Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:41 IRDT on Sunday June 14th 2026

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال بیست ودوم، شماره‌ی ۷۸
تابستان ۱۴۰۱، صفحات ۱۴-۱۵

DOI:10.52547/GeoSpa.22.2.15

*صمد شادفر[۱]
محمود عرب خدری[۲]
سعید نبی پی لشکریان[۳]

بررسی دانه‌بندی رسوب و تلفات عناصر غذایی اصلی خاک ناشی از فرسایش آبی در اراضی دیم با شبیه‌سازی باران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۷/۲۵

چکیده

فرسایش فرآیندی انتخابی است و برخی از ذرات رس که از نظر حاصل‌خیزی اهمیت دارند به‌صورت خاک‌دانه‌های کوچک منتقل می‌شوند. انتقال تدریجی این ذرات، سبب باقی ماندن ذرات درشت‌تر با حاصل خیزی کم‌تر می‌شود. لذا لازم است پژوهش‌هایی در مورد تلفات حاصل‌خیزی و دانه‌بندی انجام گیرد. این تحقیق با هدف تعیین تلفات حاصل‌خیزی خاک ناشی از فرسایش دیمزارها و دانه‌بندی رسوبات انجام گردید. ابتدا، استان‌ها از نظر سطح زیر کشت دیم و تولید بررسی و چهار منطقه انتخاب شدند. خاک مورد نیاز به آزمایشگاه شبیه‌ساز باران و فرسایش انتقال و ویژگی‌هایی مانند توزیع اندازه ذرات، نیتروژن، پتاسیم قابل استفاده و فسفر قابل جذب اندازه‌گیری و میزان تلفات حاصل‌خیزی ناشی از فرسایش و دانه‌بندی رسوبات تعیین گردید. نتایج نشان داد که در پیشکمر و کوهین توزیع اندازه ذرات رسوب ریزتر از خاک اصلی و در سرارود به خاک اصلی نزدیک‌تر و در گچساران بیش‌تر از خاک اصلی می‌باشد. ازت کل خاک اصلی پیشکمر، سرارود، کوهین و گچساران به‌ترتیب ۰/۰۸، ۰/۱، ۰/۰۶ و ۰/۰۹

*۱- پژوهشکده حفاظت خاک وآبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول).
E-mail: samad.shadfar@gmail.com
۲- پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
۳- کارشناس ارشد پژوهشی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:41 IRDT on Sunday June 14th 2026

درصد به‌دست آمد. فسفر قابل جذب و پتاسیم قابل استفاده در مناطق انتخابی به‌ترتیب ٤/٧٦، ١٠٤/٥ و ٤/٤٧، ٣٥٩/٥ و ٢/٠٢، ٢٢٢/٤ و ٩/٦٢، ٣٦٠ میلی‌گرم بر کیلوگرم محاسبه گردید.

کلید واژه‌ها: آزمایشگاه شبیه‌ساز باران و فرسایش، اراضی کشاورزی شیب‌دار، تلفات حاصل‌خیزی، دانه‌بندی رسوبات.

مقدمه

تاکنون بیش‌ترین تحقیقات در مورد فرسایش خاک در ایران، در مورد میزان جابجایی و یا رسوب‌گذاری ذرات خاک انجام شده است. در حالی که خسارات فرسایش فقط به خارج شدن خاک از دسترس گیاه و پر شدن مخازن آب محدود نمی‌شود و هدر رفتن عناصر غذایی و کاهش حاصل‌خیزی ناشی از آن یکی از بارزترین اثرات زیان‌بار اقتصادی و اجتماعی ناشی از وقوع فرسایش در زمین‌های کشاورزی واقع در اراضی شیب‌دار است. از طرف دیگر، به این علت که فرسایش خاک، با ایجاد تغییر در توزیع اندازه ذرات سطح خاک، موجب توزیع مجدد اندازه ذرات موجود در لایه سطحی خاک می‌شود و می‌تواند به‌طور قابل ملاحظه‌ای باعث تخریب خصوصیات خاک گردد، ضرورت دارد که توزیع اندازه ذرات و هدر رفت عناصر غذایی و کاهش حاصل‌خیزی ناشی از آن مورد بررسی قرار گیرد. فرسایش آبی ممکن است با تغییر در بافت خاک، موجب توزیع مجدد اندازه ذرات در لایه سطحی و تخریب خصوصیات خاک گردد (Pieri et al., 2009: 20). انتظار می‌رود کم‌ترین کلاس اندازه ذرات حمل شده در طی رخداد فرسایش، پس از اتمام فرسایش در سطح خاک تجمع یابد و بستر خاک از ذراتی که به‌صورت انتخابی حمل و خارج شده‌اند، تخلیه شود (Asadi and Rohipour, 2007: 1256).

پیشینه پژوهش

هدر رفت عناصر غذایی به علت فرسایش با نسبت‌های غنی شدن قابل ارزیابی است و برابر با مقدار عناصر غذایی در رسوبات نسبت به خاک اصلی می‌باشد (Gachen et al., 1997: 559). به‌طور کلی فسفر به دلیل سطح ویژه بالای رس و قابلیت جذب کنندگی بالای آن به‌طور محکم توسط ذرات خاک جذب شده و همراه با خاک در طول فرآیندهای فرسایشی حرکت می‌کند و مقدار محلول آن کم‌تر می‌باشد (Hatch et al., 1999: 379). در پژوهشی که توسط Kang et al (2001: 977) در فلات لسی چین انجام شد، درصد شیب زمین اصلی‌ترین فاکتور تاثیرگذار بر میزان رواناب و هدررفت خاک شناخته شده است.

Zhang et al (2002: 1)، با بررسی فرآیند جدا شدن ذرات خاک در اثر جریان سطحی کم‌عمق برای ذرات کوچک‌تر از ۵ میلی‌متر، دریافتند که شدت جدا شدن ذرات، با هر دو عامل دبی جریان و درجه شیب رابطه مستقیم دارد. Kothyari et al (2004: 137) با بررسی هدر رفت خاک و عناصر غذایی در مقیاس پلات به این نتیجه رسیدند که

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:41 IRDT on Sunday June 14th 2026

در کاربری‌های جنگل، چای و کشاورزی، بیش‌ترین هدر رفت مواد آلی در جنگل کاج و حداکثر هدر رفت عناصرغذایی در کاربری کشاورزی آبی مشاهده گردید. Ghorbani Vaghei and Bahrami (2005: 1) به این نتیجه رسیدند که فرسایش‌پذیری خاک با درصد توزیع اندازه ذرات نسبت به سایر مشخصه‌های فیزیکی بیش‌ترین همبستگی را دارد. Zheng et al (2005: 85) با بررسی اثرات الگوهای فرسایشی روی هدر رفت عناصرغذایی در نتیجه جنگل‌زدایی در فلات‌های لسی چین به این نتیجه رسیدند که نسبت غنی شدن در رسوبات فرسایش یافته به‌طور زیادی به خصوصیات بارندگی مانند مقدار و شدت بستگی دارد.

Kleinman et al (2006: 1248) با بررسی نقش شدت بارندگی در حمل عناصر غذایی از طریق رواناب سطحی به این نتیجه رسیدند که هدر رفت عناصرغذایی وابستگی زیادی به شدت بارندگی دارد. Parsons et al (2006: 1) در آزمایش‌های شبیه‌سازی باران در اراضی شیب‌دار نشان دادند که توزیع اندازه ذرات رسوب ناشی از جریان بین شیاری ریزتر از خاک اصلی می‌باشد. این محققان بیان می‌کنند که این ریزتر بودن رسوبات بین شیاری نسبت به خاک اصلی به دلیل عدم توانایی جریان بین شیاری در انتقال بخش درشت‌تر رسوبات جدا شده ناشی از پاشمان حاصل از باران می‌باشد. Rafahi (2007: 108) معتقد است که میانگین اندازه ذرات انتقال یافته از زمین بین شیاری معمولا کوچک‌تر از میانگین ذرات توده خاک اصلی می‌باشد بنابراین خاک‌هایی که حاوی مواد آلی کم و شن خیلی ریز و سیلت زیاد هستند، معمولا ساختمان نسبتا ناپایداری دارند و به سهولت در اثر ضربه قطرات باران خرد می‌شوند. Yousefi Fard et al (2007) با بررسی هدررفت عناصر غذایی در کاربری‌های مختلف در استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از باران ساز به این نتیجه رسیدند که تغییر کاربری از عرصه‌های منابع طبیعی به کاربری‌های دیگر که تحت سیستم مدیریت انسان است باعث افزایش فرسایش، هدر رفت تشدیدی خاک و انتقال عناصرغذایی همراه با آن می‌شود.

معمولاً میزان فسفری که در اثر فرسایش از بین می‌رود، بیش‌تر از میزان فسفری است که به‌وسیله گیاه برداشت می‌شود؛ زیرا فسفری که به وسیله گیاه مصرف می‌شود فسفر قابل جذب است. در حالی که فسفری که به‌وسیله فرسایش خاک از بین می‌رود معادل کل فسفری است که فسفر قابل جذب نیز جزئی از آن است و جبران آن گرچه از طریق کودهای فسفاته امکان‌پذیر بوده ولی مستلزم هزینه گزافی است (Keler et al., 2007: 45). نتایج حاصل از پژوهش‌های Mahmoud Abadi et al (2007: 1) نشان داد که توزیع اندازه ذرات، مهم‌ترین عامل در کنترل فرآیندهای مربوط به فرسایش بین شیاری است.

توزیع اندازه ذرات رسوب، به عوامل زیادی از جمله عامل فرساینده (باران و رواناب)، نوع جریان (ورقه‌ای یا شیاری)، شدت باران و رواناب، شیب و نوع خاک بستگی دارد (Asadi and Rohipour, 2007: 1256). همچنین توزیع اندازه ذرات رسوب، می‌تواند متاثر از عواملی از قبیل توزیع اندازه ذرات خاک اصلی، خرد شدن خاکدانه‌ها در حین فرسایش و سرعت ته‌نشینی ذرات خاک دانه باکلاس‌های اندازه مختلف و انتقال انتخابی ذرات با اندازه مختلف باشد (Shi et al., 2012: 123؛ Rose et al., 2007: 449).

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:41 IRDT on Sunday June 14th 2026

ممکن است میزان غالب یک کلاس اندازه ذرات در رسوبات فرسایش یافته، ناشی از میزان غالب آن ذرات با اندازه مشخص در خاک اصلی باشد و یا احتمال دارد مقاومت سایر ذرات با اندازه‌های دیگر به فرآیند جدا شدن را نشان دهد (Pieri et al., 2009: 20).

Zougmore et al (2009: 85) با بررسی هدر رفت عناصر غذایی همراه با رسوبات به این نتیجه رسیدند که غلظت کربن، نیتروژن و پتاسیم در رسوبات در بین تیمارها به‌طور معنی‌داری متفاوت می‌باشد.

نسبت غنی شدن اغلب بیش از یک می‌باشد که نشانگر مغذی بودن رسوبات نسبت به خاک از عناصر غذایی می‌باشد از طرفی بیش‌تر عناصر غذایی در اثر رگبارهای با شدت پایین به علت حمل ذرات ریز که غنی از عناصر غذایی می‌باشند هدر می‌رود (Khazaee et al., 2012: 10). نتایج پژوهش‌های Zoratipour (2012) روی نمونه خاک مارنی، در شیب‌ها و شدت‌های بارندگی متفاوت نشان داد که در کلیه شدت‌های بارندگی و شیب‌های مختلف، غلظت رسوب در ابتدای شروع بارش مقادیر بالایی دارد و با گذشت زمان از غلظت رسوب خروجی فلوم کاسته می‌شود. این روند در شدت بارندگی‌های متوسط و بالا بیش‌تر مشاهده می‌شود، به این دلیل که در شدت‌های بالاتر، ذرات با قدرت بیش‌تر جدا می‌شوند.

Hejazi et al (2019: 75)، رسوبات ناشی از فرسایش حوضه‌ها علاوه بر هدر رفتن خاک و کاهش حاصل‌خیزی موجب کاهش کیفیت آب می‌شود. از این‌رو ارزیابی فرآیندهای حاکم بر رفتار آن‌ها به‌منظور درک بهتر سامانه‌های آبخیزداری و تبیین شیوه‌های مدیریتی لازم و ضروری است.

Habibi and Perovan (2019: 63)، با هدف شناسایی پارامترهای موثر و ارایه مدل رگرسیونی به‌منظور برآورد میزان رسوب با استفاده از دستگاه شبیه‌ساز باران در شمال گرمسار به این نتیجه رسیدند که دستگاه شبیه‌ساز باران به‌خوبی توانسته اهمیت پارامترهای شیب و پوشش گیاهی را در افزایش و کاهش میزان رسوب‌دهی در حوضه نشان بدهد. در جمع‌بندی باید گفت بیش‌ترین تحقیقات در مورد فرسایش خاک در ایران، در مورد میزان جابجایی و یا رسوب‌گذاری ذرات خاک انجام شده است. در صورتی که در ارتباط با توزیع اندازه ذرات و هدر رفت عناصر غذایی و کاهش حاصل‌خیزی ناشی از آن در آزمایشگاه شبیه‌ساز باران تحقیقات اندکی صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

با استفاده از آخرین آمارنامه‌های کشاورزی وضعیت محصولات زراعی دیم در کل کشور از نظر سطح برداشت و میزان تولید دیم بررسی شد. با استفاده از نقشه‌های شیب و کاربری اراضی که هر دو توسط پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری تهیه شده است، جداسازی مناطق دیم‌کاری و آیش و مخلوط دیم و آیش با کاربری‌های دیگر انجام گرفت. در انتخاب مناطق نمونه‌برداری بر اساس اقلیم، منطقه وسیع دیم‌کاری و توپوگرافی علاوه بر نقشه اگروکلیمای موسسه تحقیقات دیم کشور، از نقشه‌ی اقلیمی دومارتن گسترده کشور نیز برای تعیین اقلیم دقیق و اطمینان از مناطق انتخابی جهت بررسی‌های تکمیلی استفاده شد. پس از طی این مراحل، در نهایت چهار منطقه بر اساس اقلیم‌های متفاوت، منطقه‌ی وسیع دیم‌کاری و توپوگرافی منطقه به شرح زیر انتخاب شد. اراضی دیم‌کاری

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:41 IRDT on Sunday June 14th 2026

شهرستان گنبد به‌عنوان نماینده زون اقلیمی نیمه‌خشک معتدل، اراضی دیم‌کاری شهرستان کرمانشاه نیمه‌خشک سرد، اراضی دیم‌کاری شهرستان قزوین به‌عنوان نماینده نیمه‌خشک فراسرد و اراضی دیم‌کاری شهرستان گچساران نیمه‌خشک گرم. عرصه‌های دیم‌کاری منتخب در چهار منطقه مذکور مورد بازدید قرار گرفت و از طریق پیمایش صحرایی نقاط معرف به شرح زیر برای تهیه خاک سطحی برای پژوهش‌های آزمایشگاهی، تعیین گردید.

در استان گلستان مزرعه‌ای در اطراف شهر پیشکمر، در استان کرمانشاه مزرعه‌ای در مجاورت ایستگاه تحقیقات سرارود، در استان قزوین مزرعه‌ای در ایستگاه تحقیقات حفاظت خاک دانشگاه تهران و منطقه چهارم در استان کهکیلویه و بویراحمد (گچساران) انتخاب شد. سپس، آماده‌سازی خاک و انتقال آن به فلوم و رساندن وزن مخصوص ظاهری خاک انتقال داده شده به وزن مخصوص ظاهری خاک مورد بررسی، انجام شد.

خاک مورد بررسی از عمق ۰-۲۵ سانتی متری سطح خاک اراضی دیم منتخب برداشت و به محل آزمایشگاه منتقل گردید. برای آماده‌سازی خاک برای انتقال به فلوم، خاک را هوا خشک کرده تا به حد رطوبت بهینه خود برسد و سپس خاک هوا خشک شده از سرند ۱/۵ سانتی‌متری عبور داده شد. به‌منظور این‌که خاک انتقال داده شده به وزن مخصوص ظاهری خاک مورد بررسی برسد، توسط یک غلطک که یک لوله‌ی پی وی سی پر شده از سیمان است به تعداد مشخص روی خاک با حرکت رفت‌وبرگشت فشرده شد. برای رسیدن به تعداد بهینه حرکت رفت‌وبرگشت غلطک، به طوری‌که فشردگی خاک به وزن مخصوص ظاهری خاک تعیین شده در صحرا برسد، ابتدا، روی خاک در سطحی کوچک حدود ۰/۵ متر مربع اقدام به شبیه‌سازی غلطک زنی شد و در مراحل مختلف غلطک زنی نمونه برای تعیین وزن مخصوص ظاهری برداشته شد. برای خاک پیشکمر کلاله با وزن مخصوص ۱/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب، ٤٥ تا ۵۰ بار غلطک زدن به صورت رفت و برگشتی برای رسیدن به وزن مخصوص ظاهری مورد نظر تعیین شد. در مقابل در خاک سرارود کرمانشاه با وزن مخصوص ۱/۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب ملاحظه شد که به تعداد خیلی‌کم رفت‌وبرگشت غلطک در حد دو سه بار نیاز وجود دارد که آن هم برای مسطح کردن سطح رویی خاک است. وزن مخصوص خاک منطقه کوهین، ۱/۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب محاسبه شد که این خاک به ۳۰ بار رفت و برگشت غلطک نیاز داشت تا به وزن مخصوص خود برسد. شکل (۱) شبیه‌سازی فلوم برای رسیدن به تعداد بهینه رفت‌وبرگشت غلطک را نشان می‌دهد.

شکل ۱: شبیه‌سازی فلوم برای رسیدن به تعداد بهینه رفت‌وبرگشت غلطک

Figure 1: Flume simulation to achieve the optimal number of reciprocating rollers

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:41 IRDT on Sunday June 14th 2026

آماده‌سازی بستر فلوم

قبل از انجام آزمایش، بستر فلوم باید آماده شود که این آماده‌سازی شامل دو مرحله زیرسازی و روسازی فلوم است. در مرحله زیرسازی با ذرات ماسه‌ای درشت دانه یا گراول با اندازه بین ۱ تا ۲ سانتی‌متر لایه‌ای به‌عنوان زهکش به ضخامت ۵ سانتی‌متر در کف فلوم ایجاد شد. همچنین به‌منظور افزایش اصطکاک در مرز خاک و جداره فلوم، یک ریسمان کنفی در دیواره‌ی فلوم نصب شد که مانع افزایش سرعت روان آب و ایجاد شیار در مرز خاک و جداره شیشه‌ای می‌شود. در این قسمت برای در نظر گرفتن تکرار در هر آزمایش، فلوم توسط ورقه‌های فلزی به دو قسمت مساوی تقسیم شد (شکل ۲).

شکل ۲: آماده‌سازی خاک و فلوم در آزمایشگاه شبیه‌ساز باران و فرسایش

Figure2: Soil and flume preparation in the rain and erosion simulator laboratory

آزمایش‌های مورد نظر در این پژوهش، برای هر خاک اراضی کشاورزی که به آزمایشگاه منتقل گردید، ۷ تیمار و در دو تکرار به شرح ذیل انجام شده است.

طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ۳۳ میلی‌متر بر ساعت

طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت

طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت

طول شیب ٦ متر، شیب ٦ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت

طول شیب ٦ متر، شیب ۲۵ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت

طول شیب ۱۲ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت

طول شیب ۱۸ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت

– خشک کردن خاک در هوا و رساندن آن به حد رطوبت بهینه

– اندازه‌گیری دانه‌بندی (توزیع اندازه ذرات) در هر تیمار و خاک و عناصر اصلی حاصل‌خیزی شامل ازت کل، پتاسیم قابل استفاده، فسفر قابل جذب.

اندازه‌گیری نیتروژن خاک (N) با استفاده از دستگاه کجلتک، فسفر خاک (P) به روش اولسن و پتاسیم (K) صورت پذیرفت.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:41 IRDT on Sunday June 14th 2026

- تجزیه‌وتحلیل و مقایسه نتایج دانه‌بندی رسوبات در تیمارهای مختلف با خاک اصلی.

بحث و یافته‌ها

نتیجه دانه‌بندی رسوب تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت) در منطقه پیشکمر نشان داد که مقدار ذرات رس، سیلت و شن درشت در ذرات رسوب بالاتر از مقدار کلاس خود در خاک اصلی هستند. در رسوب خروجی تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت) ذرات شن خیلی ریز با اندازه ۰/۱ -۰/۰۵ میلی‌متر بیش‌ترین مقدار را در رسوب خروجی دارند و در بقیه رده‌ها درصد جزء رسوب از درصد خاک اصلی کم‌تر است. بررسی دانه‌بندی رسوب تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ٦ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت) نشان داد که در این تیمار، ذرات با کلاس اندازه رس (کوچک‌تر از ۰/۰۰۲ میلی‌متر) بالای درصد رس خاک اصلی است که رسوب خروجی ریزتر و میزان رس بیش‌تری نسبت به خاک اصلی دارد. کلاس اندازه ذرات رسوب تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۲۵ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت) نشان داد که دو کلاس رس و سیلت با کلاس اندازه کوچک‌تر از ۰/۰۰۲ و ۰/۰۵-۰/۰۰۲ میلی‌متر بالاتر از درصد تعیین شده کلاس خود در خاک اصلی هستند و نسبت به خاک اصلی دارای دانه‌بندی ریزتری است. دانه‌بندی ذرات رسوب تیمار (طول شیب ۱۲ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت) نشان می‌دهد که کلاس‌های سیلت و شن خیلی ریز بیش‌تر از مقدار کلاس متناظر خود در خاک اصلی هستند و در بقیه کلاس اندازه‌ها کم‌تر از خاک اصلی هستند. دانه‌بندی ذرات رسوب تیمار (طول شیب ۱۸ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت) نشان می‌دهد که کلاس‌های ۰/۰۰۲> و (۰/۰۵- ۰/۱) میلی‌متر بالای درصد تعیین شده کلاس خود هستند که این نشان‌دهنده‌ی بالا بودن میزان رس و شن خیلی‌ریز در رسوب خروجی نسبت به خاک اصلی است. در مجموع مشاهده می‌شود توزیع اندازه ذرات رسوب ناشی از جریان بین شیاری مانند تیمارهای (طول شیب ٦ متر، شیب ٦ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت)، (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت) و (طول شیب ٦ متر، شیب ۲۵ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت) ریزتر از خاک اصلی می‌باشد. یک دلیل برای غالب بودن این ذرات در رسوب خروجی می‌تواند ناشی از حساس بودن و فرسایش‌پذیری بالای این ذرات باشد. دلیل دیگر این است که این ریزتر بودن رسوبات نسبت به خاک اصلی به دلیل عدم توانایی جریان بین شیاری در انتقال بخش درشت‌تر رسوبات جداشده ناشی از برخورد قطرات باران است. در ادامه با افزایش طول دامنه و بیشتر شدن نقش رواناب در جدا شدن ذرات، مشابه تیمارهای (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت)، (طول شیب ۱۲ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت) و (طول شیب ۱۸ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت)، به تدریج رسوبات درشت‌تر شده و توزیع اندازه ذرات رسوب به خاک اصلی نزدیک‌تر می‌شود. پس توزیع اندازه ذرات رسوب در آزمایش‌هایی با فرسایش کم ریزتر از خاک اولیه بوده و در آزمایش‌هایی با فرسایش بالا درشت‌تر شده و به خاک اصلی نزدیک می‌شود. در منطقه پیشکمر استان گلستان میزان ازت کل خاک اصلی ۰/۰۸ درصد می‌باشد که این مقدار نشان دهنده کم بودن میزان ازت کل در خاک

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:41 IRDT on Sunday June 14th 2026

می‌باشد. همچنین میزان فسفر قابل جذب خاک ٤/٧٦ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. مقدار فسفر قابل جذب اگر کم‌تر از ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم باشد، نشان‌دهنده عدم کفایت فسفر قابل جذب در خاک است. میزان پتاسیم قابل استفاده (مجموع تبادلی و محلول) مورد بررسی، ١٠٤/٥ میلی‌گرم بر کیلوگرم است که نشان دهنده میزان پتاسیم کم می‌باشد. تغییرات مقادیر فسفر قابل جذب و پتاسیم قابل استفاده و ازت کل رسوب دو تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت)، و (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ۳۳ میلی‌متر بر ساعت)، با شدت متفاوت اما درصد شیب و طول شیب ثابت در مقایسه با خاک اصلی نشان می‌دهد که مقادیر فسفر قابل جذب و پتاسیم قابل استفاده و ازت کل رسوب دو تیمار در مقایسه با خاک اصلی بیش‌تر است و به اصطلاح رسوبات از نظر مواد غذایی غنی شده‌اند. مقادیر ازت کل و پتاسیم قابل استفاده تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت)، نسبت به تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ۳۳ میلی‌متر بر ساعت)، کم‌تر است؛ اما میزان فسفر قابل استفاده در تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت)، نسبت به تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ۳۳ میلی‌متر بر ساعت)، بیش‌تر است که این نتیجه بر خلاف یافته‌های Nour et al (2012) می‌باشد. همچنین باید ذکر شود که میزان تلفات فسفر و پتاسیم بیش از مقادیر قابل جذب آن‌ها است. نتایج Nour et al (2012) در بررسی هدر رفت فسفر و برآورد غلظت لحظه‌ای این عنصر به‌وسیله داده‌های دبی و غلظت رسوب، نشان داد که غلظت فسفر در وقایع بارش منفرد فرسایشی با مقادیر دبی بالا نسبت به وقایع با دبی پایین کاهش یافته است. مقدار دبی نهایی در تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ۳۳ میلی‌متر بر ساعت)، ۰/۸۵ لیتر بر دقیقه است در حالی که مقدار دبی نهایی در تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت)، بیش‌تر و به میزان ٤/۲ لیتر بر دقیقه مشاهده گردید. بالا بودن دبی نیروی لازم برای فرسایش و حمل مواد درشت دانه را تأمین نموده به‌گونه‌ای که کنش و حمل مواد با محتوای عناصر غذایی کم‌تر نسبت به مواد حاصل از فرسایش خاک سطحی و دامنه‌ها، در این حالات غالب بوده است؛ بنابراین در دبی‌های بالا به دلیل ورود مواد درشت دانه همراه رسوبات و محتوای کم این ذرات از عناصر غذایی، باعث پایین آمدن مقدار عناصر غذایی حمل شده در واحد وزن رسوبات می‌گردد. جدول (۱) عناصر غذایی اصلی موجود در رواناب و زهاب خاک منطقه پیشکمر را نشان می‌دهد.

جدول ۱- عناصر غذایی اصلی در رواناب و زهاب خاک پیشکمر (میلی‌گرم بر لیتر)

Table 1- The main nutrients in runoff and drainge of the pishkamar soil (mg / l)

یون / نوع نمونه	غلظت یون نیترات	غلظت یون آمونیوم	غلظت فسفات
رواناب	۰	۱/۸	۰/۰۵
زهاب	۲٦۹/۲۳	۱/۵۸	۰/۰٤

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:41 IRDT on Sunday June 14th 2026

همان‌طور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود، اختلاف بین مقادیر یون آمونیوم و فسفات در رواناب و زهاب کم است اما اختلاف مقادیر یون نیترات در رواناب و زهاب بسیار زیاد است.

در منطقه سرارود استان کرمانشاه توزیع اندازه ذرات رسوب در مقایسه با خاک اولیه تیمارهای آزمایشی، در سه تیمار(طول شیب ٦ متر، شیب، ۱۲درصد و شدت۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت)، (طول شیب ۱۲متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت) و (طول شیب، ۱۸ متر، شیب، ۱۲ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت) در ادامه به تفکیک آمده است. در چهار تیمار دیگر به علت کافی نبودن و یا وجود نداشتن نمونه‌ی رسوب، آزمایش دانه‌بندی برای آن‌ها انجام نشد. بر این اساس می‌توان گفت که درصد جزء رسوب بالای درصد برای هر کلاس اندازه در خاک اصلی، به‌صورت انتخابی حمل شده است (Asadi et al., 2011؛ Shi et al., 2012). رسوب خروجی تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت)، ذرات سیلت، شن خیلی ریز، شن ریز و شن درشت بیش‌تر از درصد خاک اصلی بوده‌اند و در بقیه کلاس‌ها درصد جزء رسوب از درصد خاک اصلی کم‌تر است. دانه‌بندی ذرات رسوب تیمار طول شیب ۱۲ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت نشان داد که کلاس‌های سیلت و شن درشت بیش‌تر از مقدار کلاس متناظر خود در خاک اصلی هستند و در بقیه کلاس اندازه‌ها کم‌تر از خاک اصلی هستند. دانه‌بندی ذرات رسوب تیمار (طول شیب ۱۸ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت) نشان داد که کلاس‌های گروه شن (۲– ۰/۰۵ میلی‌متر) بالای درصد تعیین شده کلاس خود هستند که این نشان‌دهنده‌ی بالا بودن میزان شن خیلی ریز، ریز، متوسط، درشت و خیلی درشت در رسوب خروجی نسبت به خاک اصلی است. در مجموع مشاهده می‌شود توزیع اندازه ذرات رسوب در سه تیمار رسوبات درشت‌تر و توزیع اندازه ذرات رسوب به خاک اصلی نزدیک‌تر شده است. تغییرات مقادیر فسفر قابل جذب و پتاسیم قابل استفاده و ازت کل رسوب دو تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب، ۱۲ درصد و شدت ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت) و (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت)، با درصد و طول شیب ثابت و شدت متفاوت در مقایسه با خاک اصلی نشان داد که مقادیر فسفر قابل جذب و پتاسیم قابل استفاده رسوب دو تیمار در مقایسه با خاک اصلی افزایش یافته‌اند و به اصطلاح رسوبات از نظر مواد غذایی غنی شده‌اند. مقادیر فسفر قابل جذب و پتاسیم قابل استفاده تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ۱۱۰ میلی متر بر ساعت)، نسبت به تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت)، بیش‌تر است؛ اما میزان ازت کل در تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت)، نسبت به تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب، ۱۲ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت)، کم‌تر است. میزان ازت کل در تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت)، نسبت به خاک اصلی کم‌تر است اما میزان ازت کل تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت)، نسبت به خاک اصلی بیش‌تر است. جدول (۲) عناصر غذایی اصلی موجود در رواناب و زهاب خاک منطقه سرارود را نشان می‌دهد.

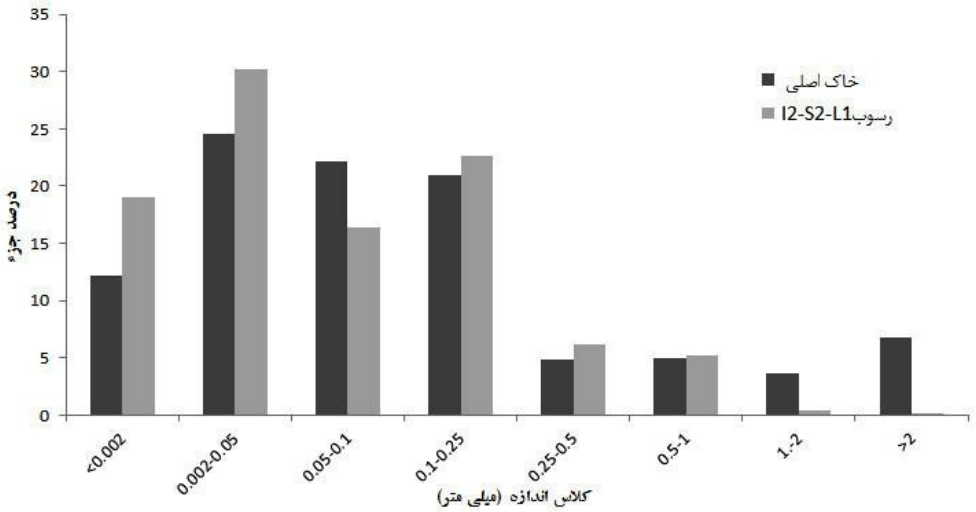
Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:41 IRDT on Sunday June 14th 2026

جدول ۲- عناصر غذایی اصلی در رواناب و زهاب خاک سرارود (میلی‌گرم بر لیتر)

Table 2- The main nutrients in runoff and drainge of the sararoud soil (mg / l)

یون / نوع نمونه	غلظت یون نیترات	غلظت یون آمونیوم	غلظت فسفات
رواناب	۰	۱/۲۹	۰/۱۳
زهاب	۱۵۲/۲۲	۲/٦٦	۰/۰٤

در منطقه کوهین–استان قزوین، در رسوب خروجی تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت)، ذرات رس، سیلت، شن ریز، شن متوسط و درشت بیش‌تر از درصد خاک اصلی بوده‌اند و در بقیه کلاس‌ها درصد جزء رسوب از درصد خاک اصلی کم‌تر است. شکل (۳) درصد جزء ۸ کلاس اندازه رسوب در خاک فرسایش‌پذیری را در منطقه‌ی کوهین در تیمار فوق را به عنوان نمونه نشان می دهد.



شکل ۳: درصد جزء ۸ کلاس اندازه رسوب در خاک فرسایش یافته در منطقه‌ی کوهین

Figure 3: Percentage of component 8 of sediment size classes in eroded soil in kuhin area

در رسوب خروجی تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت)، ذرات سیلت، شن خیلی ریز، شن ریز و شن درشت بیش‌تر از درصد خاک اصلی بوده‌اند و در بقیه کلاس‌ها درصد جزء رسوب از درصد خاک اصلی کم‌تر است. در تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ٦ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت)، درصد رس، سیلت، شن ریز، متوسط در رسوب بیش‌تر از خاک اصلی است.

درصد جزء ۸ کلاس اندازه رسوب در خاک فرسایش یافته در تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۲۵ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت)، نشان داد که درصد رس و سیلت (گروه اول و دوم) مقدار بیش‌تری نسبت به خاک اصلی دارند.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:41 IRDT on Sunday June 14th 2026

دانه‌بندی ذرات رسوب تیمار (طول شیب ۱۲ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت)، نشان داد که کلاس‌های رس و سیلت بیش‌تر از مقدار کلاس متناظر خود در خاک اصلی هستند و در بقیه کلاس اندازه‌ها کم‌تر از خاک اصلی هستند. دانه‌بندی ذرات رسوب تیمار (طول شیب ۱۸ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت)، نشان می‌دهد که کلاس‌های گروه رس و سیلت بالای درصد تعیین شده کلاس خود هستند که این نشان‌دهنده‌ی ریز بودن رسوب نسبت به خاک اصلی است. تغییرات مقادیر فسفر قابل جذب و پتاسیم قابل استفاده و ازت کل رسوب دو تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت)، و (طول شیب ٦ متر، شیب ٦ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت)، با شدت و درصد شیب متفاوت اما طول شیب ثابت در مقایسه با خاک اصلی نشان داد که مقادیر فسفر قابل جذب در رسوب دو تیمار نسبت به خاک اصلی بیش‌تر شده است و به اصطلاح رسوبات از نظر مواد غذایی غنی شده‌اند؛ اما ازت کل و پتاسیم قابل استفاده رسوب دو تیمار در مقایسه با خاک اصلی کاهش یافته‌اند. مقادیر ازت کل تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت)، نسبت به تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ٦ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت)، کم‌تر است؛ اما میزان فسفر قابل جذب در تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت)، نسبت به تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت)، بیش‌تر است. جدول (۳) عناصر غذایی اصلی موجود در رواناب و زهاب خاک منطقه کوهین را نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول (۳) مشاهده می‌شود، اختلاف بین مقادیر یون آمونیوم، فسفات و نیترات در رواناب و زهاب وجود دارد اما این اختلاف در مقادیر یون نیترات، رواناب و زهاب بسیار زیاد است.

جدول ۳- عناصر غذایی اصلی در رواناب و زهاب خاک کوهین بر حسب میلی‌گرم بر لیتر

Table 3- The main nutrients in runoff and drainge of the cohin soil (mg / l)

یون / نوع نمونه	غلظت یون نیترات	غلظت یون آمونیوم	غلظت فسفات
رواناب	۰	۱/۱۰	۰/۱۳
زهاب	٥٤/۱٥	۳	۰/۰٤

در منطقه گچساران استان چهار محال و بختیاری توزیع اندازه ذرات رسوب در مقایسه با خاک اولیه تیمارهای آزمایشی، در هفت تیمار مورد بررسی قرار گرفته است. در رسوب ذرات رس، شن خیلی ریز، ریز و متوسط در رسوب تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ۳۳ میلی‌متر بر ساعت)، بیش‌تر از خاک اصلی است. در تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت)، درصد ذرات رس و سیلت در رسوب بیش‌تر از خاک اصلی است و ذرات رسوب ریزتر از خاک اصلی هستند. در رسوب خروجی تیمار (طول شیب ٦

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:41 IRDT on Sunday June 14th 2026

متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت)، ذرات رس، سیلت، شن متوسط و درشت بیش‌تر از درصد خاک اصلی بوده‌اند و در بقیه کلاس‌ها درصد جزء رسوب از درصد خاک اصلی کم‌تر است.

در رسوب تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ٦ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت)، درصد ذرات رس، شن‌های خیلی ریز، ریز، متوسط و درشت نسبت به درصد همین ذرات در خاک اصلی بیش‌تر است. در تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۲۵ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت)، درصد رس، سیلت و شن درشت در رسوب نسبت به خاک اصلی بیش‌تر است. دانه‌بندی ذرات رسوب تیمار (طول شیب ۱۲ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت)، نشان می‌دهد که کلاس‌های رس و سیلت بیش‌تر از مقدار کلاس متناظر خود در خاک اصلی هستند و در بقیه کلاس اندازه‌ها کم‌تر از خاک اصلی هستند. دانه‌بندی ذرات رسوب تیمار (طول شیب ۱۸ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت)، نشان می‌دهد که کلاس‌های رس و سیلت بالای درصد تعیین شده کلاس خود هستند که این نشان‌دهنده‌ی بالا بودن میزان رس و سیلت در رسوب خروجی نسبت به خاک اصلی است. در مجموع مشاهده می‌شود توزیع اندازه ذرات رسوب در شش مورد بررسی به جز تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ٦ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت)، ذرات رس و سیلت در رسوب بیش‌تر از خاک اصلی بوده است و رسوبات نسبت به خاک اصلی ریزتر شده‌اند.

تغییرات مقادیر فسفر قابل جذب و پتاسیم قابل استفاده و ازت کل رسوب دو تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت) و (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ۳۳ میلی‌متر بر ساعت)، با شدت متفاوت اما درصد شیب و طول شیب ثابت در مقایسه با خاک اصلی نشان داد که مقادیر فسفر قابل جذب و ازت کل رسوب دو تیمار در مقایسه با خاک اصلی افزایش یافته‌اند و به اصطلاح رسوبات از نظر مواد غذایی غنی شده‌اند. مقادیر ازت کل و فسفر قابل جذب تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت)، نسبت به تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ۳۳ میلی‌متر بر ساعت)، کم‌تر است. همان‌طور که در جدول (٤) مشاهده می‌شود، اختلاف بین مقادیر یون آمونیوم، فسفات و نیترات در رواناب و زهاب وجود دارد اما این اختلاف در مقادیر یون نیترات، رواناب و زهاب بسیار زیاد است.

جدول ٤- عناصر غذایی اصلی در رواناب و زهاب خاک گچساران بر حسب میلی‌گرم بر لیتر

Table 4- The main nutrients in runoff and drainge of the gachsaran soil (mg / l)

یون / نوع نمونه	غلظت یون نیترات	غلظت یون آمونیوم	غلظت فسفات
رواناب	۰	۱/۱۵	۰/۱۷
زهاب	۱۸۱/۹	۲/۲۳	۰/۱۱

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:41 IRDT on Sunday June 14th 2026

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، دانه‌بندی رسوب و تلفات عناصر غذایی اصلی خاک ناشی از فرسایش آبی در اراضی دیم با شبیه‌سازی باران در چهار منطقه اقلیمی متفاوت انجام گرفت. نتیجه دانه‌بندی رسوب تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت) در منطقه پیشکمر نشان داد که مقدار ذرات رس، سیلت و شن درشت در ذرات رسوب بالاتر از مقدار کلاس خود در خاک اصلی هستند. با افزایش شدت بارش به ۱۱۰ میلی متر بر ساعت در رسوب خروجی، ذرات شن خیلی ریز با اندازه ۰/۱ –۰/۰۵ میلی‌متر بیش‌ترین مقدار را در رسوب خروجی دارند. در تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ٦ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت) ذرات با کلاس اندازه رس بالای درصد رس خاک اصلی است که نشان‌دهنده‌ی رسوب خروجی ریزتر و میزان رس بیش‌تر نسبت به خاک اصلی می‌باشد. با افزایش شیب به ۲۵ درصد دو کلاس رس و سیلت با کلاس اندازه کوچک‌تر از ۰/۰۰۲ و ۰/۰۵–۰/۰۰۲ میلی متر، نسبت به خاک اصلی دارای دانه‌بندی ریزتری می‌باشند. دانه‌بندی ذرات رسوب تیمار (طول شیب ۱۲ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت)، نشان داد که فقط کلاس‌های سیلت و شن خیلی‌ریز بیش‌تر از مقدار کلاس متناظر خود در خاک اصلی هستند. با افزایش طول شیب به ۱۸ متر، کلاس‌های ۰/۰۰۲> و (۰/۰۵– ۰/۱) بالای درصد تعیین شده کلاس خود هستند که این نشان‌دهنده‌ی بالا بودن میزان رس و شن خیلی ریز در رسوب خروجی نسبت به خاک اصلی است. در منطقه پیشکمر استان گلستان میزان ازت کل خاک اصلی ۰/۰۸ درصد می‌باشد که این مقدار نشان دهنده کم بودن میزان ازت کل در خاک می‌باشد. همچنین میزان فسفر قابل جذب خاک ٤/٧٦ میلی گرم بر کیلوگرم می‌باشد که نشان‌دهنده عدم کفایت فسفر قابل جذب در خاک است. میزان پتاسیم قابل استفاده، ۱۰٤/۵ میلی گرم بر کیلوگرم است که نشان دهنده میزان پتاسیم کم می‌باشد. در منطقه سرارود استان کرمانشاه، رسوب خروجی تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ۱۱۰ میلی متر بر ساعت)، ذرات سیلت، شن خیلی ریز، شن ریز و شن درشت بیش‌تر از درصد خاک اصلی بوده‌اند و در بقیه کلاس‌ها درصد جزء رسوب از درصد خاک اصلی کم‌تر است. دانه‌بندی ذرات رسوب تیمار (طول شیب ۱۲ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت، نشان داد که کلاس‌های سیلت و شن درشت بیش‌تر از مقدار کلاس متناظر خود در خاک اصلی هستند. با افزایش طول شیب به ۱۸ متر، کلاس‌های گروه شن بالای درصد تعیین شده کلاس خود هستند که این نشان‌دهنده‌ی بالا بودن میزان شن خیلی ریز، ریز، متوسط، درشت و خیلی درشت در رسوب خروجی نسبت به خاک اصلی است. در منطقه سرارود میزان ازت کل خاک اصلی ۰/۰٦ درصد می‌باشد که این مقدار نشان دهنده کم بودن میزان ازت کل در خاک می‌باشد. همچنین میزان فسفر قابل جذب خاک ۲/۰۲ میلی گرم بر کیلوگرم می‌باشد که نشان‌دهنده عدم کفایت فسفر قابل جذب و میزان پتاسیم قابل استفاده، ۲۲۲/٤ میلی گرم بر کیلوگرم است که نشان دهنده میزان پتاسیم متوسط در خاک می‌باشد.

نتایج حاصل از توزیع اندازه ذرات در رسوب تیمارهای خاک کوهین نشان داد که در مجموع، توزیع اندازه ذرات رسوب در شش مورد بررسی به جز تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ۳۳ میلی‌متر بر ساعت) ذرات

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:41 IRDT on Sunday June 14th 2026

رس و سیلت در رسوب بیش‌تر از خاک اصلی بوده است و رسوبات نسبت به خاک اصلی ریزتر شده‌اند. در منطقه کوهین، تغییرات مقادیر فسفر قابل جذب و پتاسیم قابل استفاده و ازت کل رسوب دو تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت) و (طول شیب ٦ متر، شیب ٦ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت)، با شدت و درصد شیب متفاوت اما طول شیب ثابت در مقایسه با خاک اصلی نشان داد که مقادیر فسفر قابل جذب در رسوب دو تیمار نسبت به خاک اصلی بیش‌تر شده و رسوبات از نظر مواد غذایی غنی شده‌اند؛ اما ازت کل و پتاسیم قابل استفاده رسوب دو تیمار در مقایسه با خاک اصلی کاهش یافته‌اند. مقادیر ازت کل تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت)، نسبت به تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ٦ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت)، کم‌تر است؛ اما میزان فسفر قابل جذب در تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت)، نسبت به تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت)، بیش‌تر است.

نتایج حاصل از توزیع اندازه ذرات در رسوب تیمارهای خاک گچساران نشان داد که توزیع اندازه ذرات رسوب در شش مورد بررسی به جز تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ٦ درصد و شدت ٦٤ میلی‌متر بر ساعت)، ذرات رس و سیلت در رسوب بیش‌تر از خاک اصلی بوده است و رسوبات نسبت به خاک اصلی ریزتر شده‌اند. در خاک گچساران، تغییرات مقادیر فسفر قابل جذب و پتاسیم قابل استفاده و ازت کل رسوب دو تیمار (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت) و (طول شیب ٦ متر، شیب ۱۲ درصد و شدت ۳۳ میلی‌متر بر ساعت)، با شدت متفاوت اما درصد شیب و طول شیب ثابت در مقایسه با خاک اصلی نشان داد که مقادیر فسفر قابل جذب و ازت کل رسوب دو تیمار در مقایسه با خاک اصلی افزایش یافته‌اند. مقادیر ازت کل و فسفر قابل جذب تیمار با طول و شیب یکسان با شدت باران ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت، نسبت به تیمار با شدت باران ۳۳ میلی‌متر بر ساعت، کم‌تر است.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:41 IRDT on Sunday June 14th 2026

References

- Asadi, H., Rohipour, H., (2007), "***Sheet erosion dynamics***", In: Shoaee, Z., Proceedings of the 10th Iranian Soil Science Congress, Abkhiz pub: Karaj, pp. 1256-1257. [In Persian] .
- Asadi, H., Ghadiri, H., Rose, C. W., Rouhipour, H., (2007), "Inter rill soil erosion processes and their interaction on low slopes", ***Earth Surface Process and Landforms***, 32: 711-724.
- Gachen, C. K. K., Mbuvi, N. J., Jarvis Unner, H., (1997), "Soil erosion on soil properties in highland area of central Kenya", ***Soil Sci. Soc. Amer. J***., 61: 559-564.
- Ghorbani vaghei, H., Bahrami, H., (2005), "Evaluation of weighted soil erosive factor changes in USLE and RUSLE model using GIS in northeast soils of Lorestan province", Third National Conference on Erosion and Sediment, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran: Abkhiz publication, pp. 658-660. [In Persian].
- Habibi, A. R, Perovan, H. R., (2019), "The role of geomorphic parameters on sediment yield in semi-arid climate", ***Journal of Geographical Space***, 66 (19): 63-75. [In Persian].
- Hatch, L. K., Reuter, J. E., Goldman, C. R., (1999),"Daily phosphorus variation in a mountain stream", ***Water Resources Research***, 35: 3783-3791.
- Hejazi, A., Farai Monfared, A., Ahmadi, M., (2019), "The study of sediment and soil erosion using hydro physical model and comparison with geomorphology model (Case study: saman watershed, Nobaran, Markazi Province)", ***Journal of Geographical Space***, 68 (19): 75-93. [In Persian].
- Kang, S., Zhang, L., Song, X., Zhang, S., Liu, X., Liang, Y., Zheng, S., (2001), "Runoff and sediment loss responses to rainfall and land use in two agricultural catchments on the Loess Plateau of China", ***Hydrological Prpcesses***, 15: 977-988.
- Khazae, M., S., Sadeghi, H. R., Mirnia, S. K., Yazdani, H., Moghadam, Y., (2012)," Effect of forest degradation on losses soil nutrients and sediment in koujor forest watershed, case study(Educational and Research Forest of Tarbiat Modares University)", ***Natural Ecosystems of Iran***, 32: 1-12. [In Persian].
- Keler, T. J., Arvidsson, A., Dexter, R., (2007), "Soil Structures produced by Tillage as affected by soil water content and the physical quality of soil", ***Soil and tillage Research Journal***, 92: 45-52.
- Kleinman, P. J., Srinivasan, M. S., Dell, C. J., Schmidt, J. P., Sharpley, A. N., Bryant, R. B., (2006), "Role of rainfall intensity and hydrogen nutrient transport via surface runoff, "***Journal of Environmental Quality***, 35: 1248-1259.
- Kothyari, B. P., Verma, P. K., Joshi, B. K., Kothyari, U. C., (2004), "Rainfall- runoff- soil and nutrient loss relationships for plot size areas of bhetagad watershed in central Himalaya, India", ***Journal of Hydrology***, 293: 137-150.
- Mahmoud Abadi, M., Charkhabi, A. H., Rafahi, H., (2007), "The effect of soil physical and chemical properties on runoff generation, and sediment yield using rainfall simulator", ***Journal of Agricultural Engineering Research***, 8 (2): 1-16. [In Persian].
-Noor, H., Fazli, S., Alibakhshi, S. M., (2013), "Evaluation of the relationships between runoff-rainfall-sediment related nutrient loss (A case study: Kojour watershed, Iran)", ***Soil and Water Research***, 8 (4): 172-177.
- Parsons, A. J., Abrahams, A. D., Luk, S. H., (2006), "Size characteristics of sediment in inter ill overland flow on a semi-arid hill slope, Southern Arizona", ***Earth Surf. Process. Landforms***, 16: 143-152.
- Pieri, L., Bittelli, M., Hanuskova, M., Ventura, F., Vicari, A., Rossi Pisa, P., (2009)., "Characteristics of eroded sediments from soil under wheat and maize in the North Italian Apennines", ***Geoderma***, 154: 20-29.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:41 IRDT on Sunday June 14th 2026

- Rafahi., H.,(2007), "***Water erosion and its control***", six edition,Tehran: University of Tehran pub. [In Persian].
- Rose, C. W., Yu, B., Ghadiri, H., Asadi, H., Parlange, J. Y., Hogarth, W. L., Hussein, J., (2007), "Dynamic erosion of soil in steady sheet flow", ***Journal of Hydrology***, 333: 449-458.
- Shi, Z. H., Fang, N. F., Wu, F.Z., Wang, L., Yue, B. J., Wu. G. L., (2012), "Soil erosion processes and sediment sorting associated with transport mechanisms on steep slopes", ***Journal of Hydrology***, 454: 123-130.
- Yousefi Fard, M., Jalalian, H., Khademi, H., (2007), "The effect of land use change of range using a rainfall simulator", ***Science and Technology of Agriculture and Natural Resources***, 40: 93-106. [In Persian] .
- Zhang, G. H., Liu, B. Y., Nearing, M. A., Huang, C. H., Zhang, K. L., (2002), "Soil detachment by shallow flow", ***Trans***. ***ASAE***., 45 (1): 1-7.
- Zheng, F., He, X., Gao, X., Zhang, C., Tang, K., (2005), "Effects of erosion patterns on nutrient loss following deforestation on the loess Plateau of China", ***Agriculture, Ecosystems and Environment***, 108: 85-97.
- Zoratipour, A., (2012), "Dynamic modeling of soil erosion in marl formations based on precipitation characteristics and physical factors", phD thesis, University of Tehran: Faculty of Natural Resources. [In Persian].
- Zougmore, R., Mando, A., Stroosnijder, L., (2009), "Soil nutrient and sediment loss as affected by erosion barriers and nutrient source in semi-arid Burkina Faso", ***Arid Land Research and Management***, 23: 85-100.