Archive of SID

جغرافیا و پایداری محیط، شمارهٔ ۲۹، زمستان ۱۳۹۷
صص. ۱۲-۱

تأثیرپذیری رواناب و رسوب خاک از افزودنی‌های ورمی‌کمپوست و کاه و کلش

محمد حسین فرهودی - دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران
علی بهشتی آل‌آقا - استادیار خاک‌شناسی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
سهیلا آقابیگی امین* - استادیار علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
ام‌البنین بذرافشان - استادیار آبخیزداری، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران
ارشک حلی‌ساز - استادیار آبخیزداری، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران
یحیی اسماعیل‌پور - استادیار مرتع‌داری، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

وصول: ۱۳۹۷/۰۵/۰۸ **پذیرش:** ۱۳۹۷/۰۷/۱۹

چکیده

توسعه و ایجاد روش‌های جدید حفاظت از آب و خاک که سبب کاهش یا کنترل هدررفت خاک می‌شوند، امری حیاتی است و در این راستا، استفاده از انواع اصلاح‌کننده‌های خاک، به‌منزلهٔ راهکار مناسبی شناخته شده است. در این مطالعه، تأثیر ورمی‌کمپوست و کاه و کلش، به‌مثابهٔ اصلاح‌کنندهٔ آلی خاک، در کاهش میزان تولید رواناب و رسوب در سطح پلات‌های دو متر مربعی مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور، ۴۰۰ گرم کاه و کلش گندم و ۵۰۰ گرم ورمی‌کمپوست در هر مترمربع با خاک سطحی پلات‌ها مخلوط شد؛ همچنین با استفاده از دستگاه شبیه‌ساز باران قابل حمل، بارش‌هایی با شدّت ۵۱ و ۶۵ میلی‌متر بر ساعت در عرصه و شرایط طبیعی ایجاد شد. نتایج نشان داد در شدّت ۵۱ میلی‌متر بر ساعت، تیمار کاه گندم، حجم رواناب را ۱۶/۸۴٪ نسبت به تیمار شاهد کاهش داده است، امّا بار رسوب معلّق ۹/۰۶٪ افزایش یافته است. در تیمار ورمی‌کمپوست، پارامترهای حجم رواناب و بار رسوب معلّق، به‌ترتیب ۲/۳۷٪ و ۱۱/۰۴٪ افزایش یافته‌اند؛ با این حال، معیارهای آماری نشان دادند که در این شدّت بارشی، هیچ‌کدام از نتایج یادشده، در سطح معنی‌دار نبوده‌اند. با افزایش شدّت بارندگی از ۵۱ به ۶۵ میلی‌متر بر ساعت، تیمار کاه گندم، پارامتر حجم رواناب را در سطح معنی‌دار ($p<0/01$) و بار رسوب معلّق را در سطح معنی‌دار ($p<0/05$) به‌ترتیب ۶۴/۹۱٪ و ۴۵/۴۶٪ کاهش داده است؛ همچنین تیمار ورمی‌کمپوست توانسته است پارامتر حجم رواناب را در سطح معنی‌دار ($p<0/01$) و بار رسوب معلّق را در سطح معنی‌دار ($p<0/05$)، به‌ترتیب ۴۷/۱۸٪ و ۳۵/۸۵٪ کاهش دهد. این نتایج بیانگر آن است که این اصلاح‌کننده‌ها در شدّت‌های پایین بارندگی، ماهیت حفاظت‌کنندگی خود را بروز نداده‌اند؛ حال آنکه در شدّت بالاتر، هر دو اصلاح‌کننده توانسته‌اند اثرات مخرّب افزایش شدّت بارندگی را کاهش دهند.

واژگان کلیدی: اصلاح‌کننده‌های خاک، شبیه‌ساز باران، رواناب و هدررفت خاک.

*. نویسندهٔ مسئول: ۰۸۳۳۸۳۲۴۵۶۵
E-mail: saghabeigi@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدّمه

خاک، عنصری حیاتی است که مجموعه‌ای از فرایندهای محیطی در تشکیل آن دخیل بوده و به‌مثابهٔ یکی از مهم‌ترین شاخص‌های کیفیّت محیط‌زیست شناخته می‌شود (جیسپرت[1] و همکاران، ۲۰۱۷). در این میان، فرسایش خاک تهدید بسیار مهمّی برای این عنصر به‌حساب می‌آید. فرسایش خاک، با ازبین‌بردن موادّ آلی، تخریب ساختمان، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی و کاهش حاصلخیزی خاک، کشاورزی پایدار را تهدید می‌کند. باوجود برنامه‌های حفاظتی که در حال انجام است، با توجّه به رشد جمعیّت و نیاز به امنیّت غذایی، فرسایش خاک به‌مثابهٔ مشکلی جهانی و بسیار بزرگ قلمداد شده و در کشورهای درحال‌توسعه این مشکل حادتر است (دوان[2] و همکاران، ۲۰۱۵؛ پنگ[3] و همکاران، ۲۰۱۶؛ صادقی[4] و همکاران، ۲۰۱۵)؛ بنابراین، توسعه و ایجاد روش‌ها و عملیات جدید حفاظت از آب و خاک که سبب کاهش یا کنترل هدررفت خاک شود، امری ضروری و حیاتی است (اکویی و هاریلال[5]، ۲۰۱۰) و هدف مهمّی در مدیریت و حفاظت از منابع طبیعی به‌شمار می‌رود (کاویان و همکاران، ۱۳۹۲). در این راستا، استفاده از انواع اصلاح‌کننده‌های خاک به‌منزلهٔ راهکار مناسب و مطلوبی شناخته شده است.

از میان اصلاح‌کننده‌های شیمیایی، پلی‌آکریل‌آمید با تأثیر بر خاکدانه‌سازی، به‌مثابهٔ اصلاح‌کننده‌ای ارزان‌قیمت به شکل‌های مصرفی پودری و محلول (صادقی و همکاران، ۱۳۹۴) به‌میزان قابل توجّهی فرسایش خاک را به‌ویژه در شیب‌های متوسّط کاهش می‌دهد (آئو[6] و همکاران، ۲۰۱۶)؛ از دیگرسو، استفاده از اصلاح‌کننده‌های آلی با توجّه به ماهیت و اثرات مفید خود، بر اصلاح‌کننده‌های شیمیایی برتری دارند و امروزه کاربرد آن‌ها بیش از گذشته توسّط پژوهشگران مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است؛ ازجمله کود گاوی به‌مثابهٔ اصلاح‌کننده‌ای آلی به‌مثابهٔ منبع مهمّ مواد غذایی برای خاک به‌حساب آمده (راموس[7] و همکاران، ۲۰۰۶) و بر کاهش نرخ فرسایش خاک و رواناب تأثیرگذار است؛ همچنین استفاده از کاه و کلش نیز به‌دلیل ایجاد یک لایهٔ محافظ در برابر اثرات مخرّب قطره‌های باران، هدررفت خاک را کاهش داده و میانگین زمان ظهور رواناب را افزایش می‌دهد (منتنگرو[8] و همکاران، ۲۰۱۳؛ پنگ و همکاران، ۲۰۱۶). این تیمار اگرچه ممکن است در کوتاه‌مدّت کربن آلی خاک را افزایش ندهد؛ امّا باعث افزایش بیومس خاک می‌شود (پنگ و همکاران، ۲۰۱۶). اصلاح‌کننده‌های آلی متنوّع بوده و انواع کودهای دامی، کمپوست و بیوچار را شامل می‌شوند که همگی با اثرگذاری بر روی حاصلخیزی خاک، جدایش خاکدانه‌ها و هدررفت خاک را در حدّ قابل قبولی کاهش می‌دهند (دوان و همکاران، ۲۰۱۵؛ پنگ و همکاران، ۲۰۱۶). درواقع اصلاح‌کننده‌های آلی سبب کشیده‌کردن منافذ ریز خاک و افزایش نفوذپذیری می‌شوند.

مطالب یادشده نشان می‌دهد که استفاده از اصلاح‌کننده‌ها و به‌ویژه اصلاح‌کننده‌های آلی، راهکار مناسب و مطلوبی برای جلوگیری از هدررفت خاک و فرایند فرسایش است؛ حال آنکه بیشتر این پژوهش‌ها در محیط آزمایشگاهی و از خاک‌های دست‌خورده برای مطالعه استفاده کرده‌اند؛ بنابراین، در این پژوهش سعی شد تأثیر دو اصلاح‌کنندهٔ آلی ورمی‌کمپوست و کاه و کلش بر پارامترهای مهمّ فرسایش و رسوب، در شرایط کاملاً طبیعی، پلات‌های بزرگ و شبیه‌سازی باران با دو شدّت، ارزیابی شوند.

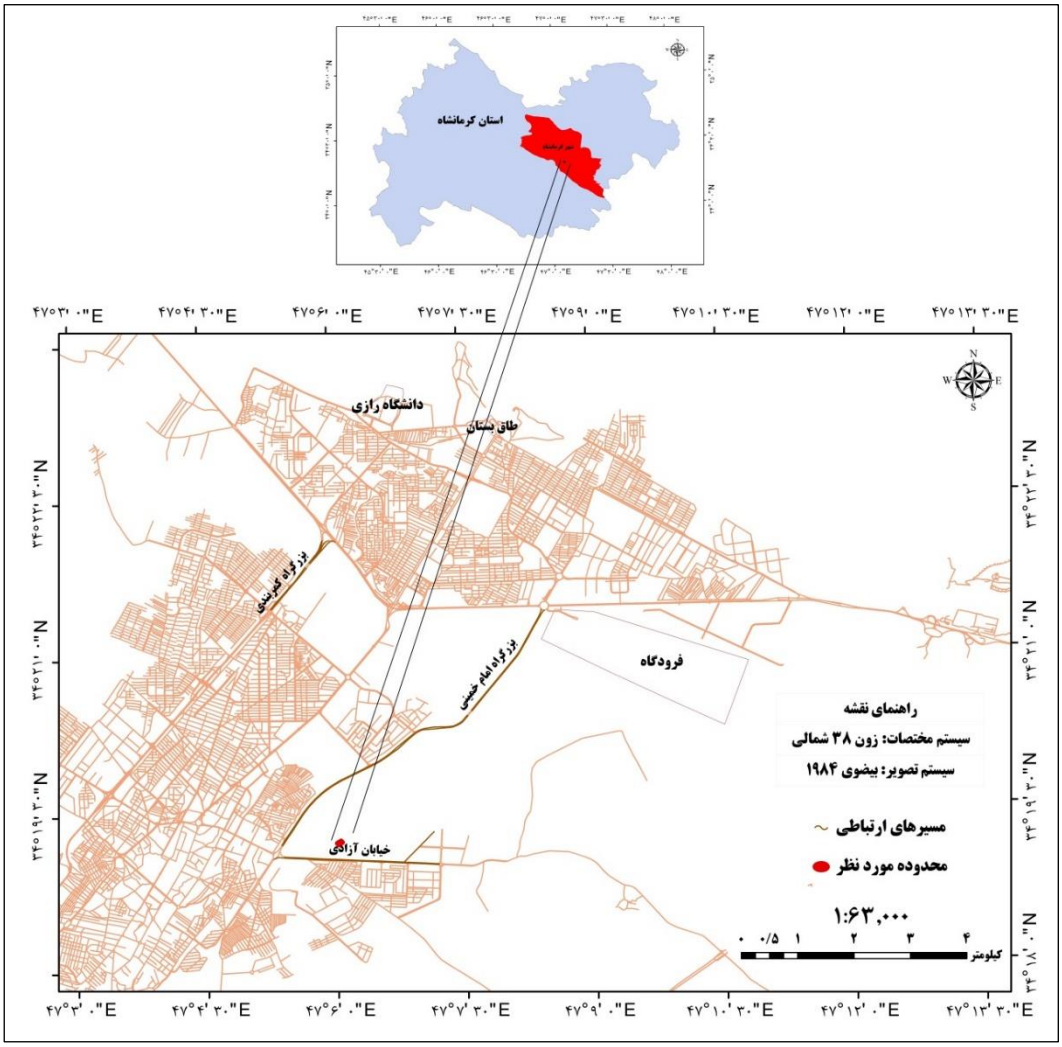
1- Gispert
2- Doan
3- Peng
4- Sadeghi
5- Ekwue & Harrilal
6- Ao
7- Ramos
8- Montenegro

www.SID.ir

Archive of SID

معرّفی منطقهٔ مورد بررسی

برای انجام پژوهش حاضر، از مزرعهٔ آموزشی و پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی استان کرمانشاه استفاده شد (شکل ۱). این مزرعه، دارای مساحتی در حدود ۳۰۰ هکتار است که ۲۰ هکتار از زمین‌های آبی و دیمی آن، به‌مثابهٔ اراضی پژوهشی به‌منظور اجرای طرح پایان‌نامهٔ دانشجویان مقاطع کارشناسی‌ارشد و دکتری اختصاص داده شده است. محدودهٔ مورد نظر برای این پژوهش در طول جغرافیایی ′۰۶ °۴۷ شرقی و عرض جغرافیایی ′۱۹ °۳۴ شمالی واقع شده است و مساحت آن ۳۰۰۰ مترمربع، متوسّط شیب با توجّه به میکروتوپوگرافی ۸٪ تا ۱۲٪، متوسّط بارندگی سالانه ۴۳۷/۹۲ میلی‌متر و بافت خاک با توجّه به مشخّصات خاک، لومی است (جدول ۱).



شکل ۱. موقعیّت منطقهٔ مورد مطالعه در استان کرمانشاه و ایران

جدول ۱. مشخّصات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقهٔ مورد مطالعه

مادّهٔ آلی (درصد)	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی‌متر)	اسیدیته	آهک (درصد)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	سدیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
۱/۱۸	۴۶	۳۵/۱۷	۱۸/۸۳	۲۷۵	۷/۶	۴۰/۳۳	۱۴/۷۰	۶/۷۳	۳۳۴/۶۷

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روش‌ها

در این پژوهش سعی شد به کمک دستگاه شبیه‌ساز باران و شدّت‌های بیشینهٔ منطقهٔ مورد مطالعه، تأثیر دو اصلاح‌کنندهٔ آلی ورمی‌کمپوست و کاه و کلش بر پاسخ هیدرولوژیکی خاک مورد ارزیابی قرار گیرند؛ همچنین برای اینکه نتایج پژوهش به واقعیّت نزدیک‌تر باشند و در سطح خاک تغییری ایجاد نشود، شبیه‌سازی در شرایط کاملاً طبیعی و در سطح کرت‌های دو متر مربعی انجام شد. ابتدا آماده‌سازی بستر آغاز و پیش از شبیه‌سازی باران، پلات‌های فلزی در ابعاد دو متر مربع برای هر تکرار، در داخل زمین مستقر شد. برای جمع‌آوری رواناب و رسوب، یک لولهٔ خروجی در انتهای پلات تعبیه شد. محلّ کرت‌ها به‌صورت تصادفی - سیستماتیک (بخشی تیرگانی و همکاران، ۱۳۹۰) انتخاب شد، به‌طوری‌که با داشتن دو شدّت ۵۱ و ۶۵ میلی‌متر بر ساعت، سه تیمار خاک لخت، کاه و کلش و ورمی‌کمپوست و سه تکرار برای هر تیمار، جمعاً هجده شبیه‌سازی و استقرار پلات انجام شد. پیش از استقرار پلات، به‌منظور کاهش اثر میکروتوپوگرافی در رواناب و فرسایش، سطح قطعه به‌صورت دستی با مخلوط‌کردن اصلاح‌کننده‌ها با خاک و بدون اینکه حالت طبیعی و واقعی خاک دست‌خوش تغییرات قرار گیرد، هموار شد و باقی‌ماندهٔ گیاهان، لاشبرگ و کلوخه و سنگریزه‌های بزرگ‌تر از ۴ سانتی‌متر پیش از هر شبیه‌سازی باران جمع‌آوری شد (کاویان و همکاران، ۱۳۹۲). مقدار ۵۰۰ گرم در هر متر مربع ورمی‌کمپوست (تجادا[1] و همکاران، ۲۰۰۹) و ۴۰۰ گرم در هر مترمربع کاه گندم (منتنگرو و همکاران، ۲۰۱۳)، با سطح پوشش ۹۰٪ و با دست بر روی کرت‌ها پخش شد و پس از پنج روز، هر تیمار در سه تکرار (صادقی و همکاران، ۲۰۱۵) با استفاده از شبیه‌ساز باران مورد آزمایش قرار گرفت.

به‌منظور شبیه‌سازی باران، از دستگاه شبیه‌ساز باران قابل حملِ ساخته‌شده در دانشگاه رازی (آقابیگی و عرب‌خدری، ۱۳۹۷) استفاده شد (شکل ۲). بدین منظور، تأثیر اصلاح‌کننده‌های کاه و کلش و ورمی‌کمپوست در دو شدّت بیشینهٔ ۵۱ و ۶۵ میلی‌متر بر ساعت، براساس آمار ۶۶ سالهٔ بارندگی ایستگاه هواشناسی سینوپتیک کرمانشاه، به مدّت ۱۵ دقیقه شبیه‌سازی (شریفی مقدم و همکاران، ۱۳۹۳) و دورهٔ بازگشت ۱۰۰ ساله (زارع خورمیزی و همکاران، ۱۳۹۱) و روش قهرمان و آبخضر (۱۳۸۳)، در منطقه مورد آزمایش قرار گرفت. براساس آمار ایستگاه هواشناسی، با وجودی که شدّت‌های مورد استفاده بیشترین فراوانی را ندارند و به‌طور متوسّط هر ۱۰۰ سال یک‌بار اتّفاق می‌افتند، امّا بدون شک ازجمله بارش‌های فرساینده و ایجادکنندهٔ رواناب و رسوب هستند؛ از سوی دیگر، در آزمایش با باران‌ساز، معمولاً شدّت‌های زیاد و حتّی غیرمعمول به‌کار می‌رود تا بتوان با ایجاد هدررفت خاک و تولید رواناب در زمان کوتاه‌تر، شرایط را برای مقایسهٔ تکرارها و تیمارهای مختلف فراهم آورد (کاویان و همکاران، ۱۳۹۲). واسنجی باران‌ساز نیز پیش از انجام پژوهش در محیط آزمایشگاه انجام شد و برای اطمینان بیشتر نیز در عرصه آزمایش شد (شکل ۲) که ضریب یکنواختی بارندگی (محمودآبادی و همکاران، ۱۳۸۶) برای شدّت ۵۱ و ۶۵ میلی‌متر بر ساعت به‌ترتیب، ۹۱/۷۳۳ و ۹۱/۱۴۵ به‌دست آمد.

برای یکسان‌سازی شرایط سعی شد شبیه‌سازی زمانی صورت گیرد که در طول هفته، بارندگی وجود نداشته باشد و هر سه تیمار در یک روز شبیه‌سازی شوند؛ البتّه در شرایط باد شدید نیز به‌دلیل اثر بدِ باد بر هرم بارندگی، شبیه‌سازی انجام نشد و در صورت وزیدن باد ملایم، محدودهٔ پلات توسّط نیروی کار با نایلون مخصوص محافظت شد. با شبیه‌سازی ۱۸ رویداد بارندگی در دو شدّت ۵۱ و ۶۵ میلی‌متر بر ساعت، سه تکرار و سه تیمار (خاک لخت، کاه و کلش و ورمی‌کمپوست)، نمونه‌برداری با ظهور اوّلین قطرات رواناب در قسمت خروجی، به مدّت ۱۵ دقیقه و در فاصله‌های زمانی ۳ دقیقه‌ای برداشت شد (همایون‌فر و همکاران، ۱۳۹۵).

1- Tejada

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۲. نمایی از شبیه‌ساز باران در مزرعهٔ آموزشی و پژوهشی دانشگاه رازی (چپ)، واسنجی مجدّد باران‌ساز در منطقهٔ مورد نظر (راست)

میزان حجم رواناب هر بطری با استفاده از استوانهٔ مدرّج و مقدار بار رسوب معلّق از طریق روش برجاگذاری (شریفی مقدم و همکاران، ۱۳۹۳) محاسبه شد. برای برآورد ضریب رواناب، کلّ حجم رواناب خروجی در هر فاصلهٔ زمانی بر کلّ حجم بارندگی که سطح پلات در این مدّت دریافت کرده است، تقسیم شد. نمونه‌های خاک سطحی (۳۰-۰ سانتی‌متر) در کنار هر پلات از منطقهٔ مورد نظر گرفته و ویژگی‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی آن در آزمایشگاه تعیین شد.

پارامتر آستانهٔ ظهور رواناب در عرصه، پارامترهای حجم رواناب، بار رسوب معلّق و غلظت رسوب معلّق در آزمایشگاه فرسایش و رسوب و پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک در آزمایشگاه خاک‌شناسی، اندازه‌گیری شدند؛ سپس داده‌های آماری در نرم‌افزار اکسل[1] ۲۰۱۰ جمع‌آوری و مرتّب و در نرم‌افزار آماری اِس.پی.اِس.اِس.[2] مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج به‌دست‌آمده با استفاده از روش‌های آماری مناسب (آزمون نرمال‌بودن داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک[3]، تفاوت بین میانگین‌ها از تجزیهٔ واریانس یک‌طرفه[4]، معنی‌داری تفاوت بین متغیّرها از روش دانکن[5]، آزمون تی‌تست[6] مستقل برای مقایسهٔ متغیّر در دو شدّت مورد استفاده، آزمون لیون[7] به‌منظور بررسی همگنی واریانس تیمارهای مختلف و تجزیهٔ واریانس دوطرفه[8] برای ارزیابی اثرات متقابل دو شدّت و سه تیمار) ارزیابی شد.

1- Excel
2- Statistical Package for Social Sciences (SPSS)
3- Shapiro-Wilk
4- ANOVA
5- Duncan
6- t-test
7- Levene
8- General Linear Model (GLM)

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج

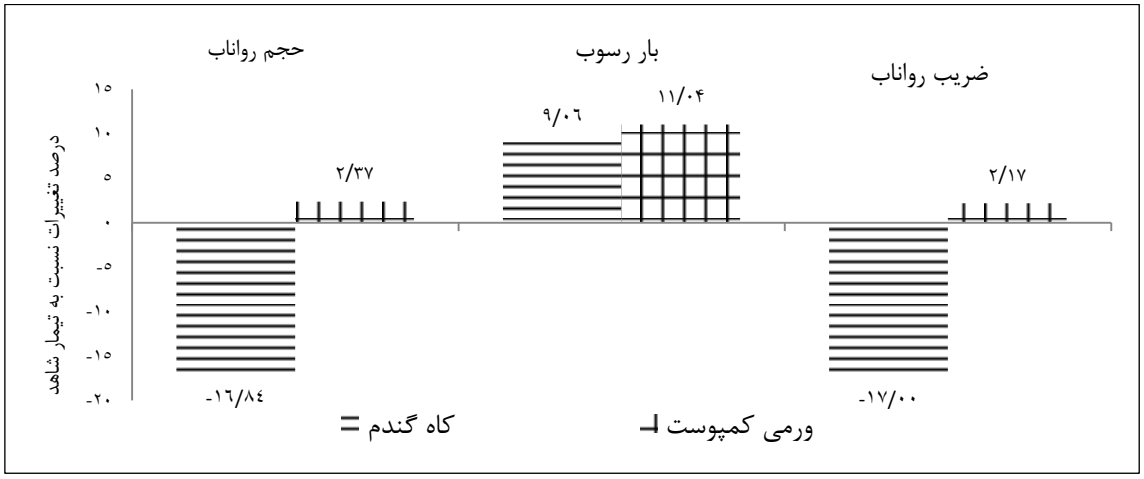
پژوهش حاضر به‌منظور بررسی اثر دو اصلاح‌کنندهٔ آلی ورمی‌کمپوست و کاه گندم بر هدررفت خاک، به‌منزلهٔ تیمارهای حفاظتی روی خاک‌های لومی منطقهٔ پردیس کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه انجام شد. شبیه‌سازی باران با دو شدّت بیشینهٔ منطقهٔ مورد مطالعه، تحت شرایط کاملاً طبیعی و شیب متوسّط ۱۲-۸٪ انجام گرفت. دو شدّت بیشینهٔ ۵۱ و ۶۵ میلی‌متر بر ساعت به مدّت ۱۵ دقیقه از شروع رواناب و به‌صورت یکنواخت برای سه تیمار خاک لخت، کاه گندم و ورمی‌کمپوست در سه تکرار و روی هم‌رفته در ۱۸ پلات دو متر مربعی شبیه‌سازی شد. پارامتر مهمّ فرسایش و رسوب شامل آستانهٔ ظهور رواناب، حجم رواناب، بار رسوب معلّق، ضریب رواناب و غلظت رسوب حاصل شد (جدول ۲)؛ همچنین میزان اثرگذاری تیمارها در دو شدّت ۵۱ و ۶۵ میلی‌متر در ساعت به‌صورت درصد تغییرات نسبت به تیمار شاهد به‌دست آمد (شکل ۳ و ۴). در شدّت ۵۱ میلی‌متر بر ساعت برای تیمار کاه گندم (شکل ۳)، پارامترهای حجم و ضریب رواناب به‌ترتیب ۱۶/۸۴٪ و ۱۷٪ نسبت به تیمار شاهد کاهش، امّا بار رسوب معلّق ۹/۰۶٪ افزایش یافته است. در تیمار ورمی‌کمپوست نیز در این شدّت (شکل ۳)، پارامترهای حجم رواناب، بار رسوب معلّق و ضریب رواناب به‌ترتیب ۲/۳۷٪، ۱۱/۰۴٪ و ۲/۱۷٪ نسبت به تیمار شاهد افزایش یافته‌اند. در شدّت ۶۵ میلی‌متر بر ساعت، تیمار کاه گندم (شکل ۴) پارامترهای حجم رواناب، بار رسوب معلّق و ضریب رواناب را به‌ترتیب ۶۴/۹۱٪، ۴۵/۴۶٪ و ۶۴/۹۰٪ و تیمار ورمی‌کمپوست (شکل ۴)، پارامترهای حجم رواناب، بار رسوب معلّق و ضریب رواناب به‌ترتیب ۴۷/۱۸٪، ۳۵/۸۵٪ و ۴۷/۱۸٪ کاهش داده است.

جدول ۲. متوسّط پارامترهای فرسایش و رسوب خروجی در کرت‌های آزمایشی در دو شدّت مختلف (میلی‌متر بر ساعت)

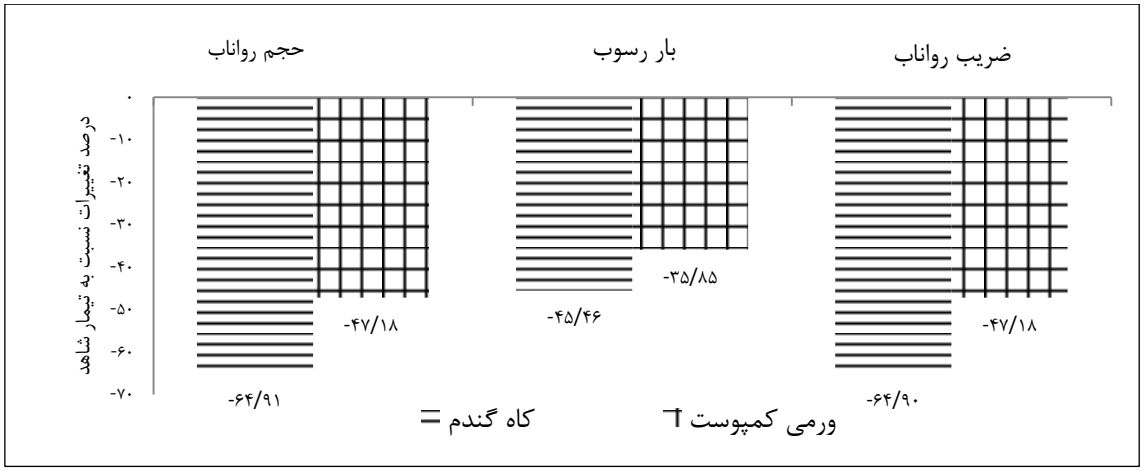
متغیّر مورد بررسی		زمان (دقیقه)		حجم رواناب (لیتر)		بار رسوب معلّق (گرم)		غلظت رسوب (گرم بر لیتر)		ضریب رواناب (درصد)	
		۵۱	۶۵	۵۱	۶۵	۵۱	۶۵	۵۱	۶۵	۵۱	۶۵
خاک لخت	شروع	۱۷/۶۳	۱۰/۳۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	اوّل	۲۰/۶۳	۱۳/۳۴	۰/۱۷	۰/۸۷	۱/۵۰	۷/۱۱	۶/۲۱	۸/۸۴	۳/۳۰	۱۳/۳۴
	دوّم	۲۳/۶۳	۱۶/۳۴	۰/۵۳	۱/۸۸	۱/۸۲	۶/۹۰	۳/۳۵	۳/۵۰	۱۰/۲۹	۲۸/۹۲
	سوّم	۲۶/۶۳	۱۹/۳۴	۱/۱۶	۲/۴۶	۴/۶۱	۷/۶۹	۳/۷۰	۳/۰۴	۲۲/۷۵	۳۷/۹۰
	چهارم	۲۹/۶۳	۲۲/۳۴	۱/۳۳	۲/۹۱	۴/۴۳	۹/۱۹	۳/۱۰	۲/۹۹	۲۶/۰۰	۴۴/۷۲
	پنجم	۳۲/۶۳	۲۵/۳۴	۱/۷۵	۳/۴۶	۵/۳۳	۹/۹۷	۳/۰۰	۲/۷۹	۳۴/۳۱	۵۳/۲۷
کاه گندم	شروع	۱۶/۶۷	۱۹/۲۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	اوّل	۱۹/۶۷	۲۲/۲۳	۰/۲۹	۰/۳۱	۱/۷۷	۱/۷۴	۶/۰۱	۲۴/۳۲	۵/۷۵	۴/۷۴
	دوّم	۲۲/۶۷	۲۵/۲۳	۰/۵۴	۰/۵۷	۲/۴۱	۲/۶۶	۴/۷۴	۱۳/۳۳	۱۰/۵۷	۸/۸۱
	سوّم	۲۵/۶۷	۲۸/۲۳	۰/۸۰	۰/۸۴	۴/۰۷	۵/۸۲	۵/۰۸	۸/۰۸	۱۵/۵۹	۱۲/۹۲
	چهارم	۲۸/۶۷	۳۱/۲۳	۱/۱۵	۰/۹۶	۵/۹۶	۵/۸۵	۴/۹۵	۴/۷۲	۲۲/۶۳	۱۴/۷۲
	پنجم	۳۱/۶۷	۳۴/۲۳	۱/۳۱	۱/۳۹	۵/۱۰	۶/۲۱	۳/۹۰	۳/۷۷	۲۵/۶۹	۲۱/۳۳
ورمی کمپوست	شروع	۱۸/۵۷	۱۴/۰۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	اوّل	۲۱/۵۷	۱۷/۰۹	۰/۳۰	۰/۳۷	۲/۰۲	۲/۱۰	۸/۳۸	۷/۰۹	۵/۸۵	۵/۶۵
	دوّم	۲۴/۵۷	۲۰/۰۹	۰/۶۱	۰/۷۳	۲/۸۷	۴/۶۳	۴/۸۸	۷/۸۹	۱۲/۰۴	۱۱/۲۲
	سوّم	۲۷/۵۷	۲۳/۰۹	۰/۹۵	۱/۲۹	۳/۸۷	۷/۲۷	۴/۳۳	۶/۹۶	۱۸/۶۸	۱۹/۷۷
	چهارم	۳۰/۵۷	۲۶/۰۹	۱/۴۰	۱/۷۵	۴/۷۵	۶/۰۱	۳/۵۵	۴/۲۲	۲۷/۴۱	۲۶/۸۶
	پنجم	۳۳/۵۷	۲۹/۰۹	۱/۷۷	۱/۹۹	۶/۱۵	۶/۲۰	۳/۶۰	۳/۸۳	۳۴/۷۸	۳۰/۵۹

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳. میزان تأثیرگذاری تیمارها بر متغیّرهای مورد نظر در شدّت ۵۱ میلی‌متر بر ساعت (منفی و مثبت‌بودن مقادیر بیانگر کاهش و افزایش متغیّرها نسبت به مقادیر تیمار خاک لخت است)



شکل ۴. میزان تأثیرگذاری تیمارها بر متغیّرهای موردنظر در شدّت ۶۵ میلی‌متر بر ساعت (منفی و مثبت‌بودن مقادیر بیانگر کاهش و افزایش متغیّرها نسبت به مقادیر تیمار خاک لخت است)

آزمون تجزیهٔ واریانس یک‌طرفه برای مشخّص‌کردن اختلاف بین تیمارها (خاک لخت، ورمی‌کمپوست و کاه گندم) در هر دو شدّت ۵۱ و ۶۵ میلی‌متر بر ساعت انجام شد (جدول ۳). نتایج نشان می‌دهد که در شدّت ۵۱ میلی‌متر بر ساعت، بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود ندارد؛ حال آنکه در شدّت ۶۵ میلی‌متر در ساعت در بین تیمارها، برای پارامترهای حجم و ضریب رواناب در سطح اعتماد ۹۹٪ و برای پارامتر بار رسوب معلّق در سطح ۹۵٪، اختلاف معنی‌دار به‌وجود آمده است.

جدول ۳. نتایج بررسی اختلاف بین متغیّرها بین خاک لخت و دو اصلاح‌کننده مورد استفاده

متغیّر	شدّت ۵۱ میلی‌متر در ساعت			شدّت ۶۵ میلی‌متر در ساعت		
	خاک لخت	ورمی‌کمپوست	کاه و کلش	خاک لخت	ورمی‌کمپوست	کاه و کلش
زمان ظهور رواناب (دقیقه)	۱۷/۶۳	۱۸/۵۷	۱۶/۶۷	۱۰/۳۴	۱۴/۰۹	۱۹/۲۳
حجم رواناب (لیتر)	۰/۹۹	۱	۰/۸۱	۲/۳۲	۱/۲۲**	۰/۸۱**
وزن رسوب معلّق (گرم)	۳/۵۴	۳/۹۳	۳/۸۶	۸/۱۷	۵/۲۴*	۴/۴۵*
ضریب رواناب (درصد)	۱۹	۱۹/۷۵	۱۶/۰۴	۳۵	۱۸/۸۱**	۱۲/۵**
غلظت رسوب معلّق (گرم بر لیتر)	۳/۸۷	۴/۹۴	۴/۹۳	۴/۲۳	۵/۹۹	۱۰/۸۴

* در سطح اعتماد ۹۵٪، ** در سطح اعتماد ۹۹٪

www.SID.ir

Archive of SID

برای ارزیابی تغییرات پارامترهای فرسایش و رسوب در هر تیمار که با افزایش شدّت بارندگی از ۵۱ به ۶۵ میلی‌متر بر ساعت اتّفاق می‌افتد، از آزمون تی‌تست مستقل استفاده شد (جدول ۴). نتایج آزمون تی‌تست مستقل نشان می‌دهد که تنها در تیمار خاک لخت، با افزایش شدّت بارندگی از ۵۱ به ۶۵ میلی‌متر بر ساعت، حجم رواناب، رسوب معلّق و ضریب رواناب در سطح اعتماد ۹۹٪ تفاوت معنی‌دار یافته است؛ در حالی که دو تیمار اصلاح‌کننده، با افزایش شدّت بارندگی، نقش حفاظتی خود را ایفا نموده و با کاهش مقادیر فرسایش و رسوب، از ایجاد تفاوت معنی‌دار در پارامترها جلوگیری کرده‌اند؛ همچنین برای بررسی تأثیر متقابل اصلاح‌کننده‌ها و دو شدّت یادشده، آزمون تجزیهٔ واریانس دوطرفه انجام شد (جدول ۵). نتایج آزمون تجزیهٔ واریانس دوطرفه نشان می‌دهد که تغییر شدّت بارندگی و تفاوت بین تیمارها، تأثیرات متقابلی را روی یکدیگر گذاشته‌اند؛ به‌طوری‌که این تأثیرات متقابل برای پارامترهای حجم و ضریب رواناب در سطح اعتماد ۹۹٪ و برای پارامتر بار رسوب معلّق در سطح اعتماد ۹۵٪ است. نتایج تجزیه و تحلیل کلّی نشان می‌دهد که با افزایش شدّت از ۵۱ به ۶۵ میلی‌متر بر ساعت و با تغییر تیمار از خاک لخت به ورمی‌کمپوست و سپس کاه گندم، این اثر روی متغیّرهای یادشده حالت هم‌زدایی پیدا می‌کند. حالت هم‌زدایی، بدین معنی است که پارامترهای فرسایش و رسوب، با افزایش شدّت بارندگی از ۵۱ به ۶۵ میلی‌متر بر ساعت به‌ترتیب از تیمار خاک لخت به تیمار ورمی‌کمپوست و سپس کاه گندم، روند کاهشی به خود گرفته‌اند؛ بنابراین، با درنظرگرفتن همهٔ نتایج می‌توان گفت در شدّت ۶۵ میلی‌متر بر ساعت، تیمار کاه گندم نسبت به ورمی‌کمپوست از جنبهٔ حفاظتی بیشتری برخوردار است.

جدول ۴. نتایج ارزیابی تغییرات پارامترها با افزایش شدّت بارندگی در هر تیمار با استفاده از آزمون t-test مستقل

متغیّر مورد بررسی/ تیمار	خاک لخت	کاه و کلش	ورمی‌کمپوست
زمان ظهور رواناب	۰/۰۶۸	۰/۷۲۳	۰/۲۴۹
حجم رواناب	۰/۰۰۰**	۰/۳۹۵	۰/۴۰۲
رسوب معلّق	۰/۰۰۴**	۰/۳۳۶	۰/۴۰۲
ضریب رواناب	۰/۰۰۴**	۰/۱۳۶	۰/۸۳
غلظت رسوب	۰/۸۷۸	۰/۰۷۶	۰/۷۸۵

** در سطح اعتماد ۹۹٪

جدول ۵. نتایج آزمون تجزیهٔ واریانس دوطرفه در خصوص شناسایی اثرات یک‌جانبه و متقابل اصلاح‌کننده‌ها و دو شدّت اعمال‌شده

متغیّر وابسته		شدّت	اصلاح‌کننده‌ها	شدّت × اصلاح‌کننده‌ها
زمان ظهور رواناب	درجهٔ آزادی	۱	۲	۲
	مقدار آمارهٔ F	۱/۳۰۲	۰/۷۳۴	۱/۱۸۹
	سطح معنی‌داری	۰/۲۷۶	۰/۵۰۱	۰/۳۳۸
حجم رواناب	درجهٔ آزادی	۱	۲	۲
	مقدار آمارهٔ F	۴/۰۱۶	۷/۸۵	۵/۹۱۳
	سطح معنی‌داری	۰/۰۴۸**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۴**
رسوب معلّق	درجهٔ آزادی	۱	۲	۲
	مقدار آمارهٔ F	۱۱/۳۰۷	۲/۴۶۶	۳/۶۷۸
	سطح معنی‌داری	۰/۰۰۳**	۰/۱۰۶	۰/۰۴*
ضریب رواناب	درجهٔ آزادی	۱	۲	۲
	مقدار آمارهٔ F	۰/۲۹۷	۷/۳۲۲	۵/۳۲۱
	سطح معنی‌داری	۰/۵۸۷	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۷**
غلظت رسوب	درجهٔ آزادی	۱	۲	۲
	مقدار آمارهٔ F	۲/۶۷۳	۳/۸۹۵	۰/۹۹۴
	سطح معنی‌داری	۰/۱۱۵	۰/۰۳۴	۰/۳۸۵

* در سطح اعتماد ۹۵٪، ** در سطح اعتماد ۹۹٪

www.SID.ir

Archive of SID

بحث

در شدّت ۵۱ میلی‌متر بر ساعت برای تیمار کاه گندم (شکل ۳)، پارامترهای حجم و ضریب رواناب نسبت به تیمار شاهد کاهش، امّا بار رسوب معلّق افزایش یافته است. تیمار کاه گندم به‌دلیل ماهیت خشبی و چوبی می‌تواند مقداری آب را در خود جذب کند؛ همچنین به‌دلیل وزن مخصوص ظاهری کمتر نسبت به خاک، نفوذپذیری را افزایش داده است و به همین دلیل، حجم و ضریب رواناب کاهش یافته است؛ حال آنکه در فرایند سست‌شدن و جدایش خاکدانه‌ها مؤثّر نبوده و همین امر باعث افزایش بار رسوب معلّق شده است. این نتیجه، مشابه نتایج پژوهش‌های رهما[1] و همکاران (۲۰۱۷) است. ایشان بیان می‌دارند ۸۰۰ گرم در متر مربع کاه و کلش در شدّت بیشینهٔ ۱۸۰ میلی‌متر بر ساعت، به‌دلیل افزایش نفوذپذیری، حجم و ضریب رواناب را کاهش داده است؛ حال آنکه هدررفت خاک نسبت به خاک بدون پوشش افزایش یافته است. برای تیمار ورمی‌کمپوست نیز (شکل ۳)، پارامترهای حجم رواناب، بار رسوب معلّق و ضریب رواناب نسبت به تیمار شاهد افزایش یافته‌اند. پارامترهای حجم و ضریب رواناب ورمی‌کمپوست کمابیش همانند تیمار شاهد هستند؛ حال آنکه بار رسوب معلّق تیمار ورمی‌کمپوست همانند تیمار کاه گندم از تیمار شاهد بیشتر شده است.

بیشتر پژوهشگران به این نتیجه رسیده‌اند که هر اصلاح‌کنندهٔ آلی، ویژگی منحصربه‌فرد خود را دارد و هنگامی که به سطح خاک اضافه می‌شود، با درنظرگرفتن همهٔ شرایط موجود، ممکن است اثرات مخرّب داشته و یا تأثیرات منفی و یا مثبت آن در شدّت به‌خصوصی بروز یابد؛ به‌طور مثال، شریفی مقدم و همکاران (۱۳۹۳) و تجادا و همکاران (۲۰۰۹)، بیان می‌دارند که پسماند آلی ویناس نه‌تنها اثر حفاظتی و مطلوب ندارد، بلکه به‌دلیل داشتن سدیم تبادلی زیاد، حجم رواناب و بار رسوب معلق را نسبت به تیمار شاهد چند برابر افزایش داده است؛ از طرفی، نتایج پژوهش‌های صادقی و همکاران (۲۰۱۵)، نشان می‌دهد که اصلاح‌کنندهٔ کاه و کلش در بین شدّت‌های ۳۰، ۵۰، ۷۰ و ۹۰ میلی‌متر بر ساعت، بیشترین تأثیر حفاظتی را در شدّت ۹۰ میلی‌متر بر ساعت ایفا کرده است. با توجّه به مطالب بالا، می‌توان گفت در شدّت ۵۱ میلی‌متر بر ساعت، خاک آهسته‌آهسته اشباع و هنگامی که رواناب تشکیل شد، اثرات مثبت اصلاح‌کننده‌ها به‌دلیل وابستگی کمتر در این فرایند، کمتر بروز پیدا کرده و در این شدّت، هر دو تیمار کاه گندم و ورمی‌کمپوست نتوانسته‌اند از هدررفت خاک جلوگیری کنند.

با افزایش شدّت بارندگی از ۵۱ به ۶۵ میلی‌متر بر ساعت، تیمار کاه گندم (شکل ۴) پارامترهای حجم رواناب، بار رسوب معلّق و ضریب رواناب را کاهش داده است. با توجّه به این نتیجه و نتایج مشابه همچون کاویان و همکاران (۱۳۹۴)، غلامی[2] و همکاران (۲۰۱۳)، شی[3] و همکاران (۲۰۱۳) و منتنگرو و همکاران (۲۰۱۳) می‌توان گفت در این شدّت تیمار کاه گندم توانسته است هم حجم و ضریب رواناب را کاهش دهد و از طرفی، مانع از جداشدن خاکدانه‌ها شود. تیمار ورمی‌کمپوست نیز (شکل ۴)، در شدّت ۶۵ میلی‌متر بر ساعت توانسته است اثرات مفید و حفاظتی خود را ایفا کند. این نتیجه، همانند نتایج پژوهشگرانی همچون رضایی پاشا و همکاران (۱۳۹۶)، صادقی و همکاران (۱۳۹۶)، دوان و همکاران (۲۰۱۵)، قوش[4] و همکاران (۲۰۱۵)، نشان می‌دهد که تیمار ورمی‌کمپوست توانسته است پارامتر حجم رواناب، بار رسوب معلّق و ضریب رواناب را نسبت به تیمار شاهد کاهش دهد.

1- Rahma
2- Gholami
3- Shi
4- Ghosh

www.SID.ir

Archive of SID

هنگامی که شدّت بارندگی افزایش می‌یابد، سطح خاک به‌دلیل اینکه آب بیشتری را دریافت کرده، به‌سرعت اشباع و رواناب تشکیل می‌شود. وقتی حجم رواناب افزایش یابد، این عامل می‌تواند بار رسوب معلّق بیشتری را همراه با خود حمل و از کرت خارج کند و به همین دلیل، در همهٔ تیمارها با افزایش شدّت بارندگی از ۵۱ به ۶۵ میلی‌متر بر ساعت، پارامترهای حجم رواناب، بار رسوب معلّق و ضریب رواناب افزایش یافته است (جدول ۲). این نتیجه و نتایج شبیه به این (همایون‌فر و همکاران، ۱۳۹۵؛ خالدی درویشان، ۱۳۹۱؛ هاوک[1] و همکاران، ۲۰۰۶) در مناطق دیگر جهان نشان می‌دهد، هنگامی که شدّت بارندگی روی سطح خاک لخت افزایش می‌یابد، عامل شدّت بارندگی بر ویژگی‌های خاک غلبه کرده و حجم رواناب، بار رسوب معلّق و ضریب رواناب افزایش می‌یابد؛ از طرفی، نتایج آزمون تی‌تست مستقل (جدول ۴) نشان می‌دهد که در سطح اعتماد ۹۹٪ تنها در تیمار شاهد پارامترهای حجم رواناب، بار رسوب معلّق و ضریب رواناب دارای اختلاف معنی‌دار هستند. این نتیجه همانند پژوهش‌های منتنگرو و همکاران (۲۰۱۳) و صادقی و همکاران (۲۰۱۵) نشان می‌دهد که با افزایش شدّت بارندگی، اگرچه پارامترهای فرسایش و رسوب در تیمارهای اصلاحی افزایش یافته است؛ امّا در تیمار شاهد، این افزایش بسیار زیاد بوده و اختلاف معنی‌داری با دو تیمار اصلاحی دارد؛ بنابراین، می‌توان گفت با وجود دو اصلاح‌کنندهٔ کاه گندم و ورمی‌کمپوست، خاک توانسته است اثرات مخرّب افزایش شدّت بارندگی را کاهش دهد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش و دیگر تحقیقات نشان می‌دهد که هر اصلاح‌کنندهٔ آلی، ویژگی منحصربه‌فرد خود را دارد و هنگامی که به سطح خاک اضافه می‌شود، با درنظرگرفتن همهٔ شرایط موجود، ممکن است اثرات مخرّب داشته و یا تأثیرات منفی و یا مثبت آن در شدّت به‌خصوصی بروز یابد. در این پژوهش، دو اصلاح‌کننده کاه گندم و ورمی‌کمپوست در سطوح مصرفی ۴۰۰ و ۵۰۰ گرم در هر متر مربع و در کرت‌های دو متر مربعی و با شرایط کاملاً طبیعی، در شدّت ۵۱ میلی‌متر بر ساعت، نتوانسته‌اند از هدررفت خاک جلوگیری کنند و تنها تیمار کاه گندم حجم و ضریب رواناب را نسبت به تیمار شاهد کاهش داده است. حال آنکه با افزایش شدّت به ۶۵ میلی‌متر بر ساعت، هر دو تیمار کاه گندم و ورمی‌کمپوست نقش مثبت و حفاظتی خود را کامل ایفا نموده و با کاهش‌دادن رواناب، از هدررفت خاک جلوگیری کرده‌اند. با توجّه به اینکه در این پژوهش شبیه‌سازی در کرت‌های کوچک انجام شده و از طرفی هر اصلاح‌کننده عکس‌العمل منحصربه‌فرد خود را دارد، پیشنهاد می‌گردد در عرصه‌های طبیعی، انواع اصلاح‌کننده‌های آلی، به‌صورت جدا از هم و توأم، در زمان و سطوح مختلف و در کرت‌های بزرگ مورد ارزیابی قرار گیرند تا اطّلاعات جامعی برای اعمال این اصلاح‌کننده‌ها در عرصه‌های طبیعی به‌دست آید.

سپاسگزاری

در پایان از مدیریت محترم مزرعهٔ آموزشی و پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، جناب آقای دکتر حمیدرضا چقازردی و همهٔ کارکنان زحمتکش این مجموعه بابت فراهم‌آوردن آب و عرصه به‌منظور انجام شبیه‌سازی باران، کمال تشکّر را داریم.

منابع

آقابیگی امین، سهیلا؛ عرب‌خدری، محمود (۱۳۹۷) طراحی و ساخت شبیه‌ساز باران قابل حمل، **اکوهیدرولوژی**، ۵ (۱)، صص. ۲۳۹-۲۲۹.

1- Hawke

www.SID.ir

Archive of SID

بخشی تیرگانی، محمد؛ مرادی، حمیدرضا؛ صادقی، سید حمیدرضا (۱۳۹۰) مقایسهٔ تولید رواناب و رسوب در دو کاربری مرتع و دیم، **فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران**، ۱۸ (۲)، صص. ۲۷۹-۲۶۹.

خالدی درویشان، عبدالواحد (۱۳۹۱) **شبیه‌سازی فرآیندهای ایجاد روان‌آب و فرسایش در رطوبت‌های مختلف پیشین خاک**، پایان‌نامهٔ دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، استاد راهنما دکتر سید حمیدرضا صادقی، دانشگاه تربیت مدرس.

رضایی پاشا، مریم؛ شاهدی، کاکا؛ وهاب‌زاده، قربان؛ کاویان، عطاالله؛ قاجار، مهدی؛ جوکئت، پاسکال (۱۳۹۶) تأثیر ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی اوره بر تغییرات ماهانهٔ رواناب در مقیاس کرت، **اکوهیدرولوژی**، ۴ (۴)، صص.۱۰۷۰-۱۰۶۱.

زارع خورمیزی، مهناز؛ نجفی‌نژاد، علی؛ نورا، نادر؛ کاویان، عطاله (۱۳۹۱) اثر شیب و خصوصیات خاک بر رواناب و هدررفت خاک با استفاده از شبیه‌ساز باران، حوزهٔ آبخیز چهل‌چای استان گلستان، **پژوهش‌های حفاظت آب و خاک**، ۱۹ (۲)، صص. ۱۷۸-۱۶۵.

شریفی مقدم، احسان؛ صادقی، سید حمیدرضا؛ خالدی درویشان، عبدالواحد (۱۳۹۳) تأثیرپذیری مؤلّفه‌های رواناب و رسوب کرت‌های آزمایشی کوچک از کاربرد پسماند آلی ویناس، **تحقیقات آب و خاک ایران**، ۴۵ (۴)، صص. ۵۰۸-۴۹۹.

صادقی، سید حمیدرضا؛ کریمی، زینب؛ بهرامی، حسین‌علی (۱۳۹۴) تأثیر نوع و سطح مصرف پلی‌آکریل‌آمید بر هدررفت خاک، **حفاظت منابع آب و خاک**، ۴ (۳)، صص. ۳۸-۲۹.

صادقی، سید حمیدرضا؛ کریمی، زینب؛ هاشمی‌آریان، زهرا (۱۳۹۶) کاربرد ترکیبی پلی‌آکریل‌آمید و ورمی‌کمپوست بر مهار رواناب و فرسایش خاک، **مهندسی و مدیریت آبخیز**، ۹ (۱)، صص. ۱۰-۱.

قهرمان، بیژن؛ آبخضر، حمیدرضا (۱۳۸۳) اصلاح روابط شدّت-مدّت-فراوانی بارندگی در ایران، **مجلّهٔ علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی**، ۸ (۲)، صص. ۱۳-۱.

کاویان، عطاالله؛ عسگریان، راضیه؛ جعفریان جلودار، زینب؛ بهمنیار، محمدعلی (۱۳۹۲) اثر خصوصیات خاک بر تولید رواناب و رسوب در مقیاس مزرعه (مطالعهٔ موردی بخشی از اراضی کشاورزی اطراف شهرستان ساری)، **نشریهٔ دانش آب و خاک**، ۲۳ (۴)، صص. ۵۷-۴۵.

کاویان، عطاالله؛ محمدی، مازیار؛ فلاح، مقدسه؛ غلامی، لیلا (۱۳۹۴) اثر کاه گندم بر تغییرات زمان شروع و ضریب رواناب در کرت‌های آزمایشگاهی تحت شبیه‌سازی باران، **حفاظت منابع آب و خاک**، ۵ (۲)، صص. ۸۲-۷۳.

محمودآبادی، مجید؛ روحی‌پور، حسن؛ عرب‌خدری، محمود؛ رفاهی، حسینقلی (۱۳۸۶) واسنجی، توزیع مکانی و خصوصیات بارش‌های شبیه‌سازی‌شده (مطالعهٔ موردی: شبیه‌ساز باران مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری)، **علوم و مهندسی آبخیزداری ایران**، ۱ (۱)، صص. ۵۰-۳۹.

همایون‌فر، وفا؛ خالدی‌درویشان، عبدالواحد؛ صادقی، سید حمیدرضا (۱۳۹۵) اثر آماده‌سازی خاک برای مطالعات آزمایشگاهی فرسایش بر رواناب سطحی، **پژوهش‌نامهٔ مدیریت حوزهٔ آبخیز**، ۷ (۱۴)، صص. ۶۸-۶۰.

Ao, C., Yang, P., Ren, S., Xing, W., Li, X. (2016) Efficacy of Granular Polyacrylamide on Runoff, Erosion and Nitrogen Loss at Loess Slope under Rainfall Simulation, **Environmental Earth Science**, 75 (490), pp. 1-10.

Doan, T. T., Henry-des-Tureaux, T., Rumpel, C., Janeau, J. L., Jouquet, P. (2015) Impact of Compost, Vermicompost and Biochar on Soil Fertility, Maize Yield and Soil Erosion in Northern Vietnam: A Three Year Mesocosm Experiment, **Science of the Total Environment**, 514, pp. 147-154.

Ekwue, E. I., Harrilal, A. (2010) Effect of Soil Type, Peat, Slope, Compaction Effort and Their Interactions on Infiltration, Runoff and Raindrop Erosion of Some Trinidadian Soils. **Biosystems Engineering**, 105, pp. 112-118.

www.SID.ir

Archive of SID

Gholami, L., Sadeghi, S. H., Homaee, M. (2013) Straw Mulching Effect on Splash Erosion, Runoff, and Sediment Yield from Eroded Plots, **Soil and Water Management and Conservation**, 77 (1), pp. 268-278.

Ghosh, B. N., Dogra, P., Sharma, N. K., Bhattacharyya, R., Mishra, P. K. (2015) Conservation Agriculture Impact for Soil Conservation in Maize–Wheat Cropping System in the Indian Sub-Himalayas, **International Soil and Water Conservation Research**, 3 (2), pp. 112-118.

Gispert, M., Pardini, G., Colldecarrera, M., Emran, M., Doni, S. (2017) Water erosion and soil properties patterns along selected rainfall events in cultivated and abandoned terraced fields under renaturalisation, **Catena**, 155, pp. 114-126.

Hawke, R. M., Price, A. G., Bryan, R. B. (2006) The Effect of Initial Soil Water Content and Rainfall Intensity on Near-Surface Soil Hydrologic Conductivity: A Laboratory Investigation, **Catena**, 65 (3), pp. 237-246.

Montenegro, A. A. A., Abrantes, J. R. C. B., de Lima, J. L. M. P., Singh, V. P., Santos, T. E. M. (2013) Impact of Mulching on Soil and Water Dynamics under Intermittent Simulated Rainfall, **Catena,** 109, pp. 139-149.

Peng, X., Zhu, Q. H., Xie, Z. B., Darboux, F., Holden, N. M. (2016) The Impact of Manure, Straw and Biochar Amendments on Aggregation and Erosion in a Hillslope Ultisol, **Catena**, 138, pp. 30-37.

Rahma, A. E., Wang, W., Tang, Z., Lei, T., Warrington, D. N., Zhao, J. (2017) Straw Mulch Can Induce Greater Soil Losses from Loess Slopes than Nomulch under Extreme Rainfall Conditions, **Agricultural and Forest Meteorology**, 232, pp. 141-151.

Ramos, M. C., Quinton, J. N., Tyrrel, S. F. (2006) Effects of Cattle Manure on Erosion Rates and Runoff Water Pollution by Faecal Coliforms, **Environmental Management**, 78 (1), pp. 97-101.

Sadeghi, S. H. R., Gholami, L., Homaee, M., Khaledi Darvishan, A. (2015) Reducing Sediment Concentration and Soil Loss Using Organic and Inorganic Amendments at plot Scale, **Solid Earth**, 6 (2), pp. 445-455.

Shi, Z. H., Yue, B. j., Wang, L., Fang, N. F., Wang, D., Wu, F. Z. (2013) Effects of Mulch Cover Rate on Inter Rill Erosion Processes and the Size Selectivity of Eroded Sediment on Steep Slopes, **Soil and Water Management and Conservation**, 77 (1), pp. 257-267.

Tejada, M., Garcia-Martinez, A. M., parrado, J. (2009) Effects of a Vermicompost Composted with Beet Vinasse on Soil Properties, Soil Losses and Soil Restoration, **Catena**, 77 (3), pp. 238-247.

www.SID.ir