مقایسه میزان رسوب در رواناب و زه‌آب در دو شیب و پوشش گیاهی متفاوت

ساناز غنی‌زاده[۱]، آزاده صفادوست[۲*]، محسن نائل [۲]، گلایه یوسفی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۶/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۱۱)

چکیده

نوع پوشش گیاهی و شیب زمین، دو عامل تعیین‌کننده در شدت فرسایش آب و خاک می‌باشند. اگر چه پژوهش‌های متعددی در رابطه با تأثیر شیب و یا پوشش گیاهی بر فرسایش خاک انجام شده است، ولی مطالعه‌ای در رابطه با مقایسه اثر آنها بر میزان رسوب در رواناب و زه‌آب گزارش نشده است. هدف از این مطالعه، مقایسه میزان رسوب در رواناب و زه‌آب تحت تأثیر نوع کشت (گندم و یونجه) و شیب (۵٪ و ۲۰٪) در یک خاک لوم‌شنی بود. آزمایش‌ها با استفاده از جعبه‌های خاک، با ابعاد ۱۰۰ سانتی‌متر طول، ۳۰ سانتی‌متر عرض و ۲۵ سانتی‌متر ارتفاع که دارای یک خروجی برای زه‌آب و یک خروجی برای رواناب بود و از خاک پر شده بودند، در دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا انجام شد. نتایج نشان داد که پوشش گیاهی متراکم‌تر (یونجه نسبت به گندم) به‌طور قابل‌توجهی میزان فرسایش خاک را کاهش می‌دهد. به‌طوری‌که در کشت یونجه، رسوب در زه‌آب و رواناب، کمتر از گندم مشاهده شد. همچنین نتایج حاصله نشان داد که تولید رسوب در رواناب و زه‌آب با شیب تغییر نشان می‌دهد، به‌طوری‌که تحت دو کشت گندم و یونجه، در رواناب رسوب بیش‌تری در شیب ۲۰٪ مشاهده شد. در حالی‌که در زه‌آب، رسوب بیش‌تری در شیب ۵٪ مشاهده گردید. وجود رسوب کمتر بعد از ۶۰ دقیقه از شروع بارندگی در رواناب را می‌توان به تشکیل سله سطحی که سبب افزایش رواناب و کاهش رسوب می‌گردد، نسبت داد. اگر چه شیب و پوشش سطحی اثر معنی‌داری بر میانگین وزنی قطر خاکدانه نداشت، ولی مقدار آن تحت کشت یونجه بیش‌تر بود که می‌تواند به دلیل تأثیر کاهشی پوشش گیاهی بر فرسایش باشد.

واژه‌های کلیدی: پوشش گیاهی، رسوب، سله سطحی، میانگین وزنی قطر

Archive of SID

غنی‌زاده س.، صفادوست آ.، نائل م.، یوسفی گ. ۱۳۹۷. مقایسه میزان رسوب در رواناب و زه‌آب در دو شیب و پوشش گیاهی متفاوت. تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۶ شماره ۴، ص: ۱۰۹-۱۲۰.

۱- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان
۲- استادیار گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان (مکاتبه کننده)
* پست الکترونیک: safadoust@basu.ac.ir

www.SID.ir

مقدمه

فرسایش خاک از مهم‌ترین معضلات زیست محیطی، کشاورزی و تولید غذا در جهان است که نتایج نامطلوبی بر اکوسیستم‌های تحت مدیریت انسان دارد. مدیریت صحیح حوضه آبخیز نیازمند اطلاعات دقیق و درک وقایع به هم پیوسته پدیده‌های موجود در آن می‌باشد (Ragab *et al.*, 2003). فعالیت‌های کشاورزی در بیشتر مواقع سبب افزایش میزان فرسایش می‌گردد و این در حالی است که نمی‌توان آنها را محدود نمود. لذا ضروری است با توجه به نیازهای حال و آینده، مشروط بر حفظ محیط زیست و منابع طبیعی، در توسعه و تکامل آن‌ها تلاش کرد (Emadi *et al.*, 2008). یکی از راه‌های جلوگیری از فرسایش خاک، بهبود ساختمان خاک و در نتیجه شرایط فیزیکی خاک می‌باشد. مطالعات نشان داده است که خاکدانه‌ها و ساختمان خاک به طور عمده تحت تأثیر ریشه گیاهان (Bodner *et al.*, 2014)، فعالیت موجودات زنده مانند کرم‌های خاکی (Cey & Rudolph, 2009)، نوع خاک (Kodesova *et al.*, 2011) و کاربری اراضی (Bachmair *et al.*, 2009) ایجاد می‌شوند.

از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تولید رواناب، زه‌آب و رسوب می‌توان به نوع کاربری اراضی (Morgan, 1995)، موقعیت توپوگرافی و شیب زمین (Jordan & Martinez-Zavala, 2008)، میزان نفوذ آب در خاک و شدت بارندگی (Kinnell, 2005) اشاره کرد. مقدار آب نفوذ کرده در خاک سطحی اثر مستقیم بر کیفیت رواناب سطحی، فرسایش و همچنین رطوبت خاک و کیفیت آب زیرسطحی دارد (Liu, 2011). هنگ و همکاران (Hang *et al.*, 2013) گزارش کردند که ظرفیت نفوذ با افزایش شیب کاهش می‌یابد. طول و گرایان شیب از مهم‌ترین خصوصیات مؤثر بر نفوذ و تولید رسوب و رواناب می‌باشد. به طوری که در بسیاری از مواقع سبب تفاوت در نوع فرآیند فرسایشی می‌شود. افزایش در مقدار گرادیان شیب موجب افزایش انرژی رواناب و جداسازی بیشتر رسوب و ظرفیت انتقال بیشتر ذرات جدا شده توسط رواناب می‌شود (Smets *et al.*, 2007). در زمین‌های شیب‌دار دارای پوشش گیاهی، فرسایش خاک غالباً وابسته به نوع، سرعت رشد و تاج پوشش گیاهی می‌باشد (Lopez-Moreno *et al.*, 2006). مطالعات کاتب و همکاران (Kateb *et al.*, 2013) نشان داد که فرسایش خاک بیش‌تر از میزان رواناب تحت تأثیر تغییر پوشش گیاهی و شیب زمین قرار می‌گیرد. فانگ و همکاران (Fang *et al.*, 2015) گزارش کردند که افزایش شیب، پتانسیل فرسایش خاک و ایجاد رواناب را افزایش می‌دهد و همچنین شیارهای سطحی به صورت متراکم‌تر مشاهده می‌شوند. مطالعات زاو و همکاران (Zhou *et al.*, 2008) نیز بیانگر این می‌باشد که در شدت‌های کم و متوسط باران، شدت فرسایش به علت افزایش فرآیند جداسازی ذرات خاک توسط ضربه قطره‌های باران و رواناب و کاهش اثر حفاظتی لایه سطحی خاک، با افزایش شیب افزایش می‌یابد. آنها گزارش کردند که در شدت بارندگی‌های زیاد، میزان رسوب تحت تأثیر عوامل جداسازی قرار می‌گیرد، ولی در شدت بارندگی‌های پایین بیشتر عوامل انتقال دهنده تأثیرگذارند.

پوشش گیاهی از عوامل مهم کنترل رواناب سطحی و در نتیجه افزایش نفوذپذیری است. خاک های دارای پوشش گیاهی به علت داشتن مواد آلی بالا و در نتیجه ساختمان مناسب و پایدار، سبب نفوذپذیری بیشتر و رواناب و رسوب کمتر می‌شوند (Wu *et al.*, 2010). در مطالعات مختلف، کاهش مقدار نفوذپذیری آب در خاک و افزایش میزان رواناب در ارتباط مستقیم با کاهش پوشش گیاهی گزارش شده است (Singh & Khera, 2008; Schwen *et al.*, 2012). نوع پوشش گیاهی می‌تواند موجب افزایش نفوذ و کاهش رواناب سطحی شود، به طوری‌که جنگل‌ها به دلیل داشتن تاج پوشش گیاهی و سیستم ریشه مناسب دارای ظرفیت بالایی برای افزایش نفوذ می‌باشند (Neary *et al.*, 2009). در واقع نوع کاربری اراضی سبب تغییر در خصوصیات ساختمانی و تفاوت در نفوذ آب در خاک و به تبع آن تولید رواناب و انتقال رسوب می‌شود (Zehetner & Miller, 2006). بارلی و همکاران (Barley *et al.*, 2006) گزارش کردند که تفاوت زیادی در تولید مقدار رواناب و رسوب از سه شیب با سطح پوشش گیاهی مشابه، اما مدیریت کشت متفاوت وجود دارد. نتایج مطالعات نونز و همکاران (Nunes *et al.*, 2010) نشان داد که زمین‌های کشاورزی و جنگل‌های مخروطیان از حساس‌ترین کاربری‌ها از نظر ایجاد رواناب و فرسایش خاک می‌باشند. در مقابل مراتع، پوشش گیاهی به صورت درختچه و جایگزینی گیاهان

Archive of SID

www.SID.ir

بوته‌ای در زمین‌های رها شده، سبب افزایش ظرفیت نفوذ آب در خاک و در نتیجه کاهش فرسایش خاک می‌شوند. آنها تغییر کاربری زمین و افزایش پوشش گیاهی را اساسی‌ترین روش مدیریت فرسایش خاک گزارش کردند. همچنین محمد و آدام (Mohammad & Adam, 2010) بیش‌ترین میزان رسوب رادر زمین‌های زراعی و جنگل هایی که درختان آنها قطع شده بود، نسبت به مراتع مشاهده کردند.

با توجه به نقش مخرب فرسایش در کاهش تولیدات کشاورزی و منابع طبیعی و پیامدهای زیست محیطی آن، انجام پژوهش‌هایی در زمینه شناخت و بررسی عوامل تأثیرگذار بر آن لازم و ضروری می‌باشد. پژوهش حاضر با هدف بررسی همزمان اثر تندی شیب و نوع گیاه کشت شده بر میزان رواناب، زه‌آب و رسوب در یک خاک لوم-شنی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد پژوهش و انجام آزمایش‌های اولیه

این پژوهش بر روی نمونه‌های خاک دست‌خورده با بافت لوم‌شنی و رده‌بندی Typic Cacixerepts که از مرکز تحقیقات کشاورزی استان همدان برداشته شد، انجام گردید. مزرعه مورد مطالعه از دیدگاه فیزیوگرافی در یک دشت رودخانه‌ای با شیب متوسط ۱٪ قرار داشت. وجود کوه الوند با ارتفاع ۳۵۴۷ متر و قرار گرفتن منطقه همدان در بلندای ۱۸۰۰ متری از سطح دریا، موجب ایجاد شرایط آب و هوایی کوهستانی با زمستان‌های سرد و تابستان‌های نسبتاً معتدل گردیده است. میانگین نزولات جوی سالانه منطقه همدان ۳۱۷ میلی‌متر برآورد شده است که حدود ۲۶٪ از متوسط کشور بیش‌تر است.

برخی ویژگی‌های نمونه خاک (صفر تا ۳۰ سانتی‌متر) شامل بافت خاک به روش هیدرومتر Gee & Bauder, (1986)، جرم مخصوص ظاهری خاک با استفاده از سیلندرهای نمونه‌برداری به قطر ۵/۱ سانتی‌متر و ارتفاع ۵ سانتی‌متر (Klute, 1986)، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) به روش الک تر (Yoder, 1936) اندازه‌گیری شد. همچنین مقدار ماده آلی به روش اکسیداسیون تر، مقدار کربنات کلسیم به روش تیتراسیون برگشتی با NaOH، واکنش (pH) خاک در عصاره ۱ به ۵ خاک به آب با استفاده از دستگاه pHمتر، هدایت الکتریکی محلول خاک در عصاره ۱ به ۵ خاک به آب با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی اندازه‌گیری شدند (Page *et al*, 1992) (جدول ۱).

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد بررسی (۰-۳۰ سانتی‌متر)

Table1. Some selected physical and chemical properties of studied soil (0-30 cm)

Soil texture	Clay	Silt	Sand	Calcium carbonate	Organic matter	Electrical conductivity	Acidity	Mean weight diameter
				(%)		($dS\ m^{-1}$)	(-)	(mm)
Sandy loam	18.2	20.6	61.2	3.08	1.12	0.20	7.81	1.34

با توجه به مقادیر درصد ذرات اولیه، بافت خاک در کلاس لوم شنی قرار گرفت، که دارای جرم مخصوص ظاهری برابر با ۱/۵۵ مگاگرم بر متر مکعب بود. مقدار pH (اسیدیته) برابر با ۷/۸۱ نشان‌دهنده قرار گرفتن این خاک نزدیک شرایط خنثی تا کمی قلیایی می‌باشد.

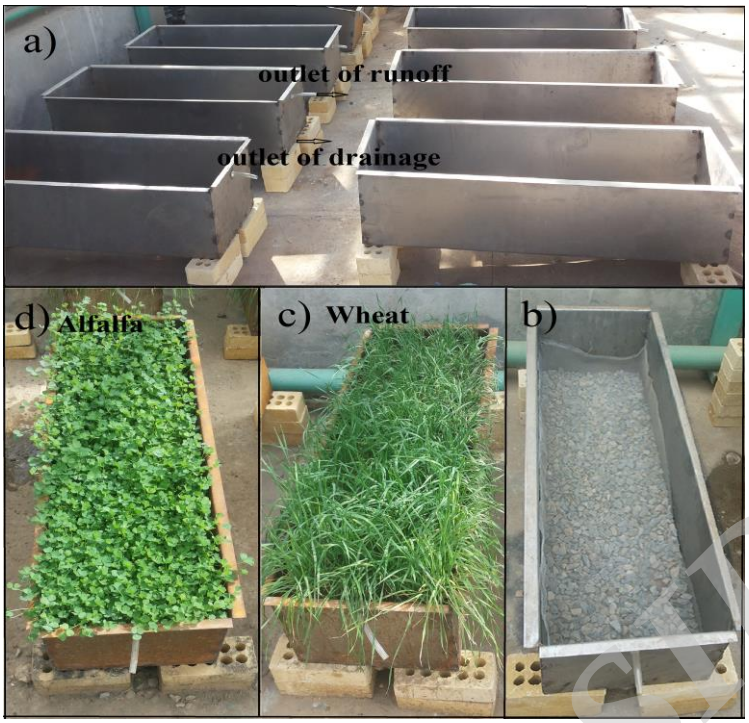
آماده‌سازی جعبه‌های خاک

پس از عبور خاک‌ها از الک ۴/۵ میلی‌متری، نمونه‌های خاک در داخل جعبه‌های فلزی (دارای ۱۰۰ سانتی‌متر طول، ۳۰ سانتی‌متر عرض و ۲۵ سانتی‌متر ارتفاع)، بر اساس جرم مخصوص ظاهری منطقه نمونه‌برداری شده برابر با ۱/۵۵ مگاگرم بر مترمکعب، ریخته شد. یک خروجی برای خارج شدن رواناب سطحی در فاصله ۵ سانتی‌متر از لبه بالایی و یک خروجی برای خارج شدن زه‌آب در ته جعبه، هر دو در یک وجه از پهنای جعبه، تعبیه گردید (شکل ۱).

استفاده از پلات‌هایی با اندازه‌های ۱ تا ۲ متر طول، ۰/۳ تا ۱ متر عرض و ۰/۲۲ تا ۰/۵ متر ارتفاع در استفاده از باران‌ساز گزارش شده است (Kato *et al.*, 2009).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- نمایش جعبه‌های خاک. خروجی رواناب و زه‌آب (الف)، استفاده از سنگریزه درشت برای زهکشی (ب)، کشت گندم (ج) و یونجه (د)

Figure 1. Diagram of soil box, outlet of runoff and drainage (a), coarse gravel use for drainage (b), cultivation of wheat (c), cultivation of alfalfa (d)

برای ایجاد زهکشی بهتر، قبل از پر کردن جعبه‌ها از خاک، حدود ۵ سانتی‌متر سنگریزه‌های درشت (۰/۵ تا ۳ سانتی‌متر) در کف جعبه‌ها ریخته و یک توری یک میلی متری بر روی سنگریزه‌ها قرار داده شد (شکل ۱). بر اساس شیب مزارع کشاورزی و مراتع، جعبه‌های فلزی طوری قرار داده شدند که به ترتیب شیب‌های ۵ و ۲۰ درصد ایجاد نماید. پس از آماده شدن جعبه‌های خاک، گیاه گندم (رقم گندم پیشگام) به عنوان گیاه زراعی با تراکم ۳۵۰ بذر در مترمربع به صورت ردیفی و گیاه یونجه (رقم یونجه همدانی) به عنوان پوشش مرتعی با تراکم ۲۵ کیلوگرم بذر در هکتار کشت گردید. در کل تعداد ۱۲ جعبه خاک آماده گردید.

روش پژوهش

پس از گذشت ۶۰ روز از کشت گیاهان، هنگامی که ارتفاع آنها حدوداً به ۳۰ تا ۳۵ سانتی‌متر رسیده بود، با استفاده از دستگاه شبیه ساز باران، بارانی با شدت ثابت ۶۰ میلی متر بر ساعت در مدت زمان ۲ ساعت، بر اساس شبیه‌سازی شدیدترین گزارش باران در منطقه (مطابق با گزارش اداره کل هواشناسی)، بر روی جعبه‌های خاک ایجاد شد. لازم به ذکر است که میزان رطوبت حجمی خاک در زمان بارندگی برابر با ۱۸ تا ۲۰ درصد (معادل ۶۰٪ تخلیه مجاز) بود. باران‌ساز مصنوعی روش اقتصادی و شرایط کنترل شده آزمایشگاهی را در یک دوره کوتاه زمانی فراهم می‌کند (Bakhshi Tiregani *et al.*, 2011) و به همین دلیل در بسیاری از پژوهش‌های برآورد فرسایش و تولید رسوب به بهره‌گیری از آن اقدام شده است. در طی بارندگی به مدت ۲ ساعت، به فاصله زمانی هر ۱۰ دقیقه از رواناب سطحی و زه‌آب، ۱۰۰ میلی‌لیتر نمونه جمع‌آوری شد همچنین مجموع آب خروجی از رواناب و زه‌آب جعبه‌های کشت جمع‌آوری و برای اندازه‌گیری رسوب کل در آنها، به هم زده شد تا رسوب ته‌نشین شده در ظرف به حالت معلق در آید. سپس نمونه‌های ۵۰۰ میلی‌لیتری از آن برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد (Nikkami *et al.*, 2004). از هر جعبه خاک پس از مناسب شدن رطوبت خاک، نمونه‌های خاک از عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متر برای تعیین میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها برداشته شد. برای تعیین میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها به روش الک تر (Yoder, 1936)، مقدار ۵۰ گرم از نمونه‌های هوا-خشک از الک‌های ۸ و ۴ میلی-متری عبور داده و بر روی یکسری الک (به ترتیب از

Archive of SID
www.SID.ir

بالا به پایین ۴، ۲، ۱، ۰/۵، ۰/۲۵ و ۰/۱۵ میلی‌متر) ریخته شد. سپس الک‌ها به مدت ۵ دقیقه (Khazaei, 2008) توسط یک موتور با سرعت ۳۰ نوسان در دقیقه و دامنه نوسان ۱/۳ سانتی‌متر در آب بالا و پایین برده و خاکدانه‌های باقی‌مانده روی هر الک در آون و درجه حرارت ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. سپس وزن خشک آنها تعیین گردید و در نهایت میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$MWD = \sum_{i=1}^{n} \overline{x_i} w_i \quad (1)$$

که در این رابطه n تعداد دامنه اندازه خاکدانه، $\overline{x_i}$ میانگین قطر خاکدانه‌های روی هر الک، و w_i نسبت وزن خشک خاکدانه‌های روی هر الک i به وزن خشک کل خاکدانه‌های خاک (پس از تصحیح شن و سنگریزه) می‌باشند. مقدار MWD برای هر نمونه خاک در پنج تکرار تعیین شد.

برای اندازه‌گیری میزان رسوب در نمونه‌های ۱۰۰ میلی‌لیتری و نمونه‌های گرفته شده از کل رواناب و زه‌آب جمع‌آوری شده (رسوب کل)، آن‌ها را در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت گذاشته تا خشک شدند و پس از توزین وزن رسوب به دست آمد.

طرح آماری مورد استفاده در این پژوهش، طرح بلوک‌های کامل تصادفی در قالب آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور در سه تکرار بود. شیب به عنوان فاکتور اول (۵٪ و ۲۰٪) و نوع کشت به عنوان فاکتور دوم (گندم و یونجه) در نظر گرفته شد و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون دانکن با استفاده از از نرم‌افزار SAS انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس تیمارهای بررسی شده شامل درجه شیب و نوع گیاه کشت شده و اثر متقابل آنها بر مقدار رسوب کل در رواناب و زه‌آب خروجی و همچنین میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در جدول ۲ آورده شده است. درجه شیب و نوع گیاه (P<٪۱) و اثرات متقابل آنها (P<٪۵) دارای اثرات معنی‌داری بر میزان رسوب در رواناب و زه‌آب بودند، درحالیکه اثرات متقابل تیمارها بر میانگین وزنی قطر خاکدانه معنی‌دار نبود (جدول ۲).

اثر درجه شیب و نوع کشت بر میانگین وزنی قطر خاکدانه

ساختمان خاک از ویژگی‌های ناپایدار و تأثیرپذیر می‌باشد که مدیریت زراعی می‌تواند آن را تحت تأثیر قرار دهد. از جمله این مدیریت‌ها می‌توان به کاربری اراضی اشاره کرد که اثرات قابل‌توجهی بر ویژگی‌های ساختمانی خاک دارند. در جدول ۳ مقایسه میانگین اثر تیمارهای درجه شیب و نوع گیاه کشت شده بر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، مقدار رسوب کل در رواناب و زه‌آب خروجی آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، تحت کشت گندم در شیب ۵٪، ۱/۳ برابر مقدار آن در شیب ۲۰٪ (۱/۴۲ در برابر ۱/۰۹ میلی‌متر) و تحت کشت یونجه در شیب ۵٪، ۱/۲ برابر مقدار آن در شیب ۲۰٪ می‌باشد (۱/۷۷ در برابر ۱/۴۷ میلی‌متر).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر درجه شیب، نوع کشت و برهمکنش آنها بر میانگین وزنی قطر خاکدانه، میزان رسوب در رواناب و میزان رسوب در زه‌آب

Table 2. Variance analysis of slope, cultivation type and their interaction on mean weight diameter of aggregate and sediment content in runoff and drainage water

Source of variation	df	F ratio		
		Mean weight diameter	Sediment content in runoff	Sediment content in drainage water
Slope	1	0.73 *	15.91*	12.72**
Cultivation type	1	3.69 *	16.34*	8.45*
Slope×Cultivation type	1	0.01 ns	10.14*	6.31*

ns ، * و**: به ترتیب بیانگر عدم وجود اثر معنی‌دار بر پایه آماری ۵ درصد، اثر معنی‌دار بر پایه آماری ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

ns, * and ** represent non-significant effect at probability levels of $P< 0.05$, significant effects at probability levels of $P < 0.05$ and $P< 0.01$, respectively.

این تغییرات را می‌توان به تأثیر شیب بر نفوذ آب در خاک و مرطوب شدن آهسته خاک در طی دوره‌های آبیاری برای رشد گیاه نسبت داد. در واقع در طی دوره‌های مختلف آبیاری جهت رشد گیاه، در شیب‌های کمتر آب به آهستگی در طی فرصتی که وجود دارد، در خاک نفوذ کرده یا به عبارتی خاک را کاملاً مرطوب می‌کند

Archive of SID
www.SID.ir

(Hang *et al.*, 2013) و تا مرحله آبیاری بعدی که خاک نسبتاً خشک می‌شود، ساختمان خاک بازسازی می‌شود و بدین ترتیب خاک در طی دوره رشد گیاه چندین دوره تر و خشک شدن را می‌گذراند. این تغییرات نشاندهنده تأثیر دوره‌های تر و خشک شدن در بازسازی ساختمان خاک می‌باشد (Safadoust *et al.*, 2012).

جدول ۳- اثر نوع کشت و شیب بر میانگین وزنی قطر خاکدانه، میزان رسوب کل در رواناب و زه‌آب

Table 3. Effects of cultivation type and slope on mean weight diameter, sediment content in runoff and drainage water

Cultivation type	Slope %	Mean weight diameter (mm)	Sediment content in runoff ($g\ L^{-1}$)	Sediment content in drainage ($g\ L^{-1}$)
Wheat	5	1.42 [b]	11.68 [c]	8.21 [a]
	20	1.09 [c]	12.38 [a]	5.23 [c]
Alfalfa	5	1.77 [a]	8.51 [d]	6.74 [b]
	20	1.47 [b]	11.96 [b]	4.91 [d]

در هر ستون برای هر کشت، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند از نظر آماری در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Values associated with the same letter within a column and group are statistically similar ($P < 0.05$).

در واقع تر و خشک شدن تنش معمول و گسترده‌ای است که تقریباً همه خاک‌ها با آن مواجه می‌شوند و بسیاری پژوهش‌گران تشکیل خاکدانه را در خاک‌های بدون ساختمان در اثر توالی دوره‌های تر و خشک شدن گزارش کرده‌اند(Pires *et al.*, 2009; Gharabaghi *et al.*, 2015). پیلای‌مک‌گری (Pillai-Mc Garry, 1991) گزارش کرد که حداقل سه دوره تر و خشک شدن برای ایجاد ساختمان جدید در خاک‌های بدون ساختمان لازم است. نتایج لوی (Levy, 2005) نیز نشان داد که سرعت مرطوب شدن خاک بر تغییرات پایداری خاکدانه‌ها مؤثر می‌باشد. همچنین صفادوست و همکاران (Safadoust *et al.*, 2011) گزارش کردند که دوره‌های تر و خشک شدن با ایجاد ساختمان در خاک‌های بدون ساختمان سبب خاکدانه-سازی و تغییر ویژگی‌های هیدورولیکی خاک می‌گردند.

نتایج آزمایش‌ها نشان داد که علاوه بر درجه شیب، نوع گیاه کشت شده نیز در پایداری ساختمان خاک تأثیرگذار می‌باشد (جدول ۳). به طوریکه در شیب ۵٪، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در کشت یونجه ۱/۴ برابر مقدار آن در کشت گندم (۱/۷۷ در برابر ۱/۴۲ گرم بر لیتر) و در شیب ۲۰٪، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها تحت کشت یونجه ۱/۳ برابر مقدار آن در کشت گندم (۱/۴۷ در برابر ۱/۰۹ گرم بر لیتر) به‌دست آمد. از دلایل آن می‌توان به پوشش بیش‌تر یونجه بر روی خاک نسبت به گندم اشاره کرد. در واقع پوشش گیاهی بهتر در کشت یونجه سبب حفظ ساختمان خاک در برابر ضربه مستقیم قطرات باران می‌شود و در نتیجه به حفظ پایداری ساختمان خاک کمک می‌کند.

اثر درجه شیب و نوع کشت بر میزان رسوب در رواناب و زه‌آب

اثر درجه شیب در کشت‌های مختلف بر تولید رسوب در رواناب و زه‌آب در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری (هر ۱۰ دقیقه) در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطور که در شکل ۲ مشخص است، روند تغییرات تولید رسوب در رواناب و زه‌آب متفاوت بود. به گونه‌ای که در رواناب، تولید رسوب تا حدود ۶۵ تا ۷۰ دقیقه از ابتدای بارندگی سیری صعودی داشته و بعد از آن با گذشت زمان، کاهش یافت. در حالی‌که در زه‌آب در ۱۰ دقیقه ابتدای بارندگی بیش‌ترین رسوب مشاهده شد و به تدریج بعد از گذشت زمان کاهش یافت.

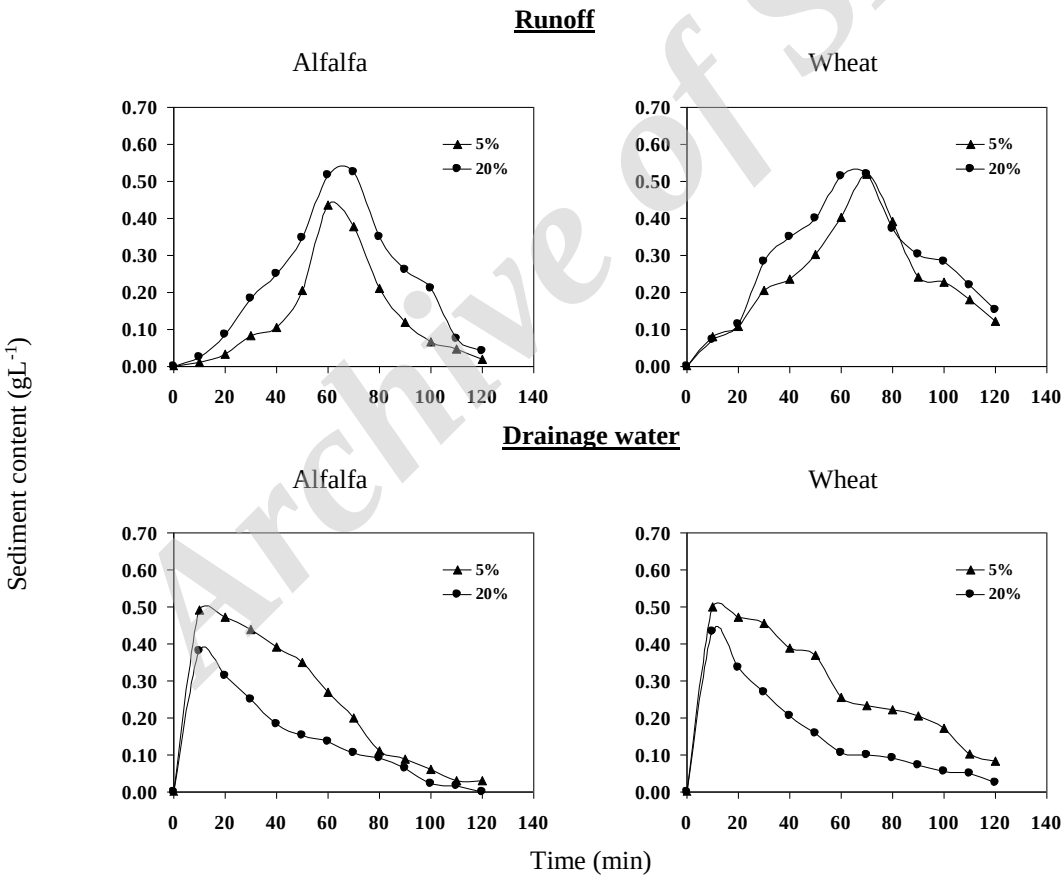
در ابتدای بارندگی چون سطح خاک خشک بوده و رطوبت کافی برای ایجاد چسبندگی در بین ذرات خاک وجود نداشته، و از طرفی نفوذپذیری خاک کم بوده (به علت خشک بودن)، ذرات خاک همراه با رواناب ایجاد شده انتقال یافتند. شواهد نشان می‌دهد چنانچه انرژی جنبشی برخورد قطرات باران بر انرژی پیوند ذرات خاک غلبه کند، قادر خواهد بود پوسته‌ای نازک از خاک را از سطح خاکدانه جدا کرده و آماده انتقال نماید (Morgan, 1995). ولی در ادامه بارندگی با مرطوب شدن خاک، فشرده شدن سطح خاک در اثر ضربه قطرات باران و همچنین پر شدن خلل و فرج سطحی خاک توسط ذرات ریز متلاشی شده و ایجاد لایه‌ای با نفوذپذیری خیلی کم در سطح خاک یا به عبارتی تشکیل سله سطحی، میزان خاک جدا شده کاهش و در نتیجه رسوب ایجاد شده نیز کاهش یافت.

Archive of SID

www.SID.ir

فانگ و همکاران (Fang *et al.*, 2015) نیز در بررسی اثر دو شدت بارندگی ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر بر ساعت در چهار شیب ۱۷/۶، ۲۶/۸، ۳۶/۴ و ۴۶/۶ درصد بر میزان فرسایش در دو خاک مختلف گزارش کردند که در هر دو خاک میزان رسوب در ابتدای بارندگی خیلی زیاد و سپس به سرعت کاهش پیدا کرد. در زه‌آب نیز با گذشت زمان و پر شدن خلل و فرج خاک، میزان رسوب تولید شده کاهش یافت. به عبارت دیگر نفوذ آب موجود در سطح خاک همراه با مواد ریز متلاشی شده در سطح خاک، سبب پر شدن خلل و فرج خاک گردیده و در نتیجه عبور ذرات خاک از این منافذ کاهش یافته است. به طور کلی رسوب ایجاد شده تحت کشت گندم بیشتر از یونجه بود (جدول ۳)، که می‌توان از دلایل آن به ایجاد پوشش سطحی بیشتر در یونجه اشاره کرد. در واقع پوشش گیاهی متراکم یونجه (نسبت به گندم) درصدی از باران را به صورت برگ‌آب نگه داشته و از برخورد مستقیم ذرات باران به خاک جلوگیری می‌کند و شرایط را برای نفوذ آهسته آب در خاک فراهم می‌نماید.

یافته‌های این پژوهش با نتایج سوییچن و همکاران (Schwen *et al.*, 2012) مبنی بر افزایش نفوذ آب در مراتع و علفزارها نسبت به گندم‌زارها و به طبع آن کاهش میزان رواناب و رسوب در این نوع کاربری‌ها هم‌خوانی دارد. همچنین زو و همکاران (Zhou *et al.*, 2008) بیان داشتند که پوشش گیاهی بیشتر یکی از عوامل مؤثر در کنترل و کاهش فرسایش می‌باشد. در هر دو کشت گندم و یونجه، میزان رسوب تولید شده در رواناب در شیب ۲۰٪ بیشتر از مقدار آن در شیب ۵٪ بود (جدول ۳).



شکل۲- مقدار رسوب در رواناب و زه‌آب (گرم در لیتر) **در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری**

Figure 2. Sediment content in runoff and drainage water (gL^{-1}) in different sampling time

به طوریکه میانگین مقدار رسوب تولید شده در شیب ۲۰٪ (میانگین کشت گندم و یونجه) در حدود ۱/۲ برابر بیشتر از شیب ۵٪ (میانگین کشت گندم و یونجه) بود (۱۲/۱۷ در برابر ۱۰/۱ گرم بر لیتر) که می‌توان آن را مرتبط با عمل باران به همراه نیروی برشی رواناب، در جهت جداسازی ذرات خاک از بستر اصلی خود دانست

Archive of SID
www.SID.ir

که در این شرایط رواناب، ذرات جدا شده را به سمت پایین شیب حمل و هدایت می‌کند (Fang *et al.*, 2015). چنگ و همکاران (Chang *et al.*, 2008) گزارش کردند که افزایش شیب، افزایش تولید رواناب و هدر رفت خاک را به دنبال خواهد داشت. باتنی و گریسمر (Battany & Grismer, 2000) نیز در مطالعه‌ای در بررسی شیب، پوشش و زبری سطحی بر رواناب نشان دادند که افزایش درصد شیب زمین در حدود ۴ تا ۱۶ درصد، تأثیر مثبت و معنی‌داری بر هدر رفت خاک دارد. روند تغییرات میزان رسوب در رواناب به صورت کشت گندم، شیب ۲۰٪> کشت یونجه، شیب ۲۰٪> کشت گندم، شیب ۵٪> کشت یونجه، شیب ۵٪ بود.

در مقابل، مقدار رسوب تولید شده در زه‌آب در هر دو کشت گندم و یونجه در شیب ۵٪ بیشتر از شیب ۲۰٪ بود. به طوریکه میانگین مقدار رسوب تولید شده در شیب ۲۰٪ (میانگین کشت گندم و یونجه) در حدود ۳۲٪ کمتر از شیب ۵٪ (میانگین کشت گندم و یونجه) بود (۵/۰۷ در برابر ۷/۴۸ گرم بر لیتر) که می‌توان آن را مرتبط با نفوذ بیشتر آب در شیب ۵٪ نسبت به شیب ۲۰٪ دانست. نتایج حاصل با یافته‌های یوآن و همکاران (Yuan *et al.*, 2001) که حاکی از افزایش نفوذ آب در خاک با کاهش شیب بود مطابقت دارد. روند تغییرات میزان رسوب در زه‌آب با آنچه در رواناب مشاهده گردید، متفاوت بود. به طوریکه میزان رسوب درکشت گندم، شیب ۵٪> کشت یونجه، شیب ۵٪> کشت گندم، شیب ۲۰٪> کشت یونجه، شیب ۲۰٪ بود.

همچنین حجم بیشتر آب خارج شده از رواناب در شیب ۲۰٪ و از زه‌آب در شیب ۵٪ تأییدی بر صحت نتایج حاصل از رسوب می‌باشد (جدول ۴).

جدول ۴- اثر نوع کشت و شیب بر حجم کل آب خروجی در رواناب و زه‌آب

Table 4. Effect of cultivation type and slope on cumulative runoff and drainage water

Cultivation type	Slope	Cumulative runoff	Cumulative drainage water
		L	L
Wheat	5%	8.49 [b]	9.52 [a]
	20%	12.63 [a]	5.27 [b]
Alfalfa	5%	6.92 [b]	10.87 [a]
	20%	12.78 [a]	4.11 [b]

در هر ستون برای هر کشت، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند از نظر آماری در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Values associated with the same letter within a column and group are statistically similar ($P < 0.05$).

همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، در شیب ۵٪ حجم زه‌آب بیشتر از رواناب در هر دو کشت گندم و یونجه بود که می‌توان آن را به دلیل نفوذ بیشتر آب در شیب‌های کمتر نسبت داد. همچنین میزان رواناب در شیب ۲۰٪ بیشتر از زه‌آب بود که نشان‌دهنده ارتباط مستقیم افزایش شیب و ایجاد رواناب می‌باشد. چاپلوت و بیزونایس (Chaplot & Le Bissonnais, 2000) نیز نیز بیان کردند که با افزایش درجه شیب میزان رواناب افزایش می‌یابد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که در شیب ۵٪ به دلیل نفوذ بیشتر آب در خاک، میزان زه‌آب خروجی بیشتر از شیب ۲۰٪ بود و افزایش شیب سبب کاهش نفوذ آب در خاک و افزایش تولید رواناب گردید. وجود پوشش گیاهی در سطح خاک در میزان رواناب و فرسایش خاک مؤثر بود. نتایج نشان داد که بیشترین میزان رسوب در رواناب در کشت گندم و در شیب ۲۰٪ مشاهده شد (۱۳۷/۲ گرم در لیتر). در حالی‌که در زه‌آب بیشترین مقدار رسوب در کشت گندم و شیب ۵٪ وجود داشت (۴۳/۷ گرم در لیتر). همچنین پوشش گیاهی به دلیل داشتن سیستم ریشه و سطح پوشش متفاوت سبب تفاوت در میزان رواناب و زه‌آب گردید. به طوری‌که در مطالعه حاضر صرفنظر از مقدار شیب، گیاه یونجه به دلیل ایجاد پوشش سطحی متراکم و متفاوت نسبت به گندم و در نتیجه کم کردن برخورد قطرات باران و سرعت برخورد آنها با خاک، سبب کاهش میزان رسوب در رواناب و زه‌آب، به ترتیب به میزان ۵۶٪ و ۵۲٪ شد که در نهایت سبب بهبود ساختمان خاک و کاهش فرسایش گردید. نتایج حاصل از آزمایش پایداری خاکدانه‌ها نیز بیانگر اثر مثبت گیاه یونجه بر حفظ و پایداری ساختمان خاک بود. اگر چه میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری نشان نداد، ولی مقدار آن در کشت یونجه (میانگین اثر شیب) در حدود ۲۹٪ بیشتر از کشت گندم بود.

Archive of SID

www.SID.ir

References

Bachmair S., Weiler M., and Nutzmann G. 2009. Controls of land use and soil structure water movement: lessons for pollutant transfer through the unsaturated zone. *Journal of Hydrology*, 369: 241-252.

Bakhshi Tiregani M., Moradi H.R., and Sadeghi S.H.R. 2011. Comparison of runoff generation and sediment yield in two land uses of range and dry farming. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 18 (2): 269-279. (In Persian)

Barley R., Roth C.H., Ludwig J., Mcjannet D., Liedloff A., Corfield J., and Abbott B. 2006. Run off and erosion from Australians tropical semi- arid rangelands influence of ground cover for differing space and time scales. *Hydrological Processes*, 20: 3317-3333.

Battany M.C., and Grismer M.E. 2000. Rainfall run off and erosion in Napa Valley vineyards: effects of slope, cover and surface roughness. *Hydrological Processes*, 14: 1289-1304.

Bodner G., leitner D., and Kaul H.P. 2014. Coarse and fine rooted plant species have distinct effect on soil pore size distribution. *Plant and Soil*, 380: 133-151.

Cey E.E., and Rudolph D.L. 2009. Field study of macropore flow processes using tension infiltration of a dye tracer in partially saturated soils. *Hydrological Processes*, 23: 1768-1779.

Chang Q. Ma W., and Cai Q. 2008. The relative importance of soil crust and slope angle in run off and soil loss: a case study in the hilly areas of the loess plateau, North China. *Geoderma*, 71(2-3): 117-125.

Chaplot V., and Le Bissonnais Y. 2000. Field measurements of interrill erosion under different slopes and plot sizes. *Earth Surface Processes and Landforms*, 25: 145-153.

Emadi M., Emadi M., Baghernejad M., Fathi H., and Saffari M. 2008. Effect of land use change on selected soil physical and chemical properties in North highlands of Iran. *Journal of Applied Sciences*, 8 (3): 496-502.

Fang H., Sun L., and Tang Z. 2015. Effects of rainfall and slope on runoff, soil erosion and rill development: an experimental study using two loess soils. *Hydrological Processes*, 29 (11): 2649-2658.

Gee G.W., and Bauder J.W. 1986. Particles size analysis. *In*: Klute A. (Ed.) Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. SSSA/ASA. Agronomy Monograph 9. 2nd Ed, pp. 383-411.

Gharabaghi B., Safadoust A., Mahboubi A.A., Mosaddeghi M.R., Unc A., Ahrens B., and Sayyad Gh. 2015. Temperature effect on the transport of bromide and *E. coli* NAR in saturated soils. *Journal of Hydrology*, 522: (2015) 418-427.

Hang J., Wu P., and Zhao X. 2013. Effect of rain fall intensity, underlying surface and slope gradient on soil infiltration under simulated rain fall experiment. *CATENA*, 104: 93-102.

Jordan A., and Martinez-Zavala L. 2008. Soil loss and runoff rates on unpaved forest roads in southern Spain after simulated rainfall. *Forest Ecology and Management*, 255: 913-919.

Kateb H.E., Zhang H., Zhang P., and Mosandl R.M. 2013. Soil erosion and surface runoff on different vegetation covers and slope gradients: A field experiment in Southern Shaanxi Province, China. *CATENA*, 105: 1-10.

Kato B.G., Girffin D.W., and Davis J.H. 2009. Groundwater quality impacts from the land application of treated municipal waste water in a large karstic spring basin: chemical and micro biological indicators. *Science of the Total Environment*, 407: 2872-2886.

Khazaei A., Mosaddeghi M.R., and Mahboubi A.A. 2008. Test conditions, and soil organic matter, clay and calcium carbonate contents' impacts on mean weight diameter and tensile strength of aggregates from some Hamadan soils. *Journal of Agricultural and Natural Resource Sciences and Technology*, 44: 123-135. (In Persian)

Klute A. 1986. Methods of Soil Analysis: Part I. Physical and Mineralogical Methods Agronomy Monograph, 2nd ed., vol. 9. ASA, WI, USA.

Kinnell P.I.A. 2005. Raindrop-impact-induced erosion processes and prediction: a review. *Hydrological Processes*, 19: 2815- 2844.

Kodesova R., Nemeceka K., Kodesab V., and Zigava A. 2011. Using dye tracer for visualization of preferential flow at macro- and micro scales. *Vadose Zone*, 11 (1).

Archive of SID

www.SID.ir

Levy G.J., Goldstein G., and Mamedov A.I. 2005. Saturated hydraulic conductivity of semiarid soil: combined effects of salinity, sodicity, and rate of wetting. *Soil Science Society of America Journal*, 69: 653-662.

Liu H., Lei T.W., Zhao I., Yuan C.P., Fan Y.T., and Qu L.Q. 2011. Effects of rainfall intensity and initial soil water content on soil infiltrability under rain fall conditions using the run off-on-out method. *Journal of Hydrology*, 396 (1-2): 24-32.

Lopez-Moreno J.T., Begueria S., and Garcia-Ruiz J.M. 2006. Trends in high flows in the central Spanish Pyrenees; response to climatic factors or to land-use change. *Hydrological Science Journal*, 51: 1039-1050.

Mohammad A.G., and Adam M.A. 2010. The impact of vegetative cover type on runoff and soil erosion under different land uses. *CATENA*, 81 (2): 97-103.

Morgan R.P.C. 1995. Soil Erosion and Conservation, Longman, London.

Neary D.G., Ice G.G., and Jackson C.R. 2009. Link ages between forest soils and water quality and quantity. *Forest Ecology and Management*, 258: 2269-2281.

Nikkami D., Arabkhedri M., and Razmjoo P. 2004. Sampling Accuracy in erosion plot tanks. *Proceedings of The Fourth International Iran & Russia Conference*, Shahrekord, Iran,pp. 1245-1250.

Nunes A.N., de Almeida A.C., and Coelho C.O.A. 2011. Impacts of land use and cover type on runoff and soil erosion in a marginal area of Portugal. *Applied Geography*, 31(2): 687-699.

Page A.L., Miller R.H., Keeney D.R. (Eds.), 1992. *In*: Klute et al, (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Methods,SSSA, Monograph, vol. 9, pp. 325-340.

Pires L.F., Reichardt K., Cooper M., Cassaro F.A.M., Dias N.P., Osny O.S., and Bacchi O.O.S. 2009. Pore system changes of damaged Brazilian oxisols and nitosols induced by wet-dry cycles as seen in 2-D micromorphologic image analysis. *Anaisda Academia Brasileira de Ciências*, 81(1): 151-161.

Ragab R., Bromley J., Roiser P., Cooper J.D., and Grash J.H.L. 2003. Experimental study of water fluxes in a residential erea: 1. Rain fall, roof run off and evaporation: the effect of slope and aspect. *Hydrological Processes*, 17: 2409-2422.

Pillai-Mc Garry U.P.P. 1991. Regeneration of soil structure. *Australian Cotton grower*, 11: 51–52.

Rhoades J.D. 1996. Salinity: electrical conductivity and total dissolved solids. In: Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnson, C.T., Sumner, M.E. (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical Methods. SSSA/ASA, Madison, Wisconsin, USA, pp. 417-436.

Safadoust A., Mosaddeghi M.R., Mahboubi A.A., and Yousefi G. 2012. Effects of weting/drying,freezing/thawing and earth worm activities on soil hydraulic properties. *Journal of Water and Soil*, 26 (2): 340-348. (In Persian)

Safadoust A., Mahboubi, A.A., Gharabaghi B., Mosaddeghi M.R., Voroney P., Unc A., and Sayyad Gh. 2011. Bacterial filtration rates in repacked and weathered soil columns. *Geoderma*, 167/168: 204-213.

Schwen A., Hernandez-Ramirez G., Lawrence-Smith E.J., Iinton S.M., Carrick S., Clothier B.E., and Buchang G. 2012. Hydraulic properties and the water conducting porosity as effect by subsurface compaction using tension infiltrometers. *Soil Science Society of America Journal*, 75(3): 822-831.

Singh M.J., and Khera K.L. 2008. Soil erodibility indices under different land uses in lower shivaliks tropical. *Journal of Ecology*, 49 (2): 113-119.

Smets T., Poesen J., Fullen M.A., and Booth C.A. 2007. Effectiveness of palm and simulated geotextiles in reducing run-off and inter-rill erosion on medium and steep slopes. *Soil Use and Management*, 23: 306-316.

Yoder R. 1936. A direct method of aggregate analysis and study of physical nature of erosion losses. *Journal of American Society of Agronomy*, 28: 337-351.

Yuan I.P., Lei T.W., Guo S.Y., and Jiang D.S. 2001. Study on spatial variation of infiltration rate for small watershed in loss plateau. *Journal of Hydraulic Engineering*, 10: 88-92.

Wu S.F., Wu P.T., Feng H., and Bu C.F. 2010. Influence of amendments on soil structure and soil loss under simulated rainfall china's loess plateau. *African Journal of Biotechnology*, 9 (37): 6116-6121.

Archive of SID

www.SID.ir

Zehetner F., and Miller W.P. 2006. Erodibility and run off-infiltration characteristics of volcanic ash soils along an altitudinal climosequence in the Ecuadorian Andes. *CATENA*, 65: 201-213.

Zhao Q., Li D., Zhuo M., Guo T., Liao Y., and Xie Z. 2015. Effects of rainfall intensity and slope gradient on erosion characteristics of the red soil slope. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 29 (2): 609-621.

Zhou P., Luukkanen O., Tokola T., and Nieminen J. 2008. Effect of vegetation cover on soil erosion in a mountainous watershed. *CATENA*, 75 (3): 319-325.

Archive of SID

www.SID.ir

Comparison of Sediment Content in Runoff and Drainage Water Under Two Different Slopes and Cultivation Types

Sanaz Ghanizadeh[1], Azadeh Safadoust[2*], Mohsen Nael[2], Golayeh Yousefi[1]

(Received: September 2016 Accepted: December 2017)

Abstract

Land cover type and slope are two dominant parameters in soil and water erosion intensity. Although many studies have been conducted to explore the effects of slope or vegetation cover on soil erosion, but the there wasn't any report regarding comparison of their effects in sediment generation in run off or derange. The objective of this study was to comparison of sediment in surface runoff and drainage water under influence of cultivation type (Alfalfa and Wheat) and slope (5% and 20%) in a sandy loam soil. The laboratory experiments were conducted using a soil box with dimensions of 100 cm long, 30 cm wide, and 25 cm deep, with one soil drainage outlet and one surface flow outlet, packed with soil in Agricultural Faculty of Bu-Ali Sina University. The result showed that intensive vegetation cover (alfalfa other than wheat) can considerably reduce the loss of soil erosion. Less sediment was observed under alfalfa cultivation compared to wheat cultivation in both runoff and drainage. The current results showed that sediment generation in runoff and drainage vary with slope; as under both alfalfa and wheat cultivations larger sediment was observed in 20% slope in runoff, whereas in drainage the higher amount was observed in 5% slope. The observation of slighter sediment after 60 minute of rainfall in runoff could attribute to the generation of a surface crust that encouraged runoff and reduced soil erosion. Although there were no significantly effects of land cover and slope on mean weight diameter, it was larger under alfalfa as a result of erosion-reducing effectiveness of plant covers.

Keywords: Mean weight diameter, Sediment, Surface crust, Vegetation cover

Archive of SID

Ghanizadeh S., Safadoust A., Nael M. and Yousefi Y. 2019. Comparison of sediment content in runoff and drainage water under two different slopes and cultivation types. *Applied Soil Research*, 6(4): 109-120.

1 . MSc. Graduate, of Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamadan
2- Assistant Professor of Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamadan
* Corresponding Author Email: safadoust@basu.ac.ir

www.SID.ir