

بررسی تلفات خاک ناشی از فرسایش پایپینگ در حوزه آبخیز ایکلی آغزلی، استان گلستان

چکیده

فرسایش تونلی یا پایپینگ از جمله فرسایش‌های آبی است که رخداد آن سبب تغییرات بارز در منظر زمین و تخریب محیط‌زیست می‌شود. عموماً پایپینگ در سازندهایی که ظرفیت نفوذپذیری کمی داشته و کانی‌های قابل انحلال زیادی دارند به وجود می‌آید. یکی از نهشته‌های حساس به فرسایش پایپینگ، نهشته‌های لس است. با توجه به وجود گستره عظیمی از نهشته‌های لسی در استان گلستان، ضرورت مطالعه عوامل مؤثر بر فرسایش پایپینگ در لس‌های استان مشخص می‌شود. در این تحقیق سعی شده تا حجم و وزن تلفات خاک ناشی از پایپینگ در حوزه آبخیز ایکلی آغزلی در کاربری‌های مختلف اراضی بررسی شود. نتایج حاکی از وجود ۱۰۲ پایپینگ در محدوده‌ای به وسعت حدود ۱۰۵ هکتار است که اکثر پایپینگ‌ها در شیب بین ۲۰ تا ۴۵ درصد و در کاربری اراضی مرتعی قرار دارد که خسارات جانی و مالی فراوانی را برای دامداران منطقه به همراه دارد. بیشترین و کمترین تعداد پایپینگ در جهت‌های جغرافیایی به ترتیب شمال شرق و شمال اختصاص دارد. متوسط تلفات وزنی و حجمی خاک در محدوده مورد مطالعه به ترتیب معادل ۳۶۵/۶ تن و ۳۲۳ مترمکعب تعیین شد که این نشان‌دهنده هدر رفت بالای خاک می‌باشد. به‌طور کلی فرسایش پایپینگ در منطقه به علت وجود لس و همچنین عدم توجه بسیار شدید است.

واژه‌های کلیدی: فرسایش پایپینگ، لس، حوزه آبخیز ایکلی آغزلی، تلفات حجمی، تلفات وزنی.

۱-مقدمه

خاک یکی از اصلی‌ترین منابع طبیعی است که در طی چند دهه گذشته برائثر عوامل انسانی مانند تخریب جنگل، چرای بی‌رویه و مدیریت نامناسب اراضی و عوامل طبیعی نظیر فرسایش آبی و بادی متعارف، تخریب گردیده و کیفیت آن کاهش یافته است [۱]. شرایط اقلیمی و طبیعی ایران از یک‌سو و عدم استفاده صحیح از زمین از سوی دیگر، پیامدهای مختلفی از قبیل تخریب اراضی و به‌ویژه فرسایش تشدیدي خاک و تولید رسوب را در پی دارد [۲]. با گسترش فرسایش خاک در یک منطقه، خاک سطحی

12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم‌های مناطق خشک، نیمه خشک و آب‌خیزهای ساحلی

۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲

به‌طور مستمر از دسترس خارج می‌شود؛ بنابراین با هدر رفت مواد غذایی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم و سایر عناصر کمیاب)، حاصلخیزی خاک و تولیدات گیاهی کاهش می‌یابد [۳]. با توجه به اهمیت گسترده و غالب بودن فرسایش آبی در بیش از ۱۲۰ میلیون هکتار از مناطق کوهستانی کشور و دشت‌های بین آن‌ها، در مورد مقدار فرسایش خاک کشور نظر واحدی وجود ندارد. برآوردهای مختلفی از یک تا پنج میلیارد تن در سال به‌صورت کارشناسی توسط افراد و دستگاه‌های ذی‌ربط ارائه شده است [۴]. فرسایش پایپینگ^۱ از جمله فرسایش‌های آبی است که رخداد آن سبب تغییرات بارز در منظر زمین و تخریب محیط‌زیست می‌شود، عموماً پایپینگ در سازندهایی که ظرفیت نفوذپذیری کمی دارند و کانی‌های قابل انحلال زیادی دارند به وجود می‌آید. با جذب آب توسط سازند در فصل مرطوب و همچنین وجود عناصری نظیر سدیم که در هیدرولیز رس تأثیر دارند، رس منبسط‌شده و طی دوره‌های خشک، شکاف‌های متعددی به شکل متقاطع در سازند به وجود می‌آیند. یکی از نهشته‌های حساس به فرسایش پایپینگ، نهشته‌های لس است، لس یک نهشته بادی همگن با جور شدگی خوب، متخلخل، در اندازه سیلت (۱ تا ۵۰ میکرون) و به رنگ زرد نخودی کم‌رنگ می‌باشد که بیشتر از ۱۰ درصد سطح زمین را پوشانده است [۵] که به‌طور ذاتی مستعد فرسایش پایپینگ اند [۶]. لس از حاصلخیزترین خاک‌های جهان بوده که به دلیل مواد مغذی خاک با تهویه مناسب خاک و همچنین توان توسعه ریشه در خاک از اهمیت بالایی برخوردار است [۷]. لس‌ها رسوبات بادی عصر کواترن هستند که به‌واسطه خصوصیات حساس و ویژه‌ای که دارند در برابر عوامل و فرایندهای فرسایش سریعاً واکنش نشان داده و منجر به فرسایش و تخریب زیست‌محیطی منطقه شده و رخساره‌های فرسایش ویژه‌ای همچون خندق‌ها و فرسایش پایپینگ در آن ایجاد می‌گردد [۸]. در اروپا سه نوع خاک مستعد فرسایش پایپینگ شناسایی شده‌اند که یک نوع آن‌ها نهشته‌های لسی محسوب می‌شوند [۹]. لس‌های شمال شرق استان گلستان به‌صورت تپه‌ماهور هستند که به طور کلی ۷۰-۹۰ درصد مواد تشکیل‌دهنده آن‌ها را مواد سیلتی یعنی سیلت متوسط تا ماسه خیلی ریز تشکیل می‌دهد [۱۰]. فرسایش پایپینگ به‌عنوان یک رخساره مهم فرسایشی است که در نهشته‌های لسی می‌تواند باعث فروپاشی خاک سطحی و تشکیل خندق‌های ناپیوسته گردد [۱۱]. فرسایش زیرسطحی مانند فرسایش پایپینگ به علت غیر قابل‌رؤیت بودن در مقایسه با فرسایش سطحی کمتر موردتوجه قرار گرفته و در مدل‌های فرسایشی لحاظ نمی‌شود، در صورتی که فرسایشی بیش از ۱۰ برابر فرسایش شیب‌اری و سطحی را به خود اختصاص می‌دهد [۱۱] فرسایش خاک بخصوص فرسایش پایپینگ. نسبت به فرسایش‌های سطحی در تراس‌های لسی لهستان، ۴ تا ۵ برابر گزارش شده است [۱۱]. به‌طور کلی با توجه به اینکه نهشته‌های لسی سطح وسیعی از استان گلستان را در بر گرفته‌اند مستلزم مطالعه عوامل مؤثر بر ایجاد تغییرات بر روی لس هستند. عوامل متعددی باعث ایجاد تغییر در نهشته‌های لسی می‌شوند که از جمله آن‌ها می‌توان به فرسایش پایپینگ اشاره نمود که تاکنون کمتر موردتوجه محققین قرار گرفته است. فرسایش پایپینگ دامنه گسترده‌ای از مناطق با آب‌وهوای مختلف را شامل می‌شود به‌نحوی که با حذف هیدرولیکی خاک زیرسطحی باعث شکل‌گیری کانال‌های زیرزمینی در چشم اندازه طبیعی می‌شود [۱۲] فرسایش پایپینگ در مناطق نیمه‌خشک و به‌خصوص در مناطق کوهستانی اغلب در قسمت‌های شیب‌دار به وجود می‌آید [۱۳]. بررسی شواهد نشان می‌دهد این نوع فرسایش می‌تواند اثر مهمی بر پاسخ هیدرولوژی رودخانه، کیفیت آب و اسیدی

12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم‌های مناطق خشک، نیمه خشک و آب‌خیزهای ساحلی

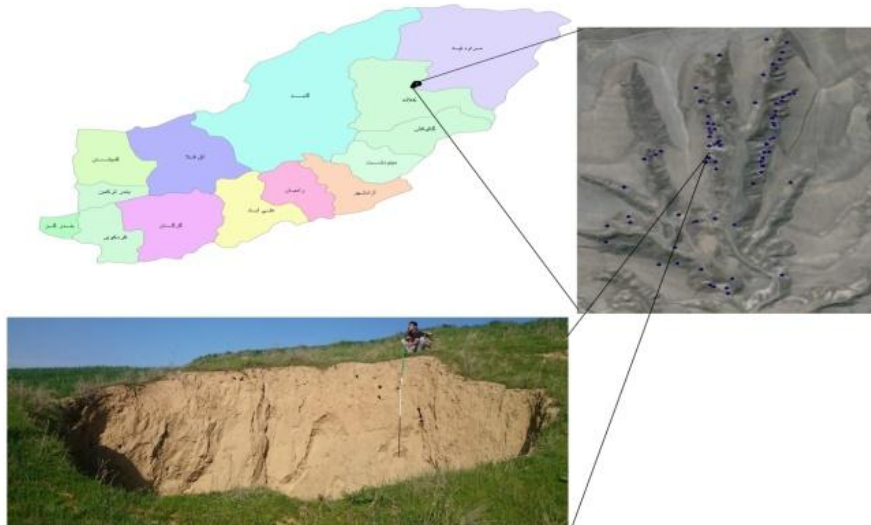
۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲

شدن آن و همچنین تنوع جوامع گیاهی داشته باشد [۱۴] این نوع فرسایش دارای دو نوع اثرات درون منطقه‌ای و برون منطقه‌ای می‌باشد که اثرات درون منطقه‌ای آن نسبت به برون منطقه‌ای حادث‌تر است. از جمله اثرات درون منطقه‌ای می‌توان به کاهش حاصلخیزی خاک، سقوط دام و ماشین‌آلات کشاورزی به داخل پایپینگ‌ها و از بین بردن تأسیسات و راه ارتباطی از طریق ریزش سقف پایپینگ اشاره کرد. با توجه به اهمیت نهشته‌های لسی و همچنین فرسایش پایپینگ که کمتر مورد توجه محققین قرار گرفته است، در این تحقیق سعی شده است تلفات حجمی و وزنی خاک ناشی از فرسایش پایپینگ در کاربری‌های مختلف اراضی و همچنین به ازای هر پایپینگ در شیب‌های مختلف مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

محدود مورد مطالعه زیر حوزه‌ای از حوزه آبخیز ایکلی آغزلی (حوزه آبخیز شور دره) استان گلستان بوده که دارای مختصات جغرافیایی از عرض شمالی $37^{\circ} 38' 23''$ تا $37^{\circ} 39' 13''$ و از طول شرقی $55^{\circ} 38' 55''$ تا $55^{\circ} 39' 40''$ می‌باشد و مساحتی حدود ۱۰۵ هکتار را به خود اختصاص داده و که در شمال شهر کلالة واقع شده است (شکل ۱). میزان بارندگی در این منطقه با استفاده از روش ایستگاه‌های معرف حدود ۳۸۵ میلی‌متر برآورد شده است و دارای کاربری زراعی و مرتعی است.



شکل (۱) - موقعیت محدوده مورد مطالعه در استان گلستان

روش تحقیق:

بعد از تعیین محدوده مورد مطالعه و تهیه نقشه‌های اولیه "توپوگرافی و کاربری اراضی"، پیمایش منطقه جهت پیدا کردن پایپینگ‌ها و ثبت موقعیت مکانی و اندازه‌گیری ابعاد آن‌ها انجام شد، تعیین شکل دامنه دارای پایپینگ و همچنین شکل پایپینگ در عرصه نیز انجام شد. نمونه‌برداری خاک جهت تعیین وزن مخصوص به روش کلوخه‌ای از مناطق مجاور پایپینگ‌ها صورت گرفته و با توجه به

12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم‌های مناطق خشک، نیمه خشک و آبخیزهای ساحلی

۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲

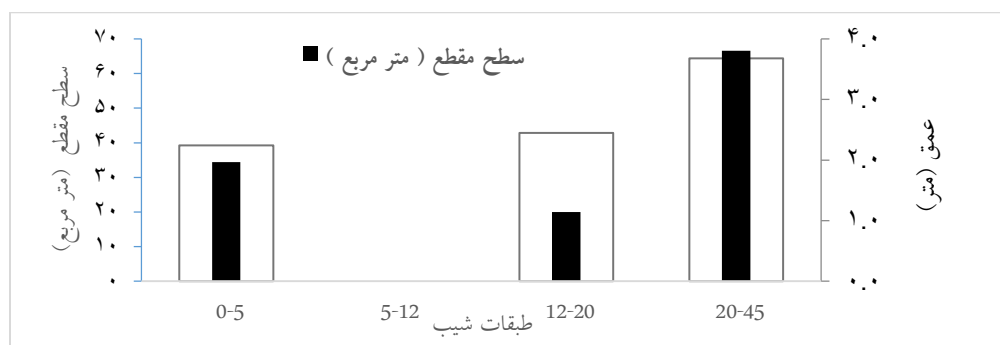
نقشه‌های کاربری اراضی، جهت جغرافیایی و شیب، تراکم پایپینگ‌ها در هر یک از کلاس‌های موردنظر مشخص گردید. در محدوده مورد مطالعه با وسعت تقریبی ۱۰۵ هکتار، تعداد ۱۰۲ پایپینگ با ابعاد متعدد وجود داشت. بعد از انجام مراحل فوق و تعیین ابعاد پایپینگ، حجم تلفات خاک مشخص شده و سپس با لحاظ کردن وزن مخصوص، تلفات وزنی خاک به ازای هر پایپینگ و همچنین کل محدوده مورد مطالعه محاسبه گردید.

نتایج:

بعد از تعیین سطح مقطع، عمق پایپینگ و همچنین وزن مخصوص تلفات خاک به ازای هر پایپینگ و کل محدوده مورد مطالعه، نشان می‌دهد که مقدار تلفات حجمی و وزنی خاک در کاربری مرتعی بیشتر از کاربری زراعی می‌باشد که نتایج در جدول (شماره ۱) آورده شده است. عمق و سطح مقطع پایپینگ‌ها در کلاس‌های مختلف شیب در شکل (۲) آورده شده است.

جدول (۱) - مقدار تلفات خاک (حجمی و وزنی) و عمق پایپینگ در کاربری‌های مختلف

کاربری	عمق (متر)		حجم تلفات (مترمکعب)			وزن تلفات (تن)	
	حداقل	متوسط	حداکثر	حداقل	متوسط	حداکثر	
مرتعی	۰/۲۵	۳/۳	۱۵	۰/۱۲	۳۷۳/۹	۱۶۹۷/۴	
زراعی	۰/۵	۰/۸	۲	۰/۰۹	۲/۸	۱۱/۸	



شکل (۲) - میزان متوسط عمق (متر) و سطح مقطع (مترمربع) متوسط در طبقات شیب مختلف

تغییرات مکانی تلفات وزنی خاک به ازای هر پایپینگ در کاربری‌های موجود در شکل (۳) نشان شده است. همان‌طوری که مشاهده می‌شود اکثر پایپینگ‌های در کاربری مرتع واقع شده‌اند و بیشترین تلفات وزنی و تمرکز پایپینگ‌ها در شمال محدوده مورد مطالعه است.



انجمن علمی سیستم‌های
سطوح آبگیر باران ایران

دوازدهمین همایش ملی
سامانه‌های سطوح آبگیر باران

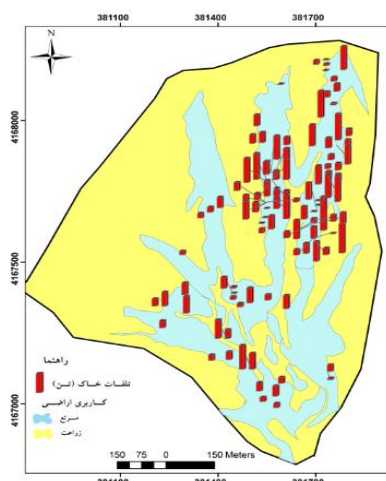
12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

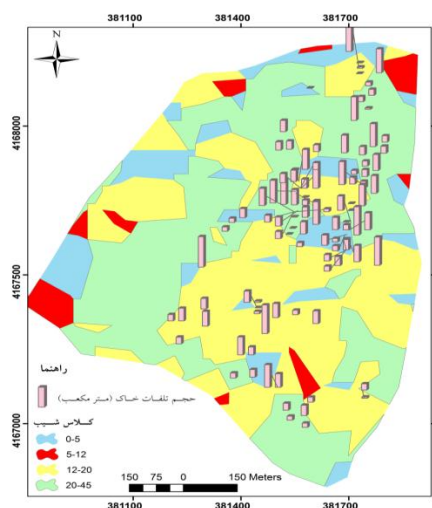
استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم‌های مناطق خشک، نیمه خشک و آب‌خیزهای ساحلی

۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲



شکل (۳) - تغییرات مکانی تلفات وزنی خاک هر پایپینگ در کاربری‌های مختلف

تغییرات مکانی تلفات حجمی خاک به ازای هر پایپینگ در کلاس‌های شیب در شکل (۴) آورده شده است. همان‌طوری که مشاهده می‌شود در کلاس شیب ۵-۱۲ درصد هیچ پایپینی قرار نگرفته و تمرکز اصلی آن‌ها در شمال محدوده مورد مطالعه است، بیشترین فراوانی پایپینگ‌ها به کلاس شیب ۲۰-۴۵ درصد اختصاص دارد.



شکل (۴) - تغییرات مکانی تلفات حجمی خاک هر پایپینگ در شیب‌های مختلف



انجمن علمی سیستم‌های
سطوح آبگیر باران ایران

دوازدهمین همایش ملی
سامانه‌های سطوح آبگیر باران

12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم‌های مناطق خشک، نیمه خشک و آب‌خیزهای ساحلی

۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲

تعداد پایپینگ‌های واقع در کاربری زراعی و مرتعی به ترتیب ۱۴ و ۸۸ عدد تعیین شد (شکل ۴ الف، ب). پایپینگ‌های موردنظر شکل‌های هندسی متعددی از قبیل دایره، مستطیل، مثلث، لوزی و بیضی را به خود اختصاص می‌دهند که حدود ۸۰ درصد آن‌ها از نوع دایره‌ای است (شکل ۵).



ب: پایپینگ در کاربری مرتعی

الف: پایپینگ در کاربری زراعی

شکل ۴: پایپینگ‌ها در کاربری مختلف اراضی



ب: پایپینگ مستطیلی

الف: پایپینگ دایره‌ای

شکل ۵- شکل هندسی پایپینگ‌ها

با توجه به جدول (شماره ۲) بیشترین تلفات حجمی خاک در جهت جغرافیایی جنوب شرقی با تعداد ۴ پایپینگ واقع شده است که متوسط تلفات حجمی آن معادل ۴۹۸/۴۲ تن می‌باشد. بیشترین تعداد پایپینگ (۳۸ عدد) در دامنه‌های با جهت جغرافیایی شمال شرقی و متوسط تلفات حجمی معادل ۴۹/۴۲ تن واقع شده‌اند. اکثر پایپینگ‌ها در منطقه مورد مطالعه در دامنه‌های مقعر واقع شده و بقیه آن‌ها در دامنه‌های به شکل کمپلکس و خطی واقع شده‌اند، (شکل شماره ۶).

جدول (۲) - میزان تلفات حجمی خاک در جهات جغرافیایی و طبقات شیب مختلف

جهت	۰-۵	۱۲-۲۰	۲۰-۴۵
-----	-----	-------	-------

12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

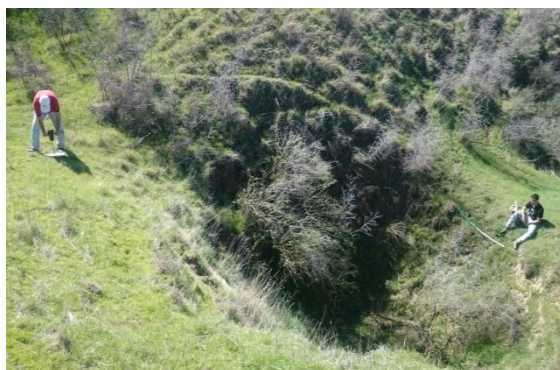
Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

دوازدهمین همایش ملی سامانه‌های سطوح آبگیر باران

استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم‌های مناطق خشک، نیمه خشک و آب‌خیزهای ساحلی

۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲

جغرافیایی	فراوانی	حداقل	متوسط	حداکثر	فراوانی	حداقل	متوسط	حداکثر	فراوانی	حداقل	متوسط	حداکثر
شمال	-	-	-	-	۲	۷/۹۵	۲۳/۵۹	۳۹/۲۵	-	-	-	-
شمال شرق	۱	-	۲۵/۱۲	-	۲۶	۰/۰۹۸	۳۹/۱	۵۵۲/۶۴	۱۱	۰/۰۹۸	۱۸۱۳/۷۶	۱۸۸۴۰
شرق	۱	-	۲۱۲/۵۳	-	۲	۰/۰۹۸	۷/۱۲	۱۴/۱۳	۸	۱۴/۱۲	۳۰/۵۵	۱۷۶۶/۲۵
جنوب شرق	۱	-	۱۰۰۴/۸	-	-	-	-	-	۳	۱۹۲/۳۲۵	۹۸۸/۹	۱۶۹۷/۳۷
جنوب	-	-	-	-	-	-	-	-	۳	۰/۰۹۸	۸/۹۹	۲۵/۱۲
جنوب غرب	۹	۰/۰۹۸	۱۸/۳۶	۱۱۳/۰۴	۲	۳/۱۴	۳۱	۵۸/۸۷	۴	۱۱/۷۸	۵۷/۶	۱۰۵/۹۷
غرب	۵	۲/۱۹	۱۶۵/۳	۳۳۹/۱۲	۷	۶/۲۸	۱۸۹/۹	۶۴۱/۱۴	۱۷	۰/۰۹۸	۱۵۴/۵۷	۶۶۳/۳۲۵



الف- شکل شیب مقعر



ب- شکل شیب کمپلکس

شکل ۶: شکل شیب در محل استقرار پایبینگ‌ها

بحث و نتیجه‌گیری:

با توجه به اینکه کل منطقه مورد مطالعه دارای نهشته‌های لسی بوده و قسمت اعظم منابع تولید کشاورزی و دامی ساکنان از این اراضی تأمین می‌گردد و همچنین فرسایش شدید عامل کاهش تولید در این اراضی محسوب می‌شود لذا، تعیین میزان فرسایش و رسوب تولیدی در این نهشته‌ها و راه‌های اصولی مقابله با فرسایش و تخریب این اراضی از اهمیت فراوانی برخوردار است. تراکم

12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم‌های مناطق خشک، نیمه خشک و آبخیزهای ساحلی

۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲

پایپینگ در محدوده مورد مطالعه ۰/۹۷ در هکتار می‌باشد که تراکم آن‌ها در کاربری مرتع و زراعت به ترتیب ۲/۳۷ و ۰/۲ در هکتار است. متوسط قطر و عمق پایپینگ‌ها نشان‌دهنده حجم بالای هدر رفت خاک می‌باشد که به ترتیب معادل ۵ و ۲ متر تعیین شد. [۱۵] قطر متوسط پایپینگ‌ها در آب‌وهوای نیمه‌خشک و لم‌یزرع را تا چندین متر بیان کرده است که با نتایج منطقه مورد مطالعه این تحقیق هم‌خوانی دارد. [۱۶] در آلمان قطر پایپینگ‌ها را ۰/۰۵ تا ۰/۲ متر گزارش کرد که کمتر از محدوده مورد مطالعه در این تحقیق می‌باشد. برای بلژیک در آب‌وهوای معتدل قطر متوسط پایپینگ‌ها را ۰/۲ متر گزارش کردند که به علت تفاوت آب و هوایی با محدوده مورد مطالعه در این تحقیق، بسیار کمتر است. متوسط تلفات وزنی و حجمی خاک منطقه مورد مطالعه به ترتیب ۳/۴۸ تن در هکتار و ۳/۰۷ مترمکعب در هکتار تعیین شد؛ بنابراین نتایج این تحقیق با نتایج [۱۱] که متوسط سالانه تلفات خاک ناشی از پایپینگ را ۲/۳ الی ۴/۶ تن در هکتار گزارش کرده‌اند و این مقدار را نسبت به تلفات خاک ناشی از فرسایش سطحی و شیاری در کاربری‌های یکسان بیشتر دانسته‌اند شباهت دارد. با توجه به این که میزان متوسط بارندگی منطقه مورد مطالعه حدود ۳۸۵ میلی‌متر بوده، جزء مناطق نیمه‌خشک محسوب می‌شود و مقدار این فرسایش ۲۵ برابر مقادیر فرسایش در مطالعه [۱۱] در بلژیک می‌باشد. حداقل و حداکثر عمق پایپینگ‌ها در محدوده مورد مطالعه به ترتیب ۰/۲۵ و ۱۵ متر می‌باشد و نیز ۵ نوع شکل پایپینگ در محدوده مورد مطالعه نشان‌دهنده تفاوت زیاد در ابعاد و نیز تنوع شکل‌های پایپینگ زیادی است که با نتایج [۸] که بیان داشته‌اند، شکل و ابعاد پایپینگ‌ها با وجود فاصله اندک می‌تواند بسیار متفاوت باشد هم‌خوانی دارد. از طرفی متوسط فرسایش پایپینگ در مناطق خشک و نیمه‌خشک ۲ تا ۲۰ برابر مناطق مرطوب گزارش شده است [۱۷]. در این تحقیق اغلب پایپینگ‌ها در شیب ۴۵-۲۰ درصد واقع شده‌اند که این مهم با نتایج [۱۳] که بیشتر پایپینگ‌ها را در شیب‌ها ۴۴-۱۱ درصد گزارش کرده‌اند [۱۸] که حداکثر پایپینگ‌ها را در شیب ۵۰-۳۰ درصد مشاهده کرده‌اند هم‌خوانی دارد. از نظر کاربری اراضی نیز ۸۶٪ از پایپینگ‌ها در کاربری مرتعی قرار دارد که این مهم با نتایج [۱۱] در بلژیک که ۹۷٪ پایپینگ‌ها را در مرتع و چراگاه گزارش داده‌اند هم‌خوانی دارد. علت پایین بودن تعداد پایپینگ در اراضی زراعی را می‌توان تا حدی به این مسئله ربط داد که این پایپینگ‌ها در اراضی زراعی توسط زارعین شخم‌خورده و یا توسط خاک پر می‌شود. اکثر پایپینگ‌ها در حاشیه اراضی زراعی که تردد ماشین‌آلات کشاورزی کمتر بوده است، قابل مشاهده هستند. با توجه به این تحقیق، شدت بالای فرسایش پایپینگ به‌عنوان هشدار برای مردم منطقه و مسئولین محسوب می‌شود. این مطالعه حاکی از این است که محدوده‌های مشابه در آینده نه‌چندان دور حالت بسیار بحرانی از لحاظ پایپینگ خواهند داشت که تلفات درون منطقه‌ای چشمگیری نسبت به سایر رخساره‌های فرسایشی را به خود اختصاص می‌دهد.

مراجع

- [۱] عاقلی کهنه شهری، ل. ع. و صادقی، ح. ۱۳۸۵. برآورد آثار اقتصادی فرسایش خاک در ایران. مجله تحقیقات اقتصادی. ۱۵، ۸۷-۱۰۰.
- [۲] Morgan, R.P.C. ۲۰۰۵. Soil Erosion and Conservation, ۳rd edition. Blackwell Publishing.
- [۳] نجفی نژاد، علی (۱۳۷۴) «مطالعه مقدماتی فرسایش و تخریب خاک» مجله پژوهش. وسازندگی، شماره ۲۶.
- [۴] Arabkhedri, M., A. Valikhojieni, S. Hakimkhani, A.H. Charkhabi, and Telvari. ۲۰۰۹. Estimating and mapping of sediment yield for Iran. Final Research Plans Reports, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran, Iran. Publication Code. ۸۸/۶۹۲
- [۵] Smalley I., Markovic, S., B., Zorica, S., ۲۰۱۰. Loess is [almost totally formed by] the accumulation of dust. Quaternary International. Volume ۲۴۰, Issues ۱-۲, Pages ۴-۱۱.
- [۶] Verachtert E, Van Den Eeckhaut M, Poesen J, Deckers J. ۲۰۱۰. Factors controlling the spatial distribution of soil piping erosion on loess-derived soils: a case study from central Belgium. Geomorphology ۱۱۸: ۳۳۹-۳۴۸.
- [۷] Catt, J. A., ۲۰۰۱; The agricultural importance of loess. Earth Science Reviews, vol. ۵۴, p ۲۱۳-۲۲۹.
- [۸] زند مقدم، محمد رضا (۱۳۸۶)، ژئومورفولوژی لسه‌های جنوب و شرق آق بند، رساله دوره دکتری جغرافیای طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.
- [۹] Faulkner, H., ۲۰۰۶. Piping hazard on collapsible and dispersive soils in Europe. In: Boardman, J., Poesen, J. (Eds.), Soil Erosion in Europe. John Wiley, Chichester, ۵۳۷-۵۶۲. ۲۲۹.
- [۱۰] پاشایی، ع. ۱۳۷۶. بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و چگونگی خاستگاه لس در منطقه گرگان و دشت، مجله علوم زمین، سال ششم، شماره ۲۳. ص ۶۷-۲۴.
- [۱۱] Verachtert, Els, Maetens, Willem, Van Den Eeckhaut, Miet, Poesen, Jean, & Deckers, Jozef. ۲۰۱۱. Soil loss rates due to piping erosion. Earth Surface Processes and Landforms, ۳۶(۱۳), ۱۷۱۵-۱۷۲۵.
- [۱۲] Boucher, S.C., ۱۹۹۰. Field Tunnel Erosion, Its Characteristics and Amelioration. Monash University: Clayton, Department of Conservation and Environment, East Melbourne.

- [۱۳] Zhu, T.X., ۱۹۹۷. Deep-seated, complex tunnel systems-a hydrological study in a semiarid catchment, Loess Plateau of China. *Geomorphology* ۲۰, ۲۵۵-۲۶۷.
- [۱۴] Jones, J.A.A., ۲۰۰۴. Pipe and piping. In: Goudie, A.S. (Ed.), *Encyclopedia of Geomorphology*. Routledge, ۷۸۴-۷۸۸.
- [۱۵] Bryan, R.B., Jones, J.A.A., ۱۹۹۷. The significance of soil piping processes: inventory and prospect. *Geomorphology* ۲۰, ۲۰۹-۲۱۸.
- [۱۶] Botschek, J., Krause, S., Abel, T., Skowronek, A. ۲۰۰۲. Piping and erodibility of loessic soils in Bergisches Land, Nordrhein-Westfalen. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science-Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* ۱۶۵, ۲۴۱-۲۴۶.
- [۱۷] Zhu, T.X., ۲۰۰۳. Tunnel development over a ۱۲ year period in a semi-arid catchment of the Loess Plateau, China. *Earth Surface Processes and Landforms* ۲۸, ۵۰۷-۵۲۵
- [۱۸] Gibbs, H.S., ۱۹۴۵. Tunnel-gully erosion on the Wither Hills, Marlborough, New Zealand. *New Zealand Journal of Science and Technology* ۲۷ (Section A(۲)), ۱۳۵-۱۴۶.

Soil Piping Erosion in Loess-derived Soils Case Study: Ikly Aghezli Watershed, Golestan Province.

Abstract

Occurrence of piping erosion resulting in non-ignorable physical landscape change. Piping is a subsurface form of erosion which involves the removal of subsurface soils and can cause gully erosion. Loess-derived soils are prone to piping erosion, where enlargement of macropores may lead to a subsurface pipe network and eventually to soil collapse and gully and badland development. This study aims at understanding the soil loess rate (mass and volume) in loess-derived soils under different land uses and landscapes. A great number of piping (۱۰۲) was found in ۱۰۵ha studied area and most of them belongs to ۲۰-۴۵% slope gradient. Land use plays an important role as ۹۲% of the sites with piping are found under pasture. The mean volume and mass soil loess rates are ۳۲۳ m^۳ and ۳۶۵.۶Mg in turn. The highest and the lowest deep of piping are ۰.۲۵ and ۱۵m in turn. This high rate of soil loess indicate inevitable soil erosion which devoted to piping erosion which ignored by now.

Key words: piping erosion 'Loess ' Ikly Aghezli ' mass soil.