.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 10.11.2021
Revised: 12.09.2021
Accepted: 03.09.2022

Keywords:
Soil Amendments,
Soil Erosion,
Splash Erosion,
Time Periods,
Up and Down-Direction Splash

ABSTRACT

Background and Objectives: Splash erosion is the first stage of water erosion process, which results of the particles detachment of soil surface cause by raindrops. One of the efficient methods for reducing splash erosion is the usage of soil conditioners. Soil conservation at splash stage can play an effective role in reducing detachment of soil particles, increasing infiltration and ultimately reducing soil loss. The general purpose of the present study was to changes investigation of the total, net, upstream and downstream splash using conditioners of compost, zeolite and their composition. Zeolite with suitable granolometery cause the improvement of hydrophysical characteristics of soil. In addition, the compost can cause the improvement the structural characteristics of soil. Therefore, in this study used from two conditioners of zeolite and compost with amounts of 5.8 and 7.1 g cm^{-2}, respectively, and their combination for changes investigation of total splash, net splash, upstream and downstream splash with soil texture of loamy-sandy.

Materials and Methods: The used soil was collected from the depth of 0 to 20 cm and was transferred to the laboratory. The study was performed on scale of splash cups and laboratory conditions using the rainfall simulator at rainfall intensity of 80 mm h^{-1}. Also changes of time periods evaluated for durations of 24 h, two, four, eight, 16 and 32 week. Splash erosion measured by collecting the splash particles during each rainfall and then drying at temperature of 105 °C. Physical and chemical characteristics of soil determined using current methods of laboratory. Data of splash erosion analyzed using SPSS software, Duncan test and GLM.

Results: The experiments showed that the application of the combination of compost and zeolite on changing the soil splash was the more than their separation effects. The results showed that the combination of compost and zeolite of total splash was with rates of 68.93, 15.53, 49.51, 38.83, 38.83 and 77.66%, respectively, and net splash of 67.27, 10.9, 56.36, 32.72, 47.27 and 72.72% at time periods of 24 h, two, four, eight, 16 and 32 week, respectively. Also, the changes percent of splash changes for the composition of compost and zeolite at the upstream of splash cup observed with amounts of 70.83, 20.83, 83.66, 45.41, 29.16 and 83.33%, respectively, and downstream was amounts of 68.35, 13.92, 51.89, 36.70,

41.77 and 75.94%, respectively. The effect study of time periods showed that the time periods of 32 and eight week had the more reduce at the amount of splash erosion. The statistical results showed that the effect of time period and treatment and their interaction on reducing the total splash and net splash was significant at the level of 99%. Also, the effect of time period and the interaction effect of time period and treatment on reducing the upstream and downstream splash was significant at level of 99%.

Conclusion: Adding these conditioners to the soil cause the reducing the soil splash erosion. The time effect also caused the more effect of the conditioners for reducing the amount of slash erosion. Among the used conditioners, the effect of compost conditioner was more than two other conditioners on reducing splash erosion, because this conditioner by increasing the stability and porosity of soil can bind the soil particles and thus the resistance of soil particles increase against the rainfall energy. Finally, it can be stated that the conditioners application separately and combination can be have the positive effects on decreasing soil splash that will lead to reducing soil loss at the long term.

Cite this article: Mohabbati, Niusha, Gholami, Leila, Kavian, Ataollah, Shokrian, Fatemeh. 2022. Effect of Compost and Zeolite at Various Time Periods on Amount of Soil Splash. *Journal of Water and Soil Conservation*, 28 (4), 207-224.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/jwsc.2022.19579.3503
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۶۹
شاپا آنلاین: ۲۳۲۲-۲۷۹٤

اثر کمپوست و زئولیت در دوره‌های زمانی مختلف بر میزان فرسایش پاشمانی

نیوشا محبتی[۱] | لیلا غلامی*[۲] | عطاله کاویان[۳] | فاطمه شکریان[٤]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران.
رایانامه: niushamohabati73@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران.
رایانامه: l.gholami@sanru.ac.ir

۳. استاد گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران.
رایانامه: a.kavian@sanru.ac.ir

٤. استادیار گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران.
رایانامه: f.shokrian@sanru.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۰/۰۷/۱۹
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۰/۰۹/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/۱۲/۱۸

واژه‌های کلیدی:
افزودنی‌های خاک،
پاشمان بالادست و پایین‌دست،
دوره‌های زمانی،
فرسایش پاشمانی،
فرسایش خاک

چکیده

سابقه و هدف: فرسایش پاشمانی اولین مرحله فرآیند فرسایش آبی بوده که در نتیجه جدایش ذرات سطح خاک توسط قطرات باران صورت می‌گیرد. یکی از روش‌های کارا در راستای کاهش فرسایش پاشمانی خاک سطحی استفاده از افزودنی‌های خاک است. حفاظت از خاک در مرحله پاشمان می‌تواند نقش موثری در کاهش جدایش ذرات خاک، افزایش نفوذپذیری و در نهایت کاهش هدررفت خاک داشته باشد. هدف کلی از پژوهش حاضر بررسی تغییرات پاشمان کل، خالص بالادست و پایین‌دست با استفاده از افزودنی‌های کمپوست، زئولیت و نیز ترکیب آن‌ها بود. در این بین زئولیت با دانه‌بندی مطلوب موجب بهبود خواص هیدروفیزیکی خاک می‌گردد. هم‌چنین کمپوست می‌تواند موجب بهبود خصوصیات ساختمانی خاک شود. بنابراین برای انجام پژوهش حاضر از دو افزودنی زئولیت و کمپوست با مقادیر به‌ترتیب ۰/۰۷ و ۰/۰۹ گرم بر سانتی‌مترمربع و نیز ترکیب آن‌ها برای بررسی تغییرات فرسایش پاشمانی کل، خالص، بالادست و پایین‌دست خاک دارای بافت لومی‌شنی استفاده شد.

مواد و روش‌ها: خاک مورد استفاده از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری جمع‌آوری و به آزمایشگاه انتقال داده شد. پژوهش در مقیاس فنجان‌های پاشمان در شرایط آزمایشگاهی و با استفاده از شبیه‌ساز باران در شدت ۸۰ میلی‌متر بر ساعت انجام شد. هم‌چنین تغییرات دوره‌های زمانی برای بازه‌های زمانی ۲٤ ساعت، دو، چهار، هشت، ۱٦ و ۳۲ هفته نیز ارزیابی شد. فرسایش پاشمانی با جمع‌آوری ذرات پاشمان‌یافته طی هر باران و سپس خشک کردن آن‌ها در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس برای مدت ۲٤ ساعت اندازه‌گیری شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک با

استفاده از روش‌های رایج آزمایشگاهی تعیین شدند. داده‌های فرسایش پاشمانی با استفاده از نرم‌افزار SPSS و آزمون دانکن و GLM تجزیه و تحلیل شد.

یافته‌ها: آزمایش‌ها نشان دادند که کاربرد ترکیب کمپوست و زئولیت بر تغییرات پاشمان خاک بیش‌تر از اثر آن‌ها به صورت جداگانه بود. نتایج نشان داد که ترکیب کمپوست و زئولیت با درصد تغییرات پاشمان کل به‌ترتیب ٦٨/٩٣، ١٥/٥٣، ٤٩/٥١، ٣٨/٨٣، ٣٨/٨٣ و ٧٧/٦٦ درصد و پاشمان خالص به‌ترتیب ٦٧/٢٧، ١٠/٩، ٥٦/٣٦، ٣٢/٧٢، ٤٧/٢٧ و ٧٢/٧٢ در دوره‌های زمانی ٢٤ ساعت، دو، چهار، هشت، ١٦ و ٣٢ هفته درصد بود. هم‌چنین درصد تغییرات فرسایش خاک برای بخش بالادست فنجان پاشمان برای ترکیب کمپوست و زئولیت به‌ترتیب ٧٠/٨٣، ٢٠/٨٣، ٤٥/٤١،٨٣/٦٦، ٢٩/١٦ و ٨٣/٣٣ درصد و برای بخش پایین‌دست فنجان پاشمان به‌ترتیب و ٦٨/٣٥، ١٣/٩٢، ٥١/٨٩، ٣٦/٧٠، ٤١/٧٧ و ٧٥/٩٤ درصد مشاهده شد. بررسی تأثیر دوره‌های زمانی نشان داد که در دوره‌های زمانی ٣٢ و هشت هفته بیش‌ترین کاهش در مقدار فرسایش پاشمانی مشاهده شد. نتایج آماری نشان داد که اثر بازه زمانی و تیمار و اثر متقابل آن‌ها بر کاهش پاشمان کل و پاشمان خالص در سطح ٩٩ درصد معنی‌دار بود. هم‌چنین اثر بازه زمانی و اثر متقابل بازه زمانی و تیمار بر کاهش پاشمان بالادست و پایین‌دست (به‌جز اثر متقابل بازه زمانی و تیمار بر پاشمان بالادست) در سطح ٩٩ درصد معنی‌دار بود.

نتیجه‌گیری: اضافه کردن این افزودنی‌ها به خاک باعث کاهش فرسایش پاشمانی خاک شد. هم‌چنین اثر گذشت زمان نیز باعث تأثیر بیش‌تر افزودنی‌ها برای کاهش مقدار فرسایش پاشمان گردید. در بین افزودنی‌های مورد استفاده اثر افزودنی کمپوست بر کاهش فرسایش پاشمانی بیش‌تر بود چرا که این افزودنی با افزایش پایداری و تخلخل خاک می‌تواند باعث اتصال ذرات خاک شده و در نتیجه مقاومت آن‌ها را در برابر انرژی باران افزایش دهد. در نهایت می‌توان بیان نمود که کاربرد افزودنی‌های به صورت جداگانه و ترکیبی می‌تواند تغییرات مثبتی بر کاهش پاشمان خاک داشته باشد که خود منجربه کاهش هدررفت خاک در درازمدت خواهد شد.

استناد: محبتی، نیوشا، غلامی، لیلا، کاویان، عطاالله، شکریان، فاطمه (١۴٠٠). اثر کمپوست و زئولیت در دوره‌های زمانی مختلف بر میزان فرسایش پاشمانی. *پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*، ٢٨ (۴)، ٢٢۴-٢٠٧.

DOI: 10.22069/jwsc.2022.19579.3503

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

فرسایش خاک و اثرات آن یکی از مشکلات بزرگ محیط‌زیست جهان است که موجب تخریب خاک می‌شود و تقریباً در تمامی نقاط زمین رخ می‌دهد که اثرات زیستی، فیزیکی و شیمیایی آن‌هم در درون و هم در بیرون منطقه چشم‌گیر است (۳ و ۳٦). فرسایش آبی موجب کاهش ظرفیت نگهداشت، کاهش پایداری خاکدانه و تخریب خاک می‌گردد (۲۱ و ۳٦). اولین مرحله فرآیند فرسایش آبی، فرسایش پاشمانی بوده که درنتیجه جدایش ذرات سطح خاک توسط قطرات باران صورت می‌گیرد (۱٤ و ۱۷). در مباحث مربوط به پدیده فرسایش اولین نکته قابل‌تأمل در خاک، جدا شدن ذرات خاک در اثر نیروی کنش قطرات باران و سپس رواناب سطحی از توده و یا بستر اصلی خود است (۱٦). این نوع فرسایش نتیجه بمباران سطح خاک به‌وسیله قطرات باران است که قطرات باران به هنگام برخورد به سطح خاک بدون پوشش همانند یک بمب کوچک رفتار می‌کنند، ذرات خاک را جابه‌جا و ساختمان خاک را تخریب می‌کنند (۲۲، ۲٤ و ۲۵). قطرات باران معمولاً قادر به جداسازی ذرات با قطر کم‌تر از دو میلی‌متر است و نمی‌تواند ذرات بزرگ را جابجا کنند بلکه آن‌ها را سست کرده و مستعد حمل ناشی از برخورد دیگر قطرات یا جریان رواناب می‌سازد (۲٤). اقلیم، پوشش سطحی، نوع خاک (خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک) و شیب اراضی به‌عنوان چهار عامل عمده مؤثر بر فرسایش پاشمانی در نظر گرفته می‌شوند (۳۲، ۲۸ و ۲٦). از میان اقدامات مختلف مدیریتی، لازم است روش‌هایی به کار گرفته شود که بتوان خاک را در محل خود و در اولین گام‌های تأثیر عوامل فرساینده، حفاظت نمود. با توجه به این‌که استقرار پوشش گیاهی در مراحل تخریب خاک در شرایط شدید امکان‌پذیر نیست، استفاده از افزودنی‌های خاک در امر حفاظت بسیار کاربردی است (۲۰).

پژوهش‌ها نشان داده است که یکی از گزینه‌های پیشنهادی به‌منظور جایگزینی کود شیمیایی استفاده از کمپوست است (٤ و ۳۹). انباشته شدن حجم عظیمی از زباله‌های شهری به دلیل گسترش شهرنشینی و صنعتی شدن به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه است، بنابراین در سال‌های اخیر به‌منظور کاهش مشکلات زیست‌محیطی توجه زیادی به بازیافت زباله و به‌کارگیری کمپوست حاصل در اراضی کشاورزی شده است (۲ و ۳۳). کمپوست، هوموس کلوئیدی بی‌شکل، قهوه‌ای تیره تا سیاه‌رنگی است که تحت شرایط مناسب ازنظر دما، رطوبت و تهویه و درنتیجه توالی فعالیت گروه‌های مختلف ریزساختارها به وجود می‌آید. به‌این‌ترتیب محصول این فرایند میکروبی یک کود زیستی به شمار می‌آید (۳٤). در همین راستا زئولیت نیز به دلیل داشتن تخلخل زیاد و ساختار بلوره‌ای آن بیش از ٦۰ درصد وزن خود آب را جذب می‌کند و به‌عنوان سوپرجاذب معدنی موردتوجه قرار گرفته است. زئولیت سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب به‌ویژه در خاک‌های شنی (به‌دلیل قابلیت نگهداری ضعیف آب) می‌شود (۸). طبیعت متخلخل این کانی باعث افزایش سطح ویژه و افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی آن می‌شود که این می‌تواند جذب و نگهداری آب و جذب و آزادسازی آن‌ها را افزایش دهد و موجب اصلاح خاک شود (۱، ۷، ۲۸، ۳۰). در چین نشان دادند که افزودنی خاک، مقدار پاشمان را به‌این‌ترتیب ۸/۹ و ۹۵/۲ درصد برای خاک ارغوانی و لسی و خاک سیاه کاهش داد. لیو و همکاران (۲۰۱٦) اثر شدت باران روی فرسایش پاشمانی در چین را بررسی کردند. نتایج نشان داد که با افزایش شدت بارندگی، نرخ فرسایش پاشمانی هم افزایش می‌یابد (۳۱). در ایران نیز کاویان و همکاران (۲۰۱٤) روی اثر شدت باران بر نرخ فرسایش پاشمانی کار کردند. نتایج

نشان داد که یک رابطه منطقی و ریاضی بین میزان متلاشی شدن ذرات خاک با شدت بارندگی وجود دارد. هم‌چنین نتایج نشان داد که روند افزایش شدت باران در سطح احتمال ۹۵ درصد در سطوح مختلف شدت باران تفاوت معنی‌داری بوده و با افزایش شدت باران نرخ فرسایش پاشمانی افزایش می‌یابد (۲۳). حق‌جو و همکاران (۲۰۱۷) ارزیابی اثر افزودنی پلی‌وینیل‌استات بر پایداری خاکدانه و فرسایش پاشمانی با استفاده از الک تر شرایط آزمایشگاهی را انجام دادند. نتایج بیانگر آن بود که بعد از ١٦ هفته درصد تغییرات پاشمان خالص و کل افزایش یافت. آن‌ها بیان کردند که اثر افزودنی پلی‌وینیل‌استات و فاصله‌های زمانی بر پاشمان خالص و کل به‌ترتیب در سطح ۹۵ و ۹۹ درصد معنی‌دار است. تأثیر بر پاشمان خالص در سطح ۹۵ درصد و بر پاشمان کل در سطح ۹۹ درصد دارای اثر کاهشی معنی‌دار بوده است. پایداری خاکدانه در تیمار شاهد نشان می‌دهد که دامنه قطری الک‌ها ۱۲۵، ۱۰۰، ۵۳، ۳۸ و کم‌تر از ۳۸ میکرومتر بود، این در حالی است که بعد از استفاده از افزودنی پلی‌وینیل‌استات دامنه قطری ۲۵۰ میکرومتر بعد از یک روز و دامنه قطری ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومتر بعد از ١٦ هفته اضافه گردیده است (۱۹). کاویان و همکاران (۲۰۱۹) اندازه‌گیری و مقایسه میزان فرسایش پاشمانی را تحت‌تأثیر اسیدیته و شدت باران موردبررسی قرار دادند. نتایج نشان داد در شدت‌های ٤٠ و ٦٠ میلی‌متر بر ساعت، مقدار پاشمان در تمامی تیمارهای مختلف باران اسیدی تفاوت معنی‌داری داشتند و باران اسیدی با pH برابر با ۳/۷۵، بیش‌ترین مقدار پاشمان را ایجاد کرد. درحالی‌که این تفاوت در شدت باران ۸۰ میلی‌متر بر ساعت علی‌رغم افزایش مقدار پاشمان در تیمارهای با pH ۳/۷۵ و ٤/۲۵ تفاوت معنی‌دار نشان نداد. هم‌چنین نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش شدت باران، مقدار پاشمان خاک نیز افزایش می‌یابد (۲۲). زارعی و همکاران (۲۰۲۰) اثر کود مرغی در دو مقدار پنج و ۱۰ تن بر هکتار را در بازه‌های زمانی ٢٤ ساعت، سه، شش، نه و ۱۲ ماه بر تغییرات هدررفت خاک ارزیابی نمودند. تیمار کود مرغی ۱۰ تن بر هکتار در بازه زمانی ۱۲ ماه بیش‌ترین تأثیر را برافزایش زمان شروع رواناب با مقدار ١٩/٦+ درصد، هم‌چنین بیش‌ترین میزان کاهش در ضریب رواناب و هدررفت خاک به‌این‌ترتیب با مقادیر ١٤/١١- و ١٩/٠٠- درصد را داشت. هم‌چنین اثر جداگانه بازه زمانی بر زمان شروع رواناب در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار و بر ضریب رواناب، هدررفت خاک و غلظت رسوب غیرمعنی‌دار بود (۳۷). فرومدی و همکاران (۲۰۲۰) اثر شدت باران بر تغییرات ذرات پاشمان یافته در خاک‌های منطقه نیمه‌خشک را ارزیابی کردند. بر اساس نتایج بیش‌ترین مقدار فرسایش پاشمانی در خاک لوم‌رسی و کم‌ترین مقدار در خاک لوم‌رس‌شنی بود. با افزایش شدت باران، شدت فرسایش پاشمانی افزایش یافت. در تمامی بافت‌ها (به‌جز بافت لوم) انتخاب‌پذیری ذرات سیلت در سطوح مختلف شدت باران بیش‌تر از سایر ذرات بود. در خاک لوم انتخاب‌پذیری ذرات رس بیش‌تر از ذرات سیلت بود که علت این موضوع پایین بودن مقدار ذرات رس در نمونه اولیه خاک لوم بود (۱۰).

جمع‌بندی مطالعات انجام‌شده نشان داد که تاکنون پژوهشی مبنی براثر ترکیبی کمپوست و زئولیت بر مؤلفه‌های مختلف فرسایش پاشمانی شامل پاشمان کل، خالص، بالادست و پایین‌دست در دوره‌های مختلف زمانی قبل و بعد از کاربرد آن در سطح خاک مشاهده نشده است که می‌تواند به‌عنوان نوآوری پژوهش حاضر باشد. بنابراین پژوهش حاضر باهدف بررسی تأثیر سه افزودنی کمپوست، زئولیت و ترکیب آن‌ها روی مؤلفه‌های فرسایش پاشمانی در شرایط آزمایشگاهی و درشدت باران ۸۰ میلی‌متر بر ساعت برای بازه‌های زمانی ٢٤ ساعت، دو، چهار، هشت، ١٦ و ۳۲ هفته نیز انجام شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر با استفاده از خاک سطحی جمع‌آوری‌شده از اراضی مرتعی فرسایش‌یافته در شهرستان میاندرود انجام شد. این خاک از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری جمع‌آوری و به آزمایشگاه انتقال داده شد (۱۷، ۱۸ و ۲۲). سپس در معرض هوای آزاد خشک شد (۱٤) و از الک چهار میلی‌متری عبور داده شد (۱۲). خاک منطقه با درصد شن، سیلت و رس به‌ترتیب با مقادیر ۵۲/۲۲، ۳۲/۳٦ و ۱۵/۵٤ درصد دارای بافت لومی شنی بوده و چگالی ذرات، کربن آلی، pH و EC به ترتیب ۲/٦۳ گرم بر سانتی‌مترمکعب، ۰/۱٤ درصد، ۷/۳۷ و ۰/٤۸۳ دسی‌زیمنس بر متر اندازه‌گیری شد. پس از تنظیم سامانه شبیه‌ساز باران (۲۲) و آماده‌سازی فنجان‌های پاشمان و اعمال تیمارهای کمپوست، زئولیت و ترکیب آن‌ها تحت شدت باران ۸۰ میلی‌متر بر ساعت با دوام ۱۰ دقیقه با استفاده از سامانه شبیه‌ساز باران مستقر در شرایط آزمایشگاهی قرار گرفتند.

برای انجام پژوهش حاضر از افزودنی‌های کمپوست، زئولیت و هم‌چنین ترکیب آن‌ها در فرسایش پاشمانی خاک استفاده شد. زئولیت با دانه‌بندی مطلوب موجب بهبود خواص هیدروفیزیکی خاک می‌گردد (۵). شکل ۱ کاربرد افزودنی‌ها به‌صورت جداگانه و ترکیبی را روی فنجان‌های پاشمان نشان می‌دهد. طبیعت متخلخل این کانی باعث افزایش سطح ویژه و افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی آن می‌شود که این می‌تواند جذب و نگهداری آب و جذب و آزادسازی آن‌ها را افزایش دهد و موجب اصلاح خاک شود (۱). زئولیت به صورت جامد در اندازه‌های یک تا سه میلی‌متر، رنگ سفید و مقدار ۰/۰۷ گرم بر سانتی‌مترمربع (۵) با سه سطح تکرار روی فنجان‌های پاشمان ریخته شد. زئولیت مورداستفاده از شرکت توسعه معادن سمنان خریداری شد که ویژگی‌های آنالیز شیمیایی زئولیت شامل: سدیم کلرید ($NaCl$) ۱/۳ درصد، تیتانیوم دی‌اکسید (TiO_2) ۰/۳ درصد، آلومینیوم اکسید (Al_2O_3) ۹/۵ درصد، اکسید کلسیم (CaO) ۰/۵ درصد، اکسید منیزیم (MgO) ۰/٦ درصد، سدیم اکسید (Na_2O) ۲/۷ درصد، گوگرد تری اکسید (SO_3) ۰/٤ درصد و سیلیسیم دی‌اکسید (SiO_2) ٦۳/۱ درصد است.

شکل ۱- فنجان‌های پرشده با افزودنی‌های کمپوست، زئولیت و ترکیب آن‌ها در شرایط آزمایشگاهی.

Figure 1. Filled cups with compost, zeolite conditioners and their combination at laboratory conditions.

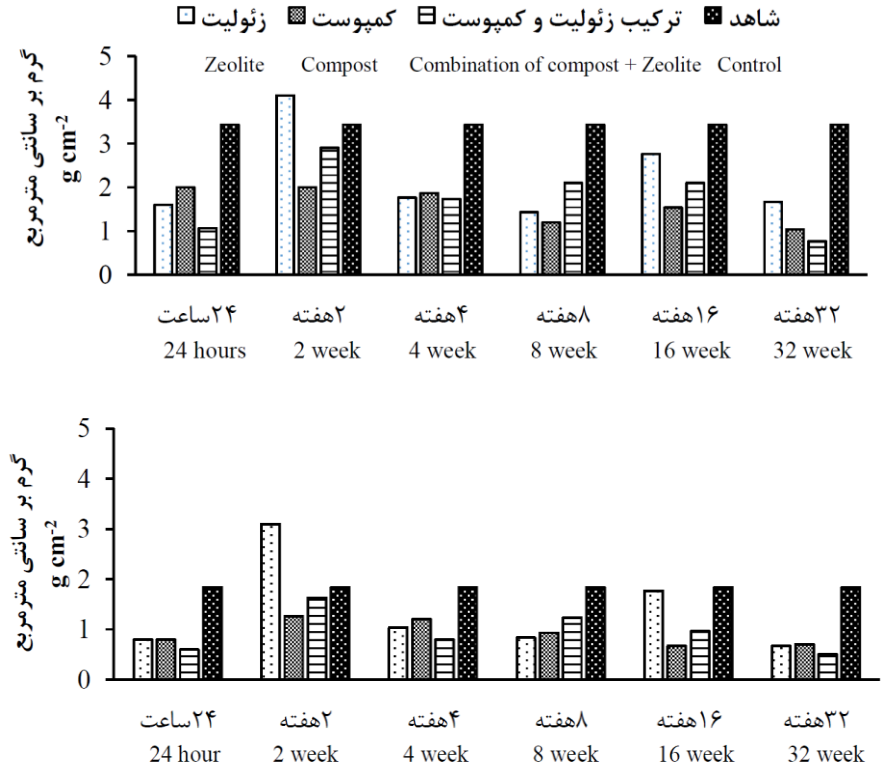
افزودنی دیگری که در پژوهش حاضر مورد استفاده قرار گرفت کمپوست به‌عنوان یک افزودنی آلی بود. کم پوست‌سازی فرآیند تجزیه بیولوژیکی برای زباله‌های آلی در شرایط هوازی یا بی‌هوازی است که توسط ریزموجودهای خاک انجام می‌شود و در آن زباله‌های آلی به ترکیبات معدنی و هم‌چنین ترکیبات آلی غنی از هوموس تبدیل می‌شوند که در جهت بهبود خصوصیات ساختمانی خاک مناسب هستند. کمپوست، هوموس کلوئیدی بی‌شکل، قهوه‌ای تیره تا سیاه رنگی است که تحت شرایط مناسب از نظر دما، رطوبت و تهویه و در نتیجه توالی فعالیت گروه‌های مختلف ریزسازواره‌ها به‌وجود می‌آید. به‌این‌ترتیب محصول این فرایند میکروبی یک کود زیستی به شمار می‌آید (۲۹). کمپوست مورداستفاده در این پژوهش کمپوست سبز تهیه‌شده در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری بود. به این صورت که زباله تر خوابگاه‌ها که شامل پسماند میوه، سبزی‌ها، تفاله چای و پوست تخم‌مرغ است را به‌صورت کپه‌ای روی زمین و به‌صورت لایه‌ای از زباله و کاه و کلش مدفون شدند تا کمپوست آماده شود. با توجه به نتایج پژوهش‌گران پیشین که به ارزیابی مقدار بهینه کمپوست پرداختند بنابراین برای بررسی تغییرات پاشمان از مقدار ۰/۰۹ گرم بر سانتی‌مترمربع روی هر فنجان پاشمان با سطح مقطع دایره‌ای استفاده شد (۱۷). ویژگی‌های کمپوست مورداستفاده در پژوهش عبارتند از: پتاسیم (K) ۰/٦۲درصد، فسفر (P) ۰/٤٦ درصد، نیتروژن (N) ۱/۳۱ درصد، هدایت الکتریکی (EC) ۱۳/۰٦، میزان اسیدی یا بازی (PH) ۷/۹۳، کربن آلی (O.C) ۱۲/۷۰ و ماده آلی (O.M) ۲۱/۸۹ است.

برای اندازه‌گیری فرسایش پاشمانی از فنجان پاشمان استفاده شد، فنجان‌های پاشمان با در نظر گرفتن طرح اولیه مورگان (۱٤) و با تغییرات اندکی در ابعاد (قطر دهانه ۲۵، قطر فنجان ۱۰ و ارتفاع دیواره ۱۰ سانتی‌متر) ساخته شد (۲۵). پس از خاتمه بارندگی، ذرات خاک‌پاشمان شده در دو جهت بالادست و پایین‌دست در داخل فنجان‌های پاشمان به تفکیک هر تیمار، به روش شستشو به داخل ظروف نشانه‌گذاری شده با کدهای تیمار و تکرار موردنظر، تخلیه سپس نمونه‌ها به مدت ۲٤ساعت به حالت سکون قرار داده شدند (۱۱، ۲۰، ۲٤ و ۳۵). سپس آب اضافی روی نمونه‌ها تخلیه‌شده و رسوب باقی‌مانده به داخل ظروف مناسب با وزن مشخص منتقل و درنهایت به‌مدت ۲٤ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس خشک و درنهایت توسط ترازو توزین شدند (۱۱). برای انجام پژوهش فنجان‌های پاشمان با کمپوست، زئولیت و ترکیب آن‌ها در سه تکرار تیمار شدند و سپس نمونه‌های پاشمان بعد از گذشت مدت‌زمان‌های ۲٤ ساعت، دو، چهار، هشت، ۱٦ و ۳۲ هفته اندازه‌گیری شد.

به‌منظور انجام کلیه تجزیه‌وتحلیل‌های آماری از نرم‌افزارهای Excel و SPSS26 استفاده شد. میانگین، ضریب تغییرات، انحراف معیار و درصد تغییرات پاشمان کل، خالص، بالادست و پایین‌دست با استفاده از افزودنی‌های مورداستفاده به دست آمد. سپس نرمال بودن داده‌ها بررسی شد و با استفاده از آزمون آماری مدل خطی عمومی (GLM) در محیط SPSS به بررسی تأثیر جداگانه و متقابل تیمارهای زئولیت، کمپوست و ترکیب آن‌ها در بازه‌های زمانی مختلف پرداخته شد.

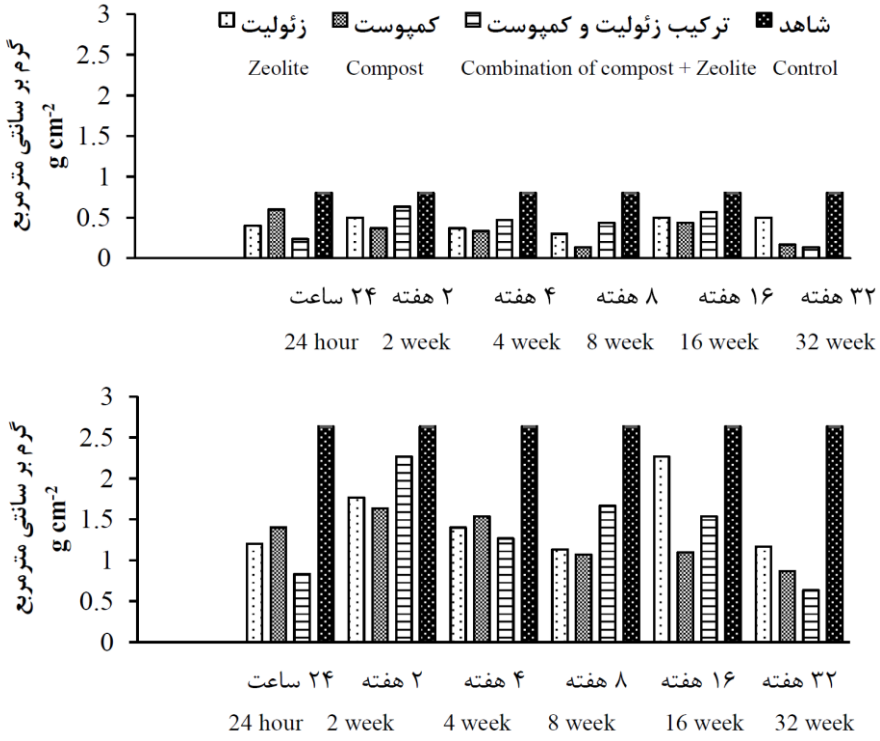
نتایج و بحث

نتایج میانگین، درصد تغییرات (((تیمار شاهد – تیمار حفاظتی)/ تیمار شاهد) * ۱۰۰) پاشمان کل، خالص، بالادست و پایین‌دست، پس از کاربرد افزودنی‌های کمپوست، زئولیت و ترکیب آن‌ها و بازه‌های زمانی ۲٤ ساعت، دو، چهار، هشت، ۱٦ و ۳۲ هفته، مورد آزمایش قرار گرفتند. شکل‌های ۲ و ۳ نتایج میانگین و شکل‌های ٤ و ٥ نتایج درصد تغییرات پاشمان کل، خالص، بالادست و پایین‌دست در قبل و بعد از کاربرد افزودنی‌های کمپوست، زئولیت و ترکیب زئولیت و برای نمونه‌ها در دوره‌های زمانی ۲٤ ساعت، دو، چهار، هشت، ۱٦ و ۳۲ هفته را نشان می‌دهند. جدول‌های ۱ و ۲ به‌این‌ترتیب نتایج آنالیز GLM و آزمون Duncan در تیمارهای شاهد، کمپوست، زئولیت و ترکیب آن‌ها در بازه‌های زمانی مورداستفاده ارائه‌شده است.



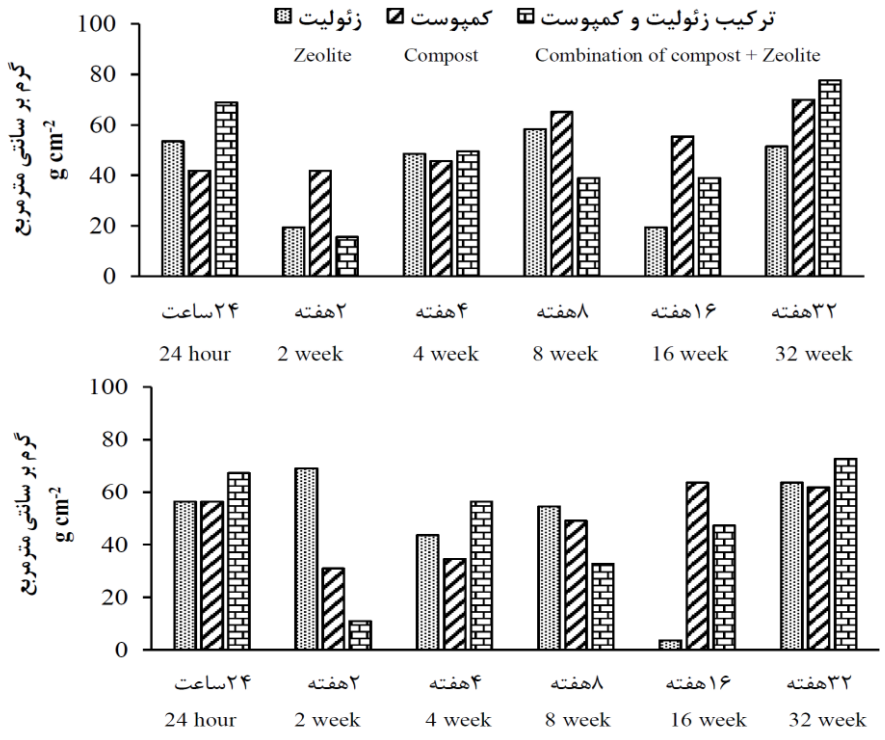
شکل ۲- مقایسه میانگین پاشمان کل (بالا) و خالص (پایین) قبل و بعد از کاربرد افزودنی‌ها در دوره‌های زمانی مورداستفاده.

Figure 2. Comparison of average total splash (up) and net splash (down) before and after conditioners application in studied periods.



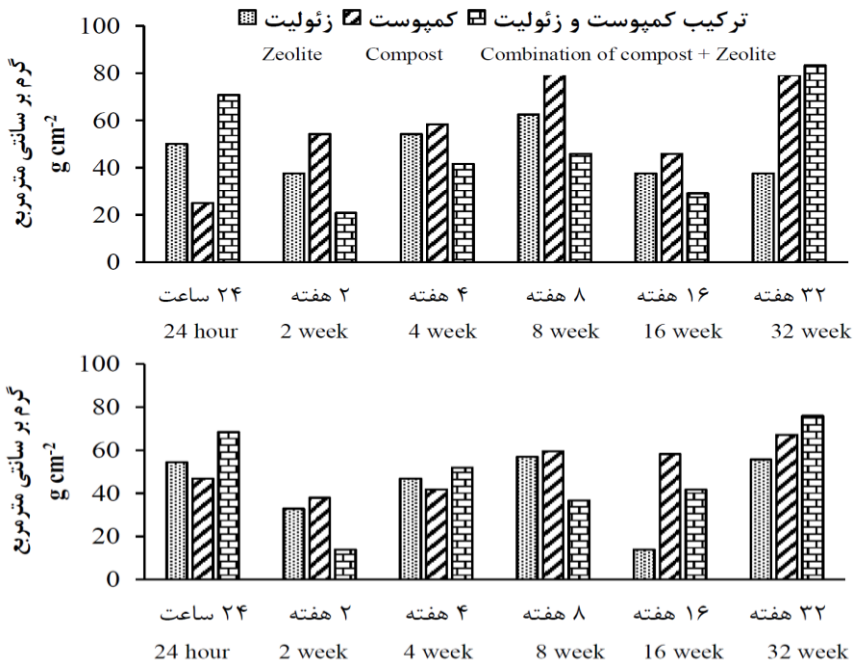
شکل ۳- مقایسه میانگین بالادست (بالا) و پایین‌دست (پایین) قبل و بعد از کاربرد افزودنی‌ها در دوره‌های زمانی مورداستفاده.

Figure 3. Comparison of average upstream (up) and downstream (down) before and after conditioners application in studied periods.



شکل ٤- درصد تغییرات، پاشمان کل (بالا) و خالص (پایین) قبل و بعد از کاربرد افزودنی‌ها در دوره‌های زمانی مورداستفاده.

Figure 4. Changes percent of the total splash (up) and net (down) before and after conditioners application in studied periods.



شکل ۵- درصد تغییرات بالادست (بالا) و پایین‌دست (پایین) قبل و بعد از کاربرد افزودنی‌ها در دوره‌های زمانی مورداستفاده.

Figure 5. Changes percent of the upstream (up) and downstream (down) before and after conditioners application in studied periods.

جدول ۱- نتایج آنالیز GLM در تیمارهای شاهد، زئولیت، کمپوست و ترکیب آن‌ها در دوره‌های زمانی مورداستفاده.

Table 1. Results of GLM analysis at control, zeolite and compost treatments and their combination in the used periods.

سطح معنی‌داری Significant level	آماره F F	میانگین مربعات Mean square	درجه آزادی df	مجموع مربعات نوع سوم Type III Sum of Squares		
0.00	10.49	2.76	5	13.82	پاشمان کل Total splash	دوره زمانی Time Period
0.00	10.88	1.607		8.03	پاشمان خالص Net Splash	
0.13	1.78	0.06		0.33	پاشمان بالادست Upslope	
0.01	5.34	0.84		4.24	پاشمان پایین‌دست Downslope	
0.00	46.43	12.23	3	36.702	پاشمان کل Total splash	تیمار Treatment
0.00	22.05	3.25		9.76	پاشمان خالص Net Splash	
0.00	20.4	0.77		2.32	پاشمان بالادست Upslope	
0.00	54.92	7.28		21.85	پاشمان پایین‌دست Downslope	
0.00	3.503	0.92	15	13.84	پاشمان کل Total splash	دوره زمانی × تیمار Time Period × Treatment
0.00	3.94	0.58		8.74	پاشمان خالص Net Splash	
0.201	1.36	5.05		0.77	پاشمان بالادست Upslope	
0.01	2.27	0.36		5.4	پاشمان پایین‌دست Downslope	

جدول ۲- نتایج آزمون Duncan اثر افزودنی زئولیت و کمپوست و ترکیب زئولیت و کمپوست بر پاشمان کل و پاشمان خالص در دوره‌های زمانی ٢٤ ساعت، دو، چهار، هشت، ١٦ و ٣٢ هفته.

Table 2. Duncan test of Effect of zeolite and compost and combination of zeolite and compost on total splash and net splash at time periods of 24 hour, 2, 4, 8, 16 and 32 week.

مولفه	زیرگروه ۱ Subgroup 1	زیرگروه ۲ Subgroup 2	زیرگروه ۳ Subgroup 3	زیرگروه ٤ Subgroup 4
		تیمار Treatment		
پاشمان کل Total Splash	کمپوست، کمپوست+زئولیت Compost, Compost+Zeolite (1.61, 1.77)	زئولیت Zeolite (2.22)	شاهد Control (3.43)	--
پاشمان خالص Net Splash	کمپوست و کمپوست+زئولیت Compost and Compost+Zeolite (0.92, 0.95)	زئولیت Zeolite (1.36)	شاهد Control (1.83)	--
پاشمان بالادست Upslope	کمپوست، کمپوست+زئولیت و زئولیت Compost, Compost+Zeolite and Zeolite (0.33, 0.41, 0.42)	شاهد Control (0.8)	--	--
پاشمان پایین‌دست Downslope	کمپوست، کمپوست+زئولیت و زئولیت Compost, Compost+Zeolite and Zeolite (1.26, , 1.36, 1.48)	شاهد Control (2.63)	--	--
		بازه زمانی Time period		
پاشمان کل Total splash	۳۲ هفته، ٢٤ ساعت و ٨ هفته 32 week, 24 h and 8 week (1.72, 2.02, 2.04)	٢٤ ساعت، ٨، ٤ و ١٦ هفته 24 h, 8, 4 and 16 week (2.02, 2.04, , 2.2, 2.45)	۲ هفته 2 week (3.108)	--
پاشمان خالص Net Splash	۳۲ هفته، ٢٤ساعت، ٨ و ٤ هفته 32 week, 24 h, 8 and 4 week (0.92, 1.008, 1.208, 1.21)	٢٤ساعت، ٨، ٤ و ١٦هفته 24 h, 8, 4 and 16 week (1.008, 1.208, , 1.21, 1.308)	۲هفته 2 week (1/95)	--
پاشمان بالادست Upslope	٢٤ ساعت، ٢، ٤، ٨، ١٦ و ٣٢ هفته 24 h, 2, 4, 8, 16 and 32 week (0.508, 0.57, 0.49, 0.41, 0.57, 0.40)	--	--	--
پاشمان پایین‌دست Downslope	۳۲ هفته، ٢٤ ساعت و ٨ هفته 32 week, 24 h and 8 week (1.32, 51.1, 1.62)	٢٤ ساعت، ٨ و ٤ هفته 24 h, 8 and 4 week (51.1, 1.62, 1.70)	٨، ٤ و ١٦ هفته 8, 4 and 16 week (1.62, 1.70, 1.88)	١٦ و ٢ هفته 16 and 2 week (1.88, 2.07)

همان‌گونه که در شکل‌های (۲ و ۳) نشان می‌دهند، نتایج حاصل از کاربرد افزودنی‌های کمپوست، زئولیت و ترکیب آن‌ها نشان داد که افزودنی‌های مورداستفاده نسبت به تیمار شاهد توانستند مقدار پاشمان را در دوره‌های زمانی مورداستفاده کاهش دهند. اما بعد از گذشت ۳۲ و هشت هفته بیش‌ترین تأثیر را روی نرخ پاشمان خاک داشتند. بنابراین با توجه به شکل‌های مذکور باگذشت زمان و در هفته هشت بعد از کاربرد افزودنی‌ها می‌توان تأثیرات معنی‌دار تیمارهای حفاظتی مورداستفاده در پژوهش حاضر بر تغییرات پاشمان خاک را مشاهده نمود. هم‌چنین نتایج شکل ٤ نیز

نشان داد که پاشمان کل و خالص در دوره‌های زمانی ۲٤ ساعت، دو، چهار، هشت، ١٦ و ۳۲ هفته باگذشت زمان اثر هر سه افزودنی کمپوست، زئولیت و ترکیب آن‌ها بر کاهش مقدار پاشمان ذرات خاک بیش‌تر شده و توانست آن را کاهش دهد. نتایج تیمارهای حفاظتی نیز نشان داد که افزودنی کمپوست تأثیر بیش‌تری را بر تغییرات فرسایش پاشمانی داشته و اثر افزودنی زئولیت نسبت به دو افزودنی دیگر کم‌تر بود. بنابراین می‌توان این‌گونه بیان نمود که تیمار حفاظتی کمپوست با عمل افزایش خاکدانه‌سازی و درنتیجه افزایش تخلخل خاک می‌تواند مقاومت ذرات خاک را در برابر فرسایش پاشمانی افزایش دهد و مقدار آن و درنتیجه فرسایش خاک کاهش یابد. که در این زمینه زیتین و آرن (۲۰۰۳) در ترکیه بیان کردند که کمپوست روی خواص فیزیکی خاک و درصد تخلخل خاک تأثیر معنی‌داری داشته و در نتیجه فرسایش پاشمانی و هدررفت خاک کاهش خواهد داشت (۳۸). در زمینه استفاده از زئولیت نیز بروغنی و همکاران (۲۰۱٤) گزارش کردند که با کاربرد نانوزئولیت فرسایش خاک ایجاد شده توسط رواناب و فرسایش خاک کاهش یافت، که این کاهش در هدررفت خاک به‌دلیل کاهش در مقدار پاشمان خاک نیز می‌باشد (٦). غلامی و همکاران (۲۰۱۲ و ۲۰۱۳) و کاویان و همکاران (۲۰۱٤) گزارش دادند که کاربرد افزودنی‌ها روی سطح خاک موجب کاهش فرسایش پاشمانی و نیز افزایش نفوذ می‌شود (۱۳، ۱۵ و ۲۳). اثرات جداگانه کمپوست و زئولیت بر کاهش مقادیر پاشمان کل و خالص با نتایج صادقی و همکاران (۲۰۱۵) مبنی بر اثر افزودنی‌ها در کاهش مقادیر پاشمان خاک همخوانی دارد (۳۵). هم‌چنین بیو و همکاران (۲۰۱٤)، فرومدی و همکاران (۲۰۲۰) و صادقی و همکاران (۲۰۱٤) بیان کردند که افزودنی‌های خاک باعث کاهش انرژی قطرات باران شده و از تخریب خاکدانه‌های خاک جلوگیری کرده و با کاهش انرژی قطرات باران فرسایندگی آن‌ها کاهش می‌یابد (۷، ۱۰ و ۳۵). از سویی دیگر نتایج بازه‌های زمانی نشان داد که با گذشت زمان پاشمان خالص با کاربرد جداگانه افزودنی‌های مورد استفاده کاهش بیش‌تری خواهد داشت (به‌خصوص بعد از مدت زمان ۳۲ هفته). در این زمینه نیز حق‌جو و همکاران (۲۰۱۷) بیان داشتند که گذشت زمان و کاربرد افزودنی پلی‌وینیل‌استات می‌تواند موجب تغییرات در مقادیر پاشمان کل و پاشمان خالص شود (۱۹). هم‌چنین می‌توان گفت گذشت زمان باعث کاهش فرسایش پاشمانی بالادست و پایین‌دست در افزودنی‌های کمپوست، زئولیت و ترکیب آن‌ها شده است. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود تأثیر کمپوست بر تغییرات پاشمان بالادست و پایین‌دست بیش‌ترین مقدار بوده که نشان‌دهنده نقش مثبت کمپوست در افزایش خاکدانه‌سازی (۱۱ و ۳۸) و در نتیجه افزایش مقاومت آن‌ها (۱۱) است. هم‌چنین با بررسی دوره‌های زمانی مشخص شد که بیش‌ترین تأثیر بر پاشمان بالادست و پایین‌دست به‌ترتیب برای دوره‌های زمانی ۳۲ و هشت هفته اندازه‌گیری شد و دوره زمانی دو هفته کم‌ترین تأثیر را بر آن‌ها داشت. در زمینه گذشت زمان نیز زارعی و همکاران (۲۰۲۰) بیان داشتند که با گذشت زمان اثرات کود مرغی به‌عنوان یک افزودنی آلی بر تغییرات هدررفت خاک معنی‌دار بود (۳۷). کاربرد کمپوست، زئولیت و ترکیب آن‌ها بر پاشمان بالادست و پایین‌دست نشان داد که تأثیر کمپوست نسبت به افزودنی‌های زئولیت و ترکیب آن‌ها در دوره‌های زمانی ۲٤ ساعت، دو، چهار، هشت، ١٦ و ۳۲ هفته بیش‌تر بوده است. همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌کنید بیش‌ترین درصد تغییرات در پاشمان بالادست برای بازه‌های زمانی ۳۲ و هشت هفته به‌ترتیب برای تیمارهای ترکیبی و کمپوست

اتفاق افتاد. در رابطه با تأثیر زمان کاربرد افزودنی‌ها بر تغییرات پاشمان خاک حق‌جو و همکاران (۲۰۱۷) به این نتیجه رسیدند که با گذشت زمان اثر افزودنی‌های خاک بر تغییرات پاشمان کل و پاشمان خالص بیش‌تر خواهد شد (۱۹).

نتایج جدول ۱ بیان‌کننده این موضع است که اثر متقابل افزودنی‌های خاک و بازه زمانی تأثیر معنی‌داری بر تغییرات پاشمان کل، خالص، بالادست و پایین‌دست بر پاشمان کل و پاشمان خالص در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار بود درحالی‌که اثر معنی‌داری بر پاشمان بالادست و پاشمان پایین‌دست نداشت. نتایج جدول ۲ مربوط به آزمون دانکن نشان داد که برای پاشمان کل و پاشمان خالص تیمارهای کمپوست و ترکیب کمپوست و زئولیت در زیرگروه اول قرار داشتند که نشان‌دهنده تأثیر بیش‌تر و یکسان آن‌ها بر این مؤلفه‌ها است. درحالی‌که تیمار زئولیت برای دو مؤلفه موردبررسی در زیرگروه دوم قرار گرفت که نشان‌دهنده تأثیرات کم‌تر آن نسبت به دو افزودنی دیگر و متفاوت بر تغییرات پاشمان کل و پاشمان خالص است. درحالی‌که برای پاشمان بالادست و پاشمان پایین‌دست کمپوست، زئولیت و ترکیب آن‌ها در زیرگروه اول قرار گرفتند و نشان‌دهنده تأثیر یکسان آن‌ها بر این دو مؤلفه است. تأثیرات زیرگروه برای بازه زمانی نشان داد که برای پاشمان کل و پاشمان خالص بازه‌های زمانی ۳۲ هفته، ۲٤ ساعت، هشت و چهار هفته (زیرگروه اول)، ۲٤ ساعت، هشت، چهار و ۱٦ هفته (زیرگروه دوم) و دو هفته (زیرگروه سوم) قرار داشتند که تأثیرات متفاوت بازه زمانی را بر تغییرات پاشمان کل و خالص نشان می‌دهد. درحالی‌که اثر بازه‌های زمانی بر پاشمان بالادست نشان‌دهنده این موضوع بود که تأثیرات بازه‌های زمانی به دلیل اینکه همگی در یک زیرگروه قرار داشتند بر تغییرات این مؤلفه یکسان بود. درحالی‌که زیرگروه بازه‌های زمانی بر تغییرات پاشمان پایین‌دست نشان داد که آن‌ها در زیرگروه‌های متفاوت قرار داشتند. پس تغییرات زمان می‌تواند موجب تغییر در پاشمان پایین‌دست شود که درنهایت می‌تواند تأثیرات معنی‌داری را بر تغییرات پاشمان خالص و پاشمان کل داشته باشد. با توجه به شرایط خشک و نیمه‌خشک بودن کشور خاک منبع بسیار مهمی در تأمین منابع غذایی است و حفاظت آن اهمیت زیادی دارد. پس هزینه کردن حفاظت از آن بسیار مهم است و درزمینه بحث اقتصادی کاربرد افزودنی کمپوست غلامی و همکاران (۲۰۱۹) بیان داشتند که تغییرات غلظت رسوب مقدار ۹/۰ تن بر هکتار را به‌عنوان مقدار بهینه پیشنهاد نمود. هم‌چنین درباره مقدار ۲/۲۵ تن بر هکتار به دلیل این‌که تأثیر آن بر تغییرات متغیرهای مختلف نزدیک به تیمار شاهد (بدون کاربرد کمپوست)، به‌خصوص در کاهش مقادیر غلظت رسوب بود. بنابراین نتوانست به‌عنوان مقدار بهینه در مهار متغیرهای رواناب و هدررفت خاک پیشنهاد گردد (۱۷). هم‌چنین فلاح و همکاران (۲۰۰۹) بیان نمودند که کاربرد کود مرغی بعد از دو سال میزان مواد آلی، نیتروژن و فسفر خاک را نسبت به سال اول افزایش داد (۹). در نتیجه کاربرد این افزودنی می‌تواند نیاز به مصرف کودهای شیمیایی را کاهش دهد که ازنظر اقتصادی نیز می‌تواند اثرات مثبتی در جهت کاهش این مواد از خارج کشور داشته باشد. بنابراین استفاده از مواد آلی می‌تواند علاوه بر این‌که موجب کاهش هدررفت خاک می‌شود ازنظر اقتصادی نیز نیاز به استفاده از کودهای شیمیایی و اثرات سوء آن‌ها بر منابع آبی را کاهش خواهد داد.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش تأثیر کمپوست، زئولیت و ترکیب این دو تیمار بر پاشمان خاک در شرایط آزمایشگاهی تحت شبیه‌ساز باران و دوره‌های زمانی مختلف موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که اضافه کردن این افزودنی‌ها بر خاک باعث کاهش فرسایش پاشمانی خاک شد. هم‌چنین اثر گذشت زمان نیز باعث تأثیر بیش‌تر افزودنی‌ها برای کاهش مقدار فرسایش پاشمان گردید. نتایج پژوهش حاضر هم‌چنین نشان داد که بازه‌های زمانی ۳۲ و هشت هفته بیش‌ترین تأثیر را بر کاهش فرسایش پاشمانی داشت و بازه زمانی دو هفته کمترین اثر را بر تغییرات پاشمان خاک نشان داد. در بین افزودنی‌های مورداستفاده اثر افزودنی کمپوست بر کاهش فرسایش پاشمانی بیش‌تر بود چراکه این افزودنی با افزایش پایداری خاکدانه و تخلخل خاک می‌تواند باعث اتصال ذرات خاک شده و درنتیجه مقاومت آن‌ها را در برابر انرژی باران افزایش دهد. با توجه به نتایج پژوهش حاضر می‌توان این‌گونه بیان نمود که کاربرد افزودنی‌های مورداستفاده در پژوهش حاضر می‌تواند مقادیر پاشمان خاک را در اراضی شیب‌دار به‌طور معنی‌داری کاهش دهد و درنتیجه با افزایش خلل و فرج خاک (به‌خصوص کمپوست) مقدار نفوذ در خاک افزایش خواهد یافت و به طبع آن مقدار رواناب کاهش خواهد یافت. این کاهش در پاشمان خاک و مقادیر رواناب مقدار فرسایش خاک را کاهش خواهد داد و در نتیجه اثرات درون و برون منطقه‌ای فرسایش نیز کاهش خواهد داشت. در نهایت استفاده از کمپوست و زئولیت در اراضی تخریب یافته و یا در حال فرسایش و نیز انجام پژوهش‌های جدید با سایر افزودنی‌های خاک و در شرایط دوره‌های زمانی مختلف با هدف تعیین زمان مناسب کاربرد افزودنی‌ها برای بهبود مؤلفه‌های هیدرولوژیکی و خاکی پیشنهاد می‌شود.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری که موجبات تسهیل انجام این پژوهش را فراهم نموده‌اند تشکر می‌نمایند. هم‌چنین نویسندگان از داوران این مقاله که با نظرات خود موجب بهبود متن حاضر شده‌اند تشکر می‌نمایند. این پژوهش در قالب پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری صورت گرفته است.

داده‌ها، اطلاعات و دسترسی

داده‌های این پژوهش مربوط به پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد نویسنده اول می‌باشد که با مکاتبه با نویسنده مسئول قابل دسترسی می‌باشند.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافعی وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید همه نویسندگان است.

مشارکت نویسندگان

مشارکت نویسندگان در این متن به شکل ارائه شده است: نویسنده اول و دوم: دسترسی به داده‌ها و داده‌برداری، آماده‌سازی داده‌ها، مشارکت در آنالیزها. نویسنده سوم: دسترسی به داده‌ها، مشارکت در آنالیزها و اصلاح و نهایی‌سازی مقاله. نویسنده چهارم: اصلاح مقاله.

اصول اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این اثر عملی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آن‌ها می‌باشد.

حمایت مالی

حمایت مالی از این پژوهش در قالب گرنت دانشجویی نویسنده اول این پژوهش بوده است.

منابع

1. Amira Ahmadi, A., Hojjati, S.M., Reckless, P., and Kaman, K. 2019. The effect of zeolite on nitrate leaching, aggregate stability and growth of long-leaved seedlings (Quercus castaneifolia CA Mey). Iranian Forest and Poplar Research, 27: 3. 258-271.
2. Ansari-Jovaini, M., Chaichi, M.R., and Keshavarzafshar, R. 2012. Effect of different soil fertilization methods (organic, chemical and integrated fertilizers) on yield and yield components of turnip (Brassica rapa). Journal of Crop Production. 4: 3. 121-138. (In Persian)
3. Arowoogun, E. 2011. The influence of rainfall duration on splash produced from a loamy sand soil. Department of agricultural engineering in partial fulfillment Abeokuta Ogun State. Thesis. 49p.
4. Bedada, W., Karltun, E., Lemenih, M., and Tolera, M. 2014. Long-term addition of compost and NP fertilizer increases crop yield and improves soil quality in experiments on smallholder farms. Agriculture, Ecosystems & Environment. 195: 193-201.
5. Behzadfar, M., Sadeghi, S.H., Khanjani, M.J., and Hazbavi, Z. 2017. Effects of rates and time of zeolite application on controlling runoff generation and soil loss from a soil subjected to a freeze-thaw cycle. International Soil and Water Conservation Research. 5: 2. 95-101.
6. Boroughni, M., Mirnia, S.K., Wahhabi, J., and Ahmadi, S.J. 2014. Investigation of the effect of nanoseolite on reducing soil erosion using FEL3 sprinkler. Journal of Watershed Management. 5: 9. 106-95.
7. Bu, CF., Wu, S., and Yang, K.B. 2014. Effects of physical soil crusts on infiltration and splash erosion in three typical Chinese soils. International Journal of Sediment Research. 29: 4. 491-501.
8. Chatzopoulos, F., Fugit, J.L., Quillon, I., Rodriguez, F., and Taverdet, J.L. 2000. Etude, eu function de differents parameters, de absorbtion et de la desorbtion deau par un copolymer acryamide acrylate de sodium reticule. Europ. Polymer J. 36: 51-60.
9. Falah, S., Ghalavand, A., and Khajehpour, M. 2009. Poultry manure effects and its incorporation systems with soil on nutrients concentration of maize (Zea mays L.) grain. Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi). 93: 40-4. (In Persian)
10. Foromadi, M., Vaezi, A., and Nikbakht, J. 2020. The effect of rainfall intensity on the selectivity of dispersed particles in soils of semi-arid region. Journal of Water Resources Engineering. 13: 44. 65-77.
11. Gholami, L., Khaledi Darvishan, A., Spalevic, V., Cerda, A., and Kavian, A. 2021. Effect of storm pattern on soil erosion in damaged rangeland; field rainfall simulation approach. Journal of Mountain Science. 18(3): 706-715.
12. Gholami, L., Banasik., K., Sadeghi, S.H.R., Khaledi Darvishan, A., and Hejduk, L. 2014. Effectiveness of straw mulch on infiltration, splash erosion, runoff and sediment in laboratory conditions. Journal of Water and Land Development, 22: VII–IX. 51-60.
13. Gholami, L., Sadeghi, S.H.R., and Homaee, M. 2012. Efficiency of rice straw mulch as a soil amendment to reduce splash erosion. Erosion and Sediment Yields in the Changing Environment (Proceedings of a symposium held at the Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS-Chengdu, China. IAHS Publ. 356: 173-177.
14. Gholami, L., Sadeghi, S.H.R., and Homae, M. 2016. Different effects of sheep manure conditioner on runoff and soil loss components in eroded soil. Catena, 139: 99-104.
15. Gholami, L., Sadeghi, S.H.R., and Homaee, M. 2013. Straw mulching effect on splash erosion, runoff and sediment y ield from eroded plots. Soil Science Society of American Journal. 77: 268-278.
16. Gholami, L., Sadeghi, S.H.R., Khaledi Darvishan, A.V., and Telvari, A.R. 2009. Storm-Wise sediment yield prediction using rainfall and runoff

variables. Journal of Water and Soil (Agricultural Science and Technology Journal). 22: 2. 263-271. (In Persian)
17. Gholami, L., Shahedi, K., and Kavian, A. 2019. Determining the optimal amount of livestock compost in order to control runoff and soil loss under simulated rain. Watershed Management Research (Research and Construction). 32 (4): 19-33.
18. Gholami, L., Tafaghodi, M., Abbasi, B., Daroudi, M., and Kazemi Oskuee, R. 2019. Preparation of superparamagnetic iron oxide/doxorubicin loaded chitosan nanoparticles as a promising glioblastoma theranostic tool. Journal of cellular physiology. 234: 2. 1547-1559.
19. Haghjoo, Z., Gholami, L., Kavian, A., and Mousavi, R. 2017. Evaluation of the time of application of polyvinyl acetate on soil compaction, National Congress of Development and Promotion of Agricultural Engineering and Soil Sciences of Iran, Tehran. 5p.
20. Haghjoo, Z., Gholami, L., Kavian, A., and Mousavi, S.A.R. 2019. Investigation of changes in soil compaction and stability of soil aggregates using polyvinyl acetate. Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering. 13: 47. 52-62.
21. Jin, K., Cornelis, W.M., and Gabriels, D. 2008. Soil Management effects on runoff and soil loss from field rainfall simulation. Catena. 75: 2. 191-199.
22. Kavian, A., Alipour, A., Soleimani, K., and Gholami, L. 2019. Measurement and comparison of soil spray rate under the influence of acidity and rainfall intensity. Journal of Soil and Water Sciences-Agricultural Science and Technology and Natural Resources-Isfahan University of Technology. 23: 1. 177-186.
23. Kavian, A., Hayavi, F., and Boroughni, M. 2014. Effect of polyacrylamide on spray erosion rate in different soils using rain simulator. Rangeland and Watershed Management. 67: 2. 203-216.
24. Khaledi Darvishan, A.V., Sadeghi, S.H.R., Homaee, M., and Arabkhedri, M. 2014. 90Measuring sheet erosion using synthetic colorcontra aggregates, Hydrol. 28: 4463-4471.
25. Khaledi Darvishan, A., and Sharifi Moghadam, A. 2016. The effect of aggregate diameter on soil spray in laboratory conditions. Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering. 10: 32. 33-38.
26. Kiani Harchegani, M., Sadeghi, H.R., and Asadi, H. 2015. Comparative analysis of the effects of rainfall intensity and experimental plot slope on raindrop impact induced erosion (RIIE). Iranian Journal of Soil and Water Research. 46: 4. 631-640. (In Persian)
27. Kukal, S.S., and Sarkar, M. 2010. Splash erosion and infiltration in relation to mulching and polyvinylalcohol application in semi-arid tropics. Archive of Agronomy and Soil Science. 56: 6. 697-705.
28. Lazaro, R., Rodrigo, F.S., Gutierrez, L., Domingo, F., and Puigdefabregas, J. 2001. Analysis of a 30-year rainfall record (1967-1997) in semi-arid SE Spain for implications on vegetation. Journal of Arid Environments. 48: 373-395.
29. Lim, S.L., Lee, L.H., and Wu, T.Y. 2016. Sustainability of using composting and vermicomposting technologies for organic solid waste biotransformation: recent overview, greenhouse gases emissions and economic analysis. J. Clean. Prod. 111: 262-278.
30. Litaor, M.I., Katz, L., and Shenker, M. 2017. The influence of compost and zeolite co-addition on the nutrients status and plant growth in intensively cultivated Mediterranean soils. Soil Use and Management. 33: 1. 72-80.
31. Liu, T., Luo, J., Zheng, Z., Li, T., and He, S. 2016. Effects of rainfall intensity on splash erosion and its spatial distribution under maize canopy. Natural Hazards. 84: 233-247.
32. Mahmoodabadi, M., and Arjmand, S.S. 2016. Effects of rain intensity, slope gradient and particle size distribution on the relative contributions of splash and wash loads to rain-induced erosion. Geomorphology, 253: 159-167.

33. Rezaei Pasha, M., Shahedi, K., Vahabzadeh, A., Kavian, A., Qajar Spanloo, M., and Pascal, J. 2019. The effect of combined use of municipal waste compost and chemical fertilizer on some soil properties in agricultural lands in northern Iran (Case study: Miandrood city). Journal of Soil and Water Sciences-Agricultural Science and Technology and Natural Resources-Isfahan University of Technology. 23: 2. 201-213.
34. Sadeghi, S.H.R., Raisi, M.B., and Hezbavi, Z. 2014, The effect of polyacrylamide application in inhibiting spray erosion from soil under the influence of freezing-melting phenomenon. Journal of Water and Soil (Agricultural Sciences and Industries). 29: 6. 1601-1611.
35. Sadeghi, S.H.R., Gholami, L., Homaee, M., and Khaledi Darvishan, A.V. 2015. "Reducing sediment concentration and soil loss using organic and inorganic amendments at plot scale", Solid Earth. 7: 63-89.
36. Wang, L., Ma, B., and Wu, F. 2017. Effects of wheat stubble on runoff, infiltration, and erosion of farmland on the Loess Plateau, China, subjected to simulated rainfall. Solid Earth. 8: 281-290.
37. Zarei, B., Gholami, L., Kavian, A., and Shahedi, K. 2020. Investigation of changes in soil loss using poultry manure at different time intervals. Journal of Soil and Water Conservation Research. 27: 4. 1-21.
38. Zeytin, S., and Aran, A. 2003. Influence of composted Hazelnut hask on some physical properties of soils. Bioresour. Technol. 88: 241-245.
39. Zhang, Y., Wang, C., Li, Y., Hu, Y., Christie, P., Zhang, J., and Xiaolin, J. 2016. Maize yield and soil fertility with combined use of compost and inorganic fertilizers on a calcareous soil on the North China Plain. Li. Soil and Tillage Research. 155: 85-94.