**محور مقاله: فرسایش آبی، سیلاب و حفاظت خاک و آب**

# تعیین عوامل مؤثر بر تولید رواناب و رسوب در نوارهای کشت گندم در کشتزارهای دیم

جلال حیدری[۱*]، علی‌رضا واعظی[۲]، محمد امیر دلاور[۳]

[۱] دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

[۲] استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

[۳] دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

## چکیده

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک متغیرهای مهمی در فرآیند تولید رواناب و رسوب هستند. این پژوهش با هدف شناسایی مهمترین ویژگی‌های خاک مؤثر بر تولید رواناب و رسوب در اراضی کشاورزی دیم در جویچه‌های تحت شرایط آیش انجام گرفت. برای این منظور سه کشتزار دیم تحت آیش انتخاب شد و در هر زمین شیارهایی به طول ۵ متر به وسیله تراکتور و دستگاه شخم ایجاد شد. بررسی تولید رواناب و رسوب با استفاده از دبی جریان برابر ۱/۵ لیتر بر دقیقه به مدت ۶۰ دقیقه در سه تکرار انجام گرفت و نمونه‌های مربوط به رواناب در ظروفی جداگانه تهیه و مقدار رواناب و رسوب اندازه‌گیری شد. در نهایت با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون و رگرسیون خطی چندگانه به کمک نرم‌افزار SPSS ارتباط این عوامل با تولید رواناب و رسوب مورد بررسی قرار گرفت و مدل‌های نهایی برآورد رواناب و رسوب ارائه شد. نتایج نشان داد که تولید رواناب و رسوب همبستگی منفی و معنی‌دار با متغیرهای شن، رس، ماده آلی و نسبت رس به سیلت با تولید رواناب و رسوب دارند ($p<0/01$) و در مقابل همبستگی مثبت و معنی‌دار با سیلت ($p<0/01$) و جرم مخصوص ظاهری خاک ($p<0/05$) دارد. نتایج تجزیه رگرسیون خطی چندگانه نشان داد که با بهره‌گیری از متغیرهای ماده آلی خاک و درصد سیلت می‌توان میزان تولید رواناب و رسوب را به ترتیب با ضریب تبیین ۰/۹۷۴ و ۰/۹۱۳ برآورد نمود.

**کلمات کلیدی**: ویژگی‌های خاک، رواناب، رسوب، رگرسیون خطی چندگانه

## مقدمه

فرسایش خاک و پیامدهای ناشی از آن به‌عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست محیطی، تهدید کننده جدی منابع آب و خاک به‌شمار می‌رود (Ekwue و همکاران، ۲۰۰۹). بر اساس تحقیقات انجام گرفته، سالیانه چند میلیون هکتار از اراضی کشاورزی بر اثر فرسایش نابود می‌شود که در نهایت منجر به فقیر شدن خاک و متروک شدن مزارع می‌شود. در این راستا، فرسایش شیاری به عنوان یکی از اجزاء مهم فرسایش خاک، به ویژه در دامنه‌های تحت کشت است. این فرسایش در نتیجه تمرکز رواناب روی دامنه به وجود می‌آید (Li و همکاران، ۲۰۱۰). شیارها جوی‌های کوچکی هستند که در دامنه‌های حساس به فرسایش به عنوان منبع تولید و انتقال رسوب عمل می‌کنند. وجود سازندهای حساس به فرسایش و در نتیجه فرسایش‌پذیری خاک بالا و پوشش گیاهی ضعیف شرایط را برای وقوع جریان‌های متمرکز روی دامنه‌ها به ویژه به هنگام بارندگی‌های شدید فراهم می‌آورد (Vaezi and Gharehdaghlli, 2013). به‌طور کلی فرسایندگی جریان متمرکز تحت تأثیر وضعیت توپوگرافی (تندی، طول و جهت)، الگوهای گیاهی، میکروتوپوگرافی طبیعی، خصوصیات هیدولیکی جریان و ویژگی‌های خاک قرار می‌گیرد (Emmett, 1987). شیارهایی که طی عملیات خاکورزی در اراضی شیبدار به موازات شیب ایجاد می‌شوند، به عنوان آبراهه‌های مصنوعی هستند که رواناب در آن‌ها تمرکز یافته، منجر به فرسایش خاک و تشکیل فرسایش شیاری می‌شود. فرسایش شیاری در در اراضی کشاورزی خود را به صورت فرسایش جویچه‌ای نشان می دهد که در جویچه‌های حاصل از شخم در اثر آبیاری سطحی و یا رواناب حاصل از بارندگی ایجاد می شود. بنابراین پیش‌بینی فرسایش خاک در دامنه‌ها نیازمند آن است که درک درستی از فرسایش شیاری و عوامل مؤثر بر آن به دست آید. در زیر برخی از پژوهش‌های صورت گرفته در داخل و خارج از کشور در ارتباط با ویژگی‌های خاک مؤثر بر روانآب و رسوب ارائه شده است.

بررسی‌های مختلفی در مورد عوامل مؤثر بر فرسایش شیاری در سراسر دنیا انجام گرفته است. نتایج بررسی‌های Casermeiro و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادکه بیشتر متغیرهای اندازه‌گیری شده در خاک، همبستگی ضعیفی را با میزان فرسایش نشان داده، در مقابل نوع پوشش گیاهی و درصد ماده آلی خاک را به عنوان عامل‌های اصلی کنترل‌کننده فرسایش بیان کردند. Vahabi و Nikkami (۲۰۰۸) به بررسی اثر بافت خاک، رطوبت اولیه خاک، شیب و پوشش گیاهی در میزان رسوب تولیدی در حوضه آبخیز طالقان پرداختند. نتایج بیانگر آن بود که رسوب تولیدی همبستگی منفی را پوشش گیاهی داشته است. همچنین درصد رس، سیلت و رطوبت اولیه خاک دارای همبستگی مثبت و رصد ذرات شن نیز همبستگی منفی با میزان

* ایمیل نویسنده مسئول: heidary.jalal@gmail.com

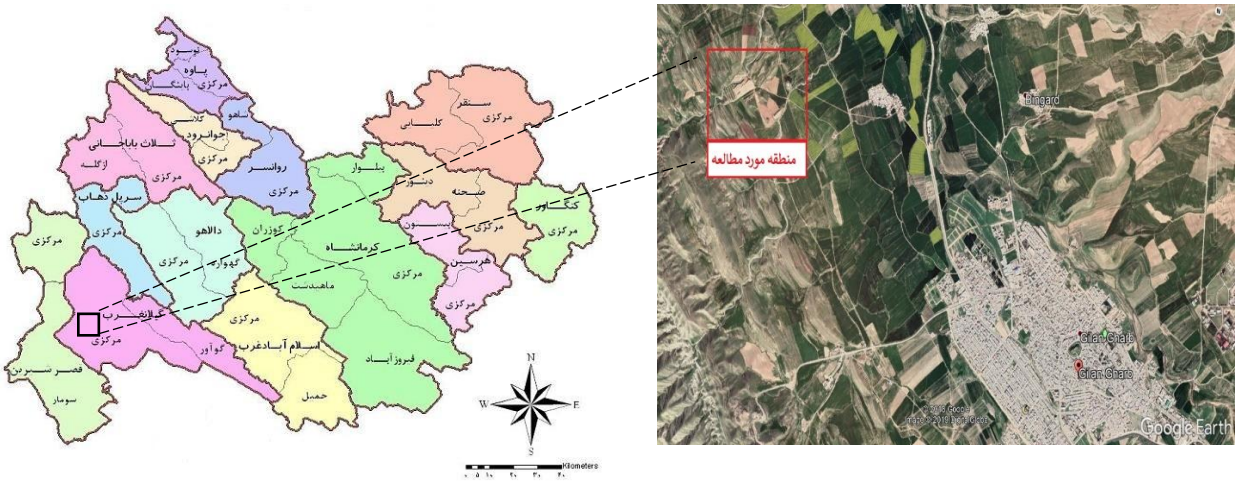
رسوب تولیدی نشان داده است. در مطالعه‌ای واعظی و همکاران (۱۳۹۵) با بررسی نقش شیب و ویژگی‌های خاک در ایجاد فرسایش شیاری در دامنه‌ها مشاهده کردند که غیر از طول شیار، سایر ویژگی‌های شیار تفاوت معنی‌دار بین دامنه‌ها داشتند. همچنین تفاوتی معنی‌دار بین خاک شیارها از نظر شن، سیلت، رس، هدایت هیدرولیکی اشباع و درصد سدیم تبادلی وجود داشت. مساحت مقطع عرضی شیار هم بستگی معنی‌دار با تندی شیب، سیلت، رس و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک داشت. مقدار مساحت مقطع عرضی شیار در دامنه‌هایی که دارای تندی شیب بالاتری بوده یا در دامنه‌هایی که دارای خاکی با ذرات سیلت و رس بیش‌تری بودند، بالاتر بود. تندی شیب مهم‌ترین خصوصیت توپوگرافی بود که حدود ۲۰ درصد از تغییرات فرسایش شیاری در دامنه‌ها را تحت تأثیر قرار داد. افزایش چگالی ظاهری خاک اثر زیادی در کاهش نفوذپذیری خاک و در نتیجه افزایش رواناب دارد (Adekalu و همکاران، ۲۰۰۶). یافته‌ها در زمینهٔ ارتباط بین مادهٔ آلی خاک و مقدار رواناب مشخص کرد که افزایش مادهٔ آلی موجب افزایش ظرفیت نگهداری آب و نفوذپذیری خاک و در نتیجه کاهش حجم رواناب (Siegrist و همکاران، ۱۹۹۸) و نیز مانع فروپاشی خاکدانه (Emadi و همکاران، ۲۰۰۹)، بهبود ساختمان خاک (Troeh و همکاران، ۱۹۹۹) و در نهایت، کاهش فرسایش می‌شود. Chen و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که EC تأثیری بر مقدار رواناب و رسوب ندارد در حالی که pH خاک تأثیر معنی‌داری بر مقدار رواناب و رسوب دارد و با افزایش آن، مقدار رواناب کاهش می‌یابد.

آگاهی از مقدار رواناب و همچنین جلوگیری از فرسایش خاک هدف مهمی در مدیریت و حفاظت از منابع طبیعی به‌شمار می‌رود. از این‌رو بررسی رواناب و عوامل تأثیرگذار بر آن، به عنوان یکی از فرایندهای اصلی فرسایش خاک، ضرورت دارد. یکی از متغیرهای مهم و شایان توجه در رخداد رواناب و فرسایش خاک، ویژگی های خاک است. علیرغم این که در دهه‌های گذشته تلاش‌های زیادی در زمینه کمی‌کردن فرسایش شیاری در اراضی کشاورزی انجام شده است، لیکن این پدیده به علت پیچیدگی زیاد همچنان ناشناخته باقی مانده است. در ایران نیز تاکنون پژوهش‌های اندکی در ارتباط با فرسایش شیاری و فرایندهای تولید رواناب و رسوب صورت گرفته است. بنابراین ضرورت کسب اطلاعات بیشتر و کامل‌تر درباره فرسایش شیاری به عنوان آغازین مرحله فرسایش‌های درون آبراهه‌ای جهت مدیریت و به حداقل رساندن هدر رفت خاک ضروری به نظر می‌رسد. در این راستا، شناخت و عملکرد فرسایش شیاری و مهمترین عوامل تأثیرگذار بر رواناب و رسوب ناشی از آن در اراضی کشاورزی، جهت مدیریت و به حداقل رساندن هدر رفت خاک، ضروری به نظر می‌رسد.

## مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در ۱۰ کیلومتری شهرستان گیلانغرب، در جنوب غربی استان کرمانشاه با طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۵۵ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۷ دقیقه واقع است (شکل ۱). آزمایش در سه کشتزار دیم تحت آیش انجام شد. در هر زمین در هر منطقه شیارهایی (طول ۵ متر، عرض ۳۰ سانتیمتر و عمق ۳۰ سانتیمتر) به وسیله تراکتور و دستگاه شخم ایجاد شد. برای بررسی تولید رواناب و رسوب از دبی جریان برابر ۱/۵ لیتر بر دقیقه با توجه به حداکثر شدت باران منطقه طی دوره ۳۰ ساله و طول مدت آن استفاده شد. در بازه زمانی ۶۰ دقیقه نمونه‌های مربوط به رواناب در ظروفی جداگانه تهیه و مقدار رواناب و رسوب اندازه‌گیری شد (شکل ۲). آزمایش در سه تکرار برای هر شیار انجام گرفت. از آن‌جا که مشخصات هیدرولیکی جریان و حتی جداشدن ذرات بسیار حساس به رطوبت اولیه خاک می باشند، برای این منظور قبل از شروع آزمایش، شیارها اشباع شده و ۲۴ ساعت بعد که خاک به ظرفیت مزرعه رسید، آزمایش شروع شد.

نمونه‌های خاک پس از برداشت خشک و پس از عبور دادن از الک ۲ میلیمتری به آزمایشگاه منتقل شد. با انتقال نمونه‌های خاک به آزمایشگاه، تجزیه‌های مختلف بر روی آن‌ها صورت گرفت. بافت خاک، چگالی ظاهری خاک، هدایت الکتریکی، اسیدیته خاک، ماده آلی خاک و درصد کربنات کلسیم معادل با روش‌های رایج آزمایشگاهی اندازه‌گیری شد.




شکل ۱. موقعیت محدوده مورد مطالعه واقع در استان کرمانشاه، شهرستان گیلانغرب

پس از جمع‌آوری و ثبت داده‌ها در محیط نرم‌افزاری Excel برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار SPSS 16 استفاده شد. در نخستین مرحله نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو ویلک در SPSS انجام شد. سپس از روش همبستگی خطی پیرسون میزان تأثیر و معنی‌داری هر یک از متغیرهای فیزیکی و شیمیایی خاک بر میزان رواناب و رسوب تولیدی مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت با بهره‌گیری از متغیرهای مؤثر بر رواناب و رسوب اقدام به گسترش مدل‌های چند متغیره خطی برای برآورد رواناب و رسوب شد.

شکل ۲. نمایی از آزمایش تولید رواناب و رسوب در شیارهای ایجاد شده

**نتایج و بحث**

نتایج تجزیه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک زمین‌های مورد بررسی در جدول (۱) ارائه شده است. خاک‌های مورد آزمایش در منطقه مورد مطالعه در کلاس بافتی لوم سیلتی (Silt Loam) قرار می‌گیرند. توزیع اندازه ذرات خاک نشان دهنده مقادیر بالای سیلت (میانگین ۵۴/۸ درصد) نسبت به شن و رس (به ترتیب میانگین ۲۹/۸ و ۱۵/۴ درصد) در اراضی کشاورزی دیم منطقه مورد مطالعه بود. با توجه به حساسیت بالای ذره سیلت به فرسایش می‌توان گفت منطقه مورد مطالعه مستعد فرسایش آبی است. از دیگر سو مقدار ماده آلی خاک کمتر از ۱ درصد می‌باشد (میانگین ۰/۷۷ درصد) که به‌علت نقشی که ماده آلی در نفوذپذیری خاک و خاکدانه‌سازی دارد می‌توان گفت که میزان نفوذپذیری خاک کم می‌باشد و در نهایت می‌تواند شرایط را برای تولید رواناب و فرسایش خاک فراهم کند. در این زمینه Siegrist و همکاران (۱۹۹۸) بیان کردند که وجود ماده الی در خاک موجب افزایش تخلخل و ظرفیت نگهداری آب و افزایش نفوذپذیری خاک و درنتیجه کاهش رواناب را به دنبال خواهد داشت. کربنات کلسیم معادل نیز

از مقادیر بالایی برخوردار است (میانگین ۳۷/۷ درصد) و خاک کشتزارها جزء خاک‌های آهکی به شمار می‌رود که این عامل می‌تواند سبب ایجاد سله سطحی شده و رواناب و رسوب خاک را افزایش دهد. Giménez و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند که خاک‌های آهکی با میزان آهک عمدتاً در اندازه رس و سیلت فرسایش‌پذیری بیشتری دارند. این موضوع به حضور آهک در اندازه سیلت و عدم پایداری خاکدانه‌های بزرگ که منجر به تشکیل سله سطحی و پر شدن منافذ خاک می‌شود، ارتباط داده شده است. با توجه به میزان هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده در خاک‌های مورد بررسی ($EC<4\ dS.m^{-1}$) می‌توان گفت که این خاک‌ها غیر شور می‌باشند ($۰/۵۸۹\ dS.m^{-1}$). ضریب تغییرات متغیرهای اندازه‌گیری شده (ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک) بین ۱/۱۵ تا ۲۵/۰۶ درصد برای اسیدیته خاک (pH) و هدایت اکتریکی (EC) متغیر است. ضریب تغییرات بسیاری از ویژگی‌های خاک به استثنای ماده آلی کم است که نشان از همگن بودن خاک‌های مورد مطالعه دارد. نتایج مربوط به مقادیر اندازه‌گیری شده رواناب و رسوب در منطقه مورد مطالعه در جدول (۲) ارائه شده است. میانگین رواناب و رسوب به ترتیب ۷۵/۲۵ لیتر و ۲۷۲/۹ گرم بود. حجم رواناب بین ۲۲/۰۱ تا ۷۵/۲۵ لیتر و تولید رسوب بین ۲۲ تا ۵۶۵ گرم متغیر بود.

جدول ۱. مشخصه‌های آماری متغیرهای خاک در منطقه مورد مطالعه

| متغیر | کمترین | بیشترین | میانگین | انحراف معیار | ضریب تغییرات (٪) |
|---|---|---|---|---|---|
| شن (٪) | ۲۶ | ۳۰ | ۲۹/۸ | ۲/۸۲ | ۹/۴۶ |
| سیلت (٪) | ۴۹ | ۵۹ | ۵۴/۸ | ۳/۹۷ | ۷/۲۴ |
| رس (٪) | ۱۴ | ۱۸ | ۱۵/۴ | ۱/۷۲ | ۱۱/۲۳ |
| نسبت رس به سیلت | ۰/۲۲ | ۰/۳۴ | ۰/۲۷ | ۰/۰۴ | ۱۵/۶۴ |
| اسیدیته (pH) | ۷/۲۷ | ۷/۵۵ | ۷/۴۱ | ۰/۰۸ | ۱/۱۵ |
| هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$) | ۰/۴۶۵ | ۰/۹۳۵ | ۰/۵۸۹ | ۰/۱۵ | ۲۵/۰۶ |
| چگالی ظاهری ($g.cm^{-3}$) | ۱/۴۰ | ۱/۵۱ | ۱/۴۴ | ۰/۰۴ | ۲/۵۱ |
| ماده آلی (٪) | ۰/۳۴ | ۱/۴۳ | ۰/۷۷ | ۰/۳۲ | ۴۲/۱۹ |
| کربنات کلسیم معادل (٪) | ۲۶/۳ | ۵۹/۷ | ۳۷/۷ | ۱۲/۰۷ | ۳۲/۰۱ |
| سدیم تبادلی(meq.lit-1) | ۰/۴۹ | ۰/۹۳ | ۰/۶۸ | ۰/۱۲ | ۱۷/۶۶ |

جدول ۲. مشخصه‌های آماری رواناب و رسوب در منطقه مورد مطالعه

| متغیر | کمترین | بیشترین | میانگین | انحراف معیار | ضریب تغییرات (٪) |
|---|---|---|---|---|---|
| حجم رواناب (lit) | ۲۲/۰۱ | ۷۵/۲۵ | ۵۵/۲۳ | ۲۱/۴۶ | ۳۸/۸۶ |
| رسوب (gr) | ۲۲ | ۵۶۵ | ۲۷۲/۹ | ۲۴۱/۷ | ۸۸/۵۶ |

به منظور شناخت ارتباط بین متغیرهای کمی اندازه‌گیری شده در خاک با میزان تولید رواناب و رسوب، ماتریس همبستگی بین متغیرها بررسی شد (جدول ۳). با توجه به نتایج همبستگی متغیرهای رس، شن، ماده آلی و نسبت رس به سیلت همبستگی منفی و معنی‌دار با میزان رواناب و رسوب دارند ($p<۰/۰۱$). همچنین متغیرهای سیلت ($p<۰/۰۱$) و چگالی ظاهری خاک ($p<۰/۰۵$) همبستگی مثبت و معنی‌دار با میزان رواناب و رسوب دارند. بافت خاک یکی از مهم‌ترین خصوصیات فیزیکی مؤثر در فرایند فرسایش خاک محسوب می‌شود. با توجه به همبستگی منفی شن با رواناب، با افزایش درصد شن، نفوذپذیری خاک افزایش می‌یابد و از این رو رواناب کمتری تولید می‌شود. از طرفی دیگر، ذرات شن به رغم چسپندگی کم و جدا شدن آسان به‌علت وزن بیشتر نسبت به سایر ذرات خاک در برابر انتقال توسط رواناب مقاومت می‌کنند و در نتیجه رسوب کمتری تولید می‌شود. تحقیقات پیشین نشان می‌دهد که خاک‌های دارای درصد بالای شن به دلیل داشتن سرعت نفوذ آب بیشتر، رواناب کمتر و در نهایت رسوب کمتری تولید می‌کنند (Santos و همکاران، ۲۰۰۳).

بخش سیلت خاک از نظر جداشدن و انتقال توسط رواناب در حد واسط شن و رس قرار می‌گیرد و با توجه به همبستگی مثبت ذرات سیلت با رواناب و رسوب می‌توان بیان کرد که با افزایش درصد سیلت هم میزان فرسایش افزایش می‌یابد و هم بعلت ایجاد سله سطحی میزان رواناب و در نهایت میزان رسوب بیشتر می‌شود. این نتایج با یافته‌های شریدان و همکاران (۲۰۰۰) مطابقت دارد. یکی دیگر از عوامل مؤثر در تولید رواناب و رسوب ماده

آلی خاک است که بعلت مقادیر کم ماده آلی در خاک‌های مورد بررسی، میزان نفوذ آب به خاک کم بوده و در نتیجه رواناب افزایش می‌یابد. همبستگی مثبت ماده آلی خاک در میزان نفوذ و کاهش رواناب نیز دریافته‌های Bhupinderpal-Singh و همکاران (۲۰۰۴) و Arnau-Rosalen و همکاران (۲۰۰۸) نشان داده شده است. ضریب همبستگی بین چگالی ظاهری خاک و رواناب نشان داد که با افزایش چگالی ظاهری خاک، میزان رواناب افزایش خواهد یافت. در واقع افزایش فشردگی سطح خاک موجب کاهش نفوذپذیری خاک شده و در نتیجه موجب می‌شود که حجم بیشتری از رواناب جاری شود. کاویان و همکاران (۱۳۸۹)، Masri و Ryan (۲۰۰۶) و Adekalu و همکاران (۲۰۰۷) از جمله محققانی بودند که در بررسی‌های خود به ارتباط مثبت چگالی ظاهری خاک با میزان رواناب و رسوب اشاره کردند. نسبت رس به سیلت را می‌توان به عنوان شاخص مقاوت خاک در برابر فرسایش شیاری دانست؛ به این گونه که ذره رس مقاوم در برابر فرسایش و در مقابل ذره سیلت حساس به فرسایش است. همانگونه که در جدول (۳) مشاهده می‌شود نسبت رس به سیلت با رواناب و رسوب همبستگی منفی و معنی دار دارد ($p<۰/۰۱$) به این معنی که با کاهش این نسبت مقاومت خاک در برابر فرسایش کاهش یافته و در نتیجه میزان رواناب و رسوب تولیدی بیشتر می‌شود.

جدول ۳. ضریب همبستگی بین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و رواناب و رسوب در منطقه مورد مطالعه

| | Sand | Silt | Clay | Clay/Silt | BD | pH | EC | OM | $CaCO_3$ | Na | Runoff | Sediment |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sand | ۱ | | | | | | | | | | | |
| Silt | -۰/۹۲** | ۱ | | | | | | | | | | |
| Clay | ۰/۴۹ | -۰/۷۸** | ۱ | | | | | | | | | |
| Clay/Silt | -۰/۸۷** | -۰/۸۷** | ۰/۹۱** | ۱ | | | | | | | | |
| BD | -۰/۴۸ | ۰/۶۶* | -۰/۷۲** | -۰/۶۹* | ۱ | | | | | | | |
| pH | ۰/۰۳ | -۰/۰۷ | ۰/۱۱ | ۰/۰۲ | ۰/۴۲ | ۱ | | | | | | |
| EC | -۰/۰۵ | ۰/۰۱ | ۰/۰۶ | ۰/۰۵ | ۰/۰۵ | -۰/۰۴ | ۱ | | | | | |
| OM | ۰/۵۵ | -۰/۷۶* | ۰/۸۶** | ۰/۸۸** | -۰/۶۷* | ۰/۱۵ | ۰/۱۹ | ۱ | | | | |
| $CaCO_3$ | -۰/۱۲ | ۰/۰۷ | ۰/۰۳ | ۰/۰۷ | -۰/۰۵ | -۰/۳۷ | ۰/۴۹ | ۰/۰۶ | ۱ | | | |
| Na | -۰/۰۶ | ۰/۱۹ | -۰/۳۵ | -۰/۳۳ | ۰/۵۵ | ۰/۷۷** | -۰/۰۳ | -۰/۰۹ | -۰/۵۳ | ۱ | | |
| Runoff | -۰/۶۶* | ۰/۸۸** | -۰/۹۱** | -۰/۹۰** | ۰/۶۷* | -۰/۲۳ | ۰/۰۰ | -۰/۹۵** | ۰/۰۵ | ۰/۱۱ | ۱ | |
| Sediment | -۰/۸۱** | ۰/۹۱** | -۰/۷۷** | -۰/۸۷** | ۰/۵۹* | -۰/۰۸ | -۰/۰۳ | -۰/۸۱** | ۰/۰۱ | ۰/۱۳ | ۰/۸۷** | ۱ |

* معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد، ** معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد، Sand شن، Silt سیلت، Clay رس، Clay/Silt نسبت رس به سیلت، BD چگالی ظاهری، pH اسیدیته، Ec هدایت الکتریکی، OM ماده آلی خاک، $CaCO_3$ کربنات کلسیم، Na سدیم تبادلی، Runoff رواناب، Sediment رسوب

در تحلیل رگرسیون، میزان رواناب و رسوب به عنوان متغیرهای وابسته و متغیرهای رس، سیلت، شن، نسبت رس به سیلت، ماده آلی، چگالی ظاهری، اسیدیته، هدایت الکتریکی، کربنات کلسیم و سدیم تبادلی خاک به عنوان متغیرهای مستقل بر پایه بررسی همبستگی خطی در نظر گرفته شد (جدول ۴). تحلیل داده‌ها بر اساس روش رگرسیون خطی چندگانه به روش گام به گام نشان داد که ضرایب رگرسیون برای پارامترهای مدل رواناب شامل مقدار ثابت (عرض از مبدا) و ماده آلی و سیلت به ترتیب ۸/۲۰۵-، ۴۶/۰۶۳- و ۱/۸۰۱ است. همچنین ضرایب رگرسیون برای پارامترهای مدل رسوب شامل مقدار ثابت (عرض از مبدا) و سیلت به ترتیب ۲/۷۷۲- و ۰/۰۵۶ می‌باشد. با توجه به معادلات بدست آمده (جدول ۵) اهمیت ماده آلی و بخش سیلت خاک در برآورد رواناب و رسوب تولیدی در منطقه مورد مطالعه بارز است. در معادله برآورد رواناب درصد ماده آلی خاک و سیلت بیشترین نقش را دارند و با توجه به ضریب همبستگی منفی ماده آلی و ضریب همبستگی مثبت سیلت با رواناب می‌توان گفت این عوامل به ترتیب نقش کاهنده و افزاینده‌ای در رواناب تولیدی دارند. همچنین ذرات سیلت خاک بیشترین تأثیر را در معادله برآورد رسوب دارند و با توجه به ضریب همبستگی مثبت سیلت با رسوب می‌توان گفت این عامل نقش افزاینده‌ای در رسوب تولیدی دارد.

جدول ۴. ضرایب رگرسیونی اثر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر رواناب و رسوب

| متغیر | مدل | ضرایب استاندارد نشده B | انحراف معیار | ضرایب استاندارد شده Beta | t | معنی‌داری |
|---|---|---|---|---|---|---|
| رواناب | مقدار ثابت | -۸/۲۰۵ | ۳۹/۸۷۵ | | -۰/۲۰۶ | ۰/۸۴۲ |
| | ماده آلی | -۴۶/۰۶۳ | ۷/۸۴۹ | -۰/۶۹۴ | -۵/۸۶۹ | ۰/۰۰۸ |
| | سیلت | ۱/۸۰۱ | ۰/۶۳۹ | ۰/۳۳۳ | ۲/۸۱۸ | ۰/۰۴۳ |
| رسوب | مقدار ثابت | -۲/۷۷۲ | ۰/۴۳۲ | | -۶/۴۲۱ | ۰/۰۰۰ |
| | سیلت | ۰/۰۵۶ | ۰/۰۰۸ | ۰/۹۱۳ | ۷/۰۷۰ | ۰/۰۰۰ |

جدول ۵. مدل‌های نهایی برآورد رواناب و رسوب در منطقه مورد مطالعه

| | مدل | خطای نسبی | ضریب تبیین | ضریب کارایی |
|---|---|---|---|---|
| رواناب | R= - ۸/۲۰۵ – ۴۶/۰۶۳ (OM) + ۱/۸۰۱ (Silt) | ۵/۳۹۸ | ۰/۹۴۸ | ۰/۹۷۴ |
| رسوب | S= - ۲/۷۷۲ + ۰/۰۵۶ (Silt) | ۰/۱۰۳ | ۰/۸۳۳ | ۰/۹۱۳ |

R رواناب (lit)، S رسوب (gr)، OM ماده آلی خاک (٪)، Silt هدایت اکتریکی (٪)

نتایج تجزیه رگرسیون خطی چندگانه (جدول ۵) نشان می‌دهد که با بهره‌گیری از متغیرهای ماده آلی خاک و درصد سیلت می‌توان میزان تولید رواناب و رسوب را به ترتیب با ضریب تبیین ۰/۹۷۴ و ۰/۹۱۳ برآورد نمود، بنابراین با توجه به مقادیر ضرایب تبیین مدل‌های رواناب و رسوب می‌توان بیان کرد که مقادیر برآورد شده برای رواناب و رسوب توسط این مدل‌ها به مقادیر اندازه‌گیری شده بسیار نزدیک است. بنابراین می‌توان با بهره‌گیری از این دو مدل و با اندازه‌گیری دو متغیر ماده آلی و سیلت، میزان رواناب را با ضریب احتمال حدود ۹۷ درصد و میزان رسوب را با ضریب احتمال حدود ۹۲ درصد در سایر نقاط منطقه مورد مطالعه برآورد کرد.

## نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر با هدف شناسایی مهمترین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مؤثر بر تولید رواناب و رسوب در شیارهای ایجاد شده در اراضی کشاورزی دیم انجام گرفت. نتایج حاکی از آن است که ماده آلی خاک و توزیع اندازه ذرات (رس، سیلت و شن) مهمترین عوامل در کنترل فرسایش شیاری و تولید رواناب و رسوب هستند. با تبدیل واحد میانگین رسوب، میزان تولید روسوب در یک شیار به ابعاد طول ۵ متر و عرض ۳۰ سانتی متر برابر ۰/۳۶۸ تن در هکتار است. در پژوهش حاضر، متغیرهای رس، شن، ماده آلی و نسبت رس به سیلت همبستگی منفی و معنی‌دار با میزان رواناب و رسوب دارند، همچنین متغیرهای سیلت و چگالی ظاهری خاک همبستگی مثبت و معنی‌دار با میزان رواناب و رسوب دارند. از بین متغیرهای فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده دو متغیر سیلت و ماده آلی خاک مقدار رواناب و رسوب را در منطقه مورد مطالعه تایین می‌کنند، بنابراین حساسیت خاک‌های منطقه مورد مطالعه به رواناب و رسوب از جویچه‌های کشت به این دو متغیر وابسته خواهد بود. نتایج تجزیه رگرسیون خطی چندگانه نشان داد که با بهره‌گیری از متغیرهای ماده آلی خاک و درصد سیلت می‌توان میزان تولید رواناب و رسوب را به ترتیب با ضریب تبیین ۰/۹۷۴ و ۰/۹۱۳ برآورد نمود.

## منابع

کاویان، ع.، آزموده، ع.، سلیمانی ،ک. و وهاب زاده، ق. ۱۳۸۹. تأثیر ویژگی‌های خاک بر روان‌آب و فرسایش خاک در اراضی جنگلی. نشریه مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، ۲۴ (۳)، ۱ - ۱۳.

واعظی، ع.، قره داغلی، ح، و مرزوان، س.، ۱۳۹۵. بررسی نقش شیب و ویژگی‌های خاک در ایجاد فرسایش شیاری در دامنه‌ها. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۲۳(۴)، ۸۳ تا ۱۰۰.

Adekalu, K. O., Olorunfemi, I. A, and Osunbitan, J. A. 2007. Grass mulching effect on infiltration, surface runoff and soil loss of three agricultural soils in Nigeria. Bioresource Technology 98, 912-917.

Adekalu, K. O., Okunade, D. A., and Osunbitan, J. A. 2006. Compaction and mulching effects on soil loss and runoff from two suthwestern Nigeria agricultural soils. Geoderma, 137, 26–230.

Arnau-Rosalen, E., Calvo-Cases, A., Biox-Fayos, C. and Sarah, P. 2008. Analysis of soil surface component patterns affecting runoff generation. An example of methods applied to Mediterranean hill slopes in Alicante (Spain), Geomorphology, 101, 595-606

Bhupinderpal-Singh Hedley, M. J., Saggar, S. and Francis, G. S. 2004. Chemical fractionation to characterize changes in sulphur and carbon in soil caused by management. Eur, Journal of Soil Science, 55, 79-90.

Casermeiro, M. A., Molina, J. A., Caravaca, M. T. D. L., Costa, J. H., Massanet, M. I. H. and Moreno, P. S. 2004. Influence of scrubs on runoff and sediment loss in soils of Mediterranean Climate. Catena, 57, 91-107.

Chen, Z., Xia, Q. and Shi, D. 2011. Soil surface crust characteristic and response feature. Journal of Soil and Water Conservation, 25(4), 6–11.

Ekwue, E. I., Bharat, C. and Samaroo, K. 2009. Effect of soil type, peat and farmyard manure addition, slope and their interactions on wash erosion by overland flow of some Trinidadian soils. Bio systems Engineering, 102, 236-243.

Emadi, M., Baghernejad, M. and Memarian, H. M. 2009. Effect of land-use change on soil fertility characteristics within water-stable aggregates of two cultivated soils in northern Iran. Land Use Policy, 26, 452–457.

Emmett, W.W. 1978. Overland flow. In: Kirkby M J (ed.). Hillslope Hydrology. New York: John-Wiely and Sons, 145–176.

Foltz, R. B., Copeland, N. S. and Elliot, W. J. 2009. Reopening abandoned forest roads in northern Idaho, USA: Quantification of runoff, sediment concentration, infiltration, and interrill erosion parameters. Journal of Environmental Management, 90, 2542-2550.

Giménez, R., Casalí, J,. Grande, I., Díez, J., Campo, M. A., Álvarez-Mozos, J. and Goni, M. 2012. Factors controlling sediment export in a small agricultural watershed in Navarre, Spain. Agricultural Water Management, 110, 1-8.

Li, J., Cai, Q. and Sun, L. 2010. Reviewing on factors and threshold conditions of rill erosion. Progress in Geography, 29(11), 1319–1325.

Masri, Z. and Ryan, J. 2006. Soil organic matter and related physical properties in a Mediterranean wheat-based rotation trial. Soil and Tillage Research, 87, 146-154.

Santos, F. L., Reis, J. L., Martins, O. C., Castanheria, N. L. and Serralherio, R. P.2003. Comparative assessment of infiltration, runoff and erosion of sprinkler irrigation soils. Biosystems Engineering, 86, 355-364.

Siegrist, S., Schaub, D., Pfiffner, L. and Mader, P. 1998. Does organic agriculture reduce soil erodibility? The results of a long- term field study on loess in Switzerland, Agriculture, Ecosystems and Environment, 69, 253–264.

Troeh, F. R., Hobbs, J. A. and Donhue, R. L. 1999. Soil and water conservation- Productivity and environmental protection, Prentice Hall, New Jersey, 610 p.

Vaezi, A.R., and Gharehdaghlli, H. 2013. Quantification of rill erosion development in marl soils of Zanjan Roud watershed in north west of Zanjan. Iran. J. Water Soil, 27, 872-881.

Vahabi, J. and Nikkami, D. 2008. Assessing dominant factors affecting soil erosion using a portable rainfall simulator. International Journal of Sediment Research, 23, 375-385.

**Topic for submission: Water Erosion, Flood, Soil and Water Conservation**

# Determination of factors affecting runoff and soil loss in wheat furrows in rainfed lands

Heidary[*1], J., Vaezi[2], A.R., Delavar, M.A.[3]

[1] PhD. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran

[2] Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran

[3] Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran

## Abstract

Soil physical and chemical properties are important variables in runoff production and soil loss. This research was conducted to fund the most important soil properties affecting runoff and soil loss in wheat furrows under fallow condition in rainfed lands. To this end, three rainfed lands were selected and in each land, grooves with 5 m in length were created using sowing set. Runoff and sediment samples were measured using a flow discharge of 1.5 lit.min$^{-1}$ for 60 minutes in three replications. Using Pearson Correlation Coefficient and multiple linear regression, the relationship between soil physical and chemical properties and runoff and soil loss was analyzed. The results showed that clay, sand, organic matter and clay-silt ratio are negatively correlated with runoff and soil loss ($p < 0.01$), while positive correlation were found between them and silt ($p < 0.01$) and bulk density ($p < 0.05$) have a positive and significant correlation with runoff and sediment. The results of multiple linear regression analysis showed that using the soil organic matter and silt, the amount of runoff and sediment production can be estimated with a coefficient of determination by 0.974 and 0.913, respectively.

**Keywords**: Soil properties, Runoff, Sediment, Multivariate regression

[*] Corresponding author, Email: heidary.jalal@gmail.com