نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال دهم، شماره دو، زمستان ۱۳۹۹

ISSN 2251-7480

تأثیر پرلیت بر تغییرات فرسایش پاشمانی در سه نوع خاک برداشت شده از کاربری‌های مختلف

لیلا غلامی[1*]، آرمین بالوایه[2]، نبیه کریمی[3] و فاطمه شکریان[4]

۱) استادیار (نویسنده مسئول)، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ساری، ایران.

۲) دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ساری، ایران.

۳) دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ساری، ایران.

۴) استادیار، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ساری، ایران.

* نویسنده مسئول مکاتبات: l.gholami@sanru.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۲۶

چکیده:

فرسایش پاشمانی به‌عنوان اولین مرحله از فرایند فرسایش آبی، توسط اثر قطرات باران بر سطح خاک ایجاد می‌شود. مقدار پاشمان خاک با تغییر در خصوصیات فیزیکی خاک می‌تواند تغییر کند. بنابراین حفاظت از خاک سطحی سبب کاهش اثر انرژی قطرات باران بر خاک سطحی و در نتیجه کاهش مقادیر رسوب حاصل از فرآیند فرسایش پاشمانی نیز کاهش یابد. بنابراین پژوهش حاضر با ارزیابی عمل‌کرد پرلیت با سطح‌های ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد در شدت بارندگی ۸۰ میلی‌متر بر ساعت روی فرسایش پاشمانی در خاک برداشت شده از کاربری جنگل، مرتع و زراعی انجام پذیرفت. آزمایش‌ها در شرایط آزمایشگاهی و در مقیاس فنجان‌های پاشمان انجام شد و سپس مقادیر پاشمان در مقادیر مختلف پرلیت و خاک برداشت شده از کاربری‌های متفاوت اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که کاربرد مقادیر مختلف پرلیت در خاک برداشت شده از کاربری‌های مختلف سبب کاهش پاشمان کل و پاشمان خالص نسبت به تیمار شاهد شد. هم‌چنین نتایج نشان داد که تأثیر جداگانه خاک برداشت شده کاربری‌های مختلف و مقادیر مختلف پرلیت بر پاشمان کل و خالص در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی‌دار بود و نیز تأثیر متقابل مقادیر مختلف پرلیت و خاک برداشت شده کاربری‌های مختلف بر پاشمان کل در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی‌دار بود. هم‌چنین خاک برداشت شده کاربری‌های مرتع و زراعی، پرلیت با مقدار ۲۵ درصد بیش‌ترین تأثیر را در مهار فرسایش پاشمانی نسبت به دو مقدار دیگر داشت. این مقدار منجر به کاهش پاشمان کل به مقدار ۵۵/۲۷ و ۵۷/۴۸ درصد، پاشمان خالص به مقدار ۵۵/۱۱ و ۹۱/۰۳ درصد، پاشمان بالادست به مقدار ۶۲/۷۸ و ۳۶/۸۵ درصد و پاشمان پایین‌دست به مقدار ۵۵/۲۳ و ۶۶/۷۲ درصد شد. تفاوت در تاثیر پرلیت با مقادیر استفاده شده در خاک برداشت شده از کاربری‌های مختلف مؤید ضرورت استفاده صحیح از افزودنی‌ها در مدیریت منابع آب و خاک است.

کلید واژه‌ها: افزودنی خاک؛ پاشمان بالادست؛ پاشمان پایین‌دست؛ فرسایش آبی؛ کاربری اراضی

مقدمه

خاک، با کیفیت خوب و بارآور یکی از ارزشمندترین گنجینه‌هایی است که می‌تواند تأثیر مثبتی بر رفاه مردم داشته باشد. چراکه تمدن‌های بزرگ بشری در مناطقی از جهان به رشد و شکوفایی رسیده‌اند که خاک آن‌ها از کیفیت مناسبی برخوردار بوده است. به‌گونه‌ای‌که می‌توان گفت سطح پیشرفت تمدن بشری با خاک و چگونگی بهره‌برداری از آن ارتباط تنگاتنگی دارد. بنابراین مدیریت منابع خاک از طریق کاهش یا جلوگیری از فرسایش خاک به‌منظور تولید پایدار ضروری است (Unger, 2009). انرژی قطرات باران، یکی از عوامل اصلی از هم

پاشیدگی خاکدانه‌های خاک در فرسایش آبی است. قطرات باران پس از برخورد با زمین، ذرات خاک را متلاشی کرده و به روند فرسایش آبی سرعت می‌بخشد. سست کردن و پراکنده کردن ذرات ریز خاک بر اثر برخورد قطرات باران روی سطح خاک، فرسایش پاشمانی نام دارد و فرسایش آبی با آن آغاز می شود (Morgan, 1987; Unger, 2009). نقش مهم فرسایش پاشمانی در جدا شدن ذرات سطحی خاک و قبل از انتقال ذرات توسط رواناب سطحی می‌باشد (Morgan, 1978). فرسایش پاشمانی خطری جدی برای زمین‌های کشاورزی و غیرکشاورزی در مناطق مرطوب (به علت بارش‌های با شدت بالا) و نیمه‌خشک (به علت پوشش گیاهی ضعیف) است (Hudson, 1995; Lado *et al.*, 2004). ویژگی‌های خاک از جمله بافت و توزیع اندازه ذرات از عوامل مهم مؤثر بر پاشمان خاک (حق‌جو و همکاران، ۱۳۹۶) و در نتیجه تغییرات رواناب و نفوذ (Huang *et al.*, 2013) می‌باشند. پژوهش‌ها نشان داده‌اند بین رواناب و رسوب و مواد مادری خاک‌ها ارتباط وجود دارد، به‌طوری‌که با افزایش میزان ذرات سیلت و رس خاک، تولید رواناب افزایش می‌یابد. این در حالی است که بخش شن، منجر به کاهش تولید رواناب می شود (Duiker *et al.*, 2001). نوع بهره‌برداری از زمین ، نیز رابطه نزدیکی با فرسایش دارد (Molina *et al.*, 2007) به‌گونه‌ای که با استفاده نامعقول از زمین میزان فرسایش به شدت افزایش می‌یابد (صادقی و همکاران، ۱۳۹۴). به طور کلی، مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که عوامل متعددی از جمله شدت بارندگی و خصوصیات خاک در تولید فرسایش خاک نقش دارد. شناخت این عوامل می‌تواند در ارائه راه کارهایی برای کاهش اثرات قطرات باران روی خاک سطحی مفید باشد. از طرف دیگر نحوه تأثیر عوامل مختلف در طبیعت نشان‌دهنده وجود و اهمیت بسیار زیاد اثرات متقابل بین عوامل است که گاهی می‌تواند بر اثرات اثبات شده و منطقی یک عامل افزوده و یا حتی آن را معکوس نماید. در همین راستا از اوایل دهه ۱۹۸۰ پژوهش‌گران به‌طور جدی‌تری تأثیرات متقابل عوامل مختلف مؤثر بر فرآیند فرسایش را بررسی نموده و نتایج مختلفی به دست آورده‌اند. در این میان یکی از مهم‌ترین دلایل تفاوت نتایج پژوهش‌گران در مناطق مختلف، تغییر ویژگی‌های خاک بوده است چراکه خاک ضمن تأثیرپذیری از شرایط تشکیل و تکامل، دارای ویژگی‌های خاص و منحصر به فردی است که بر فرآیندهای مختلف تولید رواناب و ایجاد فرسایش تأثیرات معنی‌داری دارد (Khaledi Darvishan *et al.*, 2014). تلاش پژوهش‌گران در دهه‌های اخیر برای بررسی اثرات یک‌جانبه و متقابل عوامل مختلف بر فرآیندهای پاشمان خاک، رواناب و فرسایش خاک در نهایت منجر به استفاده از سامانه‌های شبیه‌ساز باران گردیده است (Seeger, 2007). امروزه استفاده از سامانه شبیه‌ساز باران در پژوهش‌های مربوط به فرسایش و هیدرولوژی، به‌ویژه در ارزیابی فاکتورهای مؤثر در فرسایش خاک که نیاز به بارش‌هایی با خصوصیات ثابت و تکرارپذیر است، کاربرد زیادی دارد. باران‌سازها را می‌توان هم در شرایط طبیعی و هم در شرایط آزمایشگاهی با کارایی و سرعت بالا و هم‌چنین نتایج قابل قبول استفاده نمود (صادقی، ۱۳۹۰). پژوهش‌ها نشان داده که نتایج شرایط آزمایشگاهی قابل قبول و هم‌چنین قابل تعمیم به شرایط طبیعی می‌باشد (Sadeghi *et al.*, 2015؛ هنربخش و حیاوی، ۱۳۹۶). از این رو، مهار فرسایش پاشمانی اهمیت زیادی در مدیریت و حفاظت از منابع آب و خاک دارد. از روش‌های جدیدی که در سال‌های اخیر در مهار فرسایش خاک استفاده می‌شود کاربرد افزودنی‌های خاک است (Sadeghi *et al.*, 2013). به نحوی‌که استفاده از افزودنی‌های خاک به‌منظور بهبود و تقویت دانه‌بندی خاک و هم‌چنین به‌عنوان یک مانع حفاظتی در برابر اثر قطرات باران، روشی مؤثر برای کاهش پاشمان خاک معرفی شده است (Gholami *et al.*, 2013). بررسی‌ها نشان داده است که فرسایش پاشمانی در خاک‌هایی با محتوای ماده آلی بالا دارای کمترین مقدار نسبت به خاک‌هایی با مواد آلی کمتر بود (Qinjuan *et al.*, 2008) هم‌چنین Ekwue (۱۹۹۱) تاکید داشت که علاوه بر ماده آلی موجود در خاک، افزایش قطر خاکدانه‌ها در خاک نیز عامل مهمی در کاهش فرسایش پاشمانی می‌باشد. در این بین پرلیت به عنوان یک افزودنی معدنی در خاک می‌تواند تأثیر متفاوتی بر تغییرات پاشمان خاک و مهار فرسایش آبی داشته

باشد. این افزودنی سبب افزایش نفوذ آب می‌شود و در نتیجه می‌تواند مقادیر رواناب سطحی را کم کند (Davis and Whiting, 2016). ماده معدنی پرلیت سوپر جاذبی است که می تواند تا ۳۰۰ برابر وزن خود آب ذخیره کند، هیچ عارضه و اثر مخربی برای منابع طبیعی نداشته و با توجه به اینکه از دل کوه‌ها استخراج می شود، به طور کامل با محیط زیست سازگار است. پرلیتی که در کشاورزی و منابع طبیعی استفاده با زبری ذاتی خود، تداخل ذره‌ای فوق العاده مناسبی را فراهم می‌کند که تهویه عالی و بازدهی بالاتر مخلوط خاک را موجب می‌شود. هم‌چنین به‌دلیل داشتن ناحیه سطحی وسیع، رطوبت قابل ملاحظه ای را در خود نگه داشته و آن را به بهترین نحو برای خاک آزاد می‌نماید (http://madankavan.com/). تأثیر پودر زئولیت را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که استفاده از پودر زئولیت روی نفوذ در لس‌های آهکی ریزدانهٔ چین باعث افزایش نفوذ و کاهش فرسایش آبی شد (Huang *et al.*, 2001). هم‌چنین با بررسی شاخص‌های فرسایش‌پذیری خاک در چهار کاربری مرتع، جنگل، کشاورزی و زمین‌های بایرتوسط Singh و Khera (۲۰۰۸) بیان داشتند که میزان این شاخص‌ها در مرتع بیش‌تر از جنگل و در کشاورزی و زمین بایر، بیش‌تر از جنگل و مرتع بود. بررسی اثرات افزودنی‌های مختلف روی تغییرات پاشمان خاک توسط پژوهشگران محتلف انجام شده است و بر نقش موثر این افزودنی‌ها در کنترل فرسایش پاشمانی تاکید داشته‌اند در این زمینه می‌توان به موارد زیر اشاره نمود. کاربرد کاه و کلش به مقدار ۰/۵ گرم بر مترمربع (Gholami *et al.*, 2012)، پلیمر (Bu et al., 2014)، تغییرات پاشمان خاک در شدت‌ها و شیب-های مختلف (Sadeghi *et al.*, 2017)، خاک اره با مقادیر ۳۰، ۵۰، ۷۰ و ۹۰ درصد (Gholami *et al.*, 2018)، پلی‌اکریل‌آمید با مقادیر مختلف (کاویان و همکاران، ۱۳۹۱)، تحت پدیده انجماد–ذوب با استفاده از افزودنی پلی‌آکریل‌آمید (صادقی و همکاران، ۱۳۹۳) و پلی‌وینیل‌استات در سه سطح یک، سه و پنج درصد (حق‌جو و همکاران، ۱۳۹۷) انجام شده است. در زمینه ارزیابی فرسایش پاشمانی خاک و ارتباط آن با برخی خصوصیات خاک اختلاف معنی‌داری بین فرسایش پاشمانی در کاربری‌های مختلف تاکید شده است (رضایی‌پاشا و همکاران، ۱۳۹۰). هم‌چنین ساعدی و همکاران (۱۳۹۲) اثر متقابل نوع کاربری اراضی، شیب و شدت بارندگی بر فرسایش پاشمانی در خاک‌های جمع‌آوری شده از سه کاربری مرتع، دیم و کشت آبی در شرایط آزمایشگاهی نشان داد که در خاک مرتع میزان ماده آلی و میانگین وزنی قطر خاکدانه بیش‌تر بود. ولی میزان آهک کمتری نسبت به نمونه‌های خاک کشت دیم و آبی داشت. در زمینه اثر پرلیت پژوهش‌گران بیان داشتند که در که این افزودنی باعث کاهش فرسایش و رسوب می‌شود (اخوان و همکاران، ۱۳۹۶). هم‌چنین تأثیر پرلیت و زئولیت در سطح‌های پنج، ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی و دو شیب ۱۰ و ۱۵ درصد روی فرسایش سطحی و رسوب‌زایی خاک اشباع در شرایط آزمایشگاهی توسط قضاوی و همکاران (۱۳۹۷) بررسی شد. ایشان دریافتند که پرلیت و زئولیت به‌ترتیب ۳۱/۳ و ۱۶/۵ درصد رسوب‌دهی را کاهش دادند. برخی پژوهش‌گران نیز به بررسی اثر پلیمر سوپرجاذب بلور آب A، پرلیت و زئولیت در مقادیر صفر، ۰/۵، یک، ۱/۵ و دو گیلوگرم در خاک، بر ویژگی‌های فیزیکی خاک لوم شنی در چهار تکرار در شرایط آزمایشگاهی نشان داد پلیمر سوپر جاذب در سطح دو گرم در کیلوگرم در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب سبب افزایش تخلخل خاک، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها و آب قابل استفاده گیاه شد (مرادیان و همکاران، ۱۳۹۸). از طرفی هزینه هر تن پرلیت معادل ۵۰۰۰۰۰۰ ریال بوده که با توجه به هزینه‌هایی که بایستی برای ارزش خاک در شرایط کشور ما در نظر گرفت، هدررفت آن هزینه‌هایی از جمله کاهش حاصلخیزی خاک، از بین رفتن اراضی کشاورزی، پرشدن مخازن سدها و آبرسانی، آسیب زدن به تاسیسات ایجاد شده را خواهد شد. با توجه به این هزینه‌ها بنابراین ارزش هر مترمربع خاک بسیار بیش‌تر از هزینه لازم جهت تهیه پرلیت و کاربرد آن در سطح حوزه‌های آبخیز خواهد بود. از سویی دیگر بایستی بیان نمود که در سطح حوزه‌های آبخیز تنها در دامنه-هایی که دارای اثرات تخریبی پوشش گیاهی بوده و خاک فرسایش‌یافته است بایستی در ابتدا با استفاده از افزودنی‌ها اقدام به حفاظت خاک نمود تا بتوان بعد از مدتی پوشش گیاهی را در آن

منطقه مورد نظر مستقر نمود. با جمع‌بندی سابقه پژوهش مشخص شد که عوامل مختلفی از جمله کاربری اراضی، شدت بارندگی و شیب زمین در تغییرات پاشمان خاک مؤثر هستند. شناخت این عوامل هم‌چنین می‌تواند در ارائه راه‌کار مفیدی در راستای مهار فرسایش پاشمانی مؤثر باشد. با توجه به اینکه دامنه‌های وسیع و حساس به فرسایش و تخریب‌یافته و نیز پوشش‌گیاهی فقیر و یا تخریب‌یافته روی این دامنه‌ها نیاز به کاربرد افزودنی‌ها را جهت افزایش نفوذپذیری خاک و کاهش فرسایش خاک از این طریق را اجتناب‌ناپذیذ کرده است. حال آن‌که پژوهش‌های مستند در ارتباط با این موضوع خصوصا کاربرد پرلیت در جهان و به‌ویژه کشورهای در حال توسعه کمتر گزارش شده است و نیاز به بررسی و پژوهش‌های بیش‌تری در این زمینه است. با توجه به منابع موجود می‌توان بیان نمود که با وجود بررسی‌های متفاوتی که در زمینه فرسایش پاشمانی و عوامل مؤثر بر آن انجام شده اما هنوز پژوهش‌های زیادی برای بررسی عوامل مختلف به‌ویژه اثر کاربری اراضی و هم‌چنین افزودنی‌های خاک برای بررسی تغییرات فرسایش پاشمانی مورد نیاز است. در نهایت با توجه به منابع موجود در زمینه پرلیت و اهمیت فرسایش پاشمانی و اینکه در زمینه اثر پرلیت در مهار فرسایش پاشمانی مطالعاتی ثبت نشده است. بنابراین در پژوهش حاضر اثر خاک برداشت شده از کاربری اراضی مختلف (جنگل، مرتع و زراعی) و مقدار پرلیت (۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد) بر تغییرات پاشمان کل و پاشمان خالص در شرایط آزمایشگاهی با استفاده از شبیه‌ساز باران شدت با شدت ۸۰ میلی‌متر بر ساعت انجام شد.

مواد و روش‌ها

- آماده‌سازی خاک و فنجان پاشمان

انتخاب خاک برداشت شده از کاربری جنگل، مرتع و زراعی (شکل ۱) در گام اول به‌عنوان تعیین‌کننده‌ترین عامل بوده و نحوه توصیف و تعیین سطوح تیمارهای مختلف تا حد زیادی وابسته به آن می‌باشد؛ خاک از سه کاربری جنگل، مرتع و زراعی در استان مازندران، شهرستان ساری (جدول ۱ و شکل ۲ الف) تا عمق ۲۰ سانتی‌متر جمع‌آوری شد و پس از انتقال به آزمایشگاه در هوای آزاد خشک شد (Gholami *et al.*, 2019). سپس خاک برای انتقال به فنجان‌های پاشمان آماده‌سازی شد. پس از خشک شدن خاک در هوای آزاد خاک از الک چهار میلی‌متر با در نظر گرفتن مقادیر و دانه‌بندی خاکدانه برای افزایش تشابه با شرایط طبیعی خاک عبور داده شد (Tang et al., 2006).

ابزاری که برای اندازه‌گیری فرسایش پاشمانی استفاده می‌شود باید قابلیت اندازه‌گیری وزن کل ذرات خاک پاشمان شده به‌وسیله قطرات باران را داشته باشد. یکی از ابزارهای اندازه‌گیری پاشمان خاک استفاده از فنجان پاشمان (Morgan, 1978) می‌باشد. فنجان‌های پاشمان استفاده شده در پژوهش حاضر با در نظر گرفتن طرح اولیه Morgan (Morgan, 1978) و با تغییرات اندکی در ابعاد (قطر دهانه ۲۵، قطر فنجان ۱۰ و ارتفاع دیواره ۱۰ سانتی‌متر) ساخته شد (Khaledi Darvishan *et al.*, 2014) (شکل ۱ ب). در این طرح دو صفحه عمودی در طرفین دهانه اصلی و در راستای عمود بر شیب سطح خاک به گونه ای قرار گرفت که بتوان حجم ذرات پاشمان شده در جهت‌های بالادست و پایین دست را از هم تفکیک نمود (Khaledi Darvishan *et al.*, 2015) فنجان پاشمان با وجود سادگی نتایج دقیق و قابل تکرار را در اندازه‌گیری میزان فرسایش پاشمانی به‌دست می‌دهد (هنربخش و حیاوی، ۱۳۹۶). پس از تهیه فنجان‌های پاشمان خاک برداشت شده از هر کاربری در داخل نه فنجان (سه مقدار پرلیت با سه تکرار) پاشمان ریخته شد و برای مشابهت با شرایط طبیعی با استفاده از غلطک به جرو ویژه ظاهری خاک برای هر کاربری (جدول ۱) حدود ۱۲ تا ۱۸ مرحله رسانده شد (Luk, 1985).

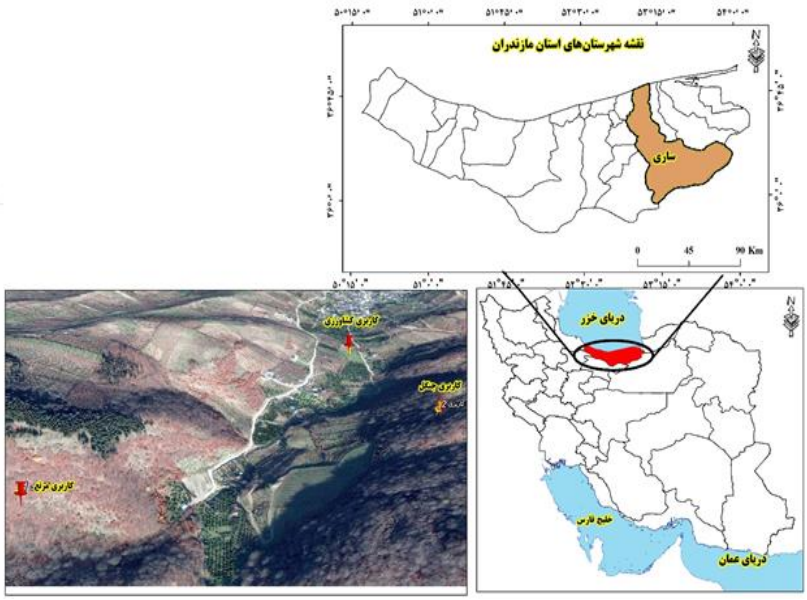
- انتخاب مقادیر پرلیت

پرلیت ماده‌ای معدنی پفکی شکل با دانسیته ۱۰۰-۵۰ کیلوگرم بر مترمربع بر پایه شیشه از سنگ آتشفشانی (با ژنزماگمائی) و با ترکیب ریولیتی است که در محیط آبی و با انجماد سریع ماگمای اسیدی (گدازه آتشفشان) به صورت آمورف (غیرکریستالی) تشکیل شده است و نزدیک به ۷۵ درصد آن اکسید سیلیسیم است. انوع

مختلف پرلیت در شکل ۲ نشان داده شده است. از ویژگی-های خاص آن سبک بودن، در دسترس و ارزان بودن و میزان نگهداری بالای آب به خصوص خاصیت نگه‌داری آب در فشارهای پایین و هم‌چنین مقاوم بودن در مقابل تجزیه شیمیایی و بیولوژی می‌باشد که سبب افزایش اهمیت آن شده است. در پژوهش حاضر برای انجام آزمایش‌ها از پرلیت منبسط شده استفاده گردید که خصوصیات شمیایی و فیزیکی آن در جدول (۲) ارائه شده است. برای انجام پژوهش حاضر، آزمایش‌ها در تیمار شاهد (بدون پوشش حفاظتی) و تیمارهای حفاظت شده (با پرلیت با مقادیر مختلف ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد) که مستقیماً در سطح خاک به صورت یکنواخت (Gholami *et al.*, 2019) پخش گردید، انجام شد. شکل (۳) نمایی از فنجان‌های شاهد و تیمار شده با درصدهای مختلف پرلیت با خاک‌های برداشت شده از کاربری‌های مختلف را نشان می‌دهد.

- اندازه‌گیری پاشمان خاک

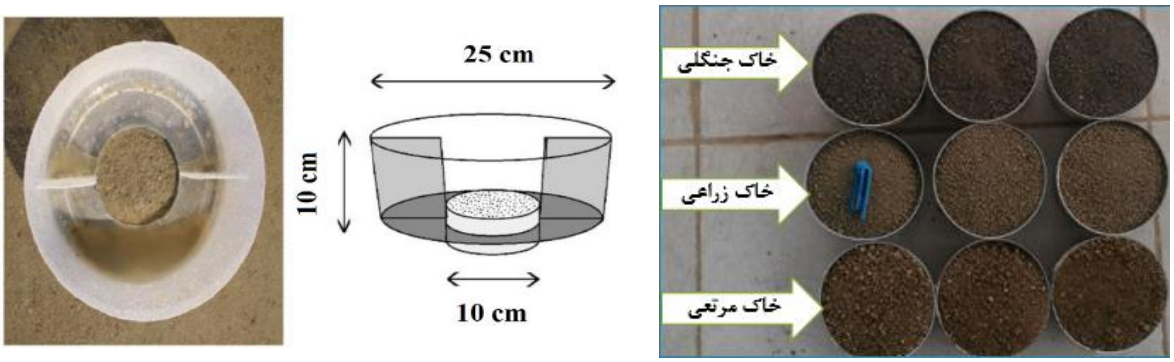
آزمایش‌ها در شرایط آزمایشگاهی و با استفاده از شبیه-ساز باران دانشکده منابع طبیعی ساری در بارندگی با شدت ۸۰ میلی‌متر بر ساعت انجام شد. شبیه‌ساز باران ذکر شده روی یک ساختار فلزی به فرم A و با قابلیت تنظیم ارتفاع دو تا ۲/۷ متر و قطر ۴۰ میلی‌متر مستقر گردید. جهت شبیه‌سازی باران از دو نازل ویجت ۸۰۱۰۰ با قطر



شکل ۱. موقعیت خاک جمع‌آوری شده از کاربری‌های مختلف جهت انجام پژوهش

جدول ۱. ویژگی‌های خاک‌های جمع‌آوری شده از اراضی جنگل، مرتع و زراعی

خاک	بافت خاک	ماده آلی (درصد)	کربن آلی (درصد)	pH	EC (دسی زیمنس برمتر)	جرم ویژه ظاهری (گرم بر سانتی‌مترمکعب)
جنگل	لومی	۶/۸۵	۳/۹۷	۷/۴۹	۰/۶۱	۱/۵۰
مرتع	رسی	۰/۴۷	۰/۲۷	۷/۸۶	۰/۴۷	۲/۰۰
زراعی	رسی-سیلتی	۱/۸۸	۱/۰۹	۸/۱	۰/۵۸	۱/۸۰

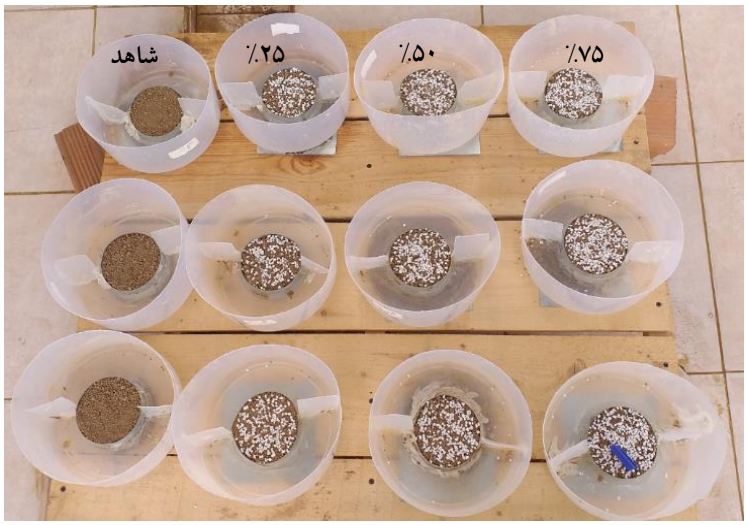


شکل ۲. خاک جمع‌آوری شده از کاربری‌های جنگل، مرتع و زراعی (الف) و طرح نهایی فنجان پاشمان مورد استفاده (ب)

شکل ۲. انوع مختلف پرلیت سنگ پرلیت (الف)، سنگ پرلیت خرد شده (وسط) و پرلیت منبسط شده (ج)

جدول۲. ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی پرلیت استفاده شده برای انجام پژوهش

	اکسید سلسیوم (درصد)	اکسید آلومینیوم (درصد)	اکسید پتاسیم (درصد)	اکسید سدیم (درصد)	اکسید آهن (درصد)	اکسید کلسیم (درصد)	اکسید منیزیم (درصد)
شیمیایی	۷۰-۷۵	۱۲-۱۵	۳-۵	۳-۴	۰/۵-۲	۱-۱/۵	۰/۲ -۰/۷
	رنگ	pH	جرم مخصوص	نقطه ذوب (سانتی‌گراد)	نفوذ پذیری (دارسی)	اندازه (میلی‌متر)	ضریب انکسار
فیزیکی	سفید	۵/۶- ۰/۸	۲/۴- ۲/۲	۱۲۸۰-۱۳۵۰	۳-۴	۳-۵	۵/۱



شکل ۳. نمایی از فنجان‌های شاهد و تیمار شده با درصدهای مختلف پرلیت و خاک برداشت شده از جنگل (بالا)، مرتع (وسط) و زراعی (پایین)

روزنه ۴/۵ میلی‌متر و قابلیت جابه‌جایی روی ریلی با طول دو متر استفاده گردید. به‌منظور راه‌اندازی شبیه‌ساز و کنترل تداوم بارش، یک برد کنترلی با قابلیت برنامه نویسی و اجرای چندین برنامه بارشی با خصوصیات مختلف و به صورت خودکار و متوالی طراحی گردید که با استفاده از یک صفحه کلید سرعت نوسان نازل‌ها، زاویه، زمان مکث نازل‌ها در طرفین قابل تنظیم می‌باشد (کاویان و همکاران، ۱۳۹۳). پس از خاتمه بارندگی (۱۰ دقیقه بعد از بارندگی)، ذرات خاک پاشمان شده از بالادست و پایین‌دست فنجان-های پاشمان به تفکیک هر خاک، در تیمارهای شاهد و حفاظتی، به روش شستشو تخلیه شده و سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت به حالت سکون قرار داده شدند (Gholami *et al.*, 2013; Khaledi Darvishan *et al.*, 2014). پس از طی مدت زمان مذکور مقدار آب اضافی نمونه‌ها تا حد امکان با استفاده از روش تخلیه (Walling و همکاران، ۲۰۰۱) حذف گردید، باقی‌مانده آب و رسوب به داخل ظروف مناسب با وزن مشخص منتقل و در نهایت به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک و با استفاده از ترازو (با دقت صدم) توزین توزین شدند (Ruiz Sinoga *et al.*, 2010). در این پژوهش دو صفحه عمودی در طرفین دهانه اصلی و در راستای عمود بر شیب عمومی سطح خاک به گونه‌ای قرار گرفت که بتوان حجم ذرات پاشمان شده در جهت‌های بالادست و پایین-دست را از هم تفکیک نمود (Morgan, 1987). مقدار پاشمان کل و خالص به‌ترتیب از طریق محاسبه حاصل جمع و تفاضل دو مقدار پاشمان در بالادست و پایین‌دست (Morgan., 1981; Mizugaki, 2010) برای هر فنجان پاشمان در سه تکرار و با سه مقدار مختلف پرلیت و سه نوع خاک برداشت شده از کاربری‌های مختلف محاسبه گردید (Zachar *et al.*, 1982). آزمایش‌ها در طرح کاملا تصادفی انجام شد و تعداد نمونه‌ها در نهایت ۳۶ نمونه بود.

شکل ۴. نمایی از فرآیند شبیه‌سازی باران

- آنالیز آماری

به منظور انجام کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری از نرم‌افزارهای Excel و SPSS23 استفاده گردید. ابتدا با استفاده از نرم افزار Excel میانگین، ضریب تغییرات و درصد تغییرات فرسایش پاشمانی را برای پرلیت با مقادیر ۲۵، ۵۰ و ۷۰ درصد و برای خاک برداشت شده از کاربری‌های کشاورزی، مرتع و جنگل و شدت بارندگی ۸۰ میلی‌متر بر ساعت محاسبه و سپس با تیمارهای شاهد مقایسه شد. به‌منظور آنالیز آماری ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون به روش کولموگروف – اسمیرنف مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله بعدی به منظور مقایسه فرسایش پاشمانی تیمارهای حفاظتی با تیمارهای شاهد از آزمون GLM[1] استفاده شد (Arnaez et al., 2007). هم‌چنین نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel رسم گردید و سپس با استفاده از آزمون دانکن گروه‌بندی شدند.

نتایج و بحث

پژوهش حاضر با هدف بررسی کاربرد مقادیر مختلف پرلیت در مهار فرسایش پاشمانی در سه نوع خاک برداشت شده از کاربری‌های جنگل، مرتع و زراعی تحت شبیه‌سازی باران و در شدت بارندگی ۸۰ میلی‌متر بر ساعت در شرایط آزمایشگاهی و تحت باران شبیه‌سازی شده انجام شد. نتایج

[1] General Linear Model

آزمون نرمال بودن داده‌ها به روش کولموگروف اسمیرنوف نشان داد که کلیه داده‌های پاشمان به دست آمده از تمام تیمار-های مورد بررسی دارای توزیع نرمال در سطح احتمال ۹۵ درصد هستند. نتایج حاصل از اندازه‌گیری پاشمان کل و پاشمان خالص در خاک برداشت شده از کاربری جنگل، مرتع و زراعی در شدت ۸۰ میلی‌متر بر ساعت با سه سطح پرلیت ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد در جدول‌های ۳ و ۴ ارائه شده است.

جدول ۳. نتایج پاشمان کل در خاک برداشت شده از کاربری‌های مورد استفاده قبل و بعد از کاربرد مقادیر مختلف پرلیت

مقادیر پرلیت	شاهد	۲۵ درصد	۵۰ درصد	۷۵ درصد
خاک برداشت شده از کاربری جنگل	۲۱۱/۳۲	۱۱۵/۸۴	۱۲۹/۸۵	۸۵/۲۹
	۲۵۹/۶۹	۱۳۳/۶۷	۹۲/۹۳	۸۱/۴۷
	۲۵۳/۳۳	۱۲۲/۲۱	۱۲۶/۰۳	۷۱/۲۹
میانگین	۲۴۱/۴۵	۱۲۳/۹۱	۱۱۶/۲۷	۷۹/۳۵
ضریب تغییرات	۱۰/۸۹	۹/۰۳	۲۰/۳۰	۷/۲۴
درصد حفاظتی	–	۱۴/۰۶	۵۱/۸۵	۶۷/۱۴
خاک برداشت شده از کاربری مرتع	۲۷۴/۹۷	۱۰۵/۶۶	۱۲۸/۵۷	۱۵۵/۳۱
	۲۱۵/۱۴	۱۲۷/۳۰	۱۳۶/۲۱	۲۱۰/۰۵
	۳۴۳/۷۱	۱۴۰/۰۳	۱۱۸/۳۹	۱۶۶/۷۶
میانگین	۲۷۷/۹۴	۱۲۴/۳۳	۱۲۷/۷۲	۱۷۷/۳۷
ضریب تغییرات	۶۴/۳۴	۱۷/۳۸	۸/۹۴	۲۸/۸۷
درصد حفاظتی	–	۵۵/۲۷	۵۴/۰۵	۳۶/۱۸
خاک برداشت شده از کاربری زراعی	۲۸۱/۳۳	۱۳۷/۴۸	۲۲۲/۷۸	۲۲۰/۲۳
	۳۲۴/۶۲	۱۳۴/۹۴	۱۷۵/۶۷	۲۴۵/۶۹
	۳۶۴/۰۸	۱۴۰/۰۳	۱۸۹/۶۸	۲۵۲/۰۵
میانگین	۳۲۴/۳۴	۱۳۷/۴۸	۱۹۶/۰۴	۲۳۹/۳۲
ضریب تغییرات	۴۱/۳۹	۲/۵۵	۲۴/۱۹	۱۶/۸۴
درصد حفاظتی	–	۵۷/۴۸	۳۹/۳۷	۲۵/۹۸

جدول ۴. نتایج پاشمان خالص در خاک برداشت شده از کاربری‌های مورد استفاده قبل و بعد از کاربرد مقادیر مختلف پرلیت

مقادیر پرلیت	شاهد	۲۵ درصد	۵۰ درصد	۷۵ درصد
خاک برداشت شده از کاربری جنگل	۴۵/۸۳	۱۱/۴۶	۲۰/۳۷	۲۹/۲۸
	۷۱/۲۹	۸/۹۱	۲۹/۲۸	۴۳/۲۸
	۹۸/۰۲	۳۵/۶۴	۳۹/۴۶	۲۸/۴۶
میانگین	۷۱/۷۱	۳۲/۶۷	۲۹/۷۰	۱۸/۶۷
ضریب تغییرات	۲۶/۱۰	۱۴/۷۵	۹/۵۵	۹/۳۸
درصد حفاظتی	–	۵۴/۴۴	۳۷/۷۸	۵۸/۵۸
خاک برداشت شده از کاربری مرتع	۱۰۶/۹۳	۲۴/۱۹	۵۶/۷۲	۵۰/۹۲
	۶۴/۹۲	۲۸/۰۱	۳۶/۹۲	۷۵/۱۱
	۱۱۴/۵۷	۷۶/۳۸	۷۰/۰۲	۶۲/۳۸
میانگین	۹۵/۴۸	۴۲/۸۶	۵۹/۸۳	۶۲/۸۰
ضریب تغییرات	۲۶/۷۳	۲۹/۰۹	۱۹/۸۸	۱۲/۱۰
درصد حفاظتی	–	۵۵/۱۱	۳۷/۳۳	۳۴/۲۲
خاک برداشت شده از کاربری زراعی	۱۰۰/۵۷	۱۵/۲۸	۳۴/۳۷	۶۴/۹۲
	۱۲۰/۹۴	۵/۰۹	۵۳/۴۷	۴۷/۱۰
	۱۴۷/۶۷	۱۲/۷۳	۶۲/۳۸	۷۳/۸۳
میانگین	۱۲۳/۰۶	۱۱/۰۳	۵۰/۰۷	۶۱/۹۵
ضریب تغییرات	۲۳/۶۲	۵/۳۰	۱۴/۳۱	۱۳/۶۱
درصد حفاظتی	–	۹۱/۰۳	۵۹/۳۱	۴۹/۶۶

نتایج جدول ۳ حاکی از آن است که کاربرد پرلیت در مقادیر ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد در خاک برداشت شده از کاربری جنگل منجر به کاهش پاشمان کل به‌ترتیب با مقادیر ۱۴/۰۶، ۵۱/۸۵ و ۶۷/۱۴ درصد نسبت به تیمار شاهد شد. هم‌چنین کاربرد پرلیت با مقادیر مذکور منجر به کاهش پاشمان کل در خاک برداشت شده از کاربری مرتع به‌ترتیب با مقادیر ۵۲/۲۷، ۵۴/۰۵ و ۳۶/۱۸ درصد و در خاک برداشت شده از کاربری زراعی به ترتیب با مقادیر ۵۷/۴۸، ۳۹/۳۷ و ۲۵/۹۸ درصد نسبت به تیمار شاهد شد. از سویی دیگر نتایج جدول ۴ نیز نشان داد که کاربرد پرلیت با مقادیر ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد منجر به کاهش پاشمان خالص در خاک برداشت شده از کاربری جنگل، مرتع و زراعی به‌ترتیب با مقادیر ۳۷/۸۷، ۵۸/۵۸ و ۵۴/۴۴ درصد، ۵۵/۱۱، ۳۷/۳۳ و ۳۴/۲۲ درصد و ۹۱/۰۳، ۵۹/۳۱ و ۴۹/۶۶ درصد نسبت به تیمار شاهد شد. این نتایج حاکی از آن است که در تمام مقادیر استفاده شده پرلیت توانست مقادیر فرسایش پاشمانی را نسبت به تیمار شاهد کاهش دهد. نتایج هم‌چنین بیانگر این است که در خاک برداشت شده از کاربری جنگل هرچه مقدار پرلیت افزایش یافته است به تبع آن مقدار فرسایش پاشمانی نیز کاهش یافته است و بیش‌ترین تأثیر پرلیت در خاک برداشت شده از این کاربری مربوط به پرلیت با مقدار ۷۵ درصد بود. یکی از دلایل کاهش پاشمان در مقادیر بیش-تر پرلیت می‌تواند این باشد که خاک جنگل به دلیل پوشش گیاهی قوی و هم‌چنین ماده آلی زیاد مانع از فروپاشی خاکدانه می‌شود و با افزایش مقدار پرلیت فروپاشی خاکدانه‌ها به نسبت کاهش می‌یابد چراکه خاک برداشت شده از کاربری جنگل مواد آلی بالایی دارد و یافته‌های شرکت‌های برداشت معادن پرلیت نشان می‌دهد که ترکیب پرلیت با مواد آلی منجر به بهبود ویژگی‌های خاک می‌شود. اما در خاک برداشت شده از کاربری زراعی و مرتع بیش‌ترین تأثیر پرلیت مربوط به مقدار ۲۵ درصد بود. این می‌تواند به‌دلیل آن باشد که خاک زراعی به دلیل شخم و تخریب خاکدانه‌های خاک و خاک مرتع به دلیل پوشش گیاهی ضعیف و فرسایش‌یافته بودن خاک آن (Emadi *et al.*, 2009) عمل‌کرد کمتری داشته‌اند و پرلیت در مقادیر بیش‌تر نتوانسته است نتایج بهتری را نشان دهد. اما در کل در هر سه نوع خاک برداشت شده از کاربری‌ها مورد استفاده پرلیت توانست مقادیر پاشمان را نسبت به تیمار شاهد کاهش دهد که این نتایج با نتایج اخوان و همکاران (۱۳۹۶) و قضاوی و همکاران (۱۳۹۷) که تأثیر مثبت پرلیت را بر کاهش رسوب تایید کردند، هم‌خوانی داشت. ایشان بیان کردند که پرلیت می‌تواند موجب اصلاح سیستم تهویه و آبدهی خاک شده در نتیجه منجر به کاهش رواناب و رسوب خواهد شد (اخوان و همکاران، ۱۳۹۶). هم‌چنین مقایسه اثرات یک‌جانبه و متقابل کاربری و مقدار پرلیت بر پاشمان کل، خالص، بالادست و پایین‌دست با استفاده از آزمون آنالیز واریانس چند متغیر در جدول ۵ ارائه شده است.

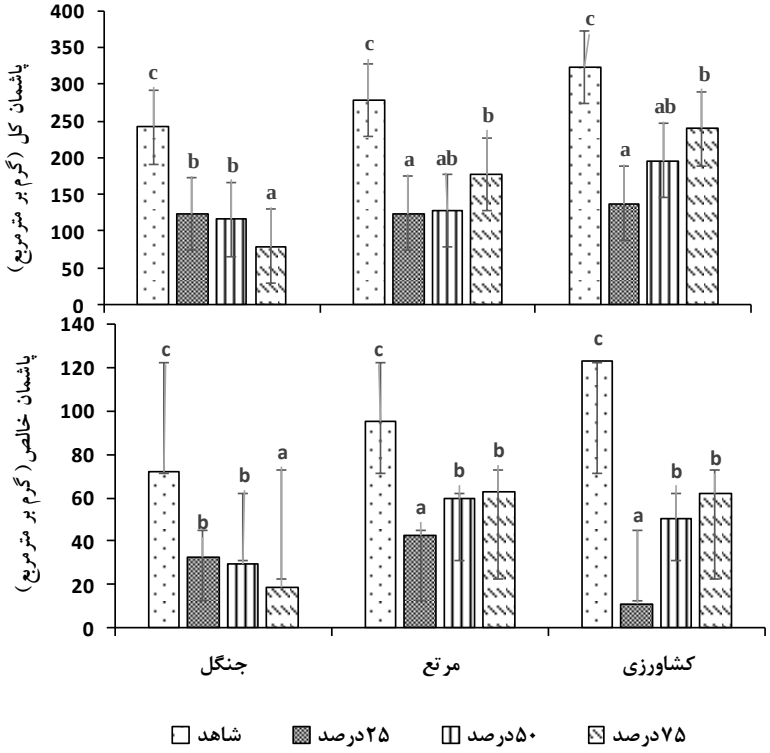
نتایج جدول ۵ نشان داد که تأثیر خاک برداشت شده از کاربری‌های جنگل، مرتع و زراعی بر پاشمان کل، خالص، بالادست و پایین‌دست در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی‌دار بود. در حالی‌که رضایی پاشایی و همکاران (۱۳۹۰) نشان دادند که میزان فرسایش پاشمانی در خاک برداشت شده از کاربری جنگل، مرتع و زراعی اختلاف معنی‌داری بعد از کاربرد کود با هم نداشتند، این دلیل اختلاف می‌تواند در نوع افزودنی مورد استفاده و هم‌چنین مقدار کاربرد آن باشد. هم‌چنین نتایج جدول ۵ نشان داد که تأثیر پرلیت بر مهار پاشمان کل، خالص، بالادست و پایین‌دست در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی‌دار بود. زیرا کاربرد پرلیت به‌عنوان یک افزودنی مانعی را در برابر قطرات باران ایجاد می‌کند که می‌تواند انرژی قطرات باران را به شدت کاهش داد و در نهایت درصد حفاظت خاک را افزایش دهد (Kukal and Sarkar., 2010; Sadeghi *et al.*, 2016; Gholami *et al.*, 2018). هم‌چنین پرلیت به‌دلیل داشتن زبری ذاتی، تداخل ذره ای فوق العاده مناسبی را فراهم می کند که تهویه عالی و بازدهی بالاتر مخلوط خاک را موجب می‌شود. از سویی دیگر به‌دلیل داشتن ناحیه سطحی وسیع، رطوبت قابل ملاحظه‌ای را در خود نگه داشته و آن را به بهترین نحو برای

رشد و گسترش گیاه در خاک آزاد می‌نماید. از سویی دیگر به دلیل معدنی بودن پرلیت و در نتیجه مشابهت در ترکیب شیمیایی به خاک ، هیچگونه اختلالی در ساختمان خاک ایجاد نخواهد کرد. با استفاده از پرلیت به لحاظ بهداشتی ، با یک محیط استریل روبرو هستیم. یعنی عاری از میکروارگانیسم های بیماری زا و جالب تر آنکه پرلیت دارای خواص علف کش نیز می باشد. پرلیت با دارابودن pH خنثی از هر گونه اختلالی در ریشه گیاه جلوگیری می کند بررسی‌ها هم-چنین نشان داده است که کاربرد پرلیت منجر به وزن تر ریشه، رشد گیاهان، ارتفاع و طول شاخه‌های اولیه در گیاهان می‌شود. هم‌چنین اثر متقابل پرلیت و خاک برداشت شده از کاربری‌های مختلف بر پاشمان کل و بالادست در سطح اعتماد ۹۹ درصد، بر پاشمان پایین-دست در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار بود. اما اثر متقابل این دو متغیر بر پاشمان خالص معنی‌دار نبود. اخوان و همکاران (۱۳۹۶)، قضاوی و همکاران (۱۳۹۷) و مرادیان و همکاران (۱۳۹۸) نیز تأثیر معنی‌دار پرلیت را بر مهار فرسایش خاک در پژوهش‌های خود تایید کردند. وجود پرلیت در خاک باعث کاهش هدررفت آب و خاک می‌شود زیرا این سنگ در اثر حرارت دیدن به شکل موادی بسیار سبک وزن، استریل و سفید منبسط می‌شود. هر ذره پرلیت منبسط شده حاوی سلول‌های ریز هوا بوده و با حفرات متعددی و چند لایه پوشانده شده که ساختمان منحصر به‌فردی برای خاک فراهم می‌کند. شکل‌های ۴ و ۵ به‌ترتیب میانگین پاشمان کل، خالص، بالادست و پایین‌دست را در خاک برداشت شده از کاربری‌های جنگل، مرتع و زراعی و مقادیر پرلیت ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد را نشان می‌دهند.

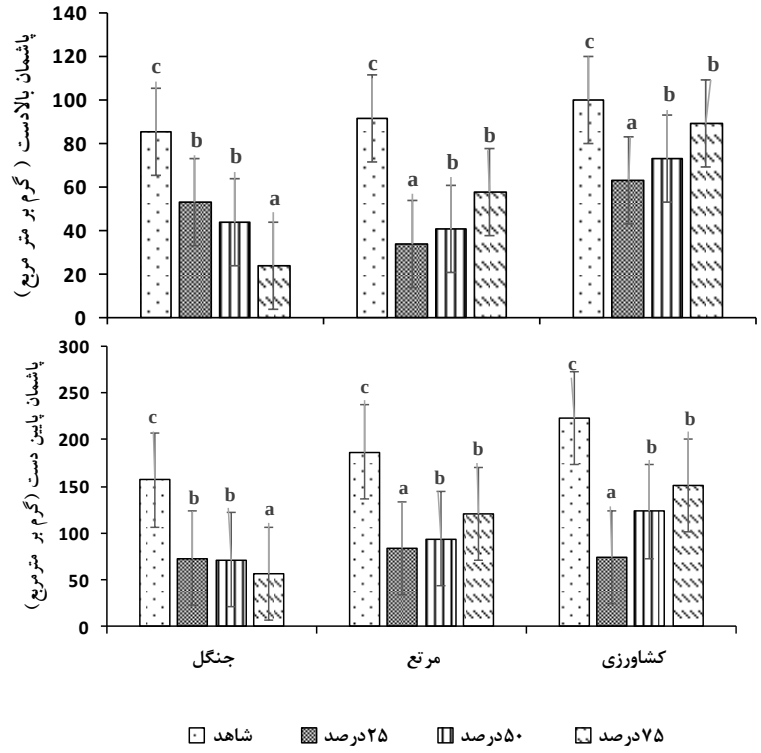
شکل‌های ۵ و ۶ بیانگر این است که میزان پاشمان کل، خالص، بالادست و پایین‌دست در خاک برداشت شده از کاربری‌های مورد مطالعه و مقادیر مختلف پرلیت مشابه نبوده در واقع، بیش‌ترین میزان فرسایش پاشمانی در هر سه نوع خاک در تیمار شاهد مشاهده شد (Jordan *et al.*, 2008). شکل‌های مذکور بیانگر این است که مقادیر پاشمان کل، خالص، بالادست و پایین‌دست در خاک برداشت شده از کاربری جنگل، تیمار پرلیت با مقدار ۷۵ درصد در زیرگروه یک قرار گرفته و کمترین مقدار فرسایش را دارا است، تیمار پرلیت با مقدار ۵۰ و ۲۵

جدول ۵. نتایج آزمون تجزیه واریانس چندطرفه مقادیر پرلیت و سه نوع خاک از کاربری مختلف بر پاشمان کل، خالص، بالادست و پایین‌دست

منبع		مجموع مربعات نوع سوم	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معنی‌داری
کاربری اراضی	پاشمان کل	۴۲۳۶۴/۷۴	۲	۲۱۱۸۲/۳۷	۲۷/۶۸	۰/۰۰۰
	پاشمان خالص	۵۱۶۱/۳۷	۲	۲۵۸۰/۶۸	۷/۴۵	۰/۰۰۳
	پاشمان بالادست	۶۳۳۹/۱۸	۲	۳۱۶۹/۵۹	۲۳/۳۳	۰/۰۰۰
	پاشمان پایین-	۱۷۴۲۳/۱۲	۲	۸۷۱۱/۵۶	۲۰/۷۴	۰/۰۰۰
مقدار پرلیت	پاشمان کل	۱۲۷۳۶۷/۱۹	۳	۴۲۴۵۵/۷۳	۵۵/۴۹	۰/۰۰۰
	پاشمان خالص	۲۴۹۳۳/۲۶	۳	۸۳۱۱/۰۸	۲۳/۹۹	۰/۰۰۰
	پاشمان بالادست	۱۰۵۵۱/۰۹	۳	۳۵۷۱/۰۳	۲۵/۸۸	۰/۰۰۰
	پاشمان پایین-	۶۵۵۹۶/۸۹	۳	۲۱۸۶۵/۶۳	۵۲/۰۷	۰/۰۰۰
کاربری اراضی × مقدار پرلیت	پاشمان کل	۱۸۲۹۳/۴۹۳	۶	۳۰۴۸/۹۲	۳/۹۸	۰/۰۰۷
	پاشمان خالص	۳۶۴۰/۷۶	۶	۶۰۶/۷۹	۱/۷۵	۰/۱۵۲
	پاشمان بالادست	۳۶۷۳/۸۳	۶	۶۱۲/۳۰	۴/۵۰	۰/۰۰۳
	پاشمان پایین-	۷۲۹۲/۰۸	۶	۱۲۱۵/۳۴	۲/۸۹	۰/۰۲۹



شکل ۵. میانگین پاشمان کل (بالا) و خالص (پایین) در خاک برداشت شده از کاربری‌ها و مقادیر مختلف پرلیت



شکل ۶. میانگین پاشمان بالادست (بالا) و پایین‌دست (پایین) در خاک برداشت شده از کاربری‌ها و مقادیر مختلف پرلیت

درصد در زیرگروه دو و تیمار شاهد در زیرگروه سه قرار گرفته و بیش‌ترین مقدار پاشمان کل، خالص، بالادست و پایین‌دست را به خود اختصاص داده است. این نتایج نشان داد که در خاک برداشت شده از کاربری جنگل میزان پاشمان کل، خالص، بالادست و پایین‌دست با افزایش سطح تیمار پرلیت کاهش یافته است چراکه طبق یافته‌های شرکت‌های معدنی تولید کننده پرلیت استفاده شده در پژوهش حاضر ماده معدنی پرلیت سوپر جاذبی است که می‌تواند ۳۰۰ برابر وزن خود را آب ذخیره کرده و منجر به کاهش فرسایش خاک و بهبود کیفیت خاک می‌شود. هم‌چنین این ماده هیچ عارضه و اثر مخربی برای منابع طبیعی نداشته و با توجه به‌اینکه از طبیعت استخراج می‌شود به‌طور کامل با محیط زیست سازگار است. نتایج این بخش از پژوهش حاضر با نتایج کاویان و همکاران (۱۳۹۱) در رابطه با افزایش سطح افزودنی‌ها بر کاهش فرسایش مطابقت دارد. دلیل این نتایج این است که افزودنی‌های خاک در خاک‌های مختلف می‌توانند تأثیرات متفاوتی بر میزان فرسایش داشته باشند (Huang *et al.*, 2001) چرا که با اتصال ذرات خاک و ایجاد مانعی در سطح خاک مانع از ایجاد جدایش ذرات خاک می‌شوند. پژوهش‌گران دیگری نیز استفاده از سایر افزودنی‌ها مانند پلی‌اکریل آمید، ژیپس و ژئوتکستایل‌ها (صادقی و همکاران، ۱۳۹۴؛ و Li *et al.*, 2000) در کاهش فرسایش پاشمانی را تایید کردند. کاربری جنگل، مرتع و زراعی اثرات معنی‌داری در کاهش فرسایش پاشمانی داشت این نتایج با یافته‌های آزموده و همکاران (۱۳۸۹) مبنی بر کاهش فرسایش خاک در کاربری جنگل هم‌خوانی دارد. از سویی دیگر مقادیر پاشمان کل، در خاک برداشت شده از کاربری مرتع و زراعی، تیمار پرلیت با مقدار ۲۵ درصد در زیرگروه یک قرار گرفت و کمترین مقدار فرسایش را به خود اختصاص داد. تیمار پرلیت با مقادیر ۵۰ و ۷۵ درصد در زیرگروه دو قرار گرفتند و اختلاف معنی‌داری با هم نشان ندادند و تیمار شاهد در زیر گروه سه قرار گرفت. از سویی دیگر مقادیر پاشمان خالص، بالادست و پایین دست در کاربری مرتع و زراعی، تیمار پرلیت با مقدار ۲۵ و ۵۰ درصد در زیرگروه یک قرار گرفت و کمترین مقدار فرسایش را به خود اختصاص داد. تیمار پرلیت با مقادیر ۵۰ و ۷۵ درصد در زیرگروه دو قرار گرفتند و اختلاف معنی‌داری با هم نشان ندادند. در تمامی مقادیر استفاده شده پرلیت، مقادیر پاشمان روند کاهشی نسبت به تیمار شاهد داشت. تخریب خاکدانه‌ها در تیمار مرتع (به‌دلیل فرسایش‌یافته بودن آن و کمبود مواد آلی در آن) و کشاورزی (به‌دلیل شخم خاک و شکست خاکدانه‌های خاک) می‌تواند تغییرات زیادی را در مقدار پاشمان و در نهایت فرسایش خاک داشته باشد. در حالی‌که خاک برداشت شده از کاربری جنگل به‌دلیل پوشش گیاهی قوی و در نتیجه وجود مواد آلی زیاد در خاک مانع از فروپاشی خاکدانه (Emadi *et al.*, 2009)، افزایش ظرفیت نگه‌داری آب و نفوذپذیری خاک (Siegrist *et al.*, 1998) و بهبود ساختمان خاک و ممانعت از تشکیل سله (Troeh *et al.*, 1999) شده که خود تأثیر مثبتی بر کاهش فرسایش خواهد داشت (یوسفی‌فرد و همکاران،۱۳۸۶). یافته‌های شرکت معدنی پرلیت نیز نشان می‌دهد ترکیب پرلیت و خاک مخصوصا در خاک‌هایی که دارای پوشش گیاهی بودند زهکشی بسیار عالی در خاک به وجود آورده و رطوبت رادر خود حفظ می‌کند (http://madankavan.com/). از سویی دیگر نتایج شکل ۵ بیانگر این است که در خاک برداشت شده از کاربری جنگل میزان پاشمان بالادست و پایین‌دست در مقادیر بیشتر پرلیت کاهش بیش‌تری داشت. به‌طوری که میانگین پاشمان بالادست در تیمار ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد به‌ترتیب ۵۲/۶۲، ۴۳/۲۸ و ۲۳/۳۴ درصد و میانگین پاشمان پایین‌دست به‌ترتیب ۷۲/۹۹، ۷۱/۲۹ و ۵۶/۰۱ درصد بود. اما تأثیر پرلیت بر پاشمان بالادست و پایین دست در خاک برداشت شده از کاربری جنگل نشان داد که پرلیت با دو مقدار ۲۵ و ۵۰ درصد در یک زیرگروه قرار داشتند که نشان‌دهنده اثر مشابه آنها بر تغییرات پاشمان بالادست می‌باشد. در حالی که دو کاربری مرتع و زراعی نشان دادند که تأثیرات مقدار پرلیت

بر تغییرات پاشمان بالادست و پایین‌دست در مقدار ۲۵ در یک زیرگروه و در دو مقدار ۵۰ و ۷۵ در یک زیرگروه قرار داشتند. در دواقع پرلیت در دو مقدار ۵۰ و ۷۵ درصد اثرات یکسانی بر پاشمان بالادست و پایین‌دست برای دو خاک برداشت شده از کاربری مورد نظر داشت. میانگین پاشمان بالادست در پرلیت با مقادیر ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد به‌ترتیب ۳۳/۹۵، ۴۰/۷۴ و ۵۷/۲۹ درصد (کاربری مرتع) و ۶۳/۲۳، ۷۲/۹۹ و ۸۸/۶۹ درصد (کاربری زراعی)، میانگین پاشمان پایین‌دست نیز در مقادیر مورد استفاده پرلیت به‌ترتیب ۸۳/۵۹، ۹۳/۷۸ و ۱۲۰/۰۹ درصد (خاک برداشت شده از کاربری مرتع) و ۷۴/۲۶، ۱۲۳/۰۶ و ۱۵۰/۶۴ درصد (خاک برداشت شده از کاربری زراعی) بود. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد مقدار پاشمان در پایین‌دست بیش‌تر از بالادست می‌باشد که با نتایج Bancy و همکاران (۱۹۹۴) نیز در این زمینه مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که کاربرد مقادیر مختلف پرلیت (۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد) به‌منظور مهار فرسایش پاشمانی در خاک برداشت شده از کاربری‌های مختلف (جنگل، مرتع و زراعی) تفاوت معنی‌داری را با تیمار شاهد نشان داد. به‌طوری که در خاک برداشت شده از کاربری جنگل پرلیت با مقدار ۷۵ درصد بیش‌ترین تأثیر را در مهار فرسایش پاشمانی داشت و منجر به کاهش پاشمان کل به مقدار ۶۷/۱۴ درصد، پاشمان خالص به مقدار ۵۸/۵۸ درصد، پاشمان بالادست به مقدار ۷۲/۴۹ درصد و پاشمان پایین‌دست به مقدار ۶۴/۲۲ درصد شد. درحالی‌که در خاک برداشت شده از کاربری‌های مرتع و زراعی پرلیت با مقدار ۲۵ درصد بیش‌ترین تأثیر را در مهار فرسایش پاشمانی نسبت به دو مقدار دیگر داشت که به ترتیب منجر به کاهش پاشمان کل به مقدار ۵۵/۲۷ و ۵۷/۴۸ درصد، پاشمان خالص به مقدار ۵۵/۱۱ و ۹۱/۰۳ درصد، پاشمان بالادست به مقدار ۶۲/۷۸ و ۳۶/۸۵ درصد و پاشمان پایین دست به مقدار ۵۵/۲۳ و ۶۶/۷۲ درصد شد. نتایج این پژوهش تاکید بر نقش خاک برداشت شده از کاربری‌های مختلف در ایجاد فرسایش پاشمانی داشت. از سویی پرلیت می‌تواند با تهویه مطلوب در خاک و افزایش رطوبت در خاک و هم‌چنین نقش موثر آن در کاهش انتقال ذرات خاک در اثر فرسایندگی قطرات باران می‌تواند به‌عنوان یک افزودنی‌های معدنی خاک در فرآیند حفاظت خاک توصیه شود. هم‌چنین استفاده از افزودنی‌های معدنی و سازگار با محیط‌زیست می‌تواند راه‌کاری مفید، کارا و موثر در حفاظت خاک و آب باشد. در نهایت استفاده از پرلیت در کاربری‌های مختلف در شرایط صحرایی که در معرض خطر فرسایش بوده و یا تخریب‌یافته‌اند با هدف بهبود مولف‌های هیدرولوژیکی و خاکی پیشنهاد می‌شود..

منابع مورد استفاده

آزموده، ع.، کاویان، ع.، سلیمانی، ک. و وهاب‌زاده، ق. ۱۳۸۹. مقایسه میزان رواناب و فرسایش در خاک‌های تحت پوشش کاربری‌های جنگل، زراعی و باغ با استفاده از شبیه‌ساز باران. مجله آب و خاک، ۲۴(۳): ۵۰۰-۴۹۰.

اخوان، ا. و میثاقی، ف. ارزیابی تأثیر اصلاح‌گرخاک (پرلیت) در میزان نگهداشت رواناب و زه‌آب در مسیر حفظ آب و توسعه مدیریت شهری. هشتمین کنفرانس علمی پژوهشی آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، ۹ ص.

حاج‌عباسی، م.ع.، بسالت‌پور، ا. و مللی، ا. ۱۳۸۶. اثر تبدیل مراتع به اراضی کشاورزی بر برخی ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک‌های جنوب و جنوب‌غربی اصفهان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، (۱۱)۴۲: ۵۲۵-۵۳۴.

حق‌جو، ز.، غلامی، ل.، کاویان. ع. و موسوی، س.ر. ۱۳۹۶. اثر پلی‌وینیل‌استات بر پاشمان خاک. دوازدهیمن همایش آبخیزداری ایران، ملایر، ۵ ص.

رضایی‌پاشا، م.، کاویان، ع. و وهاب‌زاده، ق. ۱۳۹۰. مطالعه آزمایشگاهی فرسایش پاشمانی و ارتباط آن با خصوصیات خاک در سه کاربری اراضی مجاور هم (مطالعه موردی: حوضه کسیلیان). مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، ۱۵(۵۸): ۲۶۹-۲۵۷.

صادقی، س.ح.ر.، رئیسی، م.ب. و حزباوی، ز. ۱۳۹۴. اثر کاربرد پلی‌آکریل‌آمید در مهار فرسایش پاشمانی از خاک تحت تأثیر پدیده انجماد- ذوب نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۶(۲۹): ۱۶۱۱-۱۶۰۱.

قضاوی، ر.، امیدوار، ا. و فدایی، ف. ۱۳۹۷. اثر سوپرجاذب‌های پرلیت، زئولیت و A200 بر فرسایش سطحی و رسوب‌زایی خاک. مجله پژوهش آب ایران، ۱۲(۲): ۱۲۹-۱۲۱.

کاویان، ع.، حیاوی، ف. و بروغنی، م. ۱۳۹۱. اثر پلی‌اکریل‌آمید بر نرخ فرسایش پاشمانی در خاک‌های مختلف با استفاده از شبیه‌ساز باران. نشریه مرتع و آبخیزداری، ۶۷ (۲): ۴۵۶-۴۴۲.

مرادیان، م.، ملکی، ع. و عالی‌نژادیان، ا. ۱۳۹۸. تأثیر پلیمر سوپر جاذب بلور آب A، پرلیت و زئولیت بر ویژگی‌های فیزیکی خاک لوم شنی. تحقیقات آب و خاک ایران، ۵۰(۵): ۱۲۳۰-۱۲۱۹.

هنربخش، ا. و حیاوی، ف. ۱۳۹۶. مطالعه آزمایشگاهی فرسایش پاشمانی در بافت‌های مختلف خاک با استفاده از شبیه‌ساز باران. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۳(۶): ۱۶۲-۱۵۱.

Arnaez J., Lasanta T., Ruiz-Flano P. and Ortigosa L. 2007. Factors affecting runoff and erosion under simulated rainfall in Mediterranean Vineyards. Soil and Tillage Research, **(**93**)**: 324-334**.**

Bancy, M.M. 1994. Splash transport of soil on a slope under various crop covers. Agricultural Water Management, 26: 59-66.

Bu, C.F., 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.

Duiker, S.W., Flanagan, D.C. and Lal, R. 2001. Erodibility and infiltration characteristics of fire major soils of southwest Spain. Catena, 45: 103-121.

Ekwue, E.I. 1991. The effects of soil organic matter content, rainfall duration and aggregate size on soil detachment. Soil Technology, 4: 197-207.

Emadi, M., Baghernejad, M. and Memarian, H.R. 2009. Effect of land-use change on soil fertility characteristics within water-stable aggregates of two cultivated soils in northern Iran. Land Use Policy, 26(2): 52-457.

Farres, P.J. 1987. The dynamics of rain splash erosion and the role of soil aggregate stability. Catena, 14: 119-130.

Geibler, C., Kuhn, P. Bohnk, M., Bruelheide, H., Shi, X. and Scholten, T. 2010. Splash erosion potential under tree canopies in subtropical SE China. Catena, 1-9.

Gholami, L., Sadeghi, S.H.R. and Homaee, M. 2013. Straw mulching effect on splash erosion, runoff and sediment yield from eroded plots. Soil Science Society of America Journal, 77: 268-278.

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 theInstitute of Mountain Hazards and Environment, CAS-Chengdu, China, 11–15 October 2012) (IAHS Publ. 356, 2012), 173-177.

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

Gholami, L., Hasanzadeh, N. and Khaledi Darvishan, A. 2018. Effect of sawdust on splash erosion in laboratory condition. Agriculture and Forestry, 64(1): 51-56.

Gholami, L., Karimi, N. and Kavian, A. 2019. Soil and water conservation using biochar and various soil moisture in laboratory conditions. Catena, 182: 104151.

Huang, J., Wu, P. and Xining. Z. 2013. Effects of rainfall intensity, underlying surface and slope gradient on soil infiltration under simulated rainfall experiments. Catena, 104: 93-102.

Huang, M.H., Mao, S., Feick, H., Yan, H., Wu, Y., Kind, H., Weber, E., Russo, R. and Yang, P. 2001. Room-temperature ultraviolet nanowire nanolasers. Science, 292(5523):1897-189.

Hudson, N. 1995. Soil conservation. No. 3. Ed. BT Batsford.

Jordan, A. and Martinez, Z. 2008. Soil loss and runoff rates on unpaved forest roads in southern Spain after simulated rainfall. Forest Ecology and Management, 255(3): 913- 919.

Khaledi Darvishan, A., Banasik, K. Sadeghi, S.H.R., Gholami, L. and Hejduk, L. 2015. Effects of rain intensity and initial soil moisture on hydrological responses in laboratory conditions. International Agrophysics, 29: 165-172.

Khaledi Darvishan, A., Sadeghi, S.H.R., Homaee, M. and Arabkhedri, M. 2014. Measuring sheet erosion using synthetic color-contrast aggregates. Hydrological Process, 28(15): 4463-4471.

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.

Lado, M., Ben-Hur, M. and Shainberg, I. 2004. Soil wetting and texture effects on aggregate stability, seal formation and erosion. Soil Science Society of America Journal, 68(6): 1992-1999.

Li D., Li Y.K., Christians N.E. and Minner D.D. 2000. Inorganic soil amendment effects on sand-based sports turf media. Alliance of Crop, Soil, and Environmental Science Societies, 40(4): 1121-1125.

Luk, S.H. and Hamilton, H. 1986. Experimental effect of antecedent moisture and soil strength on rainwash erosion of two luvisols. Geoderma, 37: 29-43.

Mizugaki, Sh., K. Nanko and Y. Onda. 2010. The effect of slope angle on splash detachment in an unmanaged Japanese cypress plantation forest. Hydrological Processes, 24: 576-587.

Molina, A., Govers, G., Vanacker, V., Poesen, J., Zeelmaekers, E. and Cisneros, F. 2007. Runoff generation in a degraded Andean ecosystem: Interaction of vegetation cover and land use. Catena, 71(2): 357–370.

Morgan, R.P.C. 1978. Field studies of rainsplash erosion. Earth Surface Processes and Landforms. 3: 295-299.

Qinjuan, Ch., Qiangguo, C. and Wenjun, M. 2008. Comparative Study on rain splash erosion of representative soils in China. Chinese Geographical Science, 18(2): 155–161.

Romkens, M.J.M., Helming, K. and Prasad, S.N. 2001. Soil erosion under different rainfall intensities, surface roughness and soil water regimes. Catena, 46: 103-123.

Sadeghi, S.H.R., Hedayatizadeh, R., Naderi, H. and Alizadeh, M. 2008. Comparison of runoff and sediment production in different quaternary formations in Sarachah Amari rangelands of Birjand. Rangeland, 4: 449-463.

Sadeghi, S.H.R. Kiani Harchegani, M. and Asadi, H. 2017. Variability of particle size distributions of upward/downward splashed materials in different rainfall intensities and slopes. Geoderma, 290: 100-106.

Singh, M.J and, Khera, K.L. 2008. Soil erodibility indices under different land uses in Lower Shiwaliks. Tropical Ecology, 49(2): 113-119.

Tang, K.C., Liao, E., Ong, W.L., Wong, J.D.S., Agarwal, A., Nagarajan, R. and Yobas, L. 2006. Evaluation of bonding between oxygen plasma treated Polydimethyl Siloxane and passivated silicon. In Journal of Physics: Conference Series, 70(2): 679-690.

Unger P.W., Fryrear D.W. and Lindstrom M.J. 2006. Soil conservation. American society of agronomy, Chapter 21(4): 87-111.

Walling, D.E., Collins, A.L., Sichingabula, H.M. and Leeks, G.J.L. 2001. Integrated assessment of catchment suspended sediment budgets: a Zambian example. Land Degradation and Development, 12(5): 387-415.

Zachar, Z. and Bingham, P.M. 1982. Regulation of white locus expression: the structure of mutant alleles at the white locus of Drosophila melanogaster. Cell, 30(2): 529-541.

ISSN 2251-7480

Perlite effect on changes of splash erosion in three collected soil types with different land uses

Leila Gholami[1*], Armin Balvayeh[2], Nabiyeh Karimi[3] and Fatemeh Shokrian[4]

1*) Assistant Professor (Corresponding Author), Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.
*Corresponding author email: l.gholami@sanru.ac.ir
2) Former Master Student, Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.
3. Ph.D. Student, Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.
4. Assistant Professor, Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.

Received: 02-05-2020 Accepted: 15-04-2021

Abstract

Splash erosion is as the first stage from process of water erosion that it cause for effect raindrop on soil surface. The amount of soil splash can change with changing the characteristics of soil physical. Therefore, the conservation from the surface soil cause the reducing the effect of raindrop energy on surface soil and so the sediment amount from the process of splash erosion decrease. Therefore, the present study was conducted to efficiency evaluation of perlite with levels of 25, 50 and 75 percent at rainfall intensity of 80 mm h^{-1} on splash erosion at collected soils of forest, rangeland and agricultural land uses. The experiments were carried at laboratory conditions and scale of splash cups and then the rates of splash erosion measured at different rates of perlite and collected soil from various land uses. The results showed that the application of different rates of perlite at collected soils from different land uses caused the reducing the total splash and net splash at compared with control treatment. Also the results showed that separation effect of collected soil from different land uses and different rates of perlite on total and net splash was significant at level of 99 percent and also the interaction effect of different rates of perlite and collected soil from land uses on total splash was significant at 99 percent. Also, the collected soil from land uses of rangeland and agriculture, perlite with amount of 25 percent had the maximum effect on controlling splash erosion. This amount caused the reducing total splash with rates of 55.27 and 57.48 percent, the net splash with rates of 55.11 and 91.03 percent, the up slope with rates of 62.78 and 36.85 percent and down slope splash with rates of 55.23 and 66.72 percent. The difference of perlite effect with used rates at collected soil from different land uses verified the use importance of appropriate from conditioners at the management of soil and water resources.

Keywords: Down slope splash, Land use, Soil conditioner, Up slop splash, Water erosion.