



19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



نقش ویژگی‌های خاک در گسترش عرض آبکندها در حوزه آبخیز منطقه نیمه‌خشک

علی‌رضا واعظی^{۱*}، علیرضا رفیعی آتانی^۲

*۱-استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان * پست الکترونیکی نویسنده مسئول مقاله
vaezi.alireza@znu.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

چکیده

فرسایش آبکندهی در مناطق نیمه‌خشک به دلیل اثرات زیست‌محیطی شدید و نقش آن در انتقال رسوبات، یکی از چالش‌های بزرگ مدیریت منابع آب و خاک است. هدف این مطالعه، بررسی نقش ویژگی‌های خاک در گسترش عرض آبکندها در یک حوزه آبخیز نیمه‌خشک است. این تحقیق با اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مانند درصد شن، سیلت، رس، ماده آلی، کربنات کلسیم، پایداری خاکدانه و نفوذپذیری در ۱۲ آبکند مختلف در حوزه آبخیز تهم‌چای و تحلیل ارتباط آنها با گسترش عرضی آبکندها انجام شد. نتایج نشان داد که گسترش عرضی آبکند تحت تأثیر درصد رس و نفوذپذیری خاک نیست در حالی که همبستگی معنی‌دار با درصد سیلت ($r = 0.19$)، درصد شن ($r = -0.19$)، درصد ماده آلی ($r = -0.35$) و پایداری ساختمان ($r = -0.21$) دارد. در عرصه‌هایی که خاک آن دارای فراوانی بیشتری از ذرات شن بوده یا از ماده آلی بیشتر و ساختمان پایداری برخوردارند حساسیت به گسترش عرضی آبکند کمتر است. نتایج این پژوهش در تعیین حساسیت دامنه‌ها به فرسایش آبکندهی می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

واژگان کلیدی: پایداری خاکدانه، فرسایش خاک، کربنات کلسیم، ماده آلی، نفوذپذیری

مقدمه

فرسایش آبکندی فرآیند تشکیل و توسعه کانال‌های فرسایشی عمیق روی زمین است که می‌تواند ناشی از گسترش فرسایش ابراهه‌ای، فرونشست ناشی از فرسایش تونلی یا فعالیت‌های انسانی باشد. آبکندها به صورت کانال‌های باز و ناپایدار با عمق بیش از ۳۰ سانتی‌متر تعریف می‌شوند (Tangchun et al., 2018) (واعظی، ۱۴۰۳، صفحه ۳۴۳). آبکندها منجر به اتصال بخش بالادست حوزه آبخیز (ارتفاعات) به بخش‌های پایین‌دست حوزه آبخیز (رودخانه اصلی) می‌شوند و از این‌رو نقش مهمی در انتقال مواد فرسایش‌یافته از بخش‌های بالادست حوزه آبخیز ایفا می‌کنند. آبکندها علاوه بر انتقال مواد فرسایش‌یافته از زمین‌های بالادست، مکان‌هایی برای فرسایش خاک و تولید رسوب هستند (واعظی، ۱۴۰۳، صفحه ۳۴۳) و سهمی بین ۱۰ تا ۹۴ درصد در تولید رسوب کل آبخیزها در کشورهای مختلف دارد (Poesen et al., 2003).

تشکیل آبکند تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار دارد، از جمله عواملی که از سطح آستانه‌ای مشخص در یک منطقه فراتر می‌روند، مساحت حوضه زهکشی، شیب زمین، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، ویژگی‌های خاک و همچنین متغیرهای اقلیمی از جمله عوامل اصلی مؤثر بر گسترش آبکند در حوضه‌های آبخیز هستند. ویژگی‌های مورفومتری آبکند مانند طول، عرض، عمق، مساحت مقطع عرضی و حجم می‌توانند برای مطالعه روند گسترش آبکند به کار روند. فرسایش آبکندی همچنین یکی از مهم‌ترین انواع فرسایش آبی در مناطق نیمه‌خشک محسوب می‌شود، جایی که پوشش گیاهی ضعیف است و خاک‌ها از پیوستگی کمی برخوردارند (Vaezi and Bakhshi Rad, 2024).

بسیاری از محققان تلاش کرده‌اند تا توسعه آبکندها و عوامل مؤثر بر آن را مطالعه کنند تا برنامه‌هایی برای کنترل آن در سراسر جهان ایجاد کنند. برای مثال، نتیجه یک مطالعه در مورد تأثیر خواص فیزیکی خاک بر توسعه آبکند نشان داد که رس و توپوگرافی مهم‌ترین عوامل مؤثر بر توسعه آبکند هستند (Tangchun et al., 2018). در مطالعه‌ای دیگر، محققان دریافته‌اند که بارش‌هایی با شدت بیش از ۴۰ میلی‌متر بر ساعت همراه با عوامل انسانی مهم‌ترین عوامل در توسعه فرسایش آبکندی هستند (Tichavský et al. 2018). نتیجه مطالعه سلیمان‌پور و همکاران (سلیمان‌پور و همکاران، ۱۳۸۸)، نشان داد که رسوب تولیدی ناشی از گسترش آبکندها در کنار تخته استان فارس، تابع پنج متغیر درصد رس، شن، سیلت، شیب و پوشش گیاهی در آبخیز واقع در بالای پیشانی آبکندها است. تجری و کاردل (Tajari and Kardel. 2014) در پژوهشی به منظور بررسی تأثیر فرسایش آبکندی بر رطوبت در دو کاربری مرتع و دیم رها شده در حوزه آبخیز کال شور استان گلستان مشاهده کردند که تغییرات رطوبت خاک سطحی در کاربری مرتع با فاصله از لبه آبکند نسبت به کاربری دیم کمتر بوده و رطوبت خاک آبکندها در کاربری مرتع بیش‌تر از کاربری دیم است.

فرسایش آبکندی یک مشکل عمده زیست‌محیطی در مناطق نیمه‌خشک است، جایی که خاک‌ها دارای مواد آلی کمتر بوده و پایداری ضعیف‌تری دارند. کشاورزی فشرده و شخم در امتداد شیب می‌تواند فرسایش خاک توسط آب را در زمین‌ها تسریع کند (Vaezi and Bakhshi Rad, 2024). هدف این مطالعه، بررسی نقش ویژگی‌های خاک در گسترش عرض آبکندها در یک حوزه آبخیز واقع در منطقه نیمه‌خشک است. این بررسی با هدف شناسایی مهم‌ترین ویژگی‌های خاکی مؤثر در توسعه عرضی آبکندها، ارائه راهکارهای مدیریتی جهت کنترل و کاهش فرسایش و کمک به برنامه‌ریزی اصولی در حفاظت از منابع آب و خاک انجام می‌شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه حوزه آبخیز تهم‌چای واقع در فاصله ۱۰ کیلومتری شمال‌غرب شهرستان زنجان بود که در $48^{\circ}17'$ تا $48^{\circ}37'$ طول شرقی و $36^{\circ}46'$ تا $36^{\circ}53'$ عرض شمالی قرار گرفته است. مساحت حوزه آبخیز حدود ۲۲۸۱۶ هکتار و متوسط ارتفاع حوزه ۲۰۸۵ متر از سطح دریا می‌باشد. بارندگی سالیانه آبخیز بر اساس دوره ۵۰ ساله (۱۳۳۹ تا ۱۳۸۹) برابر ۳۸۷ میلی‌متر و متوسط دمای حوزه ۱۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. اقلیم حوزه آبخیز بر اساس روش دومارتن نیمه‌خشک محسوب می‌شود (Vaezi and Abbasi. 2012). اراضی دیم رها شده و یا کم بازده که قسمت عمده فرسایش را به خود اختصاص می‌دهد با مساحتی حدود ۷۴۶۳ هکتار، ۷/۳۲ درصد از کل سطح حوضه را دربر می‌گیرد (Vaezi and Mazloom Aliabadi. 2018).

به منظور بررسی ویژگی‌های آبکند ابتدا در نرم افزار Google Earth آبکندهای گسترش یافته در دامنه‌های با شیب ۸ تا ۱۰ درصد انتخاب شدند. شیب دامنه‌ها بر اساس اختلاف ارتفاع خط‌الراس نسبت به پایین دست دامنه و طول دامنه بدست آمد. بر این اساس ۱۲ عارضه فرسایش آبکندی در منطقه برای بررسی رابطه بین تشکیل آبکند و ویژگی‌های خاک انتخاب شدند. موقعیت دقیق جغرافیایی و ارتفاع آبکندها توسط عملیات میدانی با استفاده از جی‌پی‌اس Garmin بدست آمد. عمق، عرض، طول، مساحت سطح زهکش آبکندها اندازه‌گیری شدند. عمق و عرض در سه نقطه در طول شاخه‌های آبکند (پایین دست، میان دست و بالادست) اندازه‌گیری و سپس میانگین آنها محاسبه شد. برای تعیین طول آبکند مجموع طول تمام شاخه‌های آبکند از رأس آبکند تا نقطه خروجی آن تعیین شد. مساحت سطح مقطع آبکند نیز بر مبنای شکل مقطع که عموماً سهمی شکل بود، با استفاده از داده‌های عرض و عمق آبکند در سه موقعیت در طول آبکند تعیین و میانگین آن به عنوان سطح مقطع عرضی آبکند محاسبه شد (Vaezi et al. 2016). برای نمونه برداری خاک، در سه نقطه مختلف آبکند (پایین دست، میان دست و بالادست) از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متر نمونه دست‌خورده، برداشته شدند. اندازه‌گیری ویژگی‌های خاک شامل ماده آلی، آهک، سنگ‌ریزه، چگالی ظاهری، نفوذپذیری، متوسط اندازه خاکدانه، پایداری خاکدانه با روش‌های متداول انجام گرفت. در این راستا توزیع اندازه ذرات (درصد شن، سیلت و رس) به روش هیدرومتري، درصد سنگ‌ریزه به روش وزنی، کربنات کلسیم به روش تیتراسیون با اسید کلریدریک یک نرمال، کربن آلی به روش اکسیداسیون تر، چگالی ظاهری به روش سیلندر فلزی، تعیین شدند. نفوذپذیری خاک بر اساس سرعت نفوذپذیری نهایی به روش استوانه مضاعف اندازه‌گیری شد. به منظور بررسی رابطه گسترش عرضی آبکند و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، از سه نقطه مختلف آبکند میانگین گرفته شد. برای بررسی نقش ویژگی‌های خاک در گسترش عرضی آبکند، رابطه گسترش عرضی آبکند با ویژگی‌های مختلف خاک با استفاده از توابع ریاضی بررسی شد.

نتایج و بحث

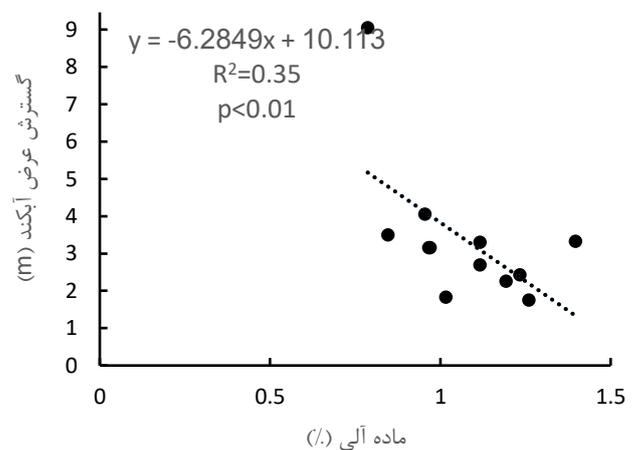
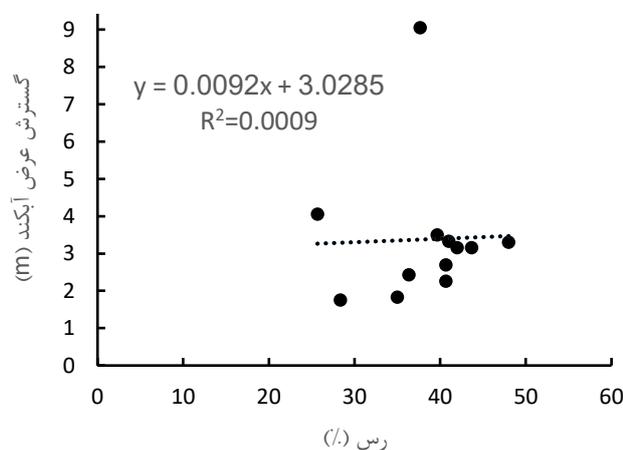
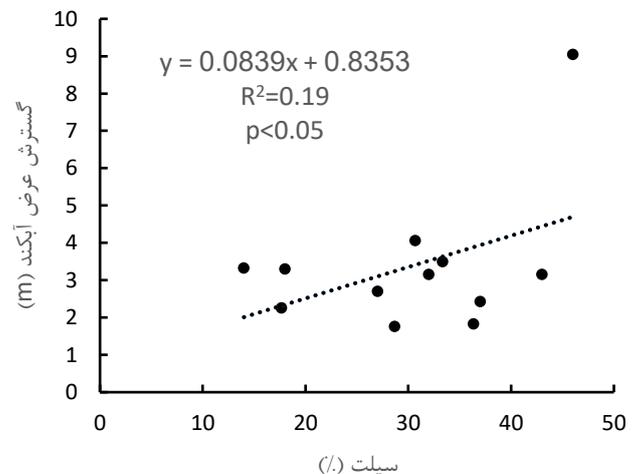
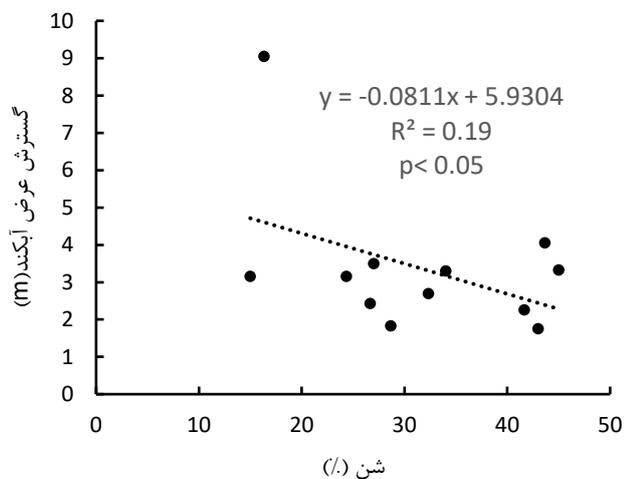
ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک عرصه‌های زهکش آبکندها در جدول ۱ ارائه شده است. بر اساس نتایج حاصل از ۱۲ آبکند مقدار شن از ۱۴ تا ۴۹ درصد، مقدار سیلت از ۸ تا ۴۹ درصد و مقدار رس از ۱۹ تا ۵۲ درصد متغیر است، که نشان‌دهنده مقدار بالای رس در بافت خاک منطقه است. خاک‌ها حاوی مقادیری سنگ‌ریزه از ۱۰/۷ تا ۲۷/۲ درصد هستند. محتوای ماده آلی خاک از ۰/۶۲ تا ۰/۹۲ درصد متغیر است که بیان‌گر کمبود ماده آلی در این می‌باشد. مقدار کربنات کلسیم معادل از ۱۰/۷۸ تا ۲۴/۶ درصد تغییر میکند که نشان‌گر آن است که خاک آبکندها در گروه خاک‌های آهکی قرار دارند. بررسی شاخص میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها نشان می‌دهد که مقدار آن از ۰/۸۷ تا ۱/۳۷ میلی‌متر تغییر می‌کند و بیان‌گر ناپایداری ساختمانی خاک آبکندها است. پایداری اندک خاکدانه‌ها می‌تواند عامل مهم در افزایش حساسیت خاک‌ها به فرآیندهای فرسایش آبی از جمله فرسایش آبکندی باشد. خاک‌ها از نظر نفوذپذیری در محدوده ۲/۶۷ تا ۷/۱۳ سانتی‌متر بر ساعت قرار دارند و مطابق با عامل فرسایش‌پذیری خاک در گروه خاک‌های با نفوذپذیری متوسط قرار دارند.

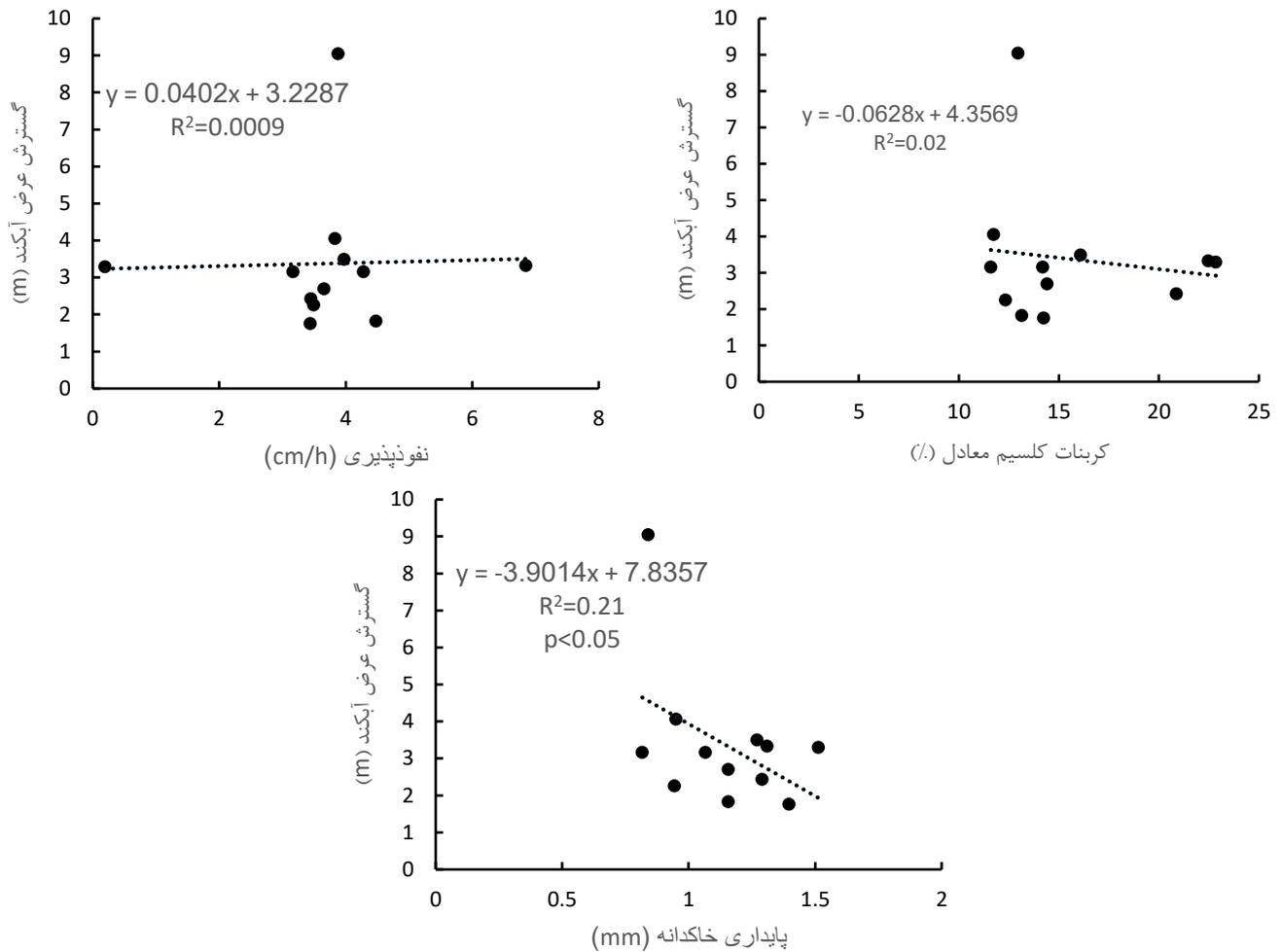
جدول ۱- ویژگی‌های خاک در بافت‌های مختلف

ویژگی‌های خاک	کمترین	بیشترین	میانگین	انحراف معیار
شن (%)	14	49	31.47	10.60
سیلت (%)	8	49	30.31	10.61
رس (%)	19	52	38.22	6.86
سنگ‌ریزه (%)	10.7	27.2	15.98	4.23
ماده آلی (%)	0.62	0.92	1.07	0.23
کربنات کلسیم (%)	10.78	24.6	15.57	4.33
چگالی ظاهری ($\frac{gr}{cm^3}$)	1.27	1.61	1.40	0.08
متوسط اندازه خاکدانه (mm)	0.87	1.31	1.42	0.35
پایداری خاکدانه (mm)	0.68	1.68	1.14	0.29
نفوذپذیری ($\frac{cm}{h}$)	2.67	7.13	4.22	1.21

تحلیل داده‌های به‌دست‌آمده از ۳۶ داده (۱۲ آبکند در سه تکرار) در حوزه آبخیز تهم‌چای نشان داد که رابطه‌ای معنی‌دار میان گسترش عرضی آبکند و برخی ویژگی‌های خاک مانند درصد رس، درصد آهک و نفوذپذیری خاک وجود نداشت در حالی که گسترش عرضی آبکند تحت تاثیر درصد شن ($r = -0.19, p < 0.05$)، درصد سیلت ($r = 0.19, p < 0.05$)، محتوای ماده آلی ($r = -0.35, p < 0.01$) و پایداری ساختمان خاک ($r = -0.21, p < 0.05$) است. با افزایش درصد سیلت خاک، حساسیت خاکها به گسترش عرضی آبکند بیشتر می‌شود در حالی که شن، ماده آلی و ساختمان خاک نقش منفی در گسترش عرضی آبکند دارند. یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر، درصد سیلت است. در مناطقی با درصد بالاتر سیلت، عرض آبکندها بزرگ‌تر بود. این نتایج با یافته‌های (Tangchun et al., 2018) و (سلیمان‌پور و همکاران، ۱۳۸۸) هم‌راستا است که بیان کرده‌اند خاک‌های ریزدانه با نفوذپذیری پایین، مستعد تمرکز رواناب و در نتیجه گسترش فرسایش آبکندی هستند. در مقابل، درصد بالای شن رابطه معکوس با عرض آبکند دارد، زیرا شن سبب نفوذ بیشتر تر و کاش تمرکز رواناب می‌شود. ویژگی نفوذپذیری خاک نیز اثر مشخصی بر گسترش عرضی آبکند داشت. خاک‌هایی با نفوذپذیری پایین رواناب سطحی بیشتری تولید می‌کنند که منجر به تمرکز جریان و توسعه عرضی آبکند می‌شود (Poesen et al., 2003) (Tichavský et al. 2018). همچنین خاک‌هایی با پایداری خاکدانه پایین بیشتر دچار جداشدگی ذرات و تخریب ساختار شده‌اند که زمینه توسعه آبکند را فراهم کرده است. کربنات کلسیم و سنگ‌ریزه در بعضی از آبکندها مقدار بالایی داشتند. این دو ویژگی گرچه به‌صورت مستقیم اثر حفاظتی در برابر فرسایش دارند، اما در صورت قرارگیری در کنار عوامل دیگر نظیر شخم، شیب و عدم پوشش گیاهی، تأثیرشان کم‌رنگ می‌شود (Vaezi et al., 2024)؛ (Tajari and Kardel, 2014). یافته‌ها نشان داد که در خاک‌های با مواد آلی پایین، فرسایش شدیدتری اتفاق افتاده است. مواد آلی با ایجاد چسبندگی بیشتر بین ذرات خاک، در پایداری آن نقش دارند (Barthès and Roose, 2002).

بطور کلی یافته‌ها نشان داد که گسترش عرضی آبکند رابطه‌ای مستقیم با درصد سیلت و رابطه‌ای عکس با درصد شن و پایداری ساختمان خاک دارد.





شکل ۱- رابطه میان گسترش عرض آبکندها و ویژگی‌های خاک آبکند

نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد که آگاهی از ویژگی‌های خاک دامنه‌ها می‌تواند در تعیین حساسیت آنها به فرسایش آبکندی سودمند باشد. گسترش عرضی آبکند در عرصه‌هایی که خاک آن از مقدار سیلت زیادی برخوردار است بیشتر است در حالی که عرصه‌های برخوردار از خاک با ذرات شن و ماده آلی بیشتر و ساختمان پایدار کمتر دستخوش فرسایش آبکندی قرار می‌گیرند. باتوجه به اینکه آبکندها سهم بالایی در تولید رسوب و تخریب اراضی دارند، شناسایی ویژگی‌های خاکی مستعد فرسایش می‌تواند در پیشگیری مؤثر باشد.

فهرست منابع

- کاردل، فاطمه و تجری، علیرضا. (۱۳۹۴). تأثیر فرسایش خندقی بر رطوبت خاک در دو کاربری مرتع و زراعت دیم رها شده در زمین‌های لسی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کال شور استان گلستان). مجله مدیریت خاک و تولید پایدار، ۵(۲)، ۱۸۱-۱۹۵.
- سلیمان پور، سید مسعود، صوفی، مجید و رحیمی، حسن. (۱۳۸۸). تعیین عوامل موثر بر گسترش آبکند ها در منطقه کنارتخته استان فارس. آب و خاک، ۳۳(۱).
- واعظی، علی‌رضا. (۱۴۰۳). فرسایش آبی (فرآیندها و مدل‌ها). چاپ سوم، انتشارات دانشگاه زنجان، زنجان، ۵۰۰ص.
- واعظی، علی‌رضا، قره‌داغلی، حکیمه و مرزوان، سعیده. (۱۳۹۵). بررسی نقش شیب و ویژگی‌های خاک در ایجاد فرسایش شیاری در دامنه‌ها (مطالعه موردی: حوزه آبخیز تهم‌چای، شمال غرب زنجان). مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۳(۴)، ۸۳-۱۰۰.
- واعظی، علی‌رضا، مظلوم علی آبادی، یونس. (۱۳۹۷). تغییرات زمانی دبی جریان و هدررفت عناصر غذایی، مطالعه موردی: حوزه آبخیز تهم‌چای. علوم آب و خاک، ۲۲(۱)، ۴۴-۲۹.
- واعظی، علی‌رضا، عباسی، محمد. (۱۳۹۱). کارایی روش شماره منحنی رواناب (CN- SCS) در برآورد رواناب در حوزه آبخیز تهم‌چای، شمال غرب زنجان. علوم آب و خاک، ۱۶(۶۱)، ۲۰۹-۲۱۹.
- Barthès, B., & Roose, E. (2002). Aggregate stability as an indicator of soil susceptibility to runoff and erosion; validation at several levels. *Catena*, 47(2), 133-149.
- Poesen, J., Nachtergale, J., Vertstraeten, G., & Valentin, C. (2003). Gully erosion and environmental change: Importance and research needs. *Catena*, 50(2-4), 91-134.
- Tangchuan, L., Mingan, S., Yuhua, J., Xiaoxu, J., & Laiming, H. (2018). Profile distribution of soil moisture in the gully on the northern Loess Plateau, China. *Catena*, 171, 460-468.
- Tichavský, R., Kluzová, O., Břežný, M., Ondráčková, L., Krpec, P., Radim Tolasz, R., & Karel Šilhán, K. (2018). Increased gully activity induced by short-term human interventions: Dendrogeomorphic research based on exposed tree roots. *Applied Geography*, 98, 66-77.
- Vaezi, A.R., & Bakhshi Rad, O. (2024). Relationship between gully development and characteristics of drainage area in semi-arid region, NW Iran. *Environmental Science and Pollution Management*, 6(18), 176-180.

The role of Soil characteristics in the development of Gully width in Watershed of Semi-Arid RegionAli Reza Vaezi^{1*}, Alireza Rafiei Atani²

1. *Professor of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Zanjan University
Corresponding author: vaezi.alireza@znu.ac.ir *
2. B.A. student of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan

Abstract

Gully erosion in semi-arid regions presents a significant challenge for water and soil resource management due to its severe environmental impacts and role in sediment transport. This study aimed to investigate the role of soil properties in the lateral expansion of gullies within a semi-arid watershed. The research involved measuring various physical and chemical soil properties, including sand, silt, and clay percentages, organic matter content, calcium carbonate, aggregate stability, and permeability. These measurements were taken from 12 different gullies within the Tahm-Chay watershed. The relationship between these soil characteristics and the lateral expansion of the gullies was then analyzed. The results showed that the lateral expansion of the gully is not affected by the percentage of clay and soil permeability, while there is a significant correlation with the percentage of silt ($r = 0.19$), percentage of sand ($r = -0.19$), percentage of organic matter ($r = -0.35$), and soil structure stability ($r = -0.21$). In areas where the soil contains a higher abundance of sand particles, more organic matter, or a more stable structure, the sensitivity to lateral gully expansion is lower. The findings of this study can be useful in determining the sensitivity of slopes to gully erosion.

Keywords: Aggregate stability, soil erosion, calcium carbonate, organic matter, permeability