



دوره ۳۱، شماره ۱، شماره پیاپی ۱۱۸، بهار ۱۳۹۷، صفحات ۸۲-۷۳  
شناسه‌ی دیجیتال: 10.22092/WMEJ.2018.121128.1099

# پژوهش‌های آبخیزداری

(پژوهش و سازندگی)

## اثر حفاظتی کاه و کلش کلزا (*Brassica napus L.*) بر مهار کردن روان آب و هدر رفتن خاک با استفاده از شبیه‌سازی باران

### مهین کله‌هوئی

دانشجوی دکترای علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

### عطاله کاویان\*

(نویسنده‌ی مسئول)\* دانشیار گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

### لیلا غلامی

استادیار گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

### زینب جعفریان

دانشیار گروه مهندسی مرتع‌داری، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۷

\* Corresponding Email: a.kavian@sanru.ac.ir

### چکیده

فرسایش خاک مشکلی جهانی است که به‌طور جدی منابع آب و خاک را تهدید می‌کند. این پژوهش برای بررسی اثر پوشش حفاظتی کاه و کلش کلزا بر تغییرات روان آب و مواد معلق در مقیاس کرت‌های آزمایشگاهی با استفاده از شبیه‌ساز باران انجام شد. سه سطح پوشش حفاظتی ۲۵، ۵۰ و ۷۵٪ خاک‌پوش و یک تیمار شاهد (بی‌پوشش حفاظتی) با سه تراز رطوبت ۱۵، ۲۰ و ۳۰٪، در سه تکرار انتخاب شد. نتایج نشان داد که اعمال تیمار حفاظتی کاه و کلش کلزا تأثیر معنی‌داری بر کاهش روان آب و مواد معلق داشته است. مشخص شد که در تمام ترازهای رطوبت در هر سه سطح پوشش حفاظتی، حجم روان آب به‌ترتیب ۱۳/۱۴ و ۲۶/۲۹ و ۳۱/۵۲٪، و مواد معلق به‌ترتیب ۴۱/۲۱ و ۷۲/۴ و ۷۸/۷۸٪ کاهش یافته است. این روند کاهشی با افزایش پوشش حفاظتی از بی‌پوشش به پوشش‌های وسیع‌تر بیش‌تر بود، به‌طوری‌که کم‌ترین اندازه‌ی روان آب (۱۸۲۱ میلی‌لیتر) و مواد معلق تولیدشده (۵۸ گرم) در پوشش حفاظتی ۷۵٪ با رطوبت ۱۵٪، و بیش‌ترین اندازه‌ی تولیدشده در تیمار بی‌پوشش حفاظتی (شاهد) در تراز رطوبت ۳۰٪ (۵۵۰۱ میلی‌لیتر و ۵۲۲ گرم) بود. با افزایش تراز رطوبت، اندازه‌ی روان آب و مواد معلق تولیدشده افزایش یافت. علاوه‌برآن، در همین ترازهای رطوبت، پس از اعمال پوشش حفاظتی تولید روان آب و مواد معلق کم‌تر شد.

واژه‌های کلیدی: ترازهای رطوبت، شدت بارش، فرسایش خاک، کرت‌های آزمایشگاهی، مدت بارش

## Protective Impact of Colza Straw (*Brassica napus* L.) on Runoff and Soil Loss Control Using Rainfall Simulation

### Mahin Kalehhouei

Ph.D. Student of Watershed Management Sciences and Engineering, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

### Ataollah Kavian\*

(Corresponding Author)\* Associate Professor, Department of Watershed Management Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran

### Leila Gholami

Assistant Professor, Department of Watershed Management Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran

### Zeinab Jafarian

Associate Professor, Department of Range Management, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran

### Abstract

Soil erosion is a global problem that seriously threatens soil and water resources. This research was conducted to study the effect of protection of colza straw on runoff and sediment yield from the laboratory plots using the rainfall simulator. Three coverage of 25, 50 and 75% of colza straw mulches and a control treatment (without coverage) were considered with three moisture levels of 15, 20 and 30% in three replications. The results showed that colza straw had a significant effect on runoff and sediment reduction. All moisture levels in three protective coverage levels decreased runoff volume by 13.14, 26.29 and 31.52%, respectively, and sediment yield by 41.21, 72.4 and 78.78%, respectively. With increasing of protection coverages from no cover to the higher coverages, the trend of runoff and sediment yield decreased, so that the lowest amount of runoff (1821 ml) and sediment yield (58 g) were measured in the protective coverage of 75% with the moisture of 15%. The highest amount of runoff (5501 ml) and sediment yield (522 g) were observed in the control treatment at a moisture level of 30%. With increasing the moisture levels from the amount of runoff and sediment yield increased. Moreover, by applying the protective cover, runoff and sediment yield decreased at the same moisture levels.

**Keywords:** laboratory plots, moisture levels, rainfall duration, rainfall intensity, soil erosion

## مقدمه

فرسایش خاک به معنای ساییدگی سطح زمین (رفاهی ۱۹۹۷) همراه با کاهش ضخامت لایه‌ی سطحی خاک به وسیله‌ی روان آب یا باد، و افت خاک، اندازه‌ی هدررفت حجمی از خاک در طول سال است (سپهر و هنرمندنژاد ۲۰۱۲) و از مسائل اصلی در کشاورزی و منابع طبیعی است (پی‌منتال و همکاران ۱۹۹۵). فرسایش خاک مشکلی جهانی است که به‌طور جدی منابع آب و خاک را تهدید می‌کند (آزموده و همکاران ۲۰۱۰). آثار فرسایش خاک به‌صورت ناپایداری دامنه‌ها، روی دادن سیل‌های مخرب، افت منابع آب زیرزمینی (مصفاei و طالبي ۲۰۱۴)، شست‌وشوی خاک سطحی، مواد آلی و در نهایت کاهش حاصل‌خیزی خاک (کلارستاقی و همکاران ۲۰۰۹)، انباشتن مواد معلق در آبگیر سدها (گاوانچنگ ۲۰۰۴)، افزایش اندازه‌ی روان آب (کریمی و همکاران ۲۰۱۵) است. رطوبت پیشین خاک، پوشش خاک و شدت بارش نقش‌های مهمی در فرایند ایجاد بارش روان آب و در نهایت هدررفت آب و خاک دارند (کاوایان و همکاران ۲۰۱۵). راه‌کارهای فراوانی برای حفاظت آب و خاک داده شده است، که استفاده از خاک‌پوش‌ها یکی از آنها است. خاک‌پوش‌های آلی پوشش حفاظتی سطح خاک اند و شامل پس‌مانده‌های محصولات کشاورزی، لاش‌برگ، خرده‌چوب پوست درختان و سنگریزه می‌شوند (صادقی و همکاران ۲۰۱۴)، و توان زیادی برای مهار کردن روان آب و فرسایش دارند (مورگان ۱۹۸۶). کاه‌وکش گیاهان (پس‌مانده‌های محصولات کشاورزی) با جذب قطره‌های باران (لال ۱۹۷۶) و با مانع شدن از برخورد قطره‌ها به سطح خاک (مایاتا و همکاران ۲۰۰۹) به‌ترتیب روان آب و هدررفت خاک را کاهش می‌دهند.

تاکنون پژوهش‌های پرشماری درباره‌ی اثر کاه‌وکش‌های گیاهی بر روان آب و مواد معلق انجام شده است، که کاربرد خاک‌پوش کاه‌وکش ذرت بر روان آب و مواد معلق به‌وسیله‌ی جیانگ و همکاران (۲۰۱۱) از آن جمله است. ایشان با استفاده از شبیه‌ساز باران با کاربرد پوشش حفاظتی کاه‌وکش گندم در غرب میانه‌ی ایالات متحده‌ی آمریکا به این نتیجه رسیدند که کاه‌وکش گندم می‌تواند اندازه‌ی روان آب را تا ۶۸٪ کاهش دهد. غلامی و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی کاربرد کاه‌وکش برنج بر تغییرات زمان شروع و ضریب روان آب با پوشش ۹۰٪، نشان دادند که کاربرد این خاک‌پوش می‌تواند زمان شروع و ضریب روان آب را در شدت‌های مختلف به‌ترتیب افزایش و کاهش دهد. صادقی و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی کاه‌وکش برنج بر زمان شروع و ضریب روان آب نتیجه گرفتند که کاه‌وکش برنج اثر معنی‌داری بر زمان شروع و ضریب روان آب دارد.

دونجادیو تینگ‌سانچالی (۲۰۱۶) اثر حفاظتی کاه‌وکش برنج و گیاه وتیورگراس (*Vetiveria nigriflora* (Benth.) Stapf) را بر آب و خاک با استفاده از شبیه‌ساز باران در سه شدت بارشی ۳۵، ۶۵ و ۹۵ میلی‌متر بر ساعت با شیب ۲۰٪ در مقیاس کرت‌های آزمایشگاهی سازمان کشاورزی آمریکا بررسی کردند. مقدار پوششی حفاظتی کاه‌وکش برنج و گیاه وتیورگراس ۱، ۱/۵، ۲/۵، ۵ و ۷/۵ تن در هکتار در نظر گرفته شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد دو نوع پوششی حفاظتی سبب کاهش مقدار روان آب و هدررفت خاک می‌شود، و از بین دو نوع پوششی

حفاظتی بررسی شده، خاک‌پوش کاه‌وکش برنج نقش بیش‌تری از کاه‌وکش گیاه وتیورگراس در کاهش اندازه‌ی روان آب و مواد معلق داشته‌است. وانگ و همکاران (۲۰۱۷) اثر کاه‌وکش گندم را بر روان آب، نفوذ و فرسایش در زمین‌های کشاورزی در چین با استفاده از شبیه‌ساز باران با شدت ۸۰ میلی‌متر بر ساعت بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که کاه‌وکش حفاظتی توانست سبب کاهش مقدار روان آب از ۹۱/۹۲ تا ۹۲/۸۳٪ و مواد معلق از ۲/۴۱ تا ۳/۷۸ گرم در مترمربع نسبت به تیمار شاهد شود. لین و همکاران (۲۰۱۸) اثر کاه‌وکش گندم دامنه‌های شیب‌دار مرکز تحقیقات آب و خاک فوجیان چین را با استفاده از شبیه‌ساز باران با شدت ۳۰ میلی‌متر بر ساعت و به مدت بارش ۱۰ دقیقه بررسی کردند. خاک‌پوش به‌کاررفته در چهار تراز ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۹۵٪ پوشش بود. نتایج این پژوهش نشان داد که کاه‌وکش گندم می‌تواند زمان شروع روان آب را به تأخیر اندازد و اندازه‌ی مواد معلق تولیدشده را کاهش دهد، به گونه‌ی که با افزایش سطح پوشش کاه‌وکش گندم اندازه‌ی تولید مواد معلق نیز از ۱۳ تا ۹۰/۳٪ کاهش یافته است. کاویان و همکاران (۲۰۱۸) اثر کاه‌وکش گندم را بر فرآیند فرسایش خاک در مقیاس آزمایشگاهی و با استفاده از شبیه‌ساز باران در دو شدت ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌متر بر ساعت و دو سطح پوششی ۵۰ و ۹۰٪ بررسی کردند. در شدت ۵۰ میلی‌متر بر ساعت برای دو سطح پوششی فرسایش خاک به‌ترتیب ۶۱/۶۸ و ۷۳/۲۵٪، و برای شدت ۱۰۰ میلی‌متر بر ساعت برای دو سطح پوششی فرسایش خاک به‌ترتیب ۷۰/۶۸ و ۹۰/۵۵٪، کاهش یافته است.

بیات‌مومحد و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از شبیه‌ساز باران اثر کاربرد خاک‌پوش کاه‌وکش گندم را بر هدررفت خاک و مواد آلی در زمین‌های دیم شیب‌دار، در مقیاس کرت‌های معیار در ایستگاه‌های تحقیقاتی سهرین‌قره‌چریان زنجان بررسی کردند. نتایج نشان داد که استفاده از خاک‌پوش کاه‌وکش موجب افزایش نفوذ و کاهش هدررفت خاک شده، و با جلوگیری از شسته‌شدن مواد آلی از کاهش حاصل‌خیزی در این زمین‌ها جلوگیری کرده است. غلامی و همکاران (۲۰۱۵) در مراتع بیلاقی البرز با استفاده از شبیه‌ساز باران در شدت‌های مختلف اثر کاه‌وکش برنج را مانند یک تیمار حفاظتی در زمان شروع و ضریب روان آب در خاک‌های شنی بافت متوسط بررسی کردند. کاه‌وکش تأثیر معنی‌داری با تراز اعتماد ۹۹٪ در افزایش زمان شروع و کاهش ضریب روان آب داشت. صادقی و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از شبیه‌ساز باران در شدت‌های ۵۰ و ۹۰ میلی‌متر بر ساعت و در مقیاس کرت اثر کاه‌وکش برنج را بر تولید روان آب سطحی و هدررفت خاک در کرت‌های کوچک بررسی کردند. نتایج نشان داد که اثر کاه‌وکش برنج سبب کاهش حجم روان آب در مقیاسه با کرت شاهد به‌ترتیب در حدود ۹۰ و ۹۶٪ شد و مقدار هدررفت خاک در هر دو شدت را کاملاً متوقف نمود. همه‌ی اختلاف‌ها در تراز احتمال ۱٪ معنی‌دار ارزیابی شدند. کاویان و همکاران (۲۰۱۵) اثر کاه‌وکش گندم را بر تغییرات زمان شروع روان آب و ضریب روان آب بررسی کردند. کاربرد کاه‌وکش توانست زمان شروع روان آب و ضریب روان آب را در شدت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌متر بر ساعت به‌ترتیب افزایش و کاهش دهد. تاکنون پژوهش‌های فراوانی در سراسر دنیا در بررسی اثر کاه‌وکش محصولات کشاورزی در اندازه‌های پوششی حفاظتی و ترازهای

## اثر حفاظتی کاه وکلش کلزا (*Brassica napus* L.) بر مهار کردن...

که روی پایه‌هایی متحرک با امکان تنظیم ارتفاع تا ۲۷۰ سانتی‌متر قرار گرفته است. افشانه‌ها بارشی با الگوی بادبزی با دامنه‌یی از اندازه‌ی قطره‌های مختلف ایجاد می‌کند. برای فشار بهینه‌ی ۶۰ کیلوپاسکال، سرعت سقوط قطره‌های باران با استفاده از روش عکس‌برداری، ۷/۱ متربرثانه محاسبه شد. دامنه‌ی قطری قطره‌های باران شبیه‌سازی شده ۰/۴ تا ۴/۴ میلی‌متر محاسبه شده است (کاویان و همکاران ۲۰۱۵).

### روش انجام عملیات آزمایشگاهی

برای تعیین شدت بارش مناسب منطقه، با استفاده از داده‌های باران‌نگاری نزدیک‌ترین ایستگاه سینوپتیک (ایستگاه ساری) و بررسی منحنی‌های تهیه‌شده‌ی شدت، مدت و فراوانی، دامنه‌ی شدت‌های دوره‌ی بازگشت کم‌تر از ۲۰ سال ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌متربرساعت، و مدت لازم ۱۰ دقیقه تعیین شد (کاویان و همکاران ۲۰۱۵). خاک این پژوهش از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری سطح خاک (کوکال و سرکار ۲۰۱۰)، از زمین‌های شیب‌دار منطقه‌ی میان‌درود، استان مازندران، که کشت دیم کلزا در آن است، تهیه شد. خاک جمع‌آوری شده پس از خشک‌شدن در محیط سرپوشیده و هوای آزاد به مدت ۲۴ ساعت، از الک ۴ میلی‌متری عبور داده شد (کاویان و همکاران ۲۰۱۴؛ غلامی و همکاران ۲۰۱۴). نتایج آزمایش خاک نشان داد که بافت خاک شنی بافت متوسط است و درصد موادآلی، درصد کربن‌آلی، پی‌اچ و هدایت الکتریکی آن به ترتیب دارای ۱/۶۸٪، ۰/۹۸٪، ۷/۳۷٪ و ۰/۸۷۸ دسی‌زیمنس برمتر است. کاه وکلش نیز از کشتزارهای شرکت صنعتی دشت‌ناز تهیه و در اندازه‌های طولی ۱۰ سانتی‌متر به روش دستی خرد شد.

مختلف رطوبت بر کاهش اندازه‌ی روان‌آب و مواد معلق انجام شده‌است، ولی پژوهشی برای بررسی تاثیر کاه وکلش کلزا در این زمینه انجام نشده‌است. از این رو، هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر کاه وکلش کلزا با اندازه‌های مختلف پوشش ۲۵، ۵۰ و ۷۵٪ در ترازهای رطوبت ۱۵، ۲۰ و ۳۰ بر کاهش حجم روان‌آب و مواد معلق تولیدشده است.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش با استفاده از شبیه‌ساز باران (شکل ۱) با شدت ۵۰ میلی‌متر بر ساعت، تداوم بارش ده دقیقه‌یی، در سه تکرار در مقیاس کرت‌های کوچک آزمایشگاهی با شیب ۲۰٪ طول، عرض و عمق به ترتیب ۱ متر، ۰/۵ متر و ۲۰ سانتی‌متر با سه تراز رطوبت (۱۵، ۲۰ و ۳۰٪) و سه سطح پوشش حفاظتی کاه وکلش کلزا (۲۵، ۵۰ و ۷۵٪) انجام شد. میانگین رطوبت در منطقه‌ی برداشت خاک با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج جی‌ام‌کا ۷۷۰ اس سنجیده شد. رطوبت خاک ۱۵٪ بود که با در نظر گرفتن دو تراز رطوبت ۲۰ و ۳۰٪، که در میانه‌ی تراز رطوبت اولیه بودند، اندازه‌ی تغییرات روان‌آب و مواد معلق با تغییر رطوبت پیشین خاک بررسی شد.

### مشخصات دستگاه شبیه‌ساز باران

شبیه‌ساز باران تشکیل شده از قسمت‌های مختلف سامانه‌ی آب‌رسانی، صفحه‌ی بارش، سامانه‌ی جمع‌آوری آب مازاد، و برد مهارکردنی است. صفحه‌ی بارش شامل دو افشانه‌ی نوسانی از نوع ویجت ۸۰۱۰۰ با قطر روزنه‌ی ۴/۵ میلی‌متر با قابلیت جابه‌جایی روی راه‌آه‌نی به طول دومتر است



شکل ۱- شبیه‌ساز باران به کاررفته در این پژوهش.

رطوبت سطح خاک افزایش یافت، و مقداری از خاک نیز از بالادست کرت به سمت پایین دست آمد، و سبب ایجاد خطاهایی شد. به همین دلیل، برای جلوگیری از این خطاها خاک درون کرت‌ها تعویض (آدیوکالو و همکاران ۲۰۰۷) و دوباره با خاک ۱۵٪ رطوبت پر شد. سطح کرت‌ها جداگانه به اندازه‌ی پوشش حفاظتی ۵۰٪ و ۷۰٪ پوشانده، و آزمایش تکرار، و نمونه‌های روان آب و مواد معلق تولیدشده برداشت شد. برای دو تراز رطوبتی باقی‌مانده‌ی ۲۰٪ و ۳۰٪ هم‌مراحل در اندازه‌های مختلف پوشش حفاظتی جداگانه تکرار، و روان آب و مواد معلق تولیدشده برداشت شد.

روان آب و مواد معلق جمع‌آوری شده در ظرف‌های نمونه‌برداری هر یک از کرت‌ها برای خواندن حجم روان آب در استوانه‌ی مدرج ریخته شد (مارکوس و همکاران ۲۰۰۷؛ کاویان و همکاران ۲۰۱۰). برای تعیین شدن مواد معلق، نمونه‌ها ۲۴ ساعت بی‌حرکت گذاشته شد. پس از تخلیه‌ی آب اضافی روی نمونه‌ها، مواد معلق باقی‌مانده به ظرف‌های مناسب با وزن مشخص منتقل، و ۲۴ ساعت در کوره با دمای ۱۰۵ درجه‌ی سانتی‌گراد خشک و توزین شد (ادواردز و همکاران ۲۰۰۰؛ صادقی و همکاران ۲۰۱۵) (شکل ۳).

پس از تهیه‌ی خاک و کاه و کلش برای ایجاد شرایط معیار مشابه با طبیعت، و زهکشی بهتر (دفراشا و همکاران ۲۰۱۱) ۱۰ سانتی‌متر اول عمق کرت‌ها با پوک‌هی معدنی با لایه‌بندی متفاوت پر شد، و ۱۰ سانتی‌متر باقی‌مانده با خاکی با ترازهای رطوبت ۱۵، ۲۰ و یا ۳۰٪ پر شد. سطح خاک با غلطک به وزن مخصوص خاک (۱/۴۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب خاک در شرایط طبیعی) رسانده شد (کاویان و همکاران ۲۰۱۵). برای مخلوط نشدن خاک با پوک‌هی معدنی و جابه‌جایی سریع خاک، در مراحل آزمایش یک لایه‌ی گونی کفنی بین پوک‌هی معدنی و خاک گذاشته شد. پس از واسنجی شبیه‌ساز باران، کرت‌های بی‌پوشش حفاظتی (شاهد) با خاک ۱۵٪ رطوبت، در بارش شبیه‌سازی شده‌ی ۵۰ میلی‌متر بر ساعت با تداوم بارشی ۱۰ دقیقه‌ی گذاشته، و روان آب و مواد معلق تولیدشده برداشت شد. مراحل آزمایش قبلی جداگانه برای خاک با رطوبت‌های ۲۰٪ و ۳۰٪ تکرار و نمونه‌های روان آب و مواد معلق تولیدشده‌ی این دو تراز رطوبتی خاک بی‌پوشش حفاظتی (شاهد) برداشت شد. در مرحله‌ی بعدی، آزمایش بر سطح خاک کرت‌های ۱۵٪ رطوبت و پوشانده‌شده‌ی یکنواخت با ۲۵٪ کاه و کلش کلزا (انصاری ۲۰۰۷) انجام، و روان آب و مواد معلق تولیدشده برداشت شد (شکل ۲). بعد از انجام آزمایش،



شکل ۲- کرت‌های آزمایشگاهی تیمار شده با پوشش ۲۵٪ کاه و کلش کلزا.



شکل ۳- مراحل برآورد روان آب و رسوب (مواد معلق).

## اثر حفاظتی کاهوکلش کلزا (*Brassica napus* L.) بر مهار کردن...

### تحلیل داده‌ها

پس از جمع‌آوری داده‌های روان‌آب و مواد معلق، به‌نجار بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف<sup>۱</sup> در تراز اطمینان ۹۵٪ بررسی شد. مقایسه‌ی میانگین‌ها در تراز معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ با استفاده از آزمون جی.ال.ام<sup>۲</sup> تحلیل شد. آزمون‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار اسپاس ۲۲ انجام شد.

### نتایج

نتایج درصد تغییرات و اندازه‌های روان‌آب و مواد معلق قبل و بعد از تیمار حفاظتی کاهوکلش کلزای حاصل از کرت‌های آزمایشگاهی در جدول ۱ آورده شده‌اند. شکل‌های ۴ و ۵ نیز نمایانگر مقایسه‌ی میانگین روان‌آب و مواد معلق در تمام ترازهای رطوبت و حفاظتی کاهوکلش کلزا است. جدول ۲ نتایج آزمون جی.ال.ام را در بررسی اثر حفاظتی کاهوکلش کلزا برای روان‌آب و مواد معلق نشان می‌دهد تاثیر کاهوکلش کلزا برای کاهش روان‌آب و مواد معلق در تراز ۹۹٪ معنی‌دار بود. درصد تغییرات اندازه‌های روان‌آب و مواد

معلق در جدول ۱ نشان‌دهنده‌ی آن است که در تمام ترازهای رطوبت مقدار کاهش روان‌آب تولیدی در تراز ۲۵، ۵۰ و ۷۵٪ پوشش حفاظتی به‌ترتیب ۱۳/۱۴ و ۲۶/۲۹ و ۳۱/۵۲٪ بود، به‌طوری‌که این روند کاهش با افزایش سطح حفاظتی، دو برابر شده است. کاهش مواد معلق تولیدشده نیز برای سه پوشش حفاظتی به‌ترتیب ۴۱/۲۱ و ۷۲/۴ و ۷۸/۷۸٪ بود، یعنی مقدار کاهش مواد معلق با افزایش پوشش حفاظتی دو برابر شده است. مقایسه‌ی میانگین روان‌آب و مواد معلق (شکل‌های ۴ و ۵) در تمام ترازهای رطوبت در اندازه‌های مختلف پوشش حفاظتی نشان می‌دهد که با اعمال پوشش حفاظتی از مقدار روان‌آب و مواد معلق تولیدشده کاسته شده است. این روند کاهش با افزایش اندازه‌های پوششی بیش‌تر داشته است، به‌طوری‌که کم‌ترین اندازه‌ی روان‌آب و مواد معلق تولیدشده در تیمار پوشش حفاظتی ۷۵٪ در رطوبت ۱۵٪ به‌ترتیب ۱۸۲۱ میلی‌لیتر و ۵۸ گرم بود. بیش‌ترین اندازه‌ی روان‌آب و مواد معلق تولیدشده در تیمار بی‌پوشش حفاظتی (شاهد) و در تراز رطوبت ۳۰٪ با اندازه‌های ۵۵۰ میلی‌لیتر و ۵۲۲ گرم بوده است.

جدول ۱- درصد تغییرات و اندازه‌های روان‌آب و مواد معلق بعد از تیمار حفاظتی کاهوکلش کلزا.

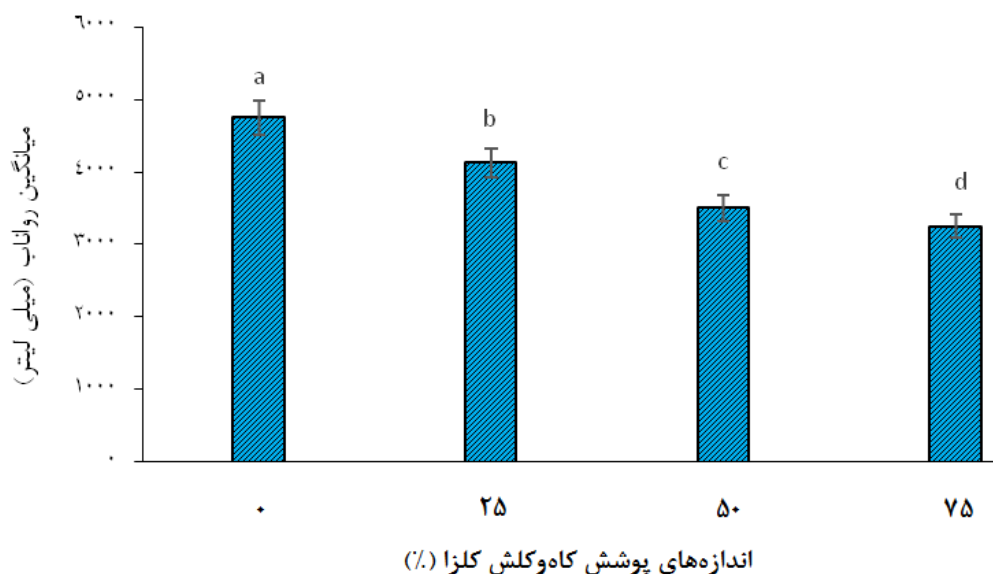
مقدار رسوب (گرم)				مقدار روان‌آب (میلی‌لیتر)				
پوشش	پوشش	پوشش	بی‌پوشش (شاهد)	پوشش	پوشش	پوشش	بی‌پوشش (شاهد)	
٪ ۷۵	٪ ۵۰	٪ ۲۵		٪ ۷۵	٪ ۵۰	٪ ۲۵		
۵۸	۸۳	۱۷۱	۲۰۲	۱۸۲۱	۲۰۳۸	۳۵۲۰	۴۰۲۸	٪ ۱۵
۶۸	۸۵	۱۸۸	۲۶۶	۳۷۲۵	۳۹۱۳	۳۹۹۰	۴۷۱۰	٪ ۲۰ رطوبت
۸۳	۱۰۴	۲۲۴	۵۲۲	۴۲۰۳	۴۵۴۳	۴۸۵۸	۵۵۰۱	٪ ۳۰
۷۰	۹۱	۱۹۴	۳۳۰	۳۲۵۰	۳۴۹۸	۴۱۲۲	۴۷۴۶	میانگین
-۷۸/۷۸	-۷۲/۴	-۴۱/۲۱		-۳۱/۵۲	-۲۶/۲۹	-۱۳/۱۴		درصد تغییرات

جدول ۲- آزمون جی.ال.ام در بررسی اثر رطوبت و پوشش تیمار حفاظتی بر روان‌آب و مواد معلق.

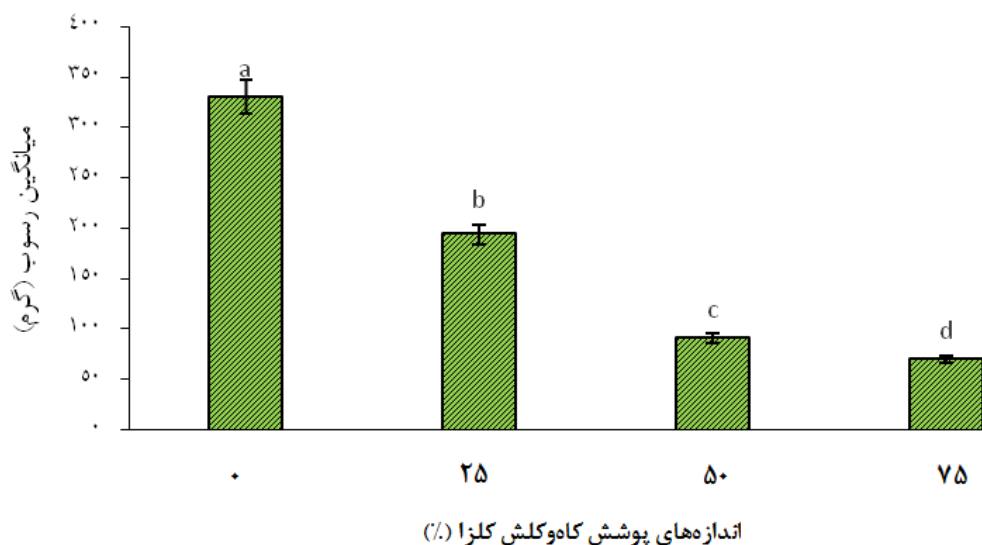
منبع	متغیر وابسته	درجه‌ی آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	مقدار P
رطوبت	روان‌آب (میلی‌لیتر)	۲	۱۱۴۰۲۳۶۸	۸۸	۰/۰۰۰
	مواد معلق (گرم)	۲	۳۶۲۹۶	۱۰۳	۰/۰۰۰
پوشش	روان‌آب (میلی‌لیتر)	۳	۴۰۴۹۵۷۱	۳۱	۰/۰۰۰
	مواد معلق (گرم)	۳	۱۲۷۳۵۳	۳۶۲	۰/۰۰۰
رطوبت × پوشش	روان‌آب (میلی‌لیتر)	۶	۴۸۸۶۲۷	۳	۰/۰۰۸
	مواد معلق (گرم)	۶	۱۷۵۸۴	۵۰	۰/۰۰۰

1- Kolmogorov – Smirnov

2- general linear model



شکل ۴- نمودار مقایسه‌ی میانگین روان آب در تمام ترازهای رطوبت در اندازه‌های مختلف پوشش حفاظتی.



شکل ۵- نمودار مقایسه‌ی میانگین مواد معلق در تمام ترازهای رطوبت در اندازه‌های مختلف پوشش حفاظتی.

جولوگیری نموده (مایاتا و همکاران ۲۰۰۹) و مانند پوششی محافظتی سبب می‌شود که خاک کمتر در معرض خطر فرسایش قرار گیرد، و اندازه‌ی مواد معلق و هدررفتن خاک را کم می‌کند (جویدن و همکاران ۲۰۱۰؛ مورینو و همکاران ۲۰۰۹). طبق جدول ۱، با اعمال پوشش حفاظتی اندازه‌ی روان آب و مواد معلق تولیدشده نسبت به تیمار شاهد بسیار کاهش یافته است. با افزایش بیش‌تر اندازه‌های پوشش حفاظتی این روان آب و مواد معلق تولیدشده کاهش بیش‌تری می‌یابد، به طوری که بیش‌ترین و کم‌ترین روان آب و مواد معلق تولیدشده در بی‌پوشش حفاظتی (شاهد) و پوشش ۷۵٪ حفاظتی کاه و کلش

### بحث و نتیجه‌گیری

کاه و کلش کلزا با داشتن ویژگی‌هایی از جمله ۱/۴۱ و ۶/۱۷٪ سلولز و لیگنین و قطر حفره‌ی ۹/۱۶ میکرونی (حمصی و پیروز ۲۰۰۶) با جذب قسمتی از بارش دریافتی از سوی شبیه‌ساز باران سبب افزایش ذخیره‌ی روان آب و افزایش نفوذپذیری در خاک شده است (روی و همکاران ۲۰۰۶؛ نیونس و همکاران ۲۰۱۰)، علاوه بر آن با افزایش زبری سطح خاک، بخشی از کارمایه‌ی جنبشی باران را که همان قدرت فرساینده‌ی است گرفته، از تخریب خاک‌دانه‌ها (کوکال و سرکار ۲۰۱۰) ناشی از اصابت قطره‌های باران بر خاک

کلزا است (شکل‌های ۴ و ۵). مبنی بر تاثیر کاربرد پوشش حفاظتی کاه‌وکش در کاهش اندازه‌ی روان‌آب و مواد معلق تولیدشده هم‌خوانی دارد. با افزایش اندازه‌های پوششی از سطح بی‌پوشش حفاظتی (شاهد) به پوشش حفاظتی دار، ۷۵٪ میزان بیش‌تری روان‌آب و مواد معلق را کاهش داده است، و این با یافته‌های دورینگ و همکاران ۲۰۰۵، روی و همکاران ۲۰۰۶، عباسی و همکاران ۲۰۱۳، و کاویان و همکاران ۲۰۱۵، مبنی بر کاهش روان‌آب و مواد معلق تولیدشده با افزایش اندازه‌های پوشش حفاظتی کاه‌وکش مطابقت دارد. با افزایش ترازهای رطوبت بر اندازه‌ی تولید حجم روان‌آب و مواد معلق افزوده شده است، و این یافته نیز با یافته‌های برخی از محققان (رادالف و همکاران ۱۹۹۶؛ ارشم و همکاران ۲۰۱۰؛ کاویان و همکاران ۲۰۱۰؛ خالدی و همکاران ۲۰۱۴) مطابقت دارد. پس از اعمال پوشش حفاظتی نیز هنوز افزایش رطوبت دیده‌شد، اما شدت آن کم‌تر شد. کاه‌وکش کلزا در جای یک پوشش حفاظتی روی سطح خاک توانست اندازه‌ی روان‌آب و مواد معلق تولیدشده را مهار کند و کاهش دهد. این نوع پوشش حفاظتی که بیش‌ترین هم‌خوانی را با طبیعت دارد، می‌تواند راه‌کاری مؤثر و جای‌گزین برای سایر روش‌های هزینه‌بر و دیربازده باشد.

کلزا است (شکل‌های ۴ و ۵). با افزایش اندازه رطوبت خاک از رطوبت ۱۵٪ به رطوبت‌های بیش‌تر بر اندازه‌ی روان‌آب افزوده می‌گردد (جدول ۱). دلیل افزایش روان‌آب در ترازهای‌های بیش‌تر اشباع‌شدن لایه‌های خاک، و به‌دنبال آن کم‌شدن اندازه‌ی نفوذ بارش (کیم و همکاران ۲۰۰۵؛ پاپاس و همکاران ۲۰۰۸)، است. علاوه بر نقش رطوبت در افزایش روان‌آب می‌توان به نقش رطوبت خاک در تولید مواد معلق اشاره نمود. افزایش حجم روان‌آب و نبود نفوذپذیری کافی سبب کاهش مقاومت بین خاک‌دانه‌ها می‌شود، پایداری خاک را کم می‌کند (بیوسناس و همکاران ۱۹۹۵) و موجب می‌شود که ذره‌ها به‌راحتی از یک‌دیگر جدا شوند و اندازه‌ی مواد معلق تولیدشده افزایش یابد (رادالف و همکاران ۱۹۹۷). با توجه به نتایج حاصل از اعمال پوشش حفاظتی کاه‌وکش، از اندازه‌ی روان‌آب و مواد معلق تولیدشده نسبت به وضعیت بی‌پوشش حفاظتی (شاهد) کاسته می‌شود. این یافته با یافته‌های بسیاری از محققان (گالاگر و همکاران ۱۹۹۶؛ ادواردز و همکاران ۲۰۰۰؛ اسمولوکسی و همکاران ۲۰۰۱؛ گروینر و همکاران ۲۰۰۵؛ بت و خرا ۲۰۰۵؛ جیانگ و همکاران ۲۰۱۱؛ صادقی و همکاران ۲۰۱۵؛ لین و همکاران ۲۰۱۸؛ کاویان و همکاران ۱۳۹۵)

### منابع

- Abassi E, Kavian A, Jafarian Z. 2013. The role of Artemisia rangeland plant on decreasing soil loss. Extension and Development of Watershed Management. 1(1): 1–6. (In Persian).
- Adekalu KO, Olorunfemi IA, Osunbitan JA. 2007. Grass mulching effect on filtration, surface runoff and soil loss of three agricultural soil in Negria. Bioresource Technology. 98: (4) 912–917.
- Ansari N. 2007. Watershed regeneration methods with coverage vegetation. Publication of Applied Higher Education Institution of Agricultural Jihad. 143 pp. (In Persian).
- Azmoodeh A, Kavian A, Solaimani K, Vahabzadeh Gh. 2010. Comparing runoff and soil erosion in forest, dry farming and garden Land uses soils using rainfall simulator. Journal of Water and Soil. 24(3): 490–500. (In Persian).
- Bayat Movahed F, Nikkami D, Shami H. 2009. Soil erosion mitigation approaches in rainfed farms. Journal of Watershed Engineering and Management. 1(4): 275–278. (In Persian).
- Bhatt R, Khera KL. 2006. Effect of tillage and mode of straw mulch application on soil erosion in the submontaneous tract of Punjab, India. Soil and Tillage Research. 88(1): 107–115.
- Defersha MB, Quraishi S, Mellese AM. 2011. The effect of slope steepness and antecedent moisture content on interrill erosion, runoff and sediment size distribution in highlands of Ethiopia. Hydrology and Earth System Science 15(7): 2367–2375.
- Donjatee S, Tingsanchali T. 2016. Soil and water conservation on steep slopes by mulching using rice straw and vetiver grass clippings. Agriculture and Natural Resources. 50(1): 75–79.
- Doring FT, Brandt M, He J, Finckh MR, Saucke H. 2005. Effects of straw mulch on soil nitrate dynamics, weeds yield and soil erosion in organically grown potatoes. Field Crops Research. 94(2–3): 238–249.
- Edwards LM, Volk A, Burney JR. 2000. Mulching potatoes: Aspects of mulch management systems and soil erosion. American Journal of Potato Research. 77(4): 225–232.
- Gallagher AV, Wollenhaupt NC, Bosworth AH. 1996. Vegetation management and interrill erosion in no-till corn following alfalfa. Soil Science Society of America Journal. 60(4): 1217–1222.
- Gholami L, Sadeghi SHR, Homae M. 2013. Straw mulching effect on splash erosion runoff and sediment yield from eroded plots. Soil Science of Society American Journal. 77(1): 268–278.
- Gholami L, Banasik K, Sadeghi SHR, Khaledi Darvishan A, Hejduk L. 2014. Effectiveness of straw mulch on infiltration, splash erosion, runoff and sediment in laboratory conditions. Journal of Water and Land Development. 22(1): 51–60.
- Gholami L, Sadeghi SHR, Homae M. 2015. Effect of rice straw mulch on runoff threshold and coefficient from rainfall. Iranian Water Resource Journal. 8(15): 33–40. (In Persian).
- Groenier J, Foltz R, Showers C. 2005. Using rainfall simulators to test wood shreadings for erosion control. Engineering Tech. Tips. Missoula, MT, USDA Forest Service,



- Technology Development Program.
- Gvancheng H. 2004. Consideration on the integrated watershed management in the western China. In: The Proceeding of Symposium on Hydropower and Sustainable Development, Beijing, China. 24–27.
- Hamsi SA, Piroz M. 2006. Evaluation of chemical properties and anatomy of canola stem. *Scientific Journal of Agricultural Sciences*. 12(3): 647–656. (In Persian).
- Jiang L, Dami I, Mathers HM, Dick WA, Doohan D. 2011. The effect of straw mulch on simulated simazine leaching and runoff. *Weed Science*. 59(4): 580–586.
- Jordán A, Zavala LM, Gil J. 2010. Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semi-arid conditions in southern Spain. *Catena*. 81(1): 77–85.
- Karimi Z, Sadeghi SHR, Bahrami HA. 2015. Variations of runoff generation during rainfall event when different levels of polyacrylamide in its powder vs liquid form applied. *Iranian Journal of Soil and Water*. 46(3): 443–453. (In Persian).
- Kavian A, Azmodeh A, Soleimani K, Vahabzadeh Gh. 2010. Effect of soil properties on runoff and soil erosion in forest lands. *Journal of Rangeland and Watershed Management*. 63(1): 89–114. (In Persian).
- Kavian A, Asgariyan R, Jafarian Z, Bahmanyar MA. 2013. Effect of soil properties on runoff and sediment yield in farm scale (Case study: A part of Sari Town, neighboring croplands). *Water and Soil Science*. 23(4): 45–57. (In Persian).
- Kavian A, Hayavi F, Boroghani M. 2014. Polyacrylamide effects on splash erosion rate in different soils using rainfall simulator. *Journal of Rangeland and Watershed Management* 67(2): 203–2016. (In Persian).
- Kavian A, Mohammadi M, Fallah M, Gholami L. 2015. Effect of wheat straw on changing time to runoff and runoff coefficient in laboratory plots under rainfall simulation. *Journal Water and Soil Resources Conservation* 15(2): 73–81. (In Persian).
- Kavian A, Abassi E, Jafarian Z. 2016. Effect of Agropyron elongatum residue on decreasing runoff and soil loss- An experimental study using rainfall simulator. *Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi)*. 29(1): 33–40. (In Persian).
- Kavian A, Gholami L, Mohammadi M, Spalevic V, Fallah M. 2018. Impact of Wheat Residue on Soil Erosion Processes. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 46(2): 553–562.
- Kelarestaghi A, Ahmadi H, Esmali A, Jafari M, Ghodosi J. 2009. Comparison of runoff and sediment yield from different agricultural treatments. *Iranian Journal of Watershed Science and Engineering*. 2(5): 41–52. (In Persian).
- Khaledi Darvishan A, Sadeghi SHR, Homae M, Arabkhadri M. 2014. Affectability of runoff threshold and coefficient from rainfall intensity and antecedent soil moisture content in laboratorial erosion plots. *Iran Water Research Journal*. 8(15): 41–49. (In Persian).
- Kim HJ, Sidle RC, Moore RD. 2005. Shallow lateral flow from a forested hill slope: Influence of antecedent wetness *Catena*. 60(3): 293–306.
- Kukul SS, Sarkar M. 2010. Splash erosion and infiltration in relation to mulching and polyvinyl alcohol application in semi-arid tropics. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 56(46): 697–705.
- Lal R. 1976. Soil erosion on Alfisols in western Nigeria: II. Effect of mulch rates. *Geoderma*. 16(5): 389–401.
- Le Bissonnais Y, Renaux B, Delouche H. 1995. Interactions between soil properties and moisture content in crust formation, runoff and interrill erosion from tilled loess soils. *Catena*. 25(1): 33–46.
- Lin J, Zhu G, Wei J, Jiang F, Wang MK, Huang Y. 2018. Mulching effects on erosion from steep slopes and sediment particle size distributions of gully colluvial deposits. *Catena*. 160: 57–67.
- Marques MJ, Bienes R, Jiménez L, Pérez-Rodríguez R. 2007. Effect of vegetal cover on runoff and soil erosion under light intensity events. *Rainfall simulation over USLE plots. Science of the Total Environment*. 378: (1–2)161–165.
- Miyata S, Kosugi K, Gomi T, Mizuyama T. 2009. Effects of forest floor coverage on overland flow and soil erosion on hillslopes in Japanese cypress plantation forests. *Water Resources Research*. 45(6): 1–17.
- Moreno-de las H, Merino-Martin L, Nicolau JM. 2009. Effect of vegetation cover on the hydrology of reclaimed mining soils under Mediterranean- continental climate. *Catena*. 77(1): 39–47.
- Morgan RPC. 1986. *Soil erosion and conservation*. Longman Scientific and Technical, Burnt Mile, Harlow, UK. 298 p.
- Mosaffaie J, Talebi A. 2014. A statistical view to the water erosion in Iran. *Extention and Devolopment of Watershed Management*. 2(5): 9–17. (In Persian).
- Nunes AN, Coelho COA, Almeida AC, Figueiredo A. 2010. Soil erosion and hydrological response to land abandonment in a central Inland area of Portugal. *Land Degradation and Development*. 21(3): 260–273.
- Orsham A, Akhund Ali AM, Behnia A. 2010. Effect of soil antecedent moisture contents on runoff and sedimentation values with simulated rainfall method. *Iranian Journal of Range and Desert Research*. 16(4): 445–455. (In Persian).
- Pappas EA, Smith DR, Huang C, Shuster WD, Bonta JV. 2008. Impervious surface impacts to runoff and sediment discharge under laboratory rainfall simulation, *Catena*. 72(1): 146–152.
- Pimentel D, Harvey C, Resosudarmo P, Sinclair K, Kurz

- D, McNair M, Crist S, Shprits L. 1995. Environmental and Economic Costs of Soil erosion and conservation benefits. Science, New Series. 267(5201): 1117–1123.
- Prosdocimi M, Jordán A, Tarolli P, Keesstra S, Novara A, Cerdà A. 2016. The immediate effectiveness of barley straw mulch in reducing soil erodibility and surface runoff generation in Mediterranean vineyards.-Science of the Total Environment. 547(15): 323–330.
- Refahi HG. 1997. Water erosion and control. First edition, University of Tehran Press. 265 p.
- Rudolph A, Helming K, Diestel H. 1997. Effect of antecedent water content and rainfall regime on microrelief changes. Soil Technol. 10(1): 69–81.
- Ruy S, Findeling A, Chadoeuf J. 2006. Effect of mulching techniques on plot scalarunoff: FDTF modeling and sensitivity analysis. Journal of Hydrology. 326(1): 277–294.
- Sadeghi SHR, Gholami L, Homae M, Khaledi Darvishan A. 2015. Reducing sediment concentration and soil loss using organic and inorganic amendments at plot scale. Solid Earth. 6(2): 445–455.
- Sadeghi SHR, Hazbavi Z, Younesi H, Behzaffar M. 2013. Trend of soil loss and sediment concentration changeability due to application of polyacrylamide. Journal of Water and Soil Resources Conservation. 2(4):53–67. (In Persian).
- Sadeghi SHR, Sharifi Moghadam A, Gholami L. 2014. Effect of rice straw on surface runoff and soil loss in small plots. Journal of Water and Soil Resources Conservation. 3(4): 73–83. (In Persian).
- Sepehr A, Honarmandnejad S. 2012. Actual soil erosion risk mapping using modified CORINE method (Case study: Jahrom Basin). Geography and Environmental Hazard. 3: 57–72. (In Persian).
- Smolikowski B, Puig H, Roose E. 2001. Influence of soil protection techniques on runoff, erosion and plant production on semi-arid hillsides of Cabo Verde. Agriculture, Ecosystems & Environment. 87(1): 67–80.
- Wang L, Ma B, 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(2): 281–290.

