تأثیر شیب دامنه بر خصوصیات هیدرولیکی جریان در جویچه‌های کشت دیم گندم

زهرا حقانی[۱]، علی‌رضا واعظی*[۲] و جعفر نیکبخت[۳]
[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیک و حفاظت خاک دانشگاه زنجان، [۲]دانشیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان و [۳]دانشیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان

چکیده

جویچه‌های کشت در دیمزارها همانند شیارهایی که روان‌آب می‌تواند در آن‌ها تمرکز یابد، عمل می‌کنند و موجب فرسایش شیاری می‌شوند. این پژوهش به منظور بررسی تأثیر شیب دامنه بر خصوصیات هیدرولیکی جریان در جویچه‌های کشت در دیمزارها تحت شرایط آیش انجام شد. جویچه‌های کشت در چهار دامنه با شیب‌های ۶/۱، ۱۰/۶، ۱۴/۸ و ۲۰/۷ درصد احداث شدند. جویچه‌ها به رطوبت ظرفیت مزرعه رسیده و در آن‌ها ویژگی‌های هیدرولیکی جریان با یک دبی ثابت ۲ لیتر بر دقیقه اندازه‌گیری شد. براساس نتایج، در جویچه‌های کشت، سرعت و دبی جریان با افزایش شیب، کاهش یافتند، درحالی‌که تنش برشی افزایش یافت. این نتایج با وجود بخش سنگی در توده خاک در ارتباط بود که هم نفوذپذیری و هم مقاومت خاک را در برابر جریان افزایش داد. هیچ روند مشخصی برای شعاع هیدرولیکی با افزایش شیب دامنه یافت نشد.

واژگان کلیدی: فرسایش شیاری، سرعت جریان، دبی جریان و تنش برشی

مقدمه

فرسایش شیاری یکی از اشکال مهم فرسایش آبی در اراضی شیب‌دار است. در این نوع فرسایش خاک، ذرات خاک به وسیله جریان متمرکز آب کنده شده و منتقل می‌شوند، به طوری که پس از مدتی شیارهایی در امتداد شیب نمایان می‌شود (Lei et al.,۱۹۹۸). گسترش فرسایش شیاری به شدت بارندگی، سرعت جریان آب، خصوصیات هیدرولیکی جریان، درجه و طول شیب (Li et al., ۲۰۰۶) و ویژگی‌های خاک (Romero et al., ۲۰۰۷) وابسته است. شدت بارش و شیب دو عامل مهم مؤثر بر فرسایش شیاری هستند. تندی شیب باعث افزایش سرعت جریان و نیروی برشی آن شده و مطابق با آن فرسایش نیز بیش‌تر می‌شود. از این رو شدت روان‌آب عموماً در نتیجه افزایش شیب افزایش می‌یابد (Deumlich and Völker,۲۰۰۲). فرسایش شیاری و توسعه آن به برخی از ویژگی‌های هیدرولیکی جریان در کانال همانند سرعت جریان، عدد رینولدز، عدد فرود و ضریب مقاومت دارسی- ویسباخ مرتبط است (Reichert and Norton, ۲۰۱۳; An et al., ۲۰۱۲). براساس قانون آستانه حرکت ذرات، در جریان‌های سطحی ناشی از بارش، کنش ذرات وقتی صورت می‌گیرد که تمام متغیرهای هیدرولیکی نظیر دبی جریان، قدرت آبراهه و تنش برشی بزرگ‌تر از مقادیر بحرانی آن‌ها در خاک گردند (Knapen et al., ۲۰۰۷). شروع حرکت ذرات در نتیجه وارد شدن نیروی تنش برشی جریان ناشی از باران به ذرات است (Kinnell, ۲۰۰۸). همچنان که تنش برشی بر روی دامنه‌های شیب‌دار به آهستگی افزایش می‌یابد (با در نظرگرفتن دیگر آستانه‌های هیدرولیکی جریان)، به نقطه بحرانی خواهد رسید که در آن، ذرات در جهت شیب دامنه شروع به حرکت می‌نمایند. بررسی تغییرات تنش برشی و پارامترهای هیدرولیکی جریان جزء اصول اولیه در بررسی زیر فرآیندهای فرسایش آبی و به کلامی دیگر فرسایش‌های ورقه‌ای، بین‌شیاری و شیاری است (Knapen et al.,۲۰۰۷). مطالعات اندکی بر روی تأثیر شیب دامنه بر خصوصیات هیدرولیکی جریان در شیارها انجام گرفته است. این پژوهش با هدف بررسی خصوصیات هیدرولیکی جریان شامل سرعت، دبی و تنش برشی در دامنه‌های با پوشش گیاهی ضعیف در منطقه نیمه خشک انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در چهار دامنه یکنواخت با شیب‌های ۶/۱۱، ۱۰/۵۵، ۱۴/۷۷ و ۲۰/۶۶ درصد در محدوده دانشگاه زنجان انجام شد. سطح دامنه‌ها توسط تراکتور شخم خورده و مسطح شد. در هر دامنه با استفاده از دستگاه ردیف‌کار غلات (بدون بذر) پشته‌هایی به ارتفاع ۵ سانتی‌متر و فاصله ۲۵ سانتی‌متر از یکدیگر و به طول ۶ متر در سه تکرار ایجاد شد (شکل ۱).

شکل ۱- نمایی از شیارهای ایجادشده در دامنه با شیب ۱۴/۷۷ درصد

شیارها با استفاده از گونی نخی و گذاشتن موانع از جمله سنگ و آجر در مسیر جریان آب اشباع شدند و پس از گذشت ۲۴ ساعت از زمان اشباع سازی، هر شیار به رطوبت ظرفیت مزرعه (FC) رسید. دبی اعمال شده در هر شیار، ۲ لیتر بر دقیقه بود. محیط خیسیدگی در نقاط مختلف هر شیار (سه نقطه) و عمق خیسیدگی نیز در چند نقطه از شیار تعیین شد. برای تعیین خصوصیات جریان، سرعت جریان (سرعت ماندگار)، با استفاده از ماده رنگی متیلن بلو اندازه‌گیری شد. دبی جریان که عبارت از حجم آبی که در واحد زمان از سطح مقطع جریان عبور می‌نماید (Buchanan ,۱۹۶۹)، در هر شیار در فواصل زمانی ۵ دقیقه تا زمان ۶۰ دقیقه در ظرف جمع‌آوری و توزین شد. تنش برشی جریان آب در شیار از رابطه زیر محاسبه شد (Nearing et al.,۱۹۹۱):

$$\tau = \rho g h s \qquad (۱)$$

که درآن: ρ چگالی آب ($kg.m^{-3}$)، g شتاب گرانش ($m.s^{-2}$)، h عمق جریان (m) و s درجه شیب و τ تنش برشی (pa) است.

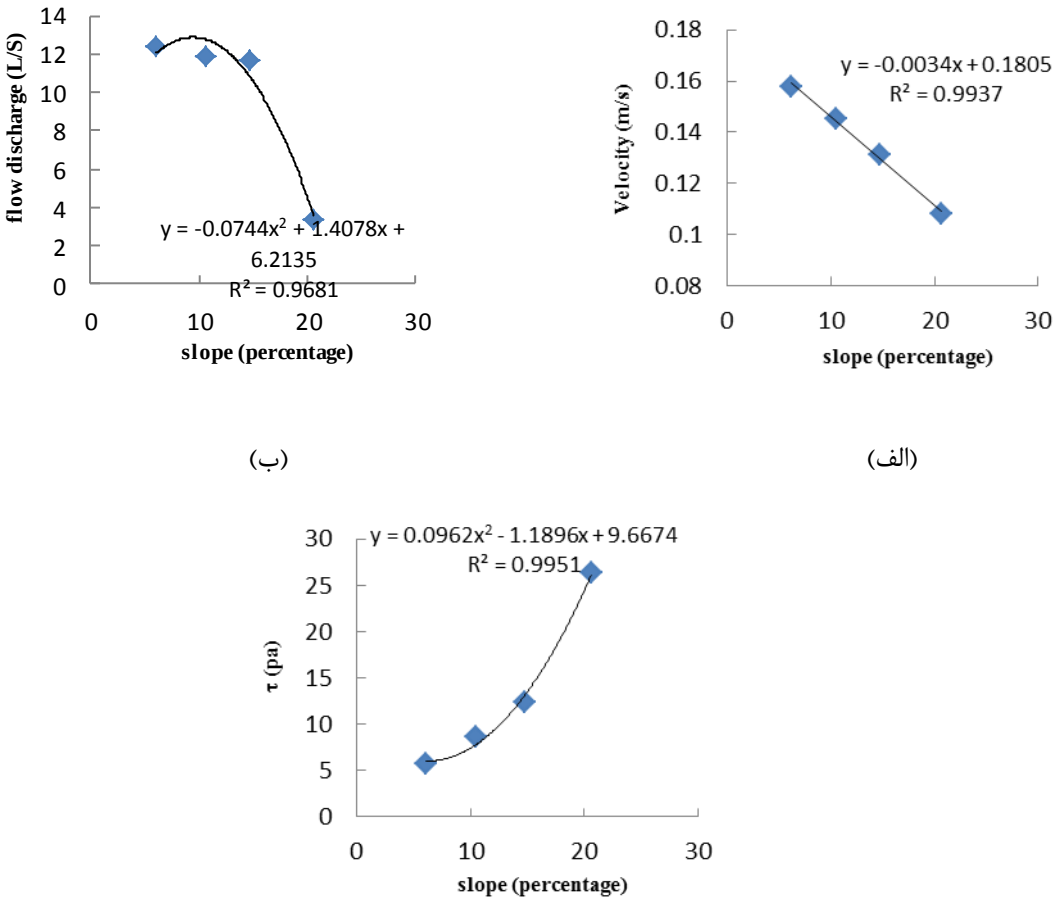
نتایج و بحث

جدول ۱ برخی از ویژگی‌های فیزیکی خاک دامنه‌های مورد بررسی را نشان می‌دهد. با توجه به توزیع اندازه ذرات در خاک دامنه‌های مورد مطالعه، خاک‌ها همگی در بافت لوم شنی قرار گرفتند و دارای مقادیر زیادی بخش سنگی (بالای ۲۰ درصد) بودند. وجود بافت درشت‌دانه و حضور مقادیر زیاد بخش سنگی، نشان‌دهنده آن است که خاک‌ها دارای وضعیت هیدرولیکی مناسب بوده و به دلیل نفوذپذیری بالا، تشکیل جریان سطحی و فرسایش خاک در آن‌ها کم‌تر رخ می‌دهد.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی خاک دامنه‌های مورد بررسی

شیب دامنه (٪)	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	بخش سنگی (٪)
۶/۱۱	۱۲/۵	۲۸/۹۵	۵۸/۵۵	۲۲/۰۸
۱۰/۵۵	۱۶/۲۵	۲۸	۵۵/۷۵	۴۰/۲۹
۱۴/۷۷	۱۶/۲۵	۲۷/۹۲۵	۵۵/۸۲۵	۴۰/۵۵
۲۰/۶۶	۱۵	۲۵/۹	۵۹/۱	۵۳/۵۴

روابط بین شیب دامنه و خصوصیات هیدرولیکی جریان با تحلیل توابع خطی، لگاریتمی، توانی، نمایی و پلی نومیال رسم گردید و مناسب‌ترین معادله بر مبنای بالاترین ضریب تبیین (R^2) انتخاب شد (شکل ۲) و برای این منظور از نرم افزار Excel نسخه ۲۰۱۰ استفاده شد.



(ب) (الف)

(ج)

شکل ۲- رابطه بین شیب و سرعت جریان (الف) و دبی جریان (ب) و تنش برشی (ج)

با توجه به شکل ۲ (الف و ب) مشاهده شد که با افزایش شیب دامنه، سرعت و دبی جریان روند نزولی بـه خـود گرفتنـد، که این روند نزولی می‌تواند به این علت باشد که بخش اعظمی از دامنه‌ها، با توجه به ویژگی‌های فیزیکی ذکر شده در جدول ۱

دارای بخش سنگی بوده‌اند. در واقع مقادیر زیاد بخش سنگی به صورت موانعی در برابر جریان آب عمل کرده و اثر تندی شیب را خنثی کرده است. از سوی دیگر بافت سنگی و سبک نشان‌دهنده هدایت هیدرولیکی و نفوذپذیری بالای خاک است که موجب کاهش تولید جریان (دبی) می‌شود. خاک‌های حاوی سنگ و سنگریزه می‌تواند تأثیرات متنوع و مستمری بر ویژگی فیزیکی خاک، ویژگی‌های هیدرولوژیکی روان‌آب و میزان فرسایش داشته باشند (Wang et al.,۲۰۱۲). پوشش سنگریزه سطحی، بر هیدرولیک جریان‌های سطحی مؤثر بوده و با استقرار آن در سطح خاک خصوصیات هیدرولیکی جریان تغییر می کند (Agassi and Levy.,۱۹۹۱ ; Poesen and Lavee.,۱۹۹۴). هم‌چنین Rieke-Zapp و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که پوشش سنگریزه سطحی، زبری و اصطکاک سطح خاک را افزایش و سرعت جریان سطحی را کاهش می‌دهد. نتایج حاصل از رابطه شیب و دبی جریان در این پژوهش بر خلاف نتایج Zhao و همکاران (۲۰۱۴) بود که گزارش کردند که با افزایش درجه شیب، تولید روان‌آب افزایش می‌یابد. با توجه به شکل ۲ (ج) مشاهده شد که با افزایش شیب دامنه، تنش برشی افزایش یافت و دلیل آن افزایش شیب دامنه‌ها بود. Poesen و همکاران (۱۹۹۰) و Tailong و همکاران (۲۰۱۰) به ترتیب در مطالعات آزمایشگاهی و صحرایی گزارش کردند که پوشش سنگریزه سطحی به دلیل کاهش دادن سرعت جریان و افزایش عمق آب، زبری سطح خاک و تنش برشی جریان را افزایش می‌دهد. نتایج پژوهش کلبعلی و همکاران (۱۳۹۶) بر روی تأثیر پوشش سنگریزه سطحی بر ویژگی‌های هیدرولیکی جریان‌های سطحی نشان داد که سرعت جریان با افزایش پوشش سنگریزه سطحی از صفر به ۳۰ درصد به صورت نمایی کاهش و عمق جریان، ضریب زبری مانینگ و تنش برشی جریان به صورت خطی افزایش یافت.

منابع

کلبعلی، س.، قربانی دشتکی، ش.، نادری، م. و میرزایی، س. ۱۳۹۶. تأثیر پوشش سنگریزه سطحی بر ویژگی‌های هیدرولیکی جریان‌های سطحی و آستانه تشکیل شیار با شبیه‌سازی روان‌آب در شرایط صحرایی. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۳۱ ، شماره ۱، صفحه‌های ۷۵-۸۵.

Agassi M., and Levy G.J. 1991. Stone-cover and rain intensity: effects on infiltration, erosion and water splash. Aust. Journal of Soil Research, 29: 565–575

An, J., Zheng, F.L., Lu, J., Li, G.F. 2012. Investigating the role of raindrop impact on hydrodynamic mechanism of soil erosion under simulated rainfall conditions. Soil Science 177, 517–526.

Buchanan, T.J. and Somers, W.P. 1969. Discharge Measurements at Gaging Stations: U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, Book 3, Chapter A8, p. 1.

Deumlich, D., and Völker, L. 2002. Sediment and nutrient loadings due to soil erosion in rivers: Example: The Odra catchment. Germany, Institute for Soil Landscape Research, 12p.

Knapen, A. J. Poesen, Govers, G. Gyssels, G. and Nachtergaele. J. 2007. Resistance of soils to concentrated flow erosion: A review, Journal of Earth-Science Reviews 80, 75– 109.

Kinnell, P.I.A., 2008 a. Raindrop-impactindused erosion processes and prediction: A review. Hydrology Process. Vol. 19. pp. 2815-2844.

Lei, T.W, Nearing, M.A, Haghighi, K., and Bralts, V.F. 1998. Rill erosion and morphological evolution: A simulation model.Water Resource Research 34, 3157-3168.

Li, M., Zhan-bin,L., Dingd, W.L., and Yaoa, W.2006. Using rare earth element tracers and neutron activation analysis to study rill erosion process. Applied Radiation and Isotopes 64, 402–408.

Nearing, M.A., Bradford, J.M., Parker, S.C. 1991. Soil detachment by shallow flow at low slopes. Soil Science. Society of America Journal 55, 339–344.

Poesen J., Ingelmo-Sanchez F., and Mucher H. 1990. The hydrological response of soil surfaces to rainfall as affected by cover and position of rock fragments in the top layer. Earth Surface. Process Landform, 15: 653-671.

Poesen J., and Lavee H. 1994. Rock fragments in top soils: significance and processes. Catena, 23: 1-28. Rieke-Zapp D., Poesen J., and Nearing M.A. 2007. Effects of rock fragments incorporated in the soil matrix on concentrated flow hydraulics and erosion. Earth Surface. Process Landform, 32: 1063–1076.

Romero, C.C., Stroosnijder, L., and Guillermo, A.B. 2007. Interrill and rill erodibility in the northern Andean Highlands. Catena 70, 105–113.

Reichert, J.M., Norton, L.D. 2013. Rill and interrill erodibility and sediment characteristics of clayey Australian Vertosols and a Ferrosol. Soil Resource 51, 1–9.

Tailong G., Quanjiu W.D., and Li J.Z. 2010. Effect of surface stone cover on sediment and solute transport on the slope of fallow land in the semi-arid loess region of northwestern China. Soils Sediments, 10: 1200-1208.

Wang X., Li Z., Cai C., Shi Z., Xu Q., Fu Z., and Guo Z. 2012. Effects of rock fragment cover on hydrological response and soil loss from Regosols in a semi-humid environment in South-West China. Geomorphology, 151-152: 234–242.

Zhao L., Liang X. and Wu F. 2014. Soil surface roughness change and its effect on runoff and erosion on the Loess Plateau of China. Journal of Arid Land, 6(4): 400-409.

Effect of hill slope gradient on flow hydraulic characteristics in the cultivation furrows in a wheat rain fed land

Z. Haghani[a], A. R. Vaezi[b*] and J. Nikbakht[c]

[a]Former M.Sc. student, Dept. of Soil Sciences, Zanjan University, Iran [b]Assistant Prof., Dept. of Soil Sciences, Zanjan University and [c]Assistant Prof.,Dept. of water Sciences, Zanjan University, Iran

Abstract

Cultivation furrows in the rain fed lands act as the rills that runoff can concentrate in them and causes rill erosion. This study was conducted to investigate the effect of hill slope gradient on flow hydraulic characteristics in the cultivation furrows in a rain fed land under fallow conditions. Cultivation furrows were installed in four hill slopes with 6.1, 10.6, 14.8 and 20.7% slope steepness. The farrows were reached to field capacity and flow hydraulic characteristics were determined in them using a constant flow discharge of 2 lit min. Based on the results, flow velocity and discharge decreased with increasing slope steepness, while shear stress increased in the furrows. These results were associated with the presence of rock fragment in the soil matrix which increased both soil permeability and soil resistance to runoff flow. There was no obvious trend for hydraulic radius with increasing slope steepness.

Keywords: Rill Erosion, Flow velocity, Flow discharge and Shear stress