Archive of SID

پژوهش های آبخیزداری شماره ۸۷، تابستان ۱۳۸۹
(پژوهش و سازندگی)

تعیین آستانه های هیدرولیک جریان برای شروع فرسایش خندقی با استفاده از شبیه سازی جریان

• **حسن احمدی، محمد جعفری**، استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
• **علی اکبر نظری سامانی**، استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران (نویسنده مسئول)
• **جمال قدوسی**، استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری
• **عبدالعلی عادل‌پور**، استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس
تاریخ دریافت: آذر ماه ۱۳۸۷ تاریخ پذیرش:مرداد ماه ۱۳۸۸
تلفن تماس: ۰۲۶۱-۲۲۴۹۳۱۳
Email: aknazari@ut.ac.ir

چکیده

خندق ها ،اشکال پیشرفته فرسایش تشدید شونده می‌باشند که دراثر عوامل مختلف ایجاد می شوند. از طرف دیگر فرسایش خندقی یک پدیده ژئومرفیک آستانه‌ای است و توسط دامنه وسیعی از عوامل محیطی کنترل می‌شود. بیشتر محققین در زمینه هیدرولیک جریان اقدام به استفاده از معیارهای مختلف اعم از: عدد فرود بحرانی، سرعت برشی و تنش برشی بحرانی نموده‌اند. در تحقیق جاری با استفاده از شبیه سازی فیزیکی جریان در یک پلات فرسایش (به ابعاد ۱۵ × ۰/۴ و ارتفاع ۰/۵ متر) و در سه کاربری دیمزار، مرتع و دیمزار رهاشده (با شرایط خاک مشابه)، تاثیر وضعیت سطح زمین و نوع پوشش بر آستانه فرسایش و شروع فرسایش خندقی از طریق اندازه تنش برشی بحرانی بررسی شد.

نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که تنش برشی بحرانی برای شروع فرسایش در اراضی مرتعی، دیمزار و متروکه برابر ۸۳، ۱۱ و ۷۴ دین بر سانتی‌متر مربع است. در دبی های متوسط و بالا در فلوم مقدار تلاطم در اراضی مرتعی کمتر از اراضی دیمزار و متروک بود.

متوسط تنش برشی لازم برای برای ایجاد بالاکند دراراضی مرتعی، متروکه و دیمزاربه ترتیب ۱۹۲، ۴۳ و ۱۷۴ دین بر سانتی‌متر مربع محاسبه گردید. تفاوت قابل ملاحظه (۴-۳ برابر) بین کاربری دیمزار با کاربری‌های مرتع و اراضی رها شده وجود داشته و علت اصلی آن به وضعیت پوشش حفاظتی سطح خاک مرتبط می‌باشد. تغییرات ناگهانی در پارامترهای هیدرولیک محاسبه شده اراضی دیمزار نسبت به سایر اراضی نشان دهنده اثر عملیات خاکورزی در کاهش مقاومت خاکدانه‌ها و ساختمان خاک است. با توجه به اینکه در بیشتر مدل‌های فیزیکی- پایه فرسایش و رسوب مقدار تنش برشی بحرانی برابر ۳۵ دین بر سانتی‌متر مربع در نظر گرفته می‌شود برای فرسایش و کنش سطحی خاک این مقدار در بیشتر مواقع تناسب داشته اما برای مطالعات فرسایش خندقی و آبراهه‌ای برآورد غیر واقعی خواهد داشت.

کلمات کلیدی: فرسایش خندقی، تنش برشی، فلوم، آستانه هیدرولیک، عدد فرود، بوشهر

www.SID.ir

Archive of SID

Watershed Management Researches Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 87 pp: 42-51

Determining hydraulic threshold conditions for gully initiation based on flow simulation

By: H. Ahmadi, M. Jafar, professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran,
A. Nazari Samani, Assistant professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, (Corresponding Author; Tel:+980261-2249313), J. Ghodduosi, Assistant Professor in Research, Soil Conservation and Watershed Management Research Center and A. Adelpour, Assistant Professor in Research, Agricultural and Natural Resources Research center of Fars Province

Gully erosion is one of the developed features of accelerated soil erosion which is known as a geomorphic threshold phenomenon and controlled by different environment factors. The main terms of these thresholds consist of: rainfall, hydraulic, pedology, landuse, topography and lithology. Most of researchers have used different criteria such as: shear stress, shear velocity, stream power and critical Froude number for investigation hydraulic threshold of rill and gully initiation. The most process based models for soil erosion prediction have used the 3.5 Pa for critical shear stress and consequently to assess their results it is necessary to having knowledge about hydraulic thresholds and effective factors on it in order to prevent over estimation. In this research an experimental flume was used to simulation flow in three landuse, dryfarming, range and abounded area, to investigate effects of land surface conditions on erosion and gully initiation.

Results indicate that critical shear stress for soil erosion in rangeland; dryfarming and abandoned land are 83, 11 and 74 dyne/Cm2 respectively. In comparison to dryfarming in rangeland short vegetation cover causes to decrease the effect of ground cover on flow regime. However because of submergence condition during high discharge this effect was diminished in former landuse and incr4ease up to 25000. In addition in mean discharge the turbulence of flow in rangeland is less than other landuse which can be linked to effect of microtopography features in dryfarming area.

Mean threshold shear stress for step initiation was calculated 192, 43 and 72 for range, dryfarming and abandoned area respectively. The main reason to explain this dramatic (3-4 times) variations is vegetation cover of soil surface. In fact this remarked decrease in dry farming land is related to effect of tillage practices on soil susceptibility and aggregate strength. Based on obtained results it can be drawn that using value of 35 dyne/Cm2 as critical shear stress in some process based models of erosion prediction is acceptable for sheet and rill erosion while for gully erosion these models are subject to serious uncertainty and unreliable estimation.

Keywords: Erosion, Gully, Shear stress, Flume, Hydraulic threshold, Froude Number, Boushehr.

مقدمه

تاثیـر مجموعـه عوامل موثر بیرونی بر فرسـایش خاک نه تنها سـبب تاثیر بر ویژگی‌های خاک بلکه سبب تغییر در شکل ظاهری سطح زمین می‌شود. تخریب خاک توسط برخورد قطرات باران و پیامدهای حاصل از آن بر خاکدانه‌ها (کوبش ، جدایش ، انتشار و هیدرولیزکانی‌های حساس) در بالادست دامنه ها شروع می شـود و به تدریج با ازدیاد رواناب (عمق، سرعت و تلاطم) به سمت پایین دامنه در یک فاصله مشـخص که جریان هورتونی شـروع و توانایی حمل ذرات خاک را می‌یابد سبب ایجاد آثار کنش حاصل از تمرکز جریان می شود (۴ ؛ ۱ و ۱۰). در تمام سیسـتم‌های طبقه‌بندی فرسـایش آبی و آثار حاصل از جریان متمرکز سه شکل شیار، آبراهه و خندق به عنوان عناصر پایه و ثابت به شمار می‌آیند، به طوریکه توسعه شیار به آبراهه و خندق را معلول ازدیاد عمق رواناب و فرآیندهای مرتبـط با آن دانسـته اند (۱ ،۲و ۱۰). از سـوی دیگر بررسـی تغییرات مکانی فرسـایش حاصل از جریان متمرکز حاکی از آن اسـت که تغییر جریان سطحی به جریان متمرکز و ایجاد شـیار نمایانگر تغییرات اساسی در شرایط هیدرولیک جریان در فاصله مکانی کوتاهی اسـت (۱۸). به بیـان دیگر برای تبدیل جریان سـطحی به جریان متمرکز با قابلیت ایجاد خندق چهار مرحله (جریان سطحی غیر متمرکز، جریان سطحی با تمرکز در خطوط بسیار ریز، ریز کانال بدون راس و ریز کانال دارای راس مشـخص) باید طی شود و در طی این مراحل عدد فرود (رژیـم جریان) از حالت زیربحرانی (۰/۸) به فـوق بحرانی (۱/۲) افزایش می‌یابد (Torri و همـکاران،۱۹۸۷؛ Bryon & Slattery، ۱۹۹۲ بـه نقـل از ۱۰). در واقع خندق ها، اشـکال پیشـرفته فرسایش تشدید شـونده هستند که دراثر عوامل مختلف ایجاد می شوند. مهمترین علائم مشخص این پدیده وجود بریدگی عمودی در را□س خندق به همراه شـیب تند و کمی محدب آن است که باعث گسترش و تشدید خاک فرسایش یافته توسط آنها به می گردد (۱).

در زمینه ایجاد و شروع بالاکند سه فرایند عمده: عمق راواناب سطحی، پایپینگ و حرکات توده‌ای نقشـه عمده ای به خود اختصاص می‌دهند (۱۱). در شرایطی که ایجاد بالا کند توسط رواناب سطحی انجام بپذیرد براساس نظریه هورتون باید از یک سـو انرژی هرز آب از مقدار مقاومت ذرات خاک بیشـتر بشود و از سوی

www.SID.ir

Archive of SID

دیگر تداوم آن به حدی باشد تا حالت چاله مانند در سطح زمین ایجاد و بالاکند نمایان بشـود. از طرف دیگر فرسـایش خندقی یک پدیده ژئومرفیک آستانه‌ای اسـت و توسـط دامنه وسیعی از عوامل محیطی کنترل می‌شـود. به بیان دیگر فرایندهای موثر و رخداد آن تنها زمانی اتفاق می‌افتد که شرایط مختلف از جمله هیدرولیک جریان، توپوگرافی محل، نوع بارش، خاک و کاربری از آن حد آستانه (حداقل) گذشته باشد (۱۲، ۲۰). آستانه‌های فرسایش خندقی در قالب مفاهیم بارندگی، هیدورلیک جریان، توپوگرافی، خاک، سنگ‌شناسـی و کاربری اراضی قابل طرح می‌باشند.

بیشتر محققین در زمینه هیدرولیک جریان اقدام به استفاده از معیارهای مختلف اعم از:۱) فاصله بحرانی کمربند بدون فرسایش هورتون (۱۸)، ۲) شیب بحرانی، عدد فرود بحرانی (Frcr) (۱۷)، ۳) سرعت برشی بحرانی ( ) (۷)، ۴) تنش برشی بحرانـی ( ) (۱۵) و ۵) تـوان جریان بحرانی ( ) (Nearing و همکاران، ۱۹۹۷؛ Bagnold، ۱۹۹۷) نموده‌اند (نقل از ۱۰). همچنین اغلب مطالعات انجام شده در چند دهه گذشته به صورت فلوم‌های آزمایشگاهی و چه پلات‌های صحرایی در رابطه با فرسایش شیاری انجام پذیرفته و در مورد پدیده ایجاد و گسترش خندق اطلاعات بسیار کمتری در دسترس می‌باشد (۱۲).

در بیـن عوامل مختلف هیدرولیک جریان دو معیار تنش برشـی و توان جریان بسـیار مورد اسـتفاده قرار گرفته‌اند. کاربرد سـرعت آسـتانه برشی برای شروع فرسـایش شیاری اولین با توسـطGovers (۱۹۸۵) به کار برده شد و براساس یافته‌های فلوم آزمایشـگاهی این مقدار را برابر ۳/cm/s۲ برای خاک‌های لسـی بدسـت آورد (۱۰). علی‌رغم اینکه توان جریان در بررسـی رودخانه‌ای بسـیار مفید است، اما به دلیل متفاوت بودن فرایندهای مختلف حاکم در روی دامنه‌ها، نظر متخصصین فرسایش نسـبت به هیدرولیک رسوب بیشتر متمرکز بر تنش برشی بحرانی است (۱۵). شیلدز در دهه‌ی ۱۹۳۰ با انجام آزمایش‌های بسیار و ارایه دیاگرام مربوطه تنش برشـی آسـتانه برای ورود ذرات سیلت و ماسه ریز تا متوسط را pa۱ محاسبه نمود. اما مقدار تنش برشی برای ایجاد شیار در شرایط طبیعی و روی دامنه‌ها با خاک‌های چسبنده و اشباع تا حد pa ۱۰ و در شرایط آزمایشگاهی تا حد pa۴ اندازه گیری شده است (۱۲).

در تحقیقـات انجام شـده توسـط Prosser وهمـکاران در اراضی گراسـلند سرانفرانسیسکو، متوسط تنش برشی برای ایجاد کنش سطحی بین ۱۰۰ تا ۱۸۰ پاسـکال می‌باشـد. علاوه براین با قطع ۵۰ درصد از پوشش گیاهی میزان تنش آسـتانه نصف و با قطع کامل گیاهان ولی ماندن ریشه‌ها ۱۱ تا ۳۸ درصد مقدار اولیه اسـت (۱۵). بنابراین محققین اعلام نمودند که به دلیل به وجود سیسـتم ریشـه متراکم در گراسلندها حتی با برداشت پوشش زیاد و چرای زیاد زمین در برابر فرسایش خندقی مقاومت مناسبی از خود نشان می‌دهد.

در ایران عادل پور (۱۳۸۳) با مبنا قراردادن تحقیقات Prosser وهمکاران اقدام به سـاخت یک پلات (فلوم) صحرایی به طول ۱۵ متر و عرض ۳۰ سانتی‌متر از طریـق ایجاد یک جریان ماندگار غیریکنواخـت و پژگی‌های هیدرولیک جریان برای فرسایش کانالی و ایجاد بالاکند کوچک را بررسی نمود. ایشان اندازه تنش بحرانی برای شـروع فرسایش در مراتع خوب و ضعیف را به ترتیب برابر با ۳۸/۶ و ۲۴/۸ دین بر سانتی‌متر مربع محاسبه نمود (۳). همچنین در یک تنش برشی احتمال ایجاد سرخندق در اراضی متروک (فاقد پوشش) بیشتر است و با افزایش تنش برشی شدت ایجاد سرکانال در این اراضی (متروک) بیشتر از اراضی مرتعی خواهد بود.

از آنجاییکه در بیشتر مدل های فرسایش از جمله WEPP مقدار تنش برشی آستانه برابر ۳/۵ پاسکال لحاظ شده است. بنابراین لزوم بررسی آستانه هیدرولیک جریان و عوامل محیطی موثر بر آن برای استفاده در برنامه ریزی کاربری اراضی و همچنی ارزیابی مدل های فرسـایش از اهمیت بالایی بر خوردار اسـت؛ تا از مقدار بیش یا کم برآورد انها جلوگیری شود. هدف از این بررسی تعیین میزان و نحوه تأثیر عامل کاربری اراضی روی شرایط جریان (وضعیت، نوع و تنش برشی بحرانی) و ایجاد فرسایش خندقی است.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی

این تحقیق درمنطقه سمل واقع در حوزه آبخیز دره کره در استان بوشهر انجام پذیرفت. منطقه دارای اقلیم بیابانی با متوسـط دمای سالانه ۱۴ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالانه ۲۰۰ میلی‌متر است. سازندهای موجود در منطقه شـامل گروه فارس (آغاجاری و میشـان) در قسـمت ارتفاعات و کنگلومرای بختیاری در محدوده دشـت است. فرسایش خندقی و بدلندها به عنوان دو فرایند مخرب و تاثیرگذار روی شـکل زمین در این منطقه بشـمار می‌آیند و غالباً بر روی سازندهای زمین شناسی کواترنر و شیب زیر ۲۰ درصد قرار دارند.

روش تحقیق

برای انجام شـبیه سـازی از یک پلات فرسـایش به ابعاد ۱۵ در ۰/۴ متر و ارتفاع ۰/۵ برای ایجاد یک جریان ماندگار و غیریکنواخت بهره گرفته شد. در طی آزمایش پارامترهای هیدرولیک جریان در محدوده ۹ متر میانی پلات اندازه‌گیری شدند (شکل ۱).

به دلیل محدودیت وجود آب، وجود اراضی دسـت نخورده و وجود خندق، سـه کاربری اراضی شـامل دیمزار، مرتع و دیمزار رها شـده با ویژگی های زیر انتخاب شد:

- اراضی مرتعی: فاقد سنگریزه سطحی و دارای پوشش یکنواخت از گلسنگ در تمام سطح خاک، گراس‌ها (۵٪) St. Cap. St. Arab.و لاشبرگ کم (۱٪)

- اراضـی دیم زار: پوشـش گیاهـی گراس‌هـا ((Br. tec, Ho. و فورب‌ها (۴۰٪) (Ch. Ab., As. Sp.,) فاقد سنگریزه سطحی و وجود بقایایی کاه و کلش سال قبل.درصد تاج پوشش این کاربری از اراضی مرتعی بیشتر است و علت آن به دلیل انجام عملیات کشاورزی و وجود رطوبت به همراه شیب پایین و استقرار گیاهان خودرو و علف هرز می باشد.

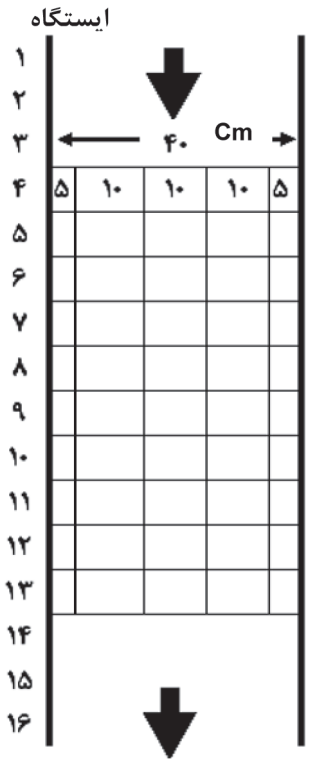
- اراضی رها شـده: این اراضی به مدت ۷ سـال از رها شـدن آن گذشـته اسـت. پوشش گیاهی آن یکساله (۵۰٪) (Agi.) ,Ma.Sp., Fu.sp.,Br. tec. spمتشـکل از گراس‌ها و فورب‌ها، سـنگریزه کم (۱٪) و لاشبرگ(۳٪). هر سه کاربری اراضی بر روی سـازند کواترنر با شـرایط خاک سطحی مشابهه (با بافت لومی –شنی) قرار دارند .

نحوه انجام آزمایش و اندازه‌گیری پارامتری‌های جریان:

دیواره‌های فلوم متشـکل از ورق‌های آهـن رنگ خورده و طول ۳ متر بوده اسـت. برای جلوگیری از دسـت خوردگی خاک با نیروی فشـاری تا عمق ۱۰ سـانتی‌متر در خاک کوبیده شدند و توسـط ملات گچ و سیمان و خاک دستی برای جلوگیری از هر گونه تراوش دیواره پشتی آن عایق بندی شد. سپس سطح داخلی فلوم از خار و خاشـاک خالی شده و برای تعیین میزان شیب با دقت بالا

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۱- شماتیک پلات فرسایشی و نحوه توزیع ایستگاه های اندازه گیری در میانه آن

پروفیل طولی آن بوسیله نقشه برداری برداشت گردید پس از نصب پلات، و تعبیه سایر ملزومت اعم از مخزن آب، حوضچه آرامش و پارشال فلوم در ابتدا و انتهای پلات. آزمایش با دبی های کم (۰/۷۵ لیتر در ثانیه) شروع شده و تا مشاهده بالاکند ادامه یافت. ضمناً در طی هر آزمایش پارامترهای جریان از جمله دبی جریان، عمق جریان، نمونه‌های رسوب و سرعت سطحی آب به طور مستقیم اندازه‌گیری شد. این پارامترها به ترتیب توسط ارتفاع آب پارشال فلوم‌ها، خط کش استیل فلزی با دقت نیم میلی‌متر، نمونه برداری از آب در انتهای فلوم و استفاده ار پرمنگنات پتاسیم و رنگ سنجی بصری آب اندازه گیری شد. ویژگی های عمق جریان در محدوده ۹ متری وسط فلوم به صورت مقاطع با فاصله یک متر و در هر مقطع در چهار نقطه ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰ سانتی‌متر از دیواره جانبی فلوم انجام پذیرفت تا اثر زبری حاصل از دیواره مد نظر نباشد. بر این اساس یک شبکه فرضی متشکل از ۳۶×۹ نقطه در هر آزمایش اندازه‌گیری شد تا همواره خطاهای خواندن یکسان باشد. نمونه‌برداری رسوب نیز در فواصل زمانی ۱، ۲، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دقیقه از زمان شروع در انتهای فلوم انجام پذیرفت.

سایر پارامترهای جریان و ویژگی‌های هیدرولیک جریان با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند:

الف: سرعت متوسط جریان: از طریق معادله پیوستگی جریان

$$V = \frac{Q}{A} \qquad (۳)$$

ب: برای بررسی درجه تلاطم و حالت جریان: عدد رینولدز (رابطه ۴) و عدد فرود (رابطه ۵)

$$\mathrm{R} = \frac{U.d}{\upsilon} \qquad (۴)$$

$$F = \frac{U}{\sqrt{g}} \qquad (۵)$$

ج : تنش برش جریان در هر مقطع

$$\tau = \gamma.R.S \qquad (۶)$$

د : میزان توانایی جریان در جدایش مواد: (۷)

$$D_r = \frac{C_V.Q.t}{۵ \times ۰/۴} \qquad (۷)$$

نمادهای بکار برده شده در روابط بالا عبارتند از:

Q : دبی جریان، A: سطح مقطع جریان در هر ایستگاه، U: سرعت جریان، d: عمق متوسط، : لزجت سیماتیک آب ( )،F: عدد فرود، g : شتاب ثقل و y: عمق متوسط جریان، γوزن مخصوص (S ،(ρg: شیب سطح آب، R شعاع هیدرولیک، Cv غلظت وزنی رسوب و T: زمان آزمایش.

آستانه انجام کنش و شروع حمل توسط جریان بر مبنای رابطه Foster (۱۹۸۲) مطابق زیر محاسبه شد (۹):

$$D_c = K\ (\tau - \tau_e)^b \qquad (۸)$$

که در آن Dc میزان ظرفیت کنش جریان (کیلوگرم بر متر مربع در ثانیه ۱-۲S-g m) ، Kc:: فرسایش پذیری خاک در برابر جریان سطحی (Sm-۱) ، τ: تنش برش متوسط بر اساس Pa و τ_{cr} تنش برشی بحرانی. پارامترهای b و K_c ضرایب تجربی هستند (معمولا b=۱). با احتساب مقدار یک برایb رابطه (۸) حالت خطی به خود می‌گیرد و قابل تبدیل به رابطه (۹) خواهد بود (۱۳) .

$$D_r = K_c\tau + b \qquad (۹)$$

با رسم نمودار مقدار جدایش (Dr) در برابر تنش برشی و برازش یک رابطه خطی بر این نقاط معادله‌ای بدست می‌آید که شیب این معادله برابر Kc یا حساسیت خاک در برابر فرسایش تمرکز جریان و مقدار پارامتر تنش برشی آستانه حمل و کنش ` (τ cr) مطابق رابطه (۱۰) قابل محاسبه است.

$$\tau_e = \frac{-b}{K_c} \qquad (۱۰)$$

با محاسبه مقدار b از رابطه (۱۰) و جایگزینی آن در رابطه (۹) رابطه (۸) بدست خواهد آمد.

برای محاسبه تنش برشی آستانه ایجاد بالا کند پس از انجام هر آزمایش سطح پلات به طور دقیق مورد بازبینی چشمی و عکس برداری قرار گرفت. درهر زمان که در طول فلوم آثار پله کانی یا بالاکند به ارتفاع حداقل ۳ سانتی متر مشاهده شد ویژگی‌های مرفولوژی آن و فاصله آن از ابتدای فلوم اندازه‌گیری شد.

www.SID.ir

Archive of SID

حداقل مشاهده اثر یک چاله و یا بالاکند می‌تواند به عنوان نشانه‌ای برای آستانه ایجاد خندق و شروع آن به شمار آید (۱۵؛۳).

نتایج

- تأثیر کاربری بر وضعیت و نوع جریان:

همانطور که قبلا ذکر شد برای بررسی وضعیت و نوع جریان به ترتیب از دو معیار عدد رینولدز (Re) و عدد فرود (Fr) استفاده شد. جدول (۱) بیانگر نایج این دو شاخص در تمام آزمایش ها است.

جدول ۱- نتایج مربوط به وضعیت و نوع جریان در آزمایش‌های مختلف

نوع کاربری	دبی $lits^{-1}$	عمق متوسط جریان (mm)	عدد فرود	عدد رینولدز
مرتع	۲	۱۳	۱/۱۱	۵۰۳۷
	۳/۹	۱۷	۱/۴۶	۹۸۶۰
	۶/۳۷	۲۳	۱/۴۶	۱۶۱۹۰
	۹/۲	۲۸	۱/۶۱	۲۴۱۷۸
دیمزار	۰/۷۵	۵۰	۰/۰۵	۱۸۳۴
	۱/۲۱	۶۲	۰/۰۶	۳۰۶۵
	۳/۵	۹۵	۰/۱	۸۸۱۷
	۴/۱	۱۰۱	۰/۱	۱۰۳۶۱
	۵/۷	۱۲۹	۰/۱	۱۴۳۹۱
	۸/۲	۱۶۵	۰/۱	۲۰۷۵۷
	۱۰	۱۷۰	۰/۱۱	۲۴۹۶۹
دیمزار	۱/۵	۱۵	۰/۶۹	۳۹۱۳
	۲/۹	۲۲	۰/۷۲	۷۲۹۹
	۴/۳	۳۱	۰/۶۴	۱۰۹۳۷
	۵	۳۴	۰/۶۵	۱۲۷۵۶
	۷/۲	۴۱	۰/۶۷	۱۸۲۸۹

بر اساس نتایج وضعیت جریان در تمام آزمایش‌ها از نوع متلاطم (۲۰۰۰ Re) بوده است. در اراضی مرتعی به دلیل کوتاهی پوشش سطح زمین (گراس‌های و پوسته‌های بیولوژیک از قبیل خزه و گلسنگ)، کمتر توانسته است روی عدد رینولدز اثر بگذارد. در حالی که در اراضی دیمزار به دلیل بالا بودن ارتفاع متوسط پوشش گیاهی در دبی‌های پایین تاثیر روی عدد رینولدز بیشتر است اما با بیشتر شدن دبی و ارتفاع جریان و استغراق تاج پوشش گیاهی اثر آن روی کاهش تلاطم جریان کم شده است به طوریکه تا حد ۲۵۰۰۰ افزایش یافته است. در اراضی رهاشده نیز همانند اراضی دیمزار در دبی‌های پایین تاثیر روی تلاطم زیاد است اما در دبی‌های بالا این تاثیر بسیار کم جلوه‌گر است.

علیرغم موارد ذکر شده در بالا بر اساس نتایج جدول ۱ برای دبی های متوسط (حدود ۴ لیتر در ثانیه) مقدار تلاطم در اراضی مرتعی به مقدار کمی کمتر از اراضی دیمزار و متروک است. این مسئله می تواند نقش کاربری را بر روی تلاطم جریان نشان دهد. یکی از علل افزایش این تلاطم می‌تواند میکروتوپوگرافی موجود در خاک سطحی دو کاربری دیمزار و اراضی متروک در مقایسه با اراضی مرتعی دانست. با توجه به اینکه انرژی رواناب تحت اثر ارتفاع، سرعت و درجه تلاطم آن است (۲)، می‌توان گفت در اراضی مرتعی انرژی ناشی از تلاطم جریان کمتر از اراضی دیمزار و متروکه است.

تاثیر نوع کاربری زمین بر روی نوع جریان توسط اعداد فرود در جدول ۱ نشان داده شده است و بیانگر تغییرات ۰/۰۵ تا ۱/۵ می‌باشد. معیار عدد فرود جزو اولین پارامترهای هیدرولیک جریان است که در آستانه‌های رخداد فرسایش مورد استفاده قرار گرفت. همچنین در این تحقیق در کاربری مرتع ایجاد بالاکند در دبی ۹/۲ لیتر در ثانیه و عدد فرد $1/\overline{61}$، کاربری دیمزار در دبی ۸/۲ لیتر در ثانیه و عدد فرود ۰/۱ و در اراضی رهاشده در دبی ۴/۳ لیتر در ثانیه و عدد فرد ۰/۶۴ مشاهده شد.

نمونه ای از پروفیل سطح آب در آزمایش‌های مختلف کاربری دیمزار رها شده در شکل ۲ آورده شده است. با توجه به وضعیت پروفیل آب در دبی های مختلف مشاهده میشود که با افزایش عمق جریان تاثیر میکرو توپوگرافی و پوشش گیاهی روی آن کمتر میشود و روند نیمرخ جریان در دبیهای بالاتر هموار تر است. می‌توان استنباط نمود که پوشش گیاهی با تغییر برخی شرایط اعم از: ضریب زبری و افزایش عمق جریان از یک سو بر ویژگی‌های هیدرولیک جریان اعم از: ضخامت لایه‌مرزی (در عمق)، رابطه دبی اشل و تاثیر بر نیمرخ عرض سرعت جریان و از سوی دیگرسبب ایجاد تلاطم در جریان می‌شود (۱۵،۳؛۱۶) اما بررسی تاثیرات نوع و شدت اثر پوشش گیاهی بر ویژگی‌های ذکر شده با توجه به نوع پوشش و تراکم آن متفاوت است. به طوریکه برای هر نوع پوشش باید روابط فوق محاسبه و ارائه شود. این مورد نیاز به انجام تحقیقات بعدی دارد.

تأثیر نوع کاربری اراضی روی تنش برشی آستانه برای فرسایش و رسوب:

نتایج حاصل از رابطه بین مقدار ظرفیت کنش (Dr) و تنش برش در شکل (۲-۳ و ۴) آمده است.

همانطور که مشاهده می‌شود در هر سه کاربری مرتع، دیمزار و متروکه رابطه معنی‌دار (با R۲ بالا) بین مقدار تنش برشی و مقدار توان کنش جریان بدست آمده است. به منظور محاسبه مقدار تنش برش آستانه برای حمل و ایجاد فرسایش سطحی مطابق رابطه (۱۰)؛ با تقسیم ضرایب معادلات بدست آمده در شکل‌های (۳، ۴ و ۵) به ترتیب برای اراضی مرتعی، دیمزار و متروکه مقدار تنش برشی آستانه برابر ۸۳ و ۱۱ و ۷۴ دین بر سانتیمتر مربع است. در این بین حداکثر تفاوت بین کاربری دیمزار با دو کاربری دیگر می‌باشد؛ به طوریکه مقدار ضریب حساسیت خاک به رواناب سطحی نیز در اراضی مرتعی حداقل (۰/۰۰۳۸) و در اراضی دیمزار حداکثر (۰/۱۹۱۲) می‌باشد. تفاوت در مقدار تنش برشی آستانه و ضرایب حساسیت خاک به فرسایش را می‌توان با توجه به شباهت ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک پلاتها، معلول سایر شرایط محیطی بخصوص کاربری اراضی دانست (۹).

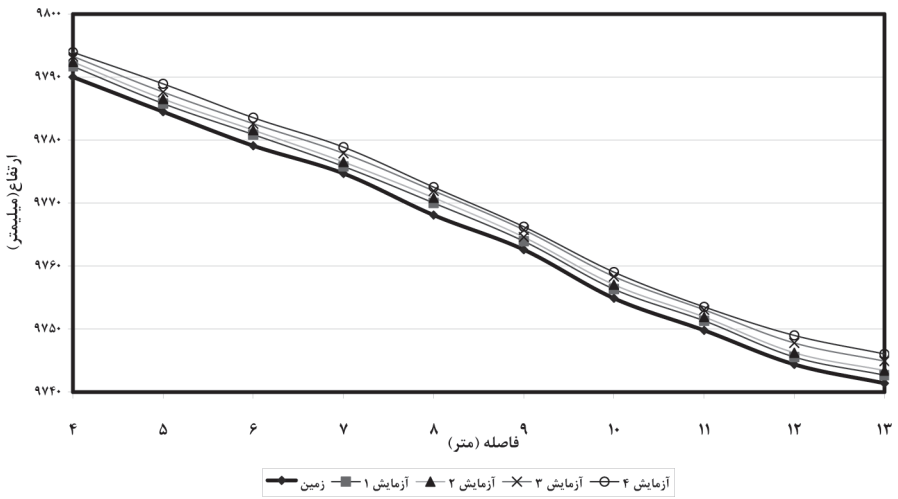
www.SID.ir

Archive of SID

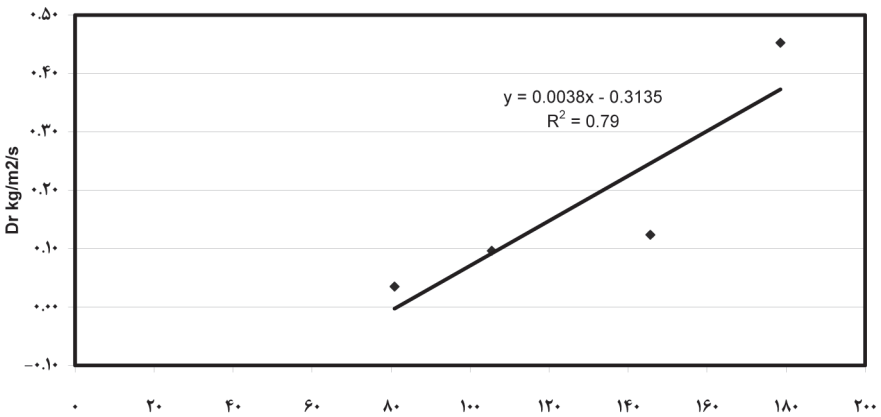
بر اساس یافته های این تحقیق مقدار مقاومت خاک سطحی در برابر تنش برشی در اراضی مرتعی بیش از ۵۰ برابر ارضی دیمزار است.

تأثیر نوع کاربری اراضی در آستانه شروع فرسایش خندقی

نتایج حاصل از مشاهده سر خندق‌ها به همراه مقدار تنش برشی متوسط در طول فلوم برای هر آزمایش در جدول۲ ذکر شده است. براساس اندازه‌گیری‌های انجام پذیرفته در این تحقیق حداقل و حداکثر تنش برشی محاسبه شده برای ایجاد بالاکند برای کاربری مرتع برابر: ۱۷۴ تا ۲۱۰، کاربری دیمزار: ۳۰ تا ۵۵ و کاربری اراضی متروکه ۱۵۳ تا ۲۰۴ دین بر سانتی‌متر مربع محاسبه گردید. تفاوت قابل ملاحظه (۴-۳ برابر) بین تنش برشی بحرانی محاسبه شده در کاربری دیمزار با کاربری‌های مرتع و اراضی رها شده را میتوان به وضعیت سطح خاک این اراضی مرتبط دانست. اگرچه پوشش گیاهی اراضی مرتعی از دیمزار کمتر می‌باشد اما به دلیل مفروش بودن آن توسط پوسته‌های بیولوژیک گلسنگ این اراضی از مقاومت بسیار بالاتری در برابر کنش برخوردار هستند. علاوه براین در هنگام انجام شبیه سازی جریان در سر زمین پس از حدود ۱۵ دقیقه پمپاژ اولیه با دبی پایین در اراضی مرتعی دبی ورودی و خروجی در فلوم تقریبا برابر می شد و شرایط جریان ماندگار از بو جود می آمد؛ در صورتیکه در اراضی دیمزار این فرایند پس از حدود ۸۰ دقیقه ایجاد شد. به بیان دیگر اگر چه پوسته‌های بیولوژیک موجود در سطح خاک اراضی مرتعی سبب کاهش نفوذپذیری سطحی در آن شده است، اما مقاومت خاک سطحی را نسبت به اراضی دیمزار تا چندین برابر افزایش داده است (جدول ۲ و شکل ها ۳ و ۵).



شکل۲- پروفیل سطح آب و بستر در کاربری اراضی رها شده. شیب نسبتا زیاد (۴/۵ درصد) و حضور پوشش گیاهی غیر یکنواخت سبب شده است که در بین مقاطع ۷ تا ۱۰ ضریب زبری کمتر و سرعت جریان بیشتر شود و به تبع آن عمق جریان کمتر شود.



شکل۳- رابطه بین تنش برش بحرانی (tcr) و مقدار ظرفیت کنش (Dr) برای داده‌های مربوط به کاربری مرتع

www.SID.ir

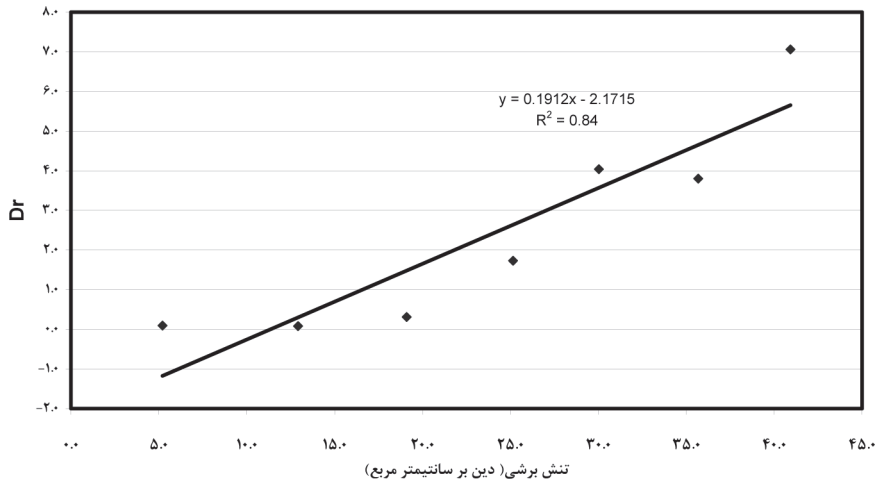
Archive of SID

عادل‌پور(۱۳۸۳) در منطقه دشت لامرد با خاک شنی- لومی حداقل میزان تنش برشی را در اراضی متروکه ۵۳/۶۶ دین بر سانتی متر مربع بدس آورد در حالیکه در اراضی مرتعی (با تاج پوشش بالای ۴۰٪) در شرایط تنش برشی ۱۲۰ دین بر سانتی‌متر مربع هیچ‌گونه بالاکندی مشاهده ننمود. وی همچنین به این نتیجه رسیده است که با استمرار جریان و یا افزایش دبی، بالاکندها و اشکال پله مانند زیادتر شده و یا به سمت بالادست جابجا می‌شوند و آثار این جابجایی به‌صورت ریز شیارهایی در بستر فلوم قابل مشاهده است. در این تحقیق نیز اراضی مرتعی نسبت به سایر اراضی دارای بیشترین تنش برشی بحرانی برای شروع کنش و ایجاد بالاکند را به خود اختصاص داده اند.

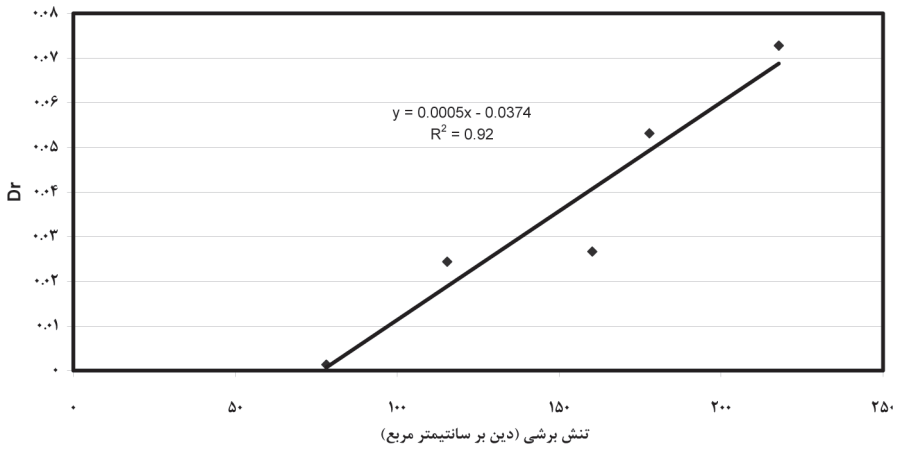
نتیجه دیگر که از داده‌های جدول ۲ قابل مستفاد است ارتباط بین افزایش تعداد سر خندق‌ها و مقدار تنش برشی است. اگرچه مقدار تنش برشی بحرانی برای اراضی رهاشده در مقایسه با اراضی مرتعی تفاوت بسیار زیادی ندارد (۱۵۳ و ۱۷۴)، اما واکنش این کاربری در برابر افزایش تنش برشی (ناشی از عمق جریان) تا حدی بیشتری شبیه به اراضی دیمزار (با تنش برشی ۵۳) است. بنابراین اگرچه در اراضی رها شده مقاومت خاک در اثر عدم به هم ریختگی ساختمان آن و استقرار پوشش سطحی بالا رفته است اما هنوز (پس از گذشت ۷ سال) این اراضی در برابر رواناب های زیاد حساسیت بالایی از خود نشان می‌دهند. در حالیکه در اراضی مرتعی به دلیل پوشش طبیعی و پوسته‌های بیولوژیک گلسنگ مقاومت خاک در برابر روان آبهای پایین و بالابه طوراً یکسان عمل نموده اند (اشکال ۳ تا۵).

بحث و نتیجه گیری:

بر اساس یافته‌ها در اراضی مرتعی با پوشش طبیعی برای رخداد خندق به یک جریان بحرانی و پر تلاطم نیاز است در حالیکه در اراضی رهاشده و دیمزار حتی در یک رژیم زیر بحرانی شرایط برای ایجاد خندق مهیا شده است. از نظر شرایط آستانه عدد فرود برای رخداد فرسایش خندقی در تحقیقات مختلف در سطح دنیا اعداد بین ۰/۵ تا ۲/۸ دست آمده است. در این تحقیق نیز دامنه عدد فرود بین ۰,۶۵ تا ۱/۱ بدس آمد که با نتایج معرفی شده در دنیا هماهنگی دارد.



شکل۴- رابطه بین تنش برش بحرانی (tcr) و مقدار ظرفیت کنش (Dr) برای داده‌های مربوط به کاربری دیم



شکل۵- رابطه بین تنش برش بحرانی (tcr) و مقدار ظرفیت کنش (Dr) برای داده‌های مربوط به اراضی رهاشده

www.SID.ir

Archive of SID

Savat & Deploey (۱۹۸۲) اولین بار رابطه (۱۲) را برای شروع فرسایش شیاری بر اساس عدد فرود بدست آورند:

$$Fr_{cr} = 1/2 + 0/0003\, C' \qquad (۱۲)$$

که در آن برابرC' برابر مقاومت برشی خاک سطحی است.

با توجه به رابطه فوق با افزایش مقاومت برشی خاک، برای ایجاد تنش برش بالا و شرایط مساعد جهت کنش ذره و ورود آن به داخل جریان نیاز به خیزآبهای بزرگتری است که این امر در جریانهای باتلاطم بالا با عدد فرود بیش از ۱/۲ رخ خواهد داد (Thonon، ۱۹۹۹؛ عادل پور ۱۳۸۳). همچنین پایین بودن عدد فرود برای کاربری دیمزار را می‌توان به مقدار پوشش گیاهی زیاد و افزایش ضریب زبری ناشی از فرم بستر در این کاربری نسبت داد؛ اما به دلیل دستکاری در خاک سطحی و از بین رفتن استحکام خاکدانه‌ها در همین شرایط زیر بحرانی نیز جریان توانسته است تا به حد آستانه ایجاد خندق برسد. Prosser و همکاران (۱۹۹۵)؛ عادل‌پور (۱۳۸۳) نیز در کاربری‌های مختلف و یا مراتع تحت تأثیر تیمار چرایی مختلف در شرایط جریان زیر بحرانی اما متلاطم ایجاد کنش و بالا کند را گزارش نموده‌اند. این محققین در آزمایش‌های خود عدد فرود را بین ۰/۲ تا ۱/۲ بدست آوردند و به این نتیجه رسیدند که تنها در شرایطی که پوشش گیاهی به‌صورت خیلی ناچیز در سطح زمین موجود باشد عدد فرود به اندازه ۱/۲ خواهد رسید. بنابراین یافته‌های این تحقیق با محققانی همچون Prosser و همکاران (۱۹۹۵)؛ Thonon، ۱۹۹۹؛ عادل‌پور، ۱۳۸۳) هماهنگ است.

به عنوان جمع بندی کلی میتوان گفت هیدرولیک جریان بر روی دامنه‌ها همانند جریان‌های کم عمق و عریض از پیچیدگی های بسیار فراوانی برخوردار است. در این حالت انواع مقاومت در برابر جریان توسط پوشش گیاهی موجب تاثیر در مقاومت برشی خاک می‌شود. کاربری از طریق تاثیر بر پوشش زمین بر وضعیت و نوع جریان سبب تغییر پروفیل سطح آب در روی دامنه‌ها می‌شود. در این شرایط نوع اثر پوشش گیاهی در تاثیر روی زبری، رژیم و وضعیت جریان قابل ذکر است. در اراضی دیمزار و رها شده به دلیل وجود پوشش گیاهی بیشتر در جریانهای کم عمق رژیم زیر بحرانی و بنیابین مشاهده شد. اما در جریان‌های با عمق بیشتر اثر پوشش گیاهی به دلیل غرقاب شدن کمتر شد. همچنین علی‌رغم

جدول ۱- نتایج مربوط به وضعیت و نوع جریان در آزمایش‌های مختلف

کاربری	شماره آزمایش	تنش برشی متوسط $Dyne\ cm^{-2}$	تعداد سرخندق	کمترین تنش برشی در محل سر خندق‌ها
مرتع	۱	۷۰	-	۱۷۴
	۲	۱۰۶	-	
	۳	۱۴۶	۱	
	۴	۱۷۸	۲	
دیمزار	۱	۱۵		۳۵
	۲	۵		
	۳	۹		
	۴	۱۵		
	۶	۱۹		
	۷	۳۴	۲	
	۸	۴۲	۵	
رها شده	۱	۷۸	-	۱۵۳
	۲	۱۱۵	-	
	۳	۱۶۱	۳	
	۴	۱۷۸	۵	
	۵	۲۱۷	۸	

www.SID.ir

Archive of SID

وجود جریان زیر بحرانی در این اراضی مقدار فرسایش و کنش سطحی نسبت به اراضی مرتعی که جریان فوق بحرانی در آن وجود داشت بسیار بیشتر بود. این امر به دلیل تغییر و کاهش مقاومت خاکدانه‌ها به خاطر عملیات کشاورزی است. علاوه بر این در پوشش‌های پایین (تاج پوشش؟) در مقایسه با از پوشش های بالاتر (تاج پوشش؟) نقش تغییر پوشش در مقدار زبری و رژیم جریان بسیار بیشتر است. بنابراین در مناطق خشک و نیمه خشک که پوشش در مقدار کمتری است هر گونه تغییر مثبت و یا منفی در پوشش می تواند سبب تغییرات بسیار زیاد در زبری و یا نوع رژیم جریان و در نهایت مقدار فرسایش و رسوب ایجاد نماید. . تفاوت قابل ملاحظه در تنش برشی بحرانی لازم برای انجام کنش سطحی در سه کاربری مرتع، دیمزار و اراضی رها شده (۸۳، ۱۱ و ۷۴ دین بر سانتی‌متر مربع) نشانه تاثیر کاربری روی مقاومت خاک سطحی و زبری حاصل از آن است. همچنین تغییرناگهانی درشاخص فرسایش پذیری خاک در برابر جریان سطحی (Kc) و تنش برشی بحرانی برای ایجاد بالاکند در اراضی دیمزار نسبت به سایر اراضی نشان دهنده اثر عملیات خاکورزی و اثر آن در کاهش مقاومت خاکدانه‌ها و ساختمان خاک است. در مقایسه با مطالعات جهانی به طور متوسط مقدار تنش برشی آستانه و مقدار ضریب حساسیت خاک به رواناب سطحی به ترتیب ۲۷ دین بر سانتی‌متر مربع و ۰/۰۱۴ بوده است که در این تحقیق به طور متوسط به ترتیب ۵۰ و۰/۰۶۵۷ بدست آمده است. تفاوت در تنش برشی بحرانی را می‌توان به مقاومت بسیار بالا در اراضی مرتعی و دیم رها شده نسبت داد. سطح خاک اراضی مرتعی توسط پوسته‌های بیولوژیک گلسنگ پوشیده شده است. بنابراین محاسبه تنش برش بحرانی بالا و حساسیت بسیار پایین این اراضی در برابر رواناب متمرکز می‌تواند مرتبط با پوشش سطحی این اراضی باشد (۳). همچنین علت کاهش شدید تنش برشی بحرانی از ۸۳ (در مرتع) به ۱۱ دین بر سانتی‌متر مربع (دیمزار) را می‌توان به تأثیر پوسته‌های بیولوژیک نسبت داد.

Franti و همکاران (۱۹۸۵)؛ King و همکاران (۱۹۹۵) به این نتیجه رسیدند که فرایندهای خاکورزی بیشتر روی ویژگی‌هایی از جمله درجه تحکیم خاکدانه‌ها، هوازدگی خاک، خشک و مرطوب شدن خاکدانه‌ها اثر می‌گذارد و از این طریق پارامتر kr را تحت اثر قرار می‌دهد. از طرف دیگر درصد بقایای گیاهی باقی مانده در سطح خاک روی پارامتر تنش برش بحرانی اثر گذار است (۶،۸. West و همکاران (۱۹۹۲)؛ نیز با مقایسه شرایط کشاورزی بدون عملیات خاکورزی با عملیات سنتی رایج مانند شخم اعلام نمودند که در شرایط بدون خاکورزی (شخم) مقدار حساسیت خاک به فرسایش تا ۷۰ درصد نسبت به شرایط رایج خاکورزی کاهش می‌یابد (۲۱). بنابراین یافته های این تحقیق در هماهنگی با نتایج تحقیقات ذکر شده است.

همچنین به دلیل تغییر مقاومت خاک در طول فلوم هیدرولیک جریان بسیار متغییر می باشد و مانع از ایجاد یک روند پایدار و یکنواخت در فرسایش شد. به بیان دیگر از نظر کنش سطحی در بعضی نقاط عمل فرسایش و در بعضی موارد در بستر فلوم عمل رسوبگذاری اتفاق افتاده بود. این نتیجه به خوبی نمایانگر تغییرات مکانی و زمانی در مقاومت خاک سطحی در طول یک دامنه است (تایید شده توسط Morgan، ۲۰۰۵ و عادل پور و همکاران ۱۳۸۵).

در اراضی مرتعی به دلیل شرایط اقلیمی و خاک منطقه یک پوشش بیولوژیک از خزه و گلسنگ سطح زمین را فرا گرفته است. این پوشش سبب کاهش نفوذپذیری خاک و افزایش مقاومت سطحی آن در برابر کنش و حمل رسوب شده است. اگر چه در اراضی رها شده پس از گذشت ۷ سال خاک توانسته است از نظر مقاومت سطحی نزدیک به اراضی مرتعی باشد اما رفتار خاک این اراضی در برابر افزایش تنش برشی (ناشی از رگبارها) و رابطه آن با مقدار توان جریان در کنش سطحی (Dr) شبیه به اراضی دیمزار می‌باشد. بنابراین تاثیر یک کاربری در نوع رفتار خاک در برابر رواناب می‌تواند تا سال‌های متعدد پس از تغییر آن کاربری همچنان ادامه داشته باشد. به عنوان یک جمع بندی نهایی هرگاه در یک خاک مشخص تنش برشی مورد نیاز برای شروع فرسایش زیاد باشد به احتمال بسیار زیاد مقدار خاک جدا شده در این خاک در زمانیکه تنش برشی بیشتر از حد آستانه می‌شود به‌طور خیلی آهسته و تدریجی افزایش خواهد یافت (به عبارت دیگر شیب خط رابطه Dr با cr خیلی پایین خواهد بود). این نتیجه را می‌توان در شکل‌های ۳ تا ۵ مشاهده نمود که کاملاً در تطابق با یافته‌های Knapen و همکاران (۲۰۰۷) می‌باشد. این محققین با بررسی بیش از ۴۵۰ تحقیق انجام شده در مناطق مختلف ویژگی‌هایی از جمله بافت خاک، درصد سنگ و سنگریزه سطحی، رطوبت پیشین، ویژگی‌های ساختاری و مکانیک خاک، مواد آلی، نوع کاربری اراضی، نوع پوشش و مقدار شدت عملیات خاکورزی به همراه ویژگی‌های شیمیای و بیولوژیک خاک را در روی تغییرات ضرایب حساسیت خاک به فرسایش ناشی از تمرکز جریان (kr) موثر می‌دانند.

در مقایسه با مطالعات جهانی به‌طور متوسط مقدار تنش برش آستانه و مقدار ضریب حساسیت خاک به رواناب سطحی به ترتیب ۲۷ دین بر سانتی‌متر مربع و ۰/۰۱۴ ذکر شده است. در این تحقیق به‌طور متوسط به ترتیب ۵۰ و۰/۰۶۵۷ بدست آمده است. از طرف دیگر مقدار تنش برشی بحرانی ایجاد فرسایش ناشی از تمرکز جریان و شروع کانال (بالاکند) در دنیا اعداد بین ۲۰ تا ۱۸۰۰ دین بر سانتی‌متر مربع و مقدار متوسط در حدود ۳۰ برای خاک‌های زراعی بدست آمده است. حداقل تنش برشی آستانه در این تحقیق در اراضی دیمزار با ۳۰ و حداکثر در اراضی مرتعی با ۱۷۴ دین بر سانتی‌متر مربع اندازه‌گیری شد. مشابه شرایط کنش سطحی تفاوت قابل ملاحضه (۵ برابر) موجود ناشی از تفاوت نوع پوشش گیاهی و افزایش مقاومت خاکدانه‌های سطحی و عمقی (۱۰ سانتی‌متر) در اراضی مرتعی است. همانطور که در قبل توضیح داده شد علت اصلی این تفاوت را می‌توان به مقاومت بسیار بالا در اراضی مرتعی (به دلیل پوسته‌های بیولوژیک گلسنگ) مرتبط دانست. علاوه بر موارد فوق در مجموع مقدار متوسط تنش برشی بحرانی در این تحقیق در حدود ۱۳۷ دین بر سانتی‌متر مربع بدست آمد و در مقابل متوسط جهانی برای خاک‌های رسی (با مقدار ۱۵۰) مقدار کمتری است. مهمترین دلیل این اختلاف کم ،به تفاوت در شرایط آزمایش و سایر ویژگیهای زمین محیطی بر میگردد.

رابطه بین تعداد بالاکند مشاهداتی و افزایش تنش برشی در اراضی رها شده و دیمزار شبیه به یکدیگر هستند اما در اراضی دیمزار کاملا متفاوت است. اگر چه تغییر کاربری اراضی توانسته است تنش برشی بحرانی (اراضی رها شده نسبت به دیمزار) افزایش دهد اما با افزایش تنش برشی از حد آستانه هر دو کاربری رفتاری مشابهه ارایه نموده‌اند. این مطلب موید این نکته است که تاثیر تغییر کاربری علاوه بر تاثیر در مقاومت خاک سطحی در مقاومت خاک زیر سطحی نیز بسیار موثر است. به طوریکه پس از گذشت ۷ سال هنوز رفتار خاک زیرین تغییر چندانی ننموده است. بنابراین میتوان استنباط نمود که در مسئله فرسایش خندقی همراه پیش‌گیری مهمتر از درمان است؛ چون حتی با تغییر نوع کاربری زمین مدت بسیار زیادی طول میکشد تا رفتار خاک در برابر فرسایش و مقاوم شدن دچار تغییر اساسی بشود و بنابراین بایستی عملیات حفاظتی تا سال‌های بعدی همچنان وجود دارد.

به عنوان جمع‌بندی کلی نتایج حاصل از آستانه کنش سطحی و ایجاد بالاکند

www.SID.ir

Archive of SID

لازم به ذکر است تنش برشی بحرانی به عنوان مهمترین پارامتر هیدرولیک جریان است که در بیشتر مدل‌های فرسایش و رسوب مانند مدل WEPP استفاده می‌شود. این مقدار در بیشتر مدلها برابر ۳۵ دین بر سانتی‌متر مربع در نظر گرفته می‌شود که بر اساس یافته های این تحقیق برای فرسایش و کنش سطحی خاک مقداری نزدیک به واقعیت است، اما برای مطالعات فرسایش خندقی و آبراهه‌ای این مدل‌ها نمی‌تواند جوابدهی قابل قبولی داشته باشند و در اکثر مواقع دچار بیش برآورد خواهند شد. آنچه مسلم است برای جوابدهی و استفاده از مدل‌های فیزیکی پایه مبتنی بر معیارهای هیدرولیک جریان که بر اساس مطالعات در مناطق مختلف دنیا ارایه شده‌اند (مانند: WEPP،EUROSEM، CREAMS، PRORILL، GLEAMS و یا غیره) باید قبل از کاربرد مدل شرایط آستانه برای منطقه سنجیده شود تا در صورت تفاوت معنی‌دار اقدام به اعمال ضرایب اصلاحی در نحوه محاسبات و نتایج بعمل آید.از سوی دیگر برای بومی سازی این مدل‌ها در نظر گرفتن تنش برشی بحرانی هر منطقه در درجه اول اهمیت قرار دارد.

سپاسگزاری

این تحقیق با همکاری ستادی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان های فارس و بوشهر به انجام رسیده است. نویسندگان بدین وسیله از اعضای هیات علمی بخش آبخیزداری و به خصوص آقایان دکتر مجید صوفی و مهندس غلامرضا راهی تشکر و قدر دانی می نمایند و امید است این همکاریها در آینده تداوم داشته باشد.

پاورقی‌ها

1- Exogenous factors
2- Compact
3- Detachment
4- Diffuse
5- Water Erosion Prediction Project

منابع مورد استفاده

۱- احمدی،ح.،۱۳۸۵؛ ژئومرفولوژی کاربردی(جلد اول- فرسایش آبی).انتشارات دانشگاه تهران، ۶۸۸ صفحه.

۲- رفاهی، ح.، ۱۳۷۸؛ فرسایش آبی و کنترل آن. چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه تهران .

۳- عادل‌پور، ع.، ۱۳۸۳؛ بررسی هیدرولوژیکی آستانه فرسایش کانالی در کاربری‌های مختلف اراضی در خاک‌های شنی-لومی. رساله دکتری در رشته هیدرولوژی، دانشگاه شهید چمران اهواز،

۴- قدوسی، ج.، ۱۳۸۲؛ مدل سازی مرفولوژی فرسایش خندقی و پهنه بندی خطر آن (مطالعه موردی در آبخیز زنجان رود). رساله دکتری در رشته مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تهران.

۵- قدیری،ح.،۱۳۷۲؛(مترجم)،حفاظت خاک. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.

6- Franti, T.G., Laflen, J.M. and Watson, D.A. 1999. Predicting soil detachment from high discharge concentrated flow. Transactions of the ASAE, 42 (2): 329–335.

7- Govers, G., 1985. Selectivity and transport capacity of thin flow in relation to rill erosion. Catena 12, 35–49.

8- King, K.W., Flanagan, D.C., Norton, L.D. and Laflen, J.M. 1995. Rill erodibility parameters influenced by long-term management practices. Transactions of the ASAE 38 (1), 159–164.

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

10- Morgan, R.P.C., 2005. Soil erosion and conservation, Blackwell.

11-Nazari Samani, A., Ahmadi, H., Jafari, M., Boggs, G., Ghoddousi, J. And Malekian A. 2009. Geomorphic threshold condition for gully erosion in southwestern Iran (boushehr- Samal watershed). Journal of Asian Earth Sciences, 35: 180-189.

12- Poesen, J., Nachtergaele, J., Verstraeten, G. and Valentin C. 2003. Gully erosion and environment change: importance and research needs, Catena, 50: 91-133.

13- Nachtergaele, J. and Poesen, J. 2002. Spatial and temporal variations in resistance of loess-derived soils to ephemeral gully erosion. European Journal of Soil Science, 53: 449–463.

14- Prosser, I.P. and Slade, J. 1994. Gully formation and the role of valley-floor vegetation, Southestren Australia, Geology, 22: 1127-1136.

15- Prosser, I.P., Dietrich, W.E. and Stevenson, J. 1995. Flow resistance and sediment transport by concentrated overland flow in a grassland valley. Geomorphology 13: 73–86.

16- Rouse, H. 1961. Fluid mechanics hydraulic engineering, Dover, New Yourk.

17- Savat, J. and De Ploey, J. 1982. Sheetwash and rill development by surface flow. Chapter 6 in: Bryan, R.B. & Yair, A. (eds.): Badland Geomorphology and Piping; GeoBooks, Norwich, 408 pp.

18- Thonon, I. 1999. Thresholds for incipient rilling and particle entrainment, Unpub. Utrecht University.

19- Torri, D., Dfalanga, M. and Chisci, G., 1987. Threshold conditions for incipient rilling. Catena Supplement 8, 97–105.

20- Valentin, C., Poesen, J. and Yong, Li. 2005. Gully erosion: Impacts, factors and control. Catena 63, 132-153.

21- West, L.T., Miller, W.P., Bruce, R.R., Langdale, G.W., Laflen, J.M. and Thomas, A.W. 1992. Cropping system and consolidation effects on rill erosion in the Georgia Piedmont. Soil Science Society of America Journal, 56: 1238–1243.

www.SID.ir