کمّی‌سازی تأثیر ویژگی‌های خاک بر رواناب و هدررفت خاک از نوارهای کشت گندم دیم

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

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۲۳)

چکیده

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک متغیرهای مهمی در فرآیند تولید رواناب و رسوب هستند. این پژوهش با هدف شناسایی مهم‌ترین ویژگی‌های مؤثر خاک بر تولید رواناب و رسوب در نوارهای حاصل از کشت گندم دیم انجام گرفت. برای این منظور سه کشتزار دیم با شیب متوسط ۱۵ درصد و تحت شرایط آیش در جنوب‌غربی استان کرمانشاه انتخاب شد. در هر زمین شیارهایی به طول پنج متر و عرض و عمق ۳۰ سانتی‌متر به‌وسیله دستگاه ردیف‌کار ایجاد شد. برای بررسی تولید رواناب و هدررفت خاک، از جریان‌هایی با شدت ۰/۵ و ۱/۵ لیتر بر دقیقه به مدت ۶۰ دقیقه در سه تکرار استفاده شد و مقدار رواناب و هدررفت خاک از شیارها اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که در هر دو شدت جریان، مقدار رواناب و هدررفت خاک همبستگی منفی و معنی‌دار با متغیرهای شن، رس، ماده آلی، نفوذپذیری و نسبت رس به سیلت داشتند ($p<۰/۰۱$) و در مقابل همبستگی مثبت و معنی‌دار با سیلت ($p<۰/۰۱$) و چگالی ظاهری خاک ($p<۰/۰۵$) داشتند. نتایج تجزیه رگرسیون خطی چندگانه نشان داد که در شدت جریان ۰/۵ لیتر بر دقیقه با بهره‌گیری از متغیرهای نسبت رس به سیلت، ماده آلی و نفوذپذیری خاک می‌توان مقدار رواناب و هدررفت خاک از نوارهای کشت را به‌ترتیب با ضریب تعیین ۰/۹۴ و ۰/۸۱ برآورد نمود. هم‌چنین در شدت جریان ۱/۵ لیتر بر دقیقه با استفاده از مقدار ماده آلی و نفوذپذیری خاک می‌توان مقدار رواناب و هدررفت خاک را به‌ترتیب با ضریب تعیین ۰/۹۰ و ۰/۹۴ برآورد نمود.

واژه‌های کلیدی: توزیع اندازه ذرات، شدت جریان، رگرسیون خطی، نفوذپذیری خاک، محتوای ماده آلی

حیدری ج.، واعظی ع.، دلاور م. ۱۴۰۰. کمّی‌سازی تأثیر ویژگی‌های خاک بر رواناب و هدررفت خاک از نوارهای کشت گندم دیم. تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۹، شماره ۳. صفحه: ۱۹-۳۰.

۱-دانشجوی دکتری، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان (مکاتبه کننده)

۲-استاد، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

۳-دانشیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

* پست الکترونیک: heidary.jalal@gmail.com

مقدمه

فرسایش شیاری یکی از اصلی‌ترین رخساره‌های فرسایش آبی خاک به ویژه در دامنه‌های تحت کشت است. این نوع فر سایش در نتیجه تمرکز رواناب روی دامنه به‌وجود می‌آید (Li *et al*., 2010). وجود سازندهای حساس به فرسایش و در نتیجه فرسایش‌پذیری خاک و پوشش گیاهی ضعیف شرایط را برای وقوع جریان‌های متمرکز روی دامنه‌ها به ویژه به هنگام بارندگی‌های شدید فراهم می‌آورد (Vaezi & Gharehdaghlli, 2013). کشت سنتی روی سطوح شیب‌دار به ویژه اگر جهت شخم هم‌سو با شیب نیز باشد، موجب تمرکز سریع جریان پس از بارش باران می‌شود، در نهایت انرژی رواناب تولیدشده آ سیب‌های جبران‌ناپذیری را از نظر ش ست شوی خاک و انتقال آن به پایین‌دست ایجاد می‌کند. با توجه به اهمیت حفاظت منابع خاک، شناخت فرآیند جدا شدن و انتقال ذرات خاک در زمین‌های شیب‌دار زیر کشت ضروری است. تغییر سریع کاربری زمین از مرتع به زمین‌های دیم کم بازده یکی از عوامل تشدید فرسایش خاک در ایران ا ست (Ran *et al*., 2019). ک شت بر روی مراتع و زمین‌های شیب‌دار موجب افزایش حساسیت خاک به فرسایش شیاری و آبکندهای موقت می‌گردد. این حساسیت به دلیل شخم زدن‌های متوالی، رهاسازی زمین بدون محافظ و آسانی تمرکز جریان در شیارهای برخاسته از کشت صورت می‌پذیرد (Yang *et al*., 2019). فر سایش شیاری در ارا ضی ک شاورزی خود را به صورت فرسایش جویچه‌ای نشان می‌دهد که در جویچه‌های حاصل از شخم در اثر آبیاری سطحی و یا رواناب حاصل از بارندگی ایجاد می‌شود. بنابراین پیش‌بینی فرسایش خاک در دامنه‌ها نیازمند آن است که درک درستی از فرسایش شیاری و عوامل مؤثر بر آن به دست آید.

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 فرآیندهای اصلی فرسایش خاک، ضرورت دارد. از دیگر سو، یکی از متغیرهای مهم در رخداد رواناب و فرسایش خاک، ویژگی‌های خاک است. بررسی‌های کاسمیرو و همکاران (Casermeiro *et al*., 2004) نشان داد که ببیش‌تر 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 تعیین‌کننده فرسایش بیان کردند. وهابی و نیک‌کامی (Vahabi & Nikkami, 2008) به بررسی اثر بافت خاک، رطوبت اولیه خاک، شیب و پوشش گیاهی در میزان رسوب تولیدی در حوزه آبخیز طالقان پرداختند. نتایج بیانگر آن بود که رسوب تولیدی همبستگی منفی با پوشش گیاهی داشته است. هم‌چنین درصد رس، سیلت و رطوبت اولیه خاک دارای همبستگی مثبت و درصد ذرات شن نیز همبستگی منفی با میزان رسوب تولیدی نشان داد. در مطالعه‌ای واعظی و همکاران (Vaezi *et al*., 2016) 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 ببیش‌تری بودند، بالاتر بود. تندی شیب مهم‌ترین ویژگی توپوگرافی بود که حدود ۲۰ درصد از تغییرات فرسایش شیاری در دامنه‌ها را تحت تأثیر قرار داد. آدکالو و همکاران (Adekalu *et al*., 2007) با بررسی تأثیر فشردگی خاک بر رواناب و هدررفت خاک دریافتند که افزایش چگالی ظاهری خاک اثر زیادی در کاهش نفوذپذیری خاک و در نتیجه افزایش رواناب و هدررفت خاک دارد. تأثیر چگالی ظاهری خاک بر فرسایش شیاری توسط هیکه و اسمیدت (Hieke & Schmidt, 2013) مورد پژوهش قرار گرفت. نتایج بیانگر آن بود که چگالی ظاهری و بافت خاک، امواج جریان و در نتیجه شروع فرسایش شیاری را کنترل می‌کنند. نتایج نشان داد که سرعت و مدت زمان تشکیل سر شیار تحت تأثیر چگالی ظاهری خاک قرار گرفته است. میزان تشکیل سر شیار، که بیانگر تعداد سر شیار در هر زمان و واحد طول شیب است، مستقیماً بر مقدار رواناب و غلظت رسوب اثر می‌گذارد. یافته‌ها در زمینه ارتباط بین ماده آلی خاک و مقدار رواناب مشخص کرد که افزایش ماده آلی موجب افزایش ظرفیت نگهداری آب و نفوذپذیری خاک و در

نتیجه کاهش حجم رواناب (Siegrist *et al.*, 1998) و نیز مانع فروپاشی خاکدانه (Emadi *et al.*, 2009)، بهبود ساختمان خاک (Troeh *et al.*, 1999) و در نهایت، کاهش فرسایش می‌شود. چن و همکاران (Chen *et al.*, 2011) در پژوهش‌های 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. مظلوم و همکاران (Mazllom *et al.*, 2016) در مطالعه‌ای پیش‌بینی فرسایش‌پذیری خاک و بار رسوب با استفاده از ویژگی‌های خاک را بررسی کردند. نتایج نشان داد که ماده آلی، شن، شاخص پایداری ساختمان، رس، سیلت و کربنات کلسیم بهترین ویژگی‌های خاک برای پیش‌بینی عامل فرسایش‌پذیری بودند. ران و همکاران (Ran *et al.*, 2019) در پژوهشی به بررسی تأثیر ویژگی‌های خاک بر انتقال آب و رسوب در یک حوزه آبخیز کوچک پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که افزایش هدایت هیدرولیکی اشباع نزدیک سطح خاک به‌صورت مؤثری سبب کاهش اوج و کل جریان شد. هم‌چنین افزایش ضریب زبری مانینگ به‌صورت قابل ملاحظه‌ای سبب کاهش دبی جریان و بار رسوب شد که علت آن کاهش سرعت جریان و افزایش نفوذ آب به خاک گزارش شد.

علی‌رغم این که در دهه‌های گذشته تلاش‌های زیادی در زمینه کمّی‌کردن فرسایش شیاری در اراضی کشاورزی انجام شده است، لیکن این پدیده به علت پیچیدگی زیاد هم‌چنان ناشناخته باقی‌مانده است. در ایران نیز تاکنون پژوهش‌های اندکی در ارتباط با فرسایش شیاری و فرآیندهای تولید رواناب و رسوب در اراضی کشاورزی صورت گرفته است. بنابراین ضرورت کسب اطلاعات بیش‌تر و کامل‌تر درباره فرسایش شیاری به عنوان آغازین مرحله فرسایش‌های درون آبراهه‌ای برای مدیریت و به حداقل رساندن هدررفت 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 کشتزارهای دیم، به منظور کاهش هدررفت خاک ضروری است. از این رو، این پژوهش با هدف کمّی‌سازی تأثیر ویژگی‌های خاک بر رواناب و هدررفت خاک در نوارهای حاصل از کشت گندم دیم انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

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 هفت دقیقه واقع شده است (شکل ۱). گیلان‌غرب در ارتفاع ۸۰۴ متری از سطح دریا واقع شده و متوسط بارندگی بلند مدت آن ۳۸۴ میلی‌متر بوده و دارای اقلیم نسبتاً گرم و نیمه خشک می‌باشد. کشت غالب در منطقه مورد مطالعه گندم دیم است و در اراضی شیب‌دار عمدتاً خاکورزی در راستای شیب صورت می‌پذیرد. زمین‌های شیب‌دار منطقه در فصل بارندگی فاقد هرگونه پوشش بوده و با توجه به ایجاد شخم در راستای شیب توسط کشاورزان، مستعد فرسایش خاک هستند. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه و وضعیت خاکورزی آن را نشان می‌دهد. در منطقه مورد مطالعه سه کشتزار دیم تحت شرایط آیش با شیب حدود ۱۵ درصد در جهت جنوبی انتخاب و در هر کشتزار شیارهایی به طول پنج متر، عرض ۳۰ سانتی‌متر و عمق ۳۰ سانتی‌متر به‌وسیله تراکتور و دستگاه شخم ایجاد شد. لازم به ذکر است که با توجه به شیب‌دار بودن و هم‌چنین وجود غیر یکنواختی در راستای شیب در کشتزارهای منطقه و هم‌چنین رسیدن جریان آب به حد بحرانی در شیارها، طول شیارها پنج متر در نظر گرفته شد.

اندازه‌گیری تولید رواناب و هدررفت خاک

در شرایط طبیعی، شیارها پس از وقوع باران‌های شدید به وجود می‌آیند و در این شرایط، در کنار فرسایش شیاری، فرسایش بین شیاری نیز روی دامنه تشکیل می‌شود. اگرچه اعمال باران‌های شبیه‌سازی شده بر روی شیب یا فلوم‌های فرسایشی ممکن است اما اندازه‌گیری سهم جداگانه فرسایش شیاری و بین‌شیاری کار دشواری است. اگر چه در مدل WEPP این دو فرآیند وقوع فرسایش خاک جدا از هم مورد توجه هستند، اما اساساً لازم است مقدار جدا شدن شیاری و بین‌شیاری جداگانه انجام شود تا امکان بهره‌مندی از چنین مدل‌هایی فراهم شود. از این‌رو، با توجه به نقش اصلی جریان متمرکز در وقوع فرسایش شیاری و گسترش ابعاد شیارها، در این

پژوهش از جریان هایی با شدت معین برای ایجاد فرسایش شیاری استفاده شد تا منحصراً نتیجه فرآیند فرسایش شیاری در هدررفت خاک نمایان شود. برای این منظور از جریان‌های با شدت ۰/۵ و ۱/۵ لیتر بر دقیقه با توجه به حداقل و حداکثر شدت باران منطقه مورد مطالعه طی دوره ۳۰ ساله استفاده شد. برای شبیه‌سازی جریان آب داخل شیارها از مخازن آب مجهز به فشارسنج استفاده شد. حجم آب مورد استفاده در هر یک از شیارهای مورد بررسی در مدت زمان ۶۰ دقیقه در شدت‌های ۰/۵ و ۱/۵ لیتر بر دقیقه به‌ترتیب برابر ۳۰ و ۹۰ لیتر بود. انتخاب زمان ۶۰ دقیقه برای بررسی نقش کامل جریان متمرکز در وقوع فرسایش شیاری در نوارهای کشت بود. نمونه‌های رواناب و رسوب در پایان مدت ۶۰ دقیقه در انتهای شیار در ظروف مدرج جمع‌آوری شد (شکل ۲). آزمایش در سه تکرار برای هر شیار انجام گرفت.

شکل ۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه واقع درشهرستان گیلان‌غرب از استان کرمانشاه در غرب ایران

Figure 1. Location of the study area located in Gilane-gharb city of Kermanshah province in western Iran

اندازه‌گیری ویژگی‌های خاک

در هر یک از زمین‌ها، نمونه‌برداری مرکب خاک (صفر تا ۳۰ سانتی‌متر) انجام شد. نمونه‌های خاک پس از برداشت خشک و پس از عبور دادن از الک دو میلی‌متری به آزمایشگاه منتقل شد. توزیع اندازه ذرات خاک به روش هیدرومتری (Gee & Bauder, 1986)، چگالی ظاهری خاک به روش سیلندر فلزی (Blake & Hartge, 1986)، هدایت الکتریکی در عصاره اشباع توسط EC متر (Rhoades, 1996)، اسیدیته خاک در عصاره اشباع توسط pH متر (McLean, 1982)، ماده آلی خاک به روش والکلی بلاک (Walkly & Black, 1934)، درصد کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک یک نرمال (Page, 1982)، درصد سدیم تبادلی به روش استات آمونیوم یک نرمال در pH برابر هفت (Sumner, 1993) و نفوذ پذیری خاک به روش استوانه مضاعف (Haise *et al.*, 1956) اندازه‌گیری شدند.

تحلیل داده‌ها

پس از جمع‌آوری و ثبت داده‌ها در محیط نرم‌افزاری Excel برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار SPSS 22 استفاده شد. در نخستین مرحله نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو ویلک[1] 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 هدررفت خاک تولیدی مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت با بهره‌گیری از متغیرهای مؤثر بر رواناب و هدررفت خاک اقدام به گسترش مدل‌های چند متغیره خطی برای برآورد رواناب و هدررفت خاک شد.

1- Shapiro-Wilk Test

شکل ۲- نمایی از آزمایش تولید رواناب و رسوب در جویچه‌های ایجاد شده

Figure 2. A view of the runoff and sediment production test in the created furrows

نتایج و بحث

نتایج تجزیه ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک زمین‌های مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده است. با توجه به میانگین درصد شن (۲۹/۸ درصد)، سیلت (۵۴/۸ در صد) و رس (۱۵/۴ در صد)، خاک کشتزارهای مورد بررسی در کلاس بافتی لوم سیلتی قرار می‌گیرند. توزیع اندازه ذرات خاک نشان دهنده مقادیر بالای سیلت (میانگین ۵۴/۸ در صد) نسبت به شن و رس (به‌ترتیب میانگین ۲۹/۸ و ۱۵/۴ در صد) 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 (Vaezi *et al.*, 2010). از دیگر سو با توجه به نتایج جدول ۱ به‌علت مقادیر کم ماده آلی (میانگین ۰/۷۷ درصد) و نفوذپذیری خاک (میانگین ۲/۶۸ سانتی‌متر بر ساعت) و هم‌چنین باتوجه به نقشی که ماده آلی در بهبود نفوذپذیری خاک و خاکدانه‌سازی دارد (Brahim *et al.*, 2011)، می‌توان گفت که محدودیت نفوذپذیری خاک در نهایت شرایط را برای تولید رواناب بیش‌تر و فرسایش خاک فراهم می‌کند. روش خاکورزی (خاکورزی مرسوم با گاو آهن برگردان‌دار) نیز در کنار کاهش محتوای ماده آلی خاک در بروز فشردگی لایه زیرین شخم و کاهش نفوذپذیری خاک نیز مؤثر است که به‌نوبه خود در افزایش تولید رواناب در نوارهای کشت نقش دارد. در این زمینه سیجریست و همکاران (Siegrist *et al.*, 1998) بیان کردند که وجود ماده آلی در خاک موجب افزایش تخلخل و ظرفیت نگهداری آب و افزایش نفوذپذیری خاک شده و در نتیجه کاهش رواناب را به دنبال خواهد داشت. در نمونه‌های مورد آزمایش، کربنات کلسیم معادل از مقادیر بالایی برخوردار است (میانگین ۳۷/۷ درصد) که باعث می‌شود خاک کشتزارها جزء خاک‌های آهکی (Page, 1982) به‌شمار رود و این عامل می‌تواند سبب ایجاد سله سطحی شده و رواناب و رسوب خاک را افزایش دهد. گیمنز و همکاران (Giménez *et al.*, 2012) 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 می شود، ارتباط داده شده است. با توجه به میزان هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده در خاک‌های مورد بررسی (۰/۵۸۹ دسی زیمنس بر متر) می‌توان گفت که این خاک‌ها غیرشور (McLean, 1982) می‌باشند ($EC<4\ dS.m^{-1}$). ضریب تغییرات متغیرهای اندازه‌گیری شده (ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک) بین ۱/۱۵ تا ۴۲/۱۹ درصد به‌ترتیب برای اسیدیته خاک (pH) و ماده آلی متغیر است. همانگونه که در جدول ۱ ملاحظه می شود ضریب تغییرات بسیاری از ویژگی‌های خاک به استثنای ماده آلی (۴۲/۱۹ درصد) کم است که این موضوع نشان از همگن بودن خاک‌های مورد مطالعه دارد.

جدول ۱- مشخصه‌های آماری متغیرهای فیزیکی و شیمیایی خاک در منطقه مورد مطالعه

Table 1. Descriptive statistics of soil physical and chemical properties in the study area

Variable	Min	Max	Mean	Standard Deviation	CV (%)
Sand (%)	26	30	29.8	2.82	9.46
Silt (%)	49	59	54.8	3.97	7.24
Clay (%)	14	18	15.4	1.72	11.23
Clay/Silt	0.22	0.34	0.27	0.04	15.64
pH	7.27	7.55	7.41	0.08	1.15
EC ($dS\ m^{-1}$)	0.465	0.935	0.589	0.15	25.06
BD ($g\ cm^{-3}$)	1.40	1.51	1.44	0.04	2.51
OM (%)	0.34	1.43	0.77	0.32	42.19
$CaCO_3$ (%)	26.3	59.7	37.7	12.07	32.01
ESP (%)	4.49	4.43	4.68	0.12	2.57
I_f ($cm.h^{-1}$)	1.91	3.42	2.68	0.63	23.40

تولید رواناب و هدررفت خاک

نتایج مربوط به مقادیر اندازه‌گیری شده رواناب و هدررفت خاک (رسوب) در منطقه مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است. میانگین رواناب و هدررفت خاک در شدت جریان ۰/۵ لیتر بر دقیقه به‌ترتیب ۹/۳۶ لیتر و ۶۴ گرم بر مترمربع و مقادیر رواناب و هدررفت خاک در شدت جریان ۱/۵ لیتر بر دقیقه به‌ترتیب ۵۵/۲۳ لیتر و ۲۷۲/۹ گرم بر مترمربع بود. در شدت جریان ۰/۵ لیتر بر دقیقه حجم رواناب بین ۲/۸۷ تا ۱۳/۷۳ لیتر و هدررفت خاک بین ۱۱ تا ۱۷۰ گرم بر مترمربع متغیر بود، هم‌چنین در شدت جریان ۱/۵ لیتر بر دقیقه حجم رواناب بین ۲۲/۰۱ تا ۷۵/۲۵ لیتر و تولید هدررفت خاک بین ۲۲ تا ۵۶۵ گرم بر مترمربع بود. در شدت جریان ۰/۵ لیتر بر دقیقه تقریباً ۶۹ درصد و در شدت جریان ۱/۵ لیتر بر دقیقه تقریباً ۳۹ درصد از میزان آب مصرفی در شیار در خاک نفوذ کرده است. افزون بر آن با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۲ با تبدیل واحد میانگین هدررفت خاک، میزان هدررفت خاک در یک شیار به ابعاد طول ۵ متر و عرض ۳۰ سانتی متر در شدت جریان ۰/۵ لیتر بر دقیقه برابر ۰/۴۲۷ تن در هکتار و در شدت جریان ۱/۵ لیتر بر دقیقه برابر ۱/۸۱۹ تن در هکتار است. همانگونه که مشاهده می‌شود در منطقه مورد مطالعه با سه برابر شدن شدت جریان میزان رسوب تولیدی ۴/۲ برابر افزایش یافت که این موضوع اهمیت تأثیر شدت جریان بر میزان تولید رواناب و هدررفت خاک را به درستی نشان می‌دهد.

جدول ۲- مشخصه‌های آماری رواناب و هدررفت خاک (رسوب) در منطقه مورد مطالعه

Table 2. Descriptive statistics of runoff and sediment in the study area

Flow Discharge	Variable	Min	Max	Mean	Standard Deviation	CV (%)
0.5 ($lit\ min^{-1}$)	Runoff (lit)	2.87	13.73	9.36	4.27	45.63
	Soil loss (g/m^2)	11.0	170	64	61.35	95.24
1.5 ($lit\ min^{-1}$)	Runoff (lit)	22.01	75.25	55.23	21.46	38.86
	Soil loss (g/m^2)	22.0	565	272.9	241.7	88.56

ارتباط رواناب و هدررفت خاک با ویژگی‌های خاک

به منظور شناخت ارتباط بین متغیرهای کمّی اندازه‌گیری شده در خاک با میزان تولید رواناب و هدررفت خاک، ماتریس همبستگی بین متغیرها بررسی شد (جدول ۳). با توجه به نتایج همبستگی برای هر دو شدت جریان (۰/۵ و ۱/۵ لیتر بر دقیقه)، تولید رواناب و هدررفت خاک با متغیرهای رس، شن، نفوذپذیری خاک، ماده آلی و نسبت رس به سیلت همبستگی منفی و معنی‌دار دارند ($p<0/01$). هم‌چنین متغیرهای سیلت ($p<0/01$) و چگالی ظاهری خاک ($p<0/05$) همبستگی مثبت و معنی‌دار با میزان تولید رواناب و هدررفت خاک دارند. بافت خاک یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی مؤثر در فرآیند فرسایش خاک محسوب می‌شود. خاک‌هایی با بافت ریز دارای چسبندگی زیاد بوده و جدا شدن آن‌ها در اثر عوامل فرساینده سخت بوده با این حال ذرات جدا شده به راحتی منتقل می‌گردد. در مقابل در خاک‌های درشت

بافت، اگر چه ذرات سریعتر جدا می‌شوند، اما ذرات به سختی منتقل می‌شوند. این خاک‌ها به‌دلیل نفوذپذیری بالا، رواناب کمتری نسبت به خاک‌های ریز بافت ایجاد می‌کنند (Vaezi *et al*., 2016). با توجه به همبستگی منفی شن با رواناب، با افزایش درصد شن، نفوذپذیری خاک افزایش می‌یابد (Vaezi *et al*., 2016) و از این رو رواناب کمتری تولید می‌شود. پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که خاک‌های دارای درصد بالای شن به دلیل داشتن سرعت نفوذ آب ببیش‌تر، رواناب کمتر و در نهایت رسوب کمتری تولید می‌کنند (Ran *et al*., 2016). بخش سیلت خاک از نظر جداشدن و انتقال توسط رواناب در حد واسط شن و رس قرار می‌گیرد (Ran *et al*., 2016) 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 ببیش‌تر می‌شود. این نتایج با یافته‌های ران و همکاران (Ran *et al*., 2019) در زمینه بررسی تأثیر ویژگی‌های خاک بر حمل رسوب و رواناب مطابقت دارد. یکی دیگر از عوامل مؤثر در تولید رواناب و رسوب، ماده آلی خاک است که به‌علت 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 ران و همکاران (Ran *et al*., 2019) نیز نشان داده شده است.

نفوذپذیری خاک عاملی مؤثر در فرسایش شیاری است، به‌طوری که با کاهش نفوذپذیری خاک، رواناب بیش‌تری تولید شده و میزان هدررفت خاک در شیارهای حاصل از کشت افزایش می‌یابد (Moreno *et al*., 2016). همانگونه که در جدول ۳ ملاحظه می‌شود ضریب آبگذری اشباع خاک (Ks) در هر دو شدت جریان (۰/۵ و ۱/۵ لیتر بر دقیقه) با رواناب و هدررفت خاک همبستگی منفی دارد (p<۰/۰۱)، که حاکی از آن است که با افزایش میزان نفوذپذیری خاک مقدار رواناب تولیدی و در پی آن مقدار هدررفت خاک کاهش می‌یابد. این نتایج با یافته‌های واعظی و همکاران (Vaezi *et al*., 2016) در زمینه مدل‌سازی رابطه بین رواناب و ویژگی‌های خاک مطابقت دارد. هم‌چنین 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 ببیش‌تری از رواناب جاری شود. کاویان و همکاران (Kavian *et al*., 2011)، مصری و راین (Masri & Ryan, 2006) و آدکالو و همکاران (Adekalu *et al*., 2007) 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 ببیش‌تر می‌شود. واعظی و همکاران (Vaezi *et al*., 2010) در تحقیقی مدل‌سازی رابطه بین رواناب و ویژگی‌های خاک در کشتزارهای دیم شمال غربی ایران را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که رواناب همبستگی مثبت و معنی‌داری با شن، شن درشت، ماده آلی، آهک و پایداری خاکدانه‌ها داشت. نتایج این محققین نشان داد که کربنات کلسیم همانند شن درشت و ماده آلی خاک دارای همبستگی مثبتی با نفوذپذیری خاک بودند و در نتیجه سبب کاهش رواناب شدند. نتایج تحلیل داده‌ها بر اساس روش رگرسیون خطی چندگانه به روش گام به گام برای شدت جریان ۰/۵ لیتر بر دقیقه در جدول ۴ ارائه شده است. ضرایب رگرسیون برای پارامترهای مدل رواناب شامل مقدار ثابت (عرض از مبدا)، نسبت رس به سیلت و ماده آلی به‌ترتیب ۲۶/۹۴۸، ۴۳/۶۶۸- و ۶/۷۲۸- است. هم‌چنین ضرایب رگرسیون برای پارامترهای مدل هدررفت خاک شامل مقدار ثابت (عرض از مبدأ) و نفوذپذیری خاک به‌ترتیب ۰/۳۰۱ و ۰/۰۸۸- می‌باشد (جدول ۴).

جدول ۳- ضریب همبستگی پیرسون بین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و رواناب و هدررفت خاک در شدت جریان ۰/۵ و ۱/۵ لیتر بر دقیقه

Table 3. Pearson correlation coefficient between soil physical and chemical properties and runoff and soil loss at flow discharges of 0.5 and 1.5 lit/min

	Sand	Silt	Clay	Clay/Silt	BD	pH	EC	OM	I_f	$CaCO_3$	ESP	Runoff 0.5	Soil loss 0.5	Runoff 1.5	Soil loss 1.5
Sand	1														
Silt	-0.92**	1													
Clay	0.49	-0.78**	1												
Clay/Silt	-0.78**	-0.87**	0.91**	1											
BD	-0.48	0.66*	-0.72**	-0.69*	1										
pH	0.03	-0.07	0.11	0.02	0.42	1									
EC	-0.05	0.01	0.06	0.05	0.05	-0.04	1								
OM	0.55	-0.76*	0.86**	0.88**	-0.67*	0.15	0.19	1							
I_f	0.78**	-0.91**	0.81**	0.89**	-0.67*	0.07	0.00	0.86**	1						
$CaCO_3$	-0.12	0.07	0.03	0.07	-0.05	-0.37	0.49	0.06	-0.16	1					
ESP	-0.06	0.19	-.035	-0.33	0.55	0.77**	-0.03	-0.09	-0/10	-0.53	1				
Runoff 0.5	-0.73*	0.90**	-0.73**	-0.94**	0.64*	-0.25	-0.14	-0.94**	-0.92**	0.09	0.05	1			
Soil loss 0.5	-0.60*	0.74**	-0.73**	-0.75**	0.76*	0.14	0.05	-0.73**	-0.90**	0.10	0.21	0.74**	1		
Runoff 1.5	-0.66*	0.88**	-0.91**	-0.90**	0.67*	-0.23	0.00	-0.95**	-0.90**	0.05	0.11	0.99**	0.89**	1	
Soil loss 1.5	-0.81**	0.91**	-0.77**	-0.87**	0.59*	-0.08	-0.03	-0.81**	-0.97**	0.01	0.13	0.75**	0.86**	0.87**	1

* معنی‌دار در سطح احتمال 95 درصد، ** معنی‌دار در سطح احتمال 99 درصد، Sand شن، Silt سیلت، Clay رس، Clay/Silt نسبت رس به سیلت، BD چگالی ظاهری،pH اسیدیته خاک، EC قابلیت هدایت الکتریکی، OM ماده آلی خاک، I_f نفوذپذیری خاک، CaCo3 کربنات کلسیم، ESP درصد سدیم تبادلی، Runoff 0.5 مقدار رواناب در شدت جریان ۰/۵ لیتر بر دقیقه،Sediment 0.5 مقدار رسوب در شدت جریان ۰/۵ لیتر بر دقیقه، Runoff 1.5 مقدار رواناب در شدت جریان ۱/۵ لیتر بر دقیقه، Sediment 1.5 مقدار رسوب در شدت جریان ۱/۵ لیتر بر دقیقه.

مطابق جدول ۵ متغیرهای نسبت رس به سیلت و ماده آلی خاک در برآورد رواناب و متغیر نفوذپذیری خاک در برآورد هدررفت خاک در شدت جریان ۰/۵ لیتر بر دقیقه تأثیرگذارترین متغیرها هستند. بنابراین می‌توان گفت که در معادله برآورد رواناب تحت شدت جریان ۰/۵ لیتر بر دقیقه ماده آلی خاک ببیش‌ترین نقش را دارا می‌باشد و باتوجه به ضریب همبستگی منفی ماده آلی با رواناب (جدول ۳)، این متغیر نقش کاهنده‌ای در تولید رواناب تحت شدت جریان ۰/۵ لیتر بر دقیقه در شیارهای کشت گندم دیم را ایفا می‌کند در حالی که متغیر نفوذپذیری خاک ببیش‌ترین نقش را در تولید رسوب در منطقه تحت شدت جریان ۰/۵ لیتر بر دقیقه دارد و با توجه به ضریب همبستگی منفی نفوذپذیری خاک با هدررفت خاک که در جدول ۳ ارائه شده است می‌توان گفت که این متغیر نقش کاهنده‌ای در هدررفت خاک تولیدی دارد.

جدول ۴- ضرایب رگرسیونی اثر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر رواناب و هدررفت خاک در شدت جریان ۰/۵ لیتر بر دقیقه

Table 4. Regression coefficients of the effect of soil physical and chemical properties on runoff and soil loss at flow discharge 0.5 lit/min

Variable	Model	Unstandardized Coefficients Beta	Standard Error	Standardized Coefficients Beta	t	Sig.
Runoff	Constant	26.948	2.630		10.247	0.000
	Clay/Silt	-43.668	13.837	-0.504	-3.248	0.012
	OM	-6.728	2.153	-0.501	-3.125	0.012
Soil loss	Constant	0.301	0.037		8.233	0.000
	I_f	-0.088	241.7	-0.903	-6.631	0.000

جدول ۵- مدل‌های نهایی برآورد رواناب و هدررفت خاک در جریان با شدت جریان ۰/۵ لیتر بر دقیقه

Table 5. Final models for estimating runoff and soil loss at flow discharge 0.5 lit/min

	Model	Standard Error of Estimate	R Square	R
Runoff	R= 26.948 – 43.668 (Clay/Silt /) – 6.728 (OM)	1.131	0.945	0.972
Soil loss	S= 0.301 – 0.088 (I_f)	0.027	0.815	0.903

نتایج تحلیل داده‌ها بر اساس روش رگرسیون خطی چندگانه به روش گام به گام برای شدت جریان ۱/۵ لیتر بر دقیقه در جدول ۶ ارائه شده است. نتایج نشان داد که ضرایب رگرسیون برای پارامترهای مدل رواناب شامل مقدار ثابت (عرض از مبدا) و ماده آلی به‌ترتیب ۱۰۳/۵۶۰ و ۶۳/۰۳۹- است. هم‌چنین ضرایب رگرسیون برای پارامترهای مدل هدررفت خاک شامل مقدار ثابت (عرض از مبدا) و نفوذپذیری خاک به‌ترتیب ۱/۲۷۵ و ۰/۳۷۴- می‌باشد (جدول ۶). با توجه به معادلات بدست آمده در جدول ۷ اهمیت ماده آلی و نفوذپذیری خاک در برآورد رواناب و رسوب تولیدی در شدت جریان ۱/۵ لیتر بر دقیقه بارز است. افزون بر آن، در معادله برآورد رواناب در شدت جریان ۱/۵ لیتر بر دقیقه متغیر ماده آلی خاک و نسبت رس به سیلت ببیش‌ترین نقش را دارند و با توجه به ضریب همبستگی منفی این دو متغیر با رواناب می‌توان گفت این عوامل نقش کاهنده‌ای در رواناب تولیدی در شیارهای کشت گندم دیم دارند. هم‌چنین نفوذپذیری خاک ببیش‌ترین تأثیر را در معادله برآورد هدررفت خاک دارند و با توجه به ضریب همبستگی مثبت این متغیر با رسوب می‌توان گفت این عامل نقش افزاینده‌ای در هدررفت خاک دارد.

جدول ۶- ضرایب رگرسیونی اثر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر رواناب و هدررفت خاک در شدت جریان ۱/۵ لیتر بر دقیقه

Table 6. Regression coefficients of the effect of soil physical and chemical properties on runoff and soil loss at flow discharge 1.5 lit/min

Variable	Model	Unstandardized Coefficients Beta	Standard Error	Standardized Coefficients Beta	t	Sig.
Runoff	Constant	103.560	5.415		19.123	0.000
	OM	-63.039	6.549	-0.950	-9.625	0.000
Soil loss	Constant	1.275	0.081		15.774	0.000
	I_f	-0.374	0.029	-0.970	-12.705	0.000

جدول ۷- مدل‌های نهایی برآورد رواناب و هدررفت خاک در جریان با شدت جریان ۱/۵ لیتر بر دقیقه

Table 7. Final models for estimating runoff and soil loss at flow discharge 1.5 lit/min

Model		Standard Error of Estimate	R Square	R
Runoff	R= 103.560 – 63.039 (OM)	7.026	0.903	0.950
Soil loss	S= 1.275 – 0.374 (I_f)	0.061	0.942	0.970

نتایج تجزیه رگرسیون خطی چندگانه در جدول ۵ نشان می‌دهد که با بهره‌گیری از متغیرهای نسبت رس به سیلت و ماده آلی برای رواناب و متغیر نفوذپذیری برای هدررفت خاک می‌توان میزان رواناب تولیدی و هدررفت خاک تحت شدت جریان ۰/۵ لیتر بر دقیقه را به‌ترتیب با ضریب تعیین ۰/۹۴ و ۰/۸۱ برآورد نمود، هم‌چنین با توجه به جدول ۷ با استفاده از مقادیر متغیرهای ماده آلی خاک و نفوذپذیری می‌توان میزان تولید رواناب و هدررفت خاک تحت شدت جریان ۱/۵ لیتر بر دقیقه را به‌ترتیب با ضریب تعیین ۰/۹۰ و ۰/۹۴ برآورد نمود، بنابراین با توجه به مقادیر ضرایب تبیین مدل‌های رواناب و هدررفت خاک می‌توان بیان کرد که مقادیر برآورد شده توسط این مدل‌ها به مقادیر اندازه‌گیری شده بسیار نزدیک است. در روش رگرسیون خطی چند متغیره، از پارامتر ضریب کارایی برای مقایسه کارایی روش‌های آماری به‌ویژه، کارایی میزان بهینگی یک برآوردگر، طراحی آزمایش یا آزمون فرض استفاده می‌شود. یک مدل با کارایی بالا به تعداد نمونه‌های کمتری نیاز دارد تا سطح مشخصی از

دقت را داشته باشد. بنابراین با بهره‌گیری از مدل‌های ارائه شده در جدول‌های ۵ و ۷ و با اندازه‌گیری متغیرهای ماده آلی، رس و سیلت می‌توان میزان رواناب تولیدی تحت شدت جریان ۰/۵ لیتر بر دقیقه را با ضریب کارایی حدود ۹۷ درصد و میزان هدررفت خاک را با ضریب کارایی حدود ۹۰ درصد و میزان رواناب تولیدی تحت شدت جریان ۱/۵ لیتر بر دقیقه را با ضریب کارایی حدود ۹۵ درصد و میزان هدررفت خاک را با ضریب احتمال حدود ۹۷ درصد در سایر نقاط منطقه مورد مطالعه برآورد کرد.

نتیجه‌گیری کلی

تحقیق حاضر با هدف شناسایی مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مؤثر بر تولید رواناب و رهدررفت خاک در شیارهای ایجاد شده در اراضی کشاورزی دیم انجام گرفت. تولید رواناب و فرسایش شیاری به‌شدت تحت تأثیر شدت جریان در نوارهای کشت و ویژگی‌های خاک است. با افزایش شدت جریان، فرسایش شیاری در نوارهای کشت افزایش قابل توجهی یافت. از میان ویژگی-های خاک، ماده آلی خاک، نفوذپذیری و توزیع اندازه ذرات (رس، سیلت و شن) مهم‌ترین عوامل در تعیین مقدار تولید رواناب و هدررفت خاک در نوارهای کشت گندم دیم هستند. ماده آلی خاک از متغیرهای قابل مدیریت در کشتزارهای دیم منطقه است که افزایش آن می‌توان نقش مهمی در کاهش تولید رواناب و فرسایش شیاری در نوارهای کشت داشته باشد. اصلاح روش خاکورزی از خاکورزی سنتی با گاو آهن برگردان‌دار به خاکورزی حفاظتی (کاهش شدت خاکورزی و حفظ بقایای گیاهی سال پیش) نقشی مهم در افزایش محتوای ماده آلی خاک و اصلاح ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند ساختمان و نفوذپذیری دارد. تحت چنین شرایطی ذخیره رطوبتی خاک نیز افزایش یافته، عملکرد محصول نیز ارتقا می‌یابد.

References

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.

Auerswald K., Fiener P., and Dikau R. 2009. Rates of sheet and rill erosion in Germany, A metaanalysis. *Geomorphology*, 111: 182-193.

Blake G.R., and Hartge K.H. 1986. Bulk Density. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 1, 2nd Edition. Agronomy Monograph, Vol. 9. *American Society of Agronomy, Madison*. PP. 363-375.

Brahim N., Blavet D., Gallali T., and Bernoux M. 2011. Application of structural equation modeling for assessing relationships between organic carbon and soil properties in semiarid Mediterranean region. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 8 (2): 305-320.

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.

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.

Gee G.H., and Bauder J.W. 1986, Particle size analysis. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Physical Properties. *Soil Science Society of America, Madison*, PP. 383-411.

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*, 14: 110, 1-8.

Haise H.R., Donnan W.W., Phelan j.T., Lawhon L.F., and Shockley D.G. 1956. The use of cylinder infiltrometers to determine the intake characteristics of irrigated soils. Publ ARS41 USDA. *Agricultueral Resarch Service and Soil Conservation Service*, Washington D.C.

Hieke F., and Schmidt J. 2013. The effect of soil bulk density on rill erosion - results of experimental studies. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 57(2): 245 – 266.

Kavian A., Solimanik V., and Vahabzadeh G.H. 2011. The effect of soil properties on runoff and soil erosion in forest lands. *Iranian Journal of Natural Resources*, 24(3): 1-13.

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.

Mazllom U., Emami H., Haghnia G.H. 2016. Prediction the soil erodibility and sediments load using soil attributes. *Eurasian Journal of Soil Science*, 5(3): 201-208.

McLean E.O. 1982. Soil pH and lime requirement. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 2, *Chemical and Microbiological Properties. Madison*, Wisconsin, USA. PP: 199-224.

Moreno-de lasHeras M., Nicolau J.M., and Espigares M.T. 2008. Vegetation succession in reclaimed coal mining slopes in a Mediterranean-dry environment *Ecological Enginee*ring, (34):168-178.

Page A.L. 1982. Method of soil analysis. Part 2: chemical and microbiological properties. *Soil Science Society of American Madison*, Wisconsin, USA.

Ran Q., Hong Y., Chen X., Gao J., and Sheng Ye. 2019. Impact of soil properties on water and sediment transport: A case study at a small catchment in the Loess Plateau. *Journal of Hydrology*, 574: 211-225.

Ran Q., Hong Y., Chen X., Gao J., and Ye S. 2019. Impact of soil properties on water and sediment transport: A case study at a small catchment in the Loess Plateau. *Journal of Hydrology*, 574: 211-225.

Rhoades J.D. 1996. Salinity: electrical conductivity and total dissolved solids, (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 3, chemical methods, *Soil Science Society of America*, Madison, Winsconsin, USA. P 417-436.

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.

Shen N., Wang Z., Zhang Q., Chen H., and Wu B. 2019. Modelling soil detachment capacity by rill flow with hydraulic variables on a simulated steep loessial hillslope. *Hydrology Research*, 50(1):85-98.

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.

Sumner M.E. 1993. Sodic soils: New perspectives. Aust. *Journal of Soil Research*, 31: 683-750.

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. *Journal of Water and Soil Science*, 27: 872-881.

Vaezi A.R., Bahrami H.A., Sadeghi S.H.R., and Mahdian M.H. 2010. Modeling relationship between runoff and soil properties in dry-farming lands, NW Iran. Hydrol. *Earth System Science Data Discussions*, 7: 2577–2607.

Vaezi A.R., Gharedaghli H., and Marzvan S. 2016. The role of slope steepness and soil properties in rill erosion in the hillslopes (A case study: Taham Chai catchment, NW Zanjan). *Journal of Soil and Water Conservation Research*, 23(4):83-100.

Vaezi A.R., Hasanzadeh H., and Mohammadi M.H. 2013. Runoff variations in the soil textures samples in the plot scale under the same rainfall events. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 44(3): 243-253.

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.

Walkly A., and Black I.A. 1934. An examination of digestion methods for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic and titration. *Soil Science Society of America Jou*rnal, 37: 29-38.

Yang J., Shi O., Cao S., 2008. Study on the critical erosion gradient by the hydrodynamics. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 22(5): 64–67.

Yang W., Zhou S., Asim B., Shengtian Y., Jianli D., and Fei W. 2019. Updated information on soil salinity in a typical oasis agroecosystem and desert-oasis ecotone: Case study conducted along the Tarim River, China. *Science of The Total Environment*, 719: 45-56.

Quantifying the Effects of Physicochemical Soil Properties on Runoff and Soil Loss in Rainfed Wheat Cultivation Strips

Jalal Heidary [1]*, Ali Reza Vaezi [2], Mohammad Amir Delavar [3]

(Received: November 2020 Accepted: January 2021)

Abstract

Soil physicochemical properties are important variables in runoff production and soil loss. This research was conducted to find the most important soil properties affecting runoff and soil loss in rainfed wheat furrows under fallow condition. To this end, three rainfed lands with 15% slope gradient were selected in south west of Kermanshah province. In each land, furrows with 5 m in length and 30 cm in width were created using sowing set. Runoff and sediment were measured using simulated flows with a discharge of 0.5 and 1.5 lit.min^{-1} for 60 minutes in three replications. The results showed that in the two flow discharges (0.5 and 1.5 lit.min^{-1}) runoff and soil loss are negatively correlated with clay, sand, soil permeability (I_f), organic matter and clay to silt ratio ($p<0.01$), while positive correlations were found between them and silt ($p< 0.01$) and bulk density ($p< 0.05$). The results of multiple linear regression analysis showed that runoff production and soil loss by a 0.5 lit.min^{-1} flow discharge can be estimated using using the clay to silt ratio, organic matter and soil permeability (I_f) with a R^2 of 0.94 and 0.81, respectively. Runoff production and soil loss by a 1.5 lit.min^{-1} flow discharge can be estimated using soil organic matter and soil permeability (I_f) with a R^2 of 0.90 and 0.94, respectively.

Keywords: Flow discharge, linear regression, particle size distribution, organic matter content, soil permeability.

Heidary J., Vaezi A., Delavar MR. 2021. Quantifying the effects of physicochemical soil properties on runoff and soil loss in rainfed wheat cultivation strips. *Applied Soil Research*, 9(3): 19-30.

1. PhD Student, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Zanjan University of Zanjan, Zanjan, Iran
2. Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Zanjan University of of Zanjan, Zanjan, Iran
3. Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Zanjan University of of Zanjan, Zanjan, Iran
* Corresponding Author Email: Heidary.jalal@gmail.com