جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، شماره ۷، تابستان ۱۳۹۲
وصول مقاله : ۱۳۹۱/۷/۳۰
تأیید نهایی : ۱۳۹۲/۳/۲۹
صفحات : ۱۱۰ - ۹۷

تجزیه و تحلیل کمّی فرسایش خندقی در حوضه‌ی آبخیز کلقان‌چای (شرق سهند)

دکتر موسی عابدینی[1]

چکیده

حوضه‌ی آبریز کلقان چای با مساحت ۲۳۵/۵ کیلومتر مربع و متوسط بارندگی۲۹۰ میلیمتر در جنوبشرق شهر تبریز واقع شده است. ارتفاع متوسط آن ۲۶۱۵ متر و شیب ۱۲/۹۲٪ است و از پتانسیل بالایی برای فرسایش خاک برخوردار است. نتایج داده‌های برخی از شاخص‌های ارزیابی استعداد حوضه به فرسایش خطی بویژه خندقی (نظیر Ws و HTK) نشانگر پتانسیل بالای خندق‌زایی در حوضه است. متوسط فرسایش خاک در حوضه‌ی آبخیز کلقان چای ton/ha/y ۲۳۵/۷۹ می باشد و مجموع کل فرسایش خاک حوضهton/ha/y ۵۵۵۲۸۴۵ برآورد شد که نشانگر اتلاف شدید خاک‌های سطح الارضی و زراعی حوضه عمدتاً به واسطه‌ی فرسایش آبی روان‌آبها به صورت خندقی می‌باشد. نتایج تحلیل‌های آماری نشان داد که بین پارامترهای طول و عمق خندق‌ها همبستگی مثبت(R=./۷۵) معنی‌دار در سطح اطمیان ۹۹٪ و بین طول و شیب محل با همبستگی معکوس معنی‌دار (R=./۵۰۷۱) در سطح اطمیان ۹۷٪، وجود دارد. بعلاوه بین طول و عرض خندق‌ها همبستگی مثبت معنی دار(R=./۸۵ در سطح اطمیان ۹۵٪)، طول و ارتفاع متوسط و توپوگرافی با همبستگی مثبت معنی‌دار (R=./۵۹۶) وجود دارد. با توجه به شیب تند دامنه‌ها، دخالت شدید انسان‌ها (واقع شدن بیش از ۱۹ روستا در حوضه)، بارش‌های رگباری، اثرات) سیستم آبراهه‌ها به‌شدت موجب تخریب و انتقال مواد سست سطحی (خاک‌های زراعی حاصلخیز) می‌شوند. فرمول‌های تجربی برآورد میزان رسوب.نشانگر شدت تخریب و حجم زیادی از سازندهای خاکی از حوضه است. لذا پیشنهادهای لازم متناسب با ویژگی‌های حوضه برای مدیریت آن ارائه شد.

کلیدواژگان: فرسایش خندقی، رگرسیون خطی، رسوبدهی، حوضه‌ی کلقان‌چای.

۱- استادیار جغرافیا طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی
Abedini@uma.acir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

خاک‌های حوضه‌های آبخیز یا آبریز تحت عوامل گوناگونی فرسایش می‌یابند که یکی از مهمترین آنها فرسایش خندقی است. فرسایش خندقی یکی از مهمترین و پیچیده‌ترین نوع فرسایش می‌باشد که جهت کنترل آن باید عوامل مؤثر را شناخت *(احمدی، ۱۳۸۶: ۲۴۳)*. رشد خندق در اغلب موارد به عنوان معیار عمده تغییرات محیطی در نظر گرفته می‌شود، برای اینکه رشد آن سریع و جزو اشکال فرسایش عادی نمی‌باشد، *(بیاتی خطیبی،۱۳۸۳:۵۴ به نقل از Wiate et al, 1990) (HYongqiuH ,2008 : 684)*. به دلیل تمرکز جریان آب در شیارهای کوچک به راحتی حجمی زیادی از خاک‌های ریزدانه در مدت کوتاهی به واسطه‌ی فرسایش خندقی نسبت به سایر عوامل فرسایشی جابجا می‌شود، *(Ryan, 2010: 288)*. اغلب محققین به این نتیجه رسیده‌اند که فرسایش خندقی در آب و هوای نیمه‌خشک بسیار معمول است، *(ثقفی و اسماعیلی، ۱۳۸۸: ۱۳۳)* و *(HYongqiuH ,2008: 684)*، *(ولایتی، ۱۳۸۶: ۲۱)*. خندق‌ها به علت تمرکز روانآب‌ها در شیارها و عریض‌تر و عمیق‌تر شدن آنها شکل می‌گیرند *(Goudie,2003:503)*. در فرسایش خندقی با پسروی هدکت، طول آبراهه‌های رتبه یک زیاد شده و نسبت به فرسایش شیاری و صفحه‌ای حجم زیادی از خاک‌های حاصلخیز اتلاف می‌شود، *(Kakembo et al, 2009)*. به دلیل اهمیت فرسایش خندقی در حوضه‌ی مورد تحقیق اقدام به بررسی مورفومتریک ابعاد مختلف خندق‌ها و تجزیه و تحلیل روابط رگرسیونی بین برخی از پارامترها و نیز فرسایندگی باران نموده است.

پیشینه تحقیق

بررسی منابع و آثار علمی منتشره نشان داد که هیچ‌گونه تحقیقی در مورد فرسایش خندقی و ارزیابی فرسایندگی باران در این حوضه انجام نگرفته است. با وجود این تحقیقات مشابه زیادی در مورد مورفومتری خندق‌ها و علل فرسایش خندقی توسط محققین داخلی و خارجی در مناطق مختلف به عمل آمده است. محققینی نظیر بیاتی خطیبی (۱۳۷۹)؛ عابدینی (۱۳۸۴) ، *(ایلدرمی،۱۳۸۱)* اقدام به مورفومتری ابعاد طول، عمق، عرض و...، خندق‌ها نموده‌اند. آنان غالباً از شاخص‌های ارزیابی فرسایندگی باران برای پی بردن به استعداد منطقه برای فرسایش خندقی در مناطق نیمه‌خشک استفاده کرده‌اند. احمدی و همکاران (۱۳۸۶) در مورد مدسازی رشد طولی خندق‌ها کار کرده‌اند و آنان نقش عوامل مهم در خندق‌زایی را دخالت داده و راهکارهای مدیریت اراضی خندقی ارائه نموده‌اند. ثقفی و اسماعیلی (۱۳۸۸) در مورد علل شکل‌گیری آبکندها کار کرده‌اند و با توجه به شرایط سنگ‌شناسی، کاربری اراضی و هیدرولوژی خندق‌های منطقه شاخن را طبقه‌بندی نموده‌اند. عابدینی(۱۳۸۸) به بررسی ویژگی‌های خاک (مانند بافت و شیمی)، مسائل شیب و هیدوژئومورفولوژی حوضه لیکوان‌چای پرداخته و از طریق شاخص‌های فرسایندگی باران استعداد حوضه لیکوان‌چای را برای خندقی بسیار بالا ارزیابی نموده و راهکارهای متناسب برای کنترل آنها را ارائه نموده است. عبدی در تحقیقی، (۱۳۸۸) نقش سازندهای ریزدانه مارنی را در خندق‌زایی مناطق نیمه‌خشک زنجان (حوضه‌ی گمیش‌آباد) را بسیار مهم تلقی نموده است.

Roblesa (2010) در مورد اثرات توسعه خندق‌ها در تشدید فرسایش خاک‌های ریزدانه و به‌هم زدن شریط پوشش گیاهی به وسیله انسان‌ها را کار کرده است. برای ارزیابی حجم خاک فرسایش یافته توسط شیارها و خندق‌ها در هر منطقه مورفومتری و محاسبه پارامترهای عمق و عرض آنها *Volker* (*2011*) یک روش محاسبه عنوان نموده است. به دلیل خلاء تحقیقی با موضوع این تحقیق در حوضه کلقان‌چای و به دلیل اهمیت فرسایش خندقی این تحقیق نیز

Archive of SID

www.SID.ir

عمدتاً با روش مورفومتری و شاخص‌های فرسایندگی باران به مسائل فرسایش خندقی پرداخته است.

مواد و روش‌ها

هدف اصلی این تحقیق بررسی فرسایش خاک از طریق شاخص‌های مختلف فرسایندگی باران، استعداد حوضه به خندق‌زایی و نیز مورفومتری خندق‌های حوضه جهت تجزیه و تحلیل رگرسیون خطی بین آنها می‌باشد. لذا این تحقیق عمدتاً بر اساس روش‌های میدانی (مشاهده و اندازه‌گیری ابعاد خندق‌ها)، مطالعات اسنادی و با استفاده از نقشه‌های زمین شناسی، بررسی و پتانسیل حاضر با توجه به ماهیت موضوع آن به صورت ۱:۱۰۰۰۰۰، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ عکس‌های هوایی ۱:۵۵۰۰۰ به عمل آمد. به ترتیب برای انجام تحقیق به صورت زیر عمل نمودیم.

۱- ابتدا کتب، مقالات علمی و هر گونه گزارش‌ها و پایان‌نامه‌های مرتبط با موضوع تحقیق بویژه در این منطقه جمع‌آوری و بررسی گردید.

۲- از روی عکس‌های هوایی ۱:۵۵۰۰۰ و نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰و زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰حوضه اقدام به شناسایی اولیه خندق‌ها نمودیم.

۳- در مرحله‌ی سوم طی ۶ بار مراجعه به دامنه‌های شرق سهند بخش حوضه مورد تحقیق اقدام به مشاهده وضعیت فرسایش خندقی و اندازه‌گیری ابعاد خندق‌ها نظیر طول، عمق، عرض، ارتفاع متوسط محل، شیب و کنترل میدانی خندق‌ها شد و در جدول ۱ نتایج مورفومتری خندق‌ها آورده شد.

۴- با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS و Excel و Arc View ترسیم نقشه‌ها و نمودارها و تعیین روابط همبستگی و سطح معنی‌داری متغیّرها انجام شد. جهت پی بردن به به استعداد خندق‌زایی در حوضه از شاخص‌های معمول اقلیمی مانند (شاخصWs، HTK استفاده کردیم. از شاخص‌های فرسایندگی باران و فرسایش و سپاسخواه،فورنیه (Fournier) و آرنولدوس (Arnoldus) نیز استفاده شد.

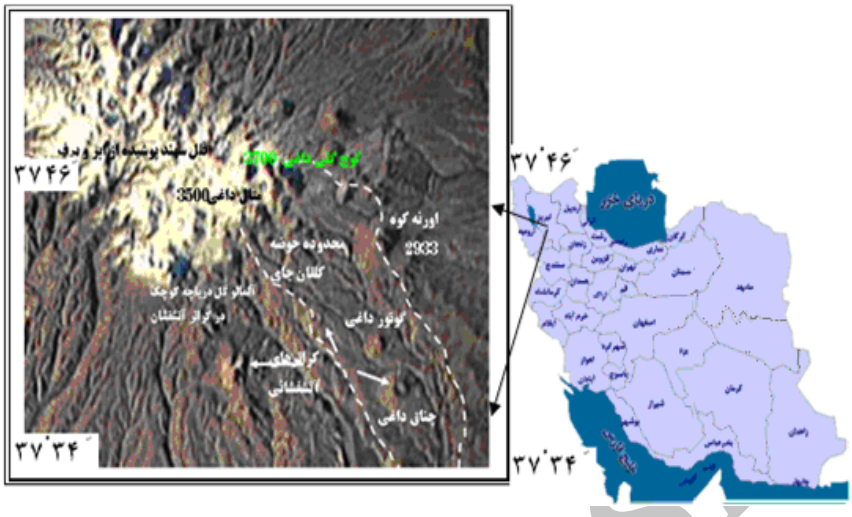
موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های طبیعی حوضه

حوضه‌ی آبخیز کلقان‌چای با زیرحوضه‌های مهم چینی بلاغ‌چای و بهادرچای در محدوده‌ی طول‌های شرقی ´۲۸ °۴۶ الی ۳۰ °۴۶ عرض‌های شمالی ´ ۳۴ و °۳۷ الی ´۴۶ و °۳۷ الی در دامنه‌ی شرقی ارتفاعات معروف سهند واقع شده است، شکل (۱).

این حوضه سردسیر کوهستانی با میزان بارندگی ۳۱۰۰ میلیمتر دارای اقلیم نیمه‌خشک است. شرایط اقلیمی و خاکزایی مناسب موجب شکل‌گیری و توسعه ۱۹ روستای کوچک و بزرگ در محدوده حوضه شده است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱: نقشه‌ی سه‌بعدی موقعیت کلقان‌چای در جنوب شرق قله‌ی سهند تبریز

مأخذ: نگارنده

- وضعیت توپوگرافی

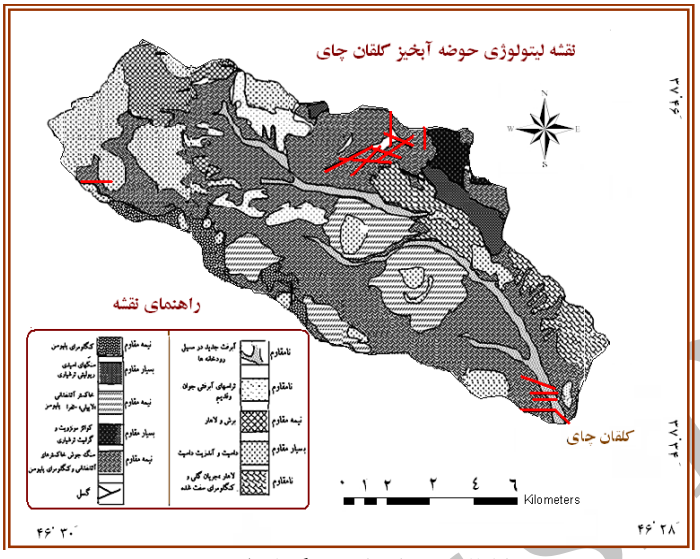
هدف از مطالعه‌ی وضعیت توپوگرافی حوضه آگاهی کامل از جهت گیری سیستم ناهمواری و تغییرات شیب و تغییرات آن، ارتفاع مناطق مختلف حوضه، وضعیت سیستم شبکه زهکشی ...، و اثرات آنها بر روی مسایل ژئومورفولوژی و فرسایش خاک می‌باشد. به عقیده *(Lamarche,2001:117)* اگر تمام فاکتورهای مؤثر در فرسایش خاک ثابت نگه داشته باشند با افزایش شیب توپوگرافی (حدود ۲ برابر) فرسایش خاک به ۲/۵ برابر افزایش می‌یابد. بعلاوه Burkard *(etal,1997:202)* به اثرات تغییرات توپوگرافی بعنوان فاکتور مهم در فرسایش خاک و خندق‌زایی تأکید دارند. ارتفاع حداکثر و حداقل حوضه مورد تحقیق به ترتیب ۳۷۵۰ و ۱۸۷۸۰ متر است. اختلاف ارتفاع خروجی و مرتفع‌ترین بخش حوضه ۱۸۲۰ متر و شیب متوسط آن ۱۲/۹۲٪ می‌باشد. همچنانکه در شکل ۸ نقشه پراکنش خندق‌های حوضه) قابل مشاهده است ارتفاعات حوضه حالت گنبدی و تند شیب هستند و دره‌های مابین کوهها، حالت تنگ و عمیق (Vشکل) دارند. ارتفاعات تند شیب گنبدی شکل با منحنی میزان‌های شعاعی متحدالمرکز از لحاظ مسائل مورفودینامیک و فرسایش خطی روان‌آبها بسیار حایز اهمیت هستند. در بخش‌های کم‌شیب بین دامنه‌ها سیستم زهکشی دره‌های نسبتاً عمیقی را (نظیر بهادر چای، چینی بلاغ‌چای، و کلقان‌چای) در جهت شمال غربی جنوب شرقی را حفر نموده است.

- لیتولوژی یا سنگ‌شناسی حوضه

تکامل ساختمان ناهمواری‌های حوضه‌ی مورد تحقیق عمدتاً مربوط به دوران دوم و سوم زمین‌شناسی و در ارتباط با فازهای زمین ساختی آلپی(لارامید- پیرنه) می‌باشد. آثار شدید زمین ساخت بویژه در سازندهای مقاوم، موجب پیدایش گسل‌ها و ریزگسل، درز و ...) شده است. اغلب سازندهای زمین‌شناسی حوضه مربوط به دوران سوم و چهارم مانند سنگ‌های آذرین داسیت و آندزیت، برش، توف و خاکسترهای آتشفشانی و جریان‌لاهار، کنگلومرا و آبرفت‌های جدیدی می‌باشند. تمام سازندهای سطحی و زمین‌شناسی از لحاظ لیتولوژیکی (مقاومت آنها در برابر عوامل فرسایش حاکم) طبقه‌بندی شده و در نقشه لیتولوژی شکل (۲) نشان داده شده‌اند.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۲: نقشه لیتولوژی و گسل‌های حوضه

مأخذ: نگارنده

تحت سیستم‌های هوازدگی در روی سازندهای زمین-شناسی (به وِیژه در شیب‌های ملایم) خاکزایی خوبی صورت گرفته است. خاک‌های سطح‌الارضی حوضه (سازندهای سطحی نامقاوم و نیمه‌مقاوم) به وسیله‌ی خطی روان‌آبها (بویژه فرسایش خندقی) فرسایش می‌یابند. فرسایش خندقی در سطح پادگانه‌های آبرفتی و اغلب در بخش دشت و نواحی کم‌شیب حوضه کوهستانی گسترش چشمگیر دارد.

ارزیابی فرسایش خندقی و رسوبدهی با استفاده از شاخص‌ها

معمولاً محققان برای پی بردن به پتانسیل خندق‌زایی در حوضه‌های هیدروگرافیک از ضرایب اقلیمی متفاوتی استفاده می‌نمایند. از ضرایب ساده و مهم ارائه شده ضریب هیدروترمال (Hydro Thermal Koefficient) و شاخص نوسان رطوبت خاک (Ws) Soil wetness) می‌باشد *(بیاتی‌خطیبی، ۱۳۷۹: ۵۶)*؛ بیاتی-خطیبی (۱۳۸۳)، *(عابدینی، ۱۳۸۴: ۱۱۷)*، *(ایلدرمی، ۱۳۸۱: ۲۱۵)* و *(عابدینی، ۱۳۸۷: ۶۶)*. می‌باشند که در ارزیابی‌استعداد حوضه مورد تحقیق برای خندق‌زایی استفاده شد.

محاسبه‌ی شاخص نوسان رطوبت خاک (Ws) حوضه‌ی مورد تحقیق

شاخص نوسان رطوبت موجود در خاک (Ws) برای ارزیابی پتانسیل مناطق برای فرسایش خطی روان‌آبها (بویژه فرسایش خندقی) استفاده می‌شود و جهت محاسبه آن از پارامترهای اقلیمی بلندمدت منطقه که در فرمول (۱) مشخص شده بهره می‌گیرند. بعد از محاسبه ماههایی که دارای نوسان رطوبتی (Ws) منفی باشند نشانگر پتانسیل زیاد برای فرسایش خطی بویژه فرسایش خندقی در ماه مورد نظر می‌باشند ایلدرمی *(۱۳۸۱: ۲۱۵)*. عابدینی *(۱۳۸۸: ۷۹)* برای حوضه‌ی مورد تحقیق بر مبنای داده های اقلیمی بلندمدت ایستگاه کلیماتولوژی مرند مقادیر شاخص را برای ماههای سال محاسبه نمودیم و نتایج را در جدول (۱) ارائه کردیم .

فرمول (۱) :

$$Ws = R - Rp / t$$

Archive of SID

www.SID.ir

که در آن Ws= شاخص رطوبت موجود در خاک، t = درجه حرارت ماهیانه و R = متوسط بارش ماهانه به میلیمتر و Rp = ضریب مربوط به دما و از رابطه (Rp = 30 (t + 7) به دست می‌آید.

با توجه به نتایج محاسباتی که برای حوضه‌ی مورد تحقیق به دست آوردیم (جدول ۱)، به استثنای ماههای بهمن و اسفند سایر ماههای حوضه دارای ضریب نوسان رطوبتی (Ws) منفی بوده و نشانگر استعداد زیاد حوضه برای فرسایش خندقی است. کاهش میزان (Ws) عمدتاً در فصول گرم و خشک، موجب پیدایش ترک‌هایی درسازندهای ریزدانه می‌شود (آشفته بودن سطح زمین به‌دلیل کاهش اثر محافظتی پوشش گیاهی و لگدمال شدن خاک توسط حیوانات نیز زمین تمرکز سریع روان‌آب‌ها را فراهم می‌کند). لذا این ترک‌ها در زمان اولین بارش‌های ناگهانی، محل تمرکز روان‌آبها و موجب پیدایش فرسایش شیاری و در نهایت تبدیل به خندق در حوضه می‌شوند.

در این‌مورد کارهای تحقیقی ارزنده‌ای را در حوضه‌های آبخیز محققینی نظیر *(Oostwoud& et al. 2001)*، *(Archibold,2003:263)*، *Glaudia et al,2006:89)* و *(عابدینی، ۱۳۸۸)* انجام داده‌اند.

جدول ۱: داده‌های اقلیمی و نتایج محاسبات WS برای ماههای سال در حوضه‌ی مورد تحقیق

ماههای سال	T (cg)	mm p	RP	Pi	Pi2/P	WS
J	-۳/۳۰	۲۲/۳	۱۱۱	۲۲/۳	۱/۷۱	۲۶/۸
F	۱/۲	۱۹/۴	۵۴۶	۱۹/۴	۳/۸	-۴۳۸.۸
M	۴/۷	۴۶/۸	۳۵۱	۴۵/۸	۷/۲	-۲۹/۲
A	۱۱/۵	۴۵/۳	۵۵۵	۴۶/۳	۷/۴	-۴۴/۲۳
M	۱۸	۳۱/۲	۷۵۰	۳۱/۲	۳/۴	-۳۹/۹
J	۲۴	۱۹/۳	۹۳۰	۱۹/۳	۱/۲۸	-۳۷/۹۴
J	۲۴/۸	۷/۸	۹۴۵	۷/۸	۰/۲۱	-۳۷/۸
A	۲۵/۱	۴/۵	۹۶۳	۴/۵	۰/۶۹۸	-۳۸/۲
S	۱۹/۲	۴/۶	۷۸۶	۴/۶	۰/۳۷	-۴۰/۷
O	۱۱/۸	۲۹/۸	۵۶۴	۲۹/۸	۳/۰۶	-۴۵/۲
N	۶/۲	۲۸	۳۹۶	۲۸	۲/۷	-۵۹/۴
D	-۱/۱	۳۰/۵	۱۷۷	۲۲/۳	۱/۷	۱۳/۳۱

مأخذ : نگارنده

شاخص‌اقلیمی هیدروترمال (HydroThermal Koefficient)

ضریب اقلیمی هیدروترمال برای پی بردن به استعداد مناطق و حوضه های آبخیز مختلف برای خندق‌زایی به کار می‌رود *(خطیبی، ۱۳۷۹: ۵۴؛ عابدینی، ۱۳۸۷: ۷۹)*. برای ارزیابی استعداد خندق‌زایی حوضه از طریق ضریب اقلیمی هیدروترمال نیز از داده‌های بلند مدت حوضه نیز استفاده نمودیم.

فرمول (۲): ۱/۷۱۵ =۱۶۹۰/۸: ۲۹۰

HTK = (ER/ET) 10 =

که در آن ER= مجموع بارش سالانه به میلیمتر ۲۹۰ و ET= ضریب دمایی برای ماههایی از سال که دمای منطقه بیش از ۱۰ درجه سانتیگراد باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

درصورتی که میزان ضریب هیدروترمال در محدوده‌ی ۱/۲۵ الی ۲/۵ نوسان کند این مناطق برای خندق‌زایی بسیار مستعد می‌باشند (*Zachar & Nakamura به نقل از بیاتی خطیبی،۱۳۷۹: ۵۴*). ضریب HTK را برای حوضه‌ی آبخیز کلقان‌چای محاسبه نمودیم و مقدار ۱/۷۴ این ضریب در محدوده‌ی ۱/۲۵ الی ۲/۵ قرار گرفت. در نتیجه ضریب هیدروترمال نشانگر حساسیت بالای حوضه برای خندق‌زایی است. در حوضه‌ی کلقان‌چای اتلاف خاک‌های سطح‌الارضی (Top siol) عمدتاً به واسطه‌ی فرسایش خندقی و شیاری می‌باشد. شخم‌زدن‌های غیراصلی در جهت عمود بر منحنی‌های میزان و نیز در فواصل رشد گیاهان زراعی تمرکز سریع آب‌های حاصل از بارش‌های رگباری در شیارها منجر به شکل گیری شیار و خندق‌های موقتی نیز در حوضه می‌شود. تحقیقات (*Darnault, 2006 : 1017*) در مورد زمین‌های کم‌شیب زراعی ترکیه نیز این مورد را تأیید می‌نماید. با توجه به اهمیت فرسایش خندقی و مسایل هیدروژئومورفولوژی خندق‌ها PT[1]TP در حوضه‌ی مورد تحقیق، ابعاد ۲۰ نمونه از خندق‌های حوضه با پیمایش‌های میدانی مورفومتری شد(جدول ۲) و روابط همبستگی بین متغیّرهای مختلف و علل آنها بررسی گردید PT[2]TP. محققین جهت تشخیص فرق بین فرسایش شیاری و خندقی از فاکتورهای عمق و عرض، مساحت مقطع عرض استفاده می‌کنند. زمانی که عمق شیارها از ۳۰ سانتیمتر زیاد باشد، فرسایش از نوع خندقی می‌باشد *(رفاهی، ۱۳۷۹: ۱۰۱)*. در صورتی‌که مساحت مقطع عرضی خندق‌ها بیش از ۹۲۹ سانتیمتر باشد خندق و کمتر از آن شیار نام می‌گیرد *(Glaudia et al,2006:89)*. مقایسه نتایج تحلیل‌های آماری به روش خطی (Linear) و توانی (Power) نشان داد که همبستگی خطی در مطالعات خندقها بهتر از همبستگی توانی می‌باشد، (جدول ۳). ارتباط مثبت معنی‌دار در سطح اطمیان ۹۹٪ با ضریب همبستگی R=./۷۵۱ با ضریب تبین ۵۴۵/. بین پارامتر طول و عمق خندق‌های حوضه وجود دارد، (شکل ۴و جدول ۳). هر چقدر طول خندق‌های حوضه زیاد می‌شود، به دلیل فرسایش کناری خاک‌های سست عرض آنها نیز بزرگتر می‌گردد (جدول ۲). بین طول و عرض خندق‌ها همبستگی خطی R=./۸۵ در سطح اطمینان ۹۵٪ وجود دارد، (شکل ۵ و جدول ۳). بعلاوه روابط بین شیب متوسط محل و طول خندق‌ها با ضریب همبستگی معکوس معنی دار در سطح اطمینان ۹۷٪ و با ضریب همبستگی۵۰۷۱/.- و ضریب تبین ۲۵۷/. نشان‌دهنده‌ی کاهش طول خندق‌ها با افزایش میزان شیب دامنه‌های حوضه است، (نمودار شکل ۶ و ۷ و جدول۲). همچنین طول خندق‌های حوضه نیز با افزایش ارتفاع متوسط توپوگرافی با میزان همبستگی معکوس معنی دار ۵۹۷/. و با ضریب تبیین ۳۵۶/. در سطح اطمینان ۹۷٪ ،کاهش یافته است، (شکل ۷). به عقیده *(احمدی، ۱۳۷۸: ۲۸۵)* شکل‌گیری خندق در اراضی کم‌شیب و هموار ۶/۱ برابر اراضی نسبتاً شیبدار است، این میزان در فصول بهار و زمستان به ۱۰ برابر افزایش می‌یابد. در شیب‌های کم ضخامت سازندهای سست‌لومی رسی، رسی و سیلتی مستعد فرسایش شیار و خندقی نیز زیاد هست. با افزایش درصد سیلت میزان فرسایش‌پذیری خاک به دلیل مستعد بودن ذره رسی (۲ تا ۵۰ میکرون) به فرسایش، به شدت بالا می‌رود، *(رنگ‌آور، ۱۳۸۹: ۱۸۷۸)*. وقوع اولین بارش‌های شدید بعد از شخم زدن بویژه در جهت شیب دامنه بدلیل از بین رفتن پوشش گیاهی و عدم پیوستگی در ساخت خاک، استعداد بالقوه خندق‌زایی را در حوضه افزایش می‌دهد. در شیب‌های ملایم خاکزایی مناسبی صورت گرفته و از طرفی رواناب‌های ناشی از بارندگی‌ها فرصت

۱- شناخت‌مورفولوزی‌خندق‌ها اولین‌گام در ارزیابی علل‌شکل‌گیری جهت ارائه‌ی مدل‌های پیش‌بینی رشدوتوسعه آنها است *(عبدی، ۱۳۸۸: ۱۹۶۷)*.

۱-۱- زیرا در اراضی کم‌شیب خاکزایی خوبی صورت گرفته و بعلاوه روان‌آبها فرصت کافی برای هیدرو لیز ، انحلال و جداسازی عناصر و مواد سست و خارج کردن آنها را از محیط دارند.

Archive of SID
www.SID.ir

مناسبی برای هیدرولیز، انحلال و جداسازی ذرات سست دارند. خندق‌های سطوح آبرفتی شیب‌های ملایم بویژه بخش دشت حوضه و پهنه‌های رسی بدلیل ضخامت خاک‌های سست دارای عمق زیاد و اغلب به صورت V شکل می‌باشند، (شکل۳). نتایج شاخص‌های اقلیمی و تحلیل‌های آماری نشانگر این موضوع است که حوضه کلقان‌چای پتانسیل بالایی برای فرسایش شیاری و خندقی دارد. بعلاوه اقلیم و توپوگرافی نقش عمده‌ای در خاکزایی و توسعه خندق‌ها دارند. خندق های حوضه بر مبنای فاکتور طول طبقه‌بندی شدند[1]، (جدول۲). بیشتر خندق‌های حوضه خندق‌های محوری می‌باشند و در سطح سازندهای سست لومی و سیلتی نیز خندق‌های پنجه‌انگشتی تشکیل شده است PT [2]TP. علل مهم شکل‌گیری خندق‌های حوضه مورد تحقیق، وجود ضخامت زیاد نهشته‌های ریزدانه (شن، ماسه، رس و سیلتPT [3]TP) شرایط اقلیمی، دخالت شدید انسان‌ها به واسطه کشاورزی فشرده و شخم‌های غیراصولی و چرای بی‌موقع و مفرط می‌باشد.

جدول ۲ : مورفومتری ابعاد مختلف خندق‌های حوضه

ردیف	ارتفاع متوسط توپوگرافی	شیب متوسط %	طول خندق‌ها به متر	متوسط عرض خندق‌ها به متر	عمق متوسط خندق‌ها به‌متر	وضعیت توپوگرافی	طبقه‌بندی خندق‌ها
۱	۱۹۰۰	۱۷	۱۰۰	۳/۲	۱/۲۰	دشت	کوچک
۲	۲۴۰۰	۲۰	۳۵	۲/۵۰	۱/۸۰	کوهستان	کوچک
۳	۲۸۰۰	۱۵	۸۵	۲/۳	۲/۴	کوهستان	کوچک
۴	۲۵۰۰	۲۰	۱۷۰	۲/۵	۱/۶۰	کوهستان	متوسط
۵	۲۱۰۰	۷	۳۲۰	۴/۳۰	۳/۵	کوهپایه	بزرگ
۶	۲۳۰۰	۲۸	۵۰	۱/۳	۱	کوهستان	کوچک
۷	۳۴۸۰	۱۵	۷۵	۱/۸۰	/۸۵	کوهستان	کوچک
۸	۲۳۵۰	۲۰	۱۳۰	۲/۵	۱/۶۰	کوهپایه	متوسط
۹	۲۰۰۰	۸	۲۵۰	۳/۶	۳/۲۰	دشت	بزرگ
۱۰	۱۹۵۰	۱۲	۳۰۰	۲/۸۰	۳/۴	دشت	متوسط
۱۱	۲۳۶۰	۱۰	۲۸۰	۴	۳/۲	کوهپایه	بزرگ
۱۲	۳۱۰۰	۲۰	۶۰	۱/۵	۱	کوهستان	کوچک
۱۳	۲۳۵۰	۲۵	۷۸	۲	۱/۵	کوهستان	کوچک
۱۴	۱۸۸۰	۵	۱۰۵	۲/۸۰	۲/۶	دشت	کوچک
۱۵	۳۵۶۰	۲۰	۴۵	۱	۰/۷۵	کوهستان	کوچک
۱۶	۲۴۰۰	۱۵	۱۵۰	۲	۱/۴۰	کوهپایه	متوسط
۱۷	۳۵۵۰	۱۶	۸۰	۲/۵	۱/۸۰	کوهستان	کوچک
۱۸	۳۱۰۰	۹	۷۰	۱/۶	۲/۳۰	کوهستانی	کوچک
۱۹	۳۵۰۰	۴	۱۰۵	۳	۱/۵	کوهستانی	کوچک
۲۰	۳۴۰۰	۱۸	۲۸	۱/۸۰	۱/۷۰	کوهستان	کوچک

مأخذ : نگارنده

۱- طبق طبقه‌بندی (احمدی، ۱۳۷۸: ۲۳۶)، خندق‌های کمتر از ۱۲۰ متر طول کوچک ،بین ۱۲۰ تا ۲۴۰ متوسط، و بزرگتر از ۲۴۰ بزرگ محسوب می‌شود.

۳- TPPTخندق‌های محوری از تعدادی خندق مجزا که دارای دیواره‌ی بالاکند هستند و در رسوبات گراولی شکیل می‌گیرند ولی خندق‌های پنجه انگشتی در خاک‌های لومی ورسی به وجود می‌آیند (علیراده، ۱۳۶۸: ۴۷).

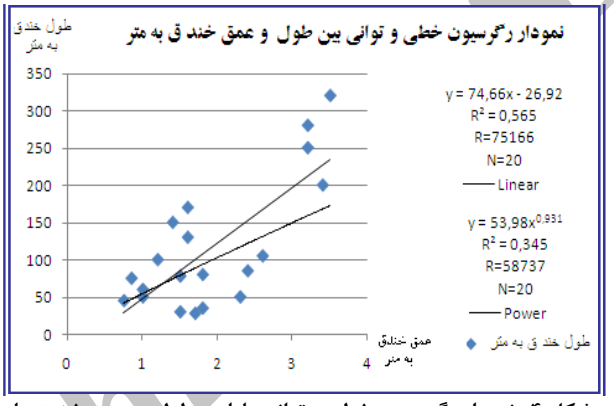
۴- TPPTخاک‌های حاوی ۴۰ الی۶۰ درصد سیلت حساس‌ترین خاک‌ها برای فرسایش خندقی می‌باشند (رفاهی، ۱۳۷۹: ۵۲ به نقل از ریشتر و وینکندانگ).

Archive of SID

www.SID.ir

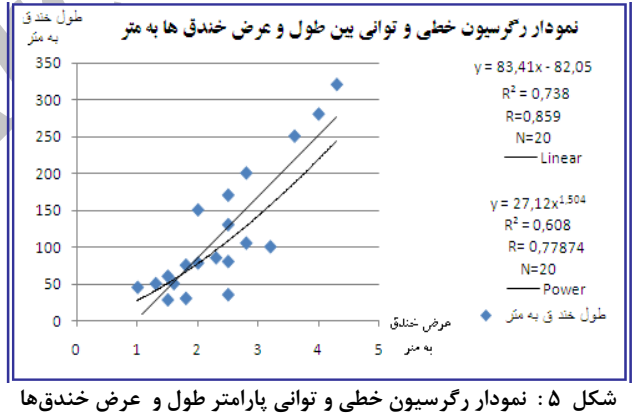
شکل ۳ : خندق V شکل در خاک‌های ریزدانه با ترکیبی از رسی و سیلتی شن و ماسه و قلوه‌سنگ

مأخذ : نگارنده



شکل ۴ : نمودار رگرسیون خطی و توانی پارامتر طول و عمق خندق‌ها

مأخذ : نگارنده

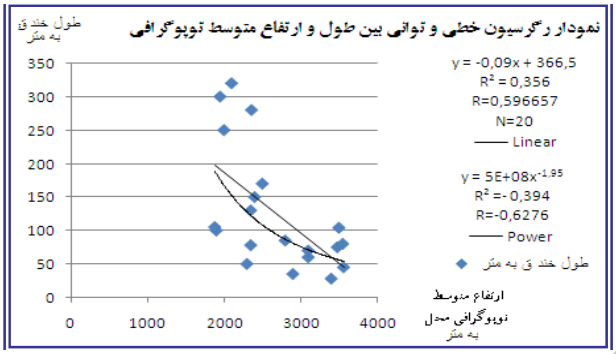


شکل ۵ : نمودار رگرسیون خطی و توانی پارامتر طول و عرض خندق‌ها

مأخذ : نگارنده

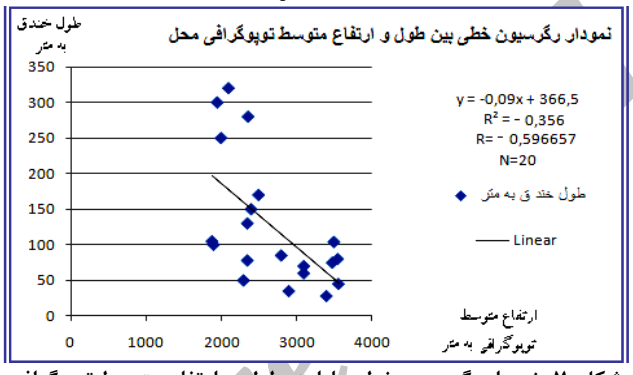
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۶ : نمودار رگرسیون خطی پارامتر طول و ارتفاع متوسط توپوگرافی

مأخذ : نگارنده



شکل ۷ : نمودار رگرسیون خطی پارامتر طول و ارتفاع متوسط توپوگرافی

مأخذ : نگارنده

جدول ۳ : نتایج روابط ضرایب همبستگی خطی و توانی و تبیین بین متغیّرها

ردیف	متغیّر وابسته	متغیّر مستقل	ضریب تبیین خطی	ضریب همبستگی خطی	سطح معنی‌داری	سطح اطمینان٪
۱	متوسط طول خندق‌ها	عمق خندق‌ها	./۵۴۵	./۷۵۱	۰۰۰۰	٪۹۹
۲	متوسط طول خندق‌ها	میزان شیب خندق‌ها	./۲۵۷	-./۵۰۷۱	۰/۰۲۲	٪۹۷
۳	متوسط طول خندق‌ها	متوسط عرض‌خندق‌ها	./۷۳۸	./۸۵۹	۰/۰۴۲	٪۹۵
۴	ارتفاع متوسط محل خندق‌ها	طول خندق‌ها	./۳۵۶	-./۵۹۶۶	۰/۰۲۴۷	٪۹۷

ردیف	متغیّر وابسته	متغیّر مستقل	ضریب تبیین توانی	ضریب همبستگی توانی	سطح معنی‌داری	سطح اطمینان٪
۱	متوسط طول خندق‌ها	عمق خندق‌ها	./۳۴۵	./۵۸۷۳۷	۰ /۰۳۲	٪۹۶
۲	متوسط طول خندق‌ها	میزان شیب خندق‌ها	./۲۱۹	./۴۶۸	۰ /۰۴۳	٪۹۵
۳	متوسط طول خندق‌ها	متوسط عرض خندق‌ها	./۶۰۸	./۷۷۸۷۴	۰۰۰۰	٪۹۹
۴	ارتفاع متوسط محل خندق‌ها	طول خندق‌ها	./۳۹۴	-./۶۲۷۶	-۰/۰۲۴	٪۹۷

مأخذ : نگارنده

Archive of SID
www.SID.ir

مدل ۲ فورنیه (Fournier)

فرمول ۲ فورنیه برای برآورد میزان فرسایش خاک در اقلیم‌های نیمه‌خشک ارائه شده است *(رفاهی، ۱۳۷۵: ۲۶۲)*، *(احمدی، ۱۳۷۸: ۵۱۶)*. متوسط ارتفاع حوضه ۲۷۸۵متر، میانگین بارش حوضه ۳۱۰ میلمتر، میانگین پربارانترین ماه سال ۴۶/۸ میلیمتر و شیب متوسط حوضه ۱۲/۹۲ ٪ می‌باشد.

فرمول (۳):

$$\text{Log Qs} = 2.65 + 0.46(\log \bar{H})(\tan \bar{S}) - 1.56 \frac{PW^2}{pa} \log \quad \text{Q/ton/ha/y}$$

$$\text{Log Qs} = 2.65 + 0.46(\log 2785)(\tan 235/5) - 1.56 = 2.7 = 310.46 \frac{46/8^2}{290} \log \quad \text{Q/t/ha/y}$$

QS = میزان رسوب ویژه برحسب تن در هکتار

PW= میانگین بارندگی پرباران‌ترین ماه سال به میلیمتر

Pa= میانگین بارندگی سالیانه بر حسب میلیمتر

H= متوسط ارتفاع حوضه

S= شیب متوسط حوضه (می‌توان مساحت حوضه را نیز به جای شیب منظور کرد)

- فرمول آرنولدوس (Arnoldus)

فرمول(۴):

$$\left(\sum^{N} Pi^2/P\right)^{1.93} P = 0.302 \times 33/6148^{1.93} P = 257/98 \quad \text{Q/ton/ha/y}$$

EI۳=متوسط شاخص فرسایش‌زایی سالانه‌باران برحسب تن در هکتار (ton/ha)

Pi = متوسط بارندگی ماهانه (برحسب میلیمتر)

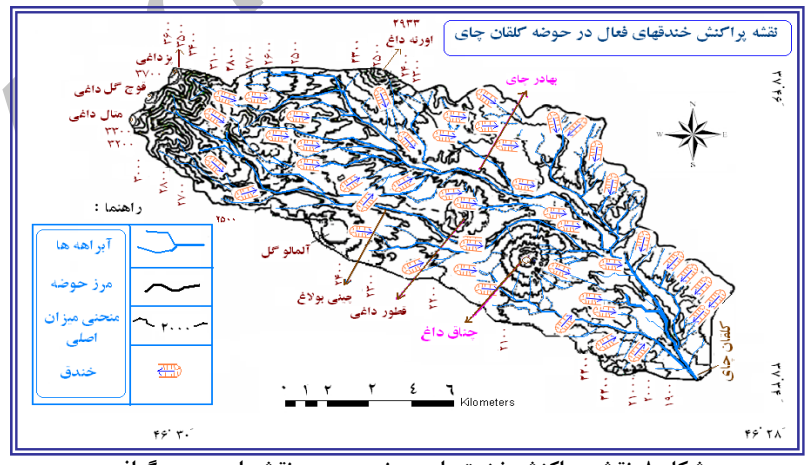
P = متوسط بارندگی سالانه به میلی‌متر

N= تعداد ماههایی که بارش رخ داده است.

- فرمول سپاسخواه : فرمول(۵):

$$EI_{30} = 1/6 \left(\sum^{N} Pi^2/P\right)^{1.21} P = 1/6 \times 33/6147^{1.21} P = 138/93 \text{ Ton/ha/y}$$

متوسط فرسایش خاک در حوضه آبخیز کلقان چای ۲۳۵/۷۹ ton/ha/UyU می‌باشد و مجموع کل فرسایش خاک حوضه ۵۵۵۲۸۵۴ ton/ha/y بر آورد شد که حاکی از اتلاف شدید خاک‌های کشاورزی حوضه به واسطه‌ی عمدتاً به واسطه‌ی فرسایش شیاری و خندقی است[1]. هدر رفتن هر تن ماده آلی در هکتار به وسیله فرسایش خاک سبب هدر رفتن ۶۰ کیلوگرم ازت خواهد شد، بتابر این با فرض فرسایش ۱ سانتیمتر خاک در هر هکتار، ۳۰۰ کیلو گرم ازت در هکتار اتلاف خواهد شد. در نقشه شکل (۸) پراکنش خندق‌های حوضه را نشان دادیم.



شکل ۸: نقشه پراکنش خندق‌های حوضه در روی نقشه اوروهیدروگرافی

مأخذ: نگارندگان

در اغلب موارد، حدود ۹۰ ٪ مواد تنها از ۱۰ ٪ سطح یک حوضه به دست می‌آید که مطالعه این‌گونه نقاط بحرانی بسیار مهم است (رجائی،۱۳۷۳: ۳۹). مدیریت حوضه‌های آبخیز جهت جلوگیری از به هم خوردن وضعیت آب، خاک، گیاه و زمین ضرورت دارد (اسمعلی و عبدالهی، ۱۳۸۹: ۵).

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه گیری

حاصلخیزی و توان تولیدی خاک عمدتاً تحت تأثیر فرسایش خاک است و فرسایش خاک موجب تخریب خصوصیات فیزیکی و کاهش مواد غذایی و ماده آلی آن می شود. متوسط فرسایش خاک بر حسب تن در هکتار در حوضه آبخیز کلقان چای ton/ha/UyU ۲۳۵/۷۹ بالا است(جدول۱). لذا مجموع فرسایش خاک ton/ha/UyU ۵۵۵۲۸۵۴ در کل حوضه مورد تحقیق می‌باشد. (جدول۴).

جدول ۴: نتایج شاخص‌های فرسایندگی خاک

شاخص‌های فرسایندگی استفاده شده در حوضه‌ی مورد تحقیق *Rain erosivity Indexes*			
نام شاخص	میزان فرسایندگی برحسب تن در هکتار (سالانه)	متوسط فرسایندگی باران	فرسایندگی کل حوضه برحسب تن در هکتار (سالانه)
شاخص فورنیه	۳۱۰/۴۶	۲۳۵/۷۹	۵۵۵۲۸۵۴
شاخص سپاسخواه	۱۳۸/۹۳		
شاخص آرنولدوس	۲۵۷/۹۸		

مأخذ : نگارنده

از آنجایی که سه مدل فرسایندگی باران برای مناطق نیمه‌خشک ارائه شده و حوضه‌ی مورد تحقیق نیز نیمه‌خشک می‌باشد، از این سه شاخص استفاده شد. مقایسات اینجانب در چندین حوضه‌ی متفاوت نشان داده که میزان فرسایندگی باران از طریق شاخص آرنولدوس کمتر با مناطق نیمه‌خشک آذربایجان همخوانی دارد. کارهای به عمل آمده توسط بیاتی خطیبی (۱۳۷۹)، ایلدرمی (۱۳۸۱) و نگارنده در چندین حوضه در شرایط اقلیمی آذربایجان نشانگر این موضوع است. شاخص نوسان رطوبت خاک (Ws) نیز بجز ماههای بهمن و اسفند منفی بودند و نشانگر استعداد خاک‌های حوضه‌ی مورد تحقیق در این ماهها برای فرسایش خندقی می‌باشد. ضریب هیدروترمال (HTK) نیز با مقدار عددی ۱/۷۱۵ و به دلیل واقع شدن در محدوده بین ۱/۲۵ تا ۲/۵ مؤید پتانسیل خاک‌های حوضه برای خندق‌زایی است. به دلیل شیب-دار بودن و بالا بودن استعداد طبیعی حوضه با توجه به شرایط اقلیمی نیمه‌خشک و شاخص‌های اقلیم، بالا است.

مقایسه نتایج تحلیل‌های آماری به روش رگرسیون خطی (Linear) و توانی (Power) نشان داد که همبستگی خطی در مطالعات خندق‌ها بهتر از همبستگی توانی می‌باشد. همبستگی مثبت معنی‌دار بین طول و عمق- عرض و طول خندق‌ها و همبستگی معلکوس معنی‌دار بین ارتفاع متوسط توپوگرافی محل و نیز و شیب متوسط با طول خندق‌ها وجود دارد. خندق‌های عریض و طولانی حوضه در مناطق با توپوگرافی ملایم شکل گرفته‌اند علت عمده‌ی این موضوع خاکزایی مناسب، دخالت غیراصولی کشاورزان و وجود سازندهای ریزدانه ضخیم در این قسمت‌ها می‌باشد. خندق‌های بخش کم‌شیب دامنه‌ی کوهها در سازندهای هوازده سست ریگولیتی شکل گرفته‌اند. به واسطه‌ی دخالت شدید انسان‌ها در شیب‌ها (به دلیل وجود ۱۹ روستا در حوضه)، وقوع بارش‌های رگباری، شیب زیاد حوضه، تخریب رخنمون‌های سنگی تحت فرسایش پریگلاسیر از مهمترین عوامل در تشدید ناپایداری دامنه‌ها و فرسایش خاک در حوضه مورد تحقیق می‌باشند. در نهایت جهت نتیجه‌گیری بهتر و سرشکن شدن تفاوت شاخص در برآورد میزان رسوب از متوسط عددی سه شاخص استفاد شد و میزان فرسایش خاک ۲۳۵/۷۹ تن درهکتار و مجموع کل فرسایش سالانه خاک حوضه ton/ha/y ۵۵۵۲۸۵۴۵ برآورد گردید. این مقدار از خاک حجم خاک فرسایش یافته از حوضه (خاک‌های عمدتاً سطحی و زراعی

Archive of SID

www.SID.ir

(Top Soil) نشان‌دهنده‌ی شدت ناپایداری دامنه‌ها و شدت عمل روان‌آب‌ها یا فرسایش خطی روان‌آبها است.

پیشنهادها

با توجه به مطالب پیش گفته اعمال شیوه‌های آبخیزداری متناسب با شرایط توپوگرافی و اقلیمی حوضه به اجمال به صورت زیر پیشنهاد می‌شود:

- ایجاد تراس در دامنه‌های با شیب نسبتاً ملایم و بانکت‌بندی (گرادون‌های V, U) در سطوح شیبدار دامنه‌ها با استفاده از فرمول ساکاردنی که با اقلیم نیمه‌خشک منطقه سازگار است (با محاسبه فواصل، شیب و میزان خاکبرداری و خاکریزی).
- اعمال اصول آبخیزداری تغییر در شیب دامنه‌ها با خشکه چینی و احداث بندهای سرریز در مسیرآبراهه‌ها و خندق‌های فعال (Check dam)، و (Log که مصالح آن در محیط وجود دارد.
- جلوگیری از شخم‌زدن در جهت شیب دامنه‌ها (عمود بر خطوط تراز) و ممانعت از چرای مفرط و بی‌موقع، آتش زدن بوته و گون‌ها و درختچه‌های خودرو ...

منابع و مآخذ

۱- اسمعلی، ابادر و خدایار عبدالهی (۱۳۸۹). آبخیزداری و حفاظت خاک، نأشر دانشگاه محقق اردبیلی.

۲- احمدی و همکاران (۱۳۸۶). مدیریت اراضی خندقی از طریق بررسی عوامل مؤثر و ارائه‌ی مدل تعیین پتانسیل رشد طولی خندق‌ها (مطالعه موردی: حبله رود). چهارمین همایش ملی علوم آبخیزداری ایران-مدیریت حوضه‌های آبخیز.

۳- احمدی، حسن (۱۳۷۸). ژئومورفولوژی کاربردی (فرسایش آبی)، جلد ۱. انتشارات دانشگاه تهران.

۴- ایلدرمی،علیرضا(۱۳۸۱).بررسی مسائل‌مورفودینامیک و اثرات عوامل ناپایداری در دامنه‌های شمالی توده‌ی الوند (همدان)، رساله مقطع دکتری. دانشگاه تبریز. دانشکده علوم انسانی و اجتماعی. گروه جغرافیای طبیعی.

۵- بیاتی‌خطیبی، مریم (۱۳۸۳). تحلیل و بررسی نقش عوامل توپوگرافی در مورفوژنز در خندق‌زایی (مطالعه موردی دامنه-های‌شمالی‌قوشه‌داغ بین اهر و مشکین‌شهر). پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۴۹.

۶- بیاتی‌خطیبی، مریم (۱۳۷۹). بررسی نقش عوامل مورفودینامیک در ناپایداری دامنه‌های شمالی قوشه‌داغ، رساله دکتری. دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، گروه جغرافیای طبیعی. دانشگاه تبریز.

۷- ثقفی، مهدی و رضا اسماعیلی (۱۳۸۸). تحلیل‌های مورفومتری عوامل تشکیل آبکند در حوضه‌ی آبریز شاخن (استان خراسان جنوبی)، مجله جغرافیا و توسعه. شماره ۱۵.

۸- رنگ‌آور، عبدالصالح (۱۳۸۸). بررسی برخی از ویژگی‌های خاک آبکندی خراسان رضوی. مجموعه مقالات یازدهمین گنکره علوم خاک ایران- گرگان.

۹- رفاهی، حسینقلی (۱۳۷۹). فرسایش آبی و کنترل آن. چاپ سوم. انتشارات دانشگاه تهران.

۱۰- عابدینی، موسی (۱۳۸۷). پژوهشی در مورفوتکتونیک و مورفودینامیک حوضه آبخیز باسمنج چای باتأکید بر فرسایش خاک و رسوبدهی(در دامنه شمالی کوه سهند- طرح پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی.

۱۱- عابدینی، موسی (۱۳۸۴). پژوهشی در فرسایش خندقی ارتفاعات جنوب غرب هادی‌شهر (شمالغرب آذربایجان شرقی) از طریق روش‌ها و تکنیک‌های جدید. مجله جغرافیا و توسعه. شماره ۶.

۱۲- علیزاده، امین (۱۳۶۸). فرسایش و حفاظت خاک. انتشارات آستان قدس رضوی.

۱۳- عبدی، پرویز (۱۳۸۸). بررسی خصوصیات فرسایش خندقی در تشکلات مارنی حوزه‌ی آبخیز گمیش آباد زنجان. مجموعه مقالات یازدهمین گنکره علوم خاک ایران. گرگان.۱۹۷۰-۱۹۶۷.

14- Abedini, M (2006). Quantities analysis of soil erosion via runoff(emphasize to gully erosion),in the Garehgoz mountains and plains with modern methods (Iran-Northwest Azerbaijan).International soil meeting (ISM) Harran University. Turky.

15- Archibold, O.W and Levesque (2003). Gully retreat in a semi-urban catchment's in saskatoon, Saskatchewan. Applied geography. Vol, 23.

16- Burkard D.M.B,R and Kostaschuk (1997). Pattern and controls of Gully Growth along the shoreline of lake Huron. Earth processes and land forms. Vol.22.

Archive of SID

www.SID.ir

17- Darnault, C (2006). Ephemeral Gully erosion in Mediterranean environmental. International soil meeting (ISM) Harran University .Turky.
18- Gaudia ZuccaT (2006). Annalisa Canu and Raniero Della pertua. effects of lands use and landscape on spatial distribution. and morphological. Features of gullies in an agropastoral area in Sardini(Italy.Catena.68:86-95.
19- Goudie, A. S (2003). Encyclopedia of Geomorphology. Rutledge.
20- Kakembo, V et al (2009). Topographic thresholds in gully development on the hillslopes of communal areas in Ngqushwa Local Municipality, Eastern Cape, South Africa, Elsevier Geomorphology. Vol.110.
21- Lamarche, J. L (2001). Effects of forest roads on floods flows in the Descutes river, Washinton. Earth processes and land forms. Vol.26.
22- Malik.R,(2008). Dating of small gully formation and establishing erosion rates in old gullies under forest by means of anatomical changes in exposed tree roots (Southern Poland). Geomorphology
Vol, 93.
23- Oostwoud D.J & et al (2001). Gully head erosion on a- semi- arid valley floor in Keny : Earth surface processes and forms. Vol, 26.
24- Ryan L. P (2010). Comparison of gully erosion estimates using airborne and ground-based LiDAR on Santa Cruz Island, California. Geomorphology . Vol.118 (2010).
25- Volker. P (2011). Soil erosion in the Swiss midlands: Results of a 10-year field survey. Geomorphology.
26- Yongqiu W et al (2008). Development of gullies and sediment production in the black soil region of northeastern China ,Geomorphology.Vol 101, Issue 4. Sciences. Volume, 15 June 2009.
27- Roblesa, C . M (2010). Factors related to gully erosion in woody encroachment in south-eastern Australia ,CATENA ,Volume 83, Issues 2-3, November-December 2010.

Archive of SID

www.SID.ir