بررسی اثر سیلیس استخراج شده از پوسته برنج بر ظرفیت جدا شدن ذرات خاک در مراتع با چرای بی رویه در دارستان رودبار

معصومه ایزدپناه [1]، محمود شعبانپور*[2]، سپیده ابریشمکش [3]،میثاق پرهیزکار [4]

۱- دانشجوی دکتری،گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان
۲- - استاد، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان*پست الکترونیکی نویسنده مسئول مقاله:m.shabanpur@gmail.com
۳- - استادیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان
۴- استادیار پژوهشی، عضو هیئت علمی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات برنج کشور، رشت، ایران

چکیده

مراتع به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های طبیعی، نقش اساسی در حفاظت خاک و پایداری محیط‌زیست دارند. چرای بی‌رویه یکی از عوامل اصلی تخریب مراتع است که باعث کاهش پایداری خاک و افزایش فرسایش می‌شود. این پژوهش اثر نانوسیلیس استخراج‌شده از پوسته برنج همراه با هیدرومالچ بر ظرفیت جداشدگی ذرات خاک در مراتع تحت چرای بی‌رویه منطقه دارستان رودبار را بررسی کرد. سه نوع خاک شامل شاهد (مرتع سالم)، چرای بی‌رویه و چرای بی‌رویه تیمار شده با نانوسیلیس و هیدرومالچ مورد مطالعه قرار گرفت. آزمایش‌ها شامل اندازه‌گیری میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها(MWD) ، کربن آلی خاک، جرم ویژه ظاهری، pH و $CaCO_3$ بودند.

نتایج نشان داد چرای بی‌رویه موجب کاهش معنی‌دار پایداری خاک شد؛ به‌طوری که MWD از ۲/۳ میلی‌متر در خاک شاهد به ۱/۵ میلی‌متر کاهش یافت. تیمار نانوسیلیس و هیدرومالچ MWD را به ۲ میلی‌متر افزایش داد. مقدار OC از ۳/۹٪ در خاک شاهد به ۳/۲٪ کاهش یافت و در تیمار به ۳/۶٪ رسید. جرم ویژه ظاهری در خاک چرای بی‌رویه ۱/۳۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود و تیمار آن را به ۱/۲۳ کاهش داد. این نتایج نشان می‌دهد چرای بی‌رویه ساختار خاک را تخریب می‌کند، اما ترکیب نانوسیلیس و هیدرومالچ بخشی از اثرات منفی را جبران و شرایط خاک را به سمت سالم نزدیک‌تر می‌کند. بنابراین، استفاده از این ترکیب به‌عنوان راهکار پایدار برای مدیریت مراتع تخریب‌شده توصیه می‌شود.

کلید واژه :چرای بی‌رویه، فرسایش خاک، ظرفیت جداشدگی ذرات خاک ، سیلیس پوسته برنج، هیدرومالچ

مقدمه

مراتع به‌عنوان یکی از اکوسیستم‌های مهم طبیعی، نقش بسزایی در حفظ منابع خاک، تأمین علوفه و تنوع زیستی دارند. تخریب این منابع ارزشمند، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، پیامدهای گسترده‌ای بر اکوسیستم، اقتصاد و جامعه دارد. یکی از مهم‌ترین عوامل تخریب مراتع، چرای بی‌رویه دام است که باعث کاهش پوشش گیاهی و تغییر در ساختمان خاک می‌شود. چرای بی‌رویه با اعمال فشار بیش از حد دام بر پوشش گیاهی، منجر به کاهش تراکم ریشه‌ها، کاهش تولید ماده آلی و تغییر در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک شده و نهایتاً پایداری خاک را تضعیف می‌کند (Yang et al.,2023).

کاهش پایداری خاک، به‌ویژه در مناطق شیب‌دار، باعث تسریع جدا شدن ذرات خاک و افزایش رسوب‌گذاری می‌شود. ویژگی‌های توپوگرافی مانند شیب زمین و دبی جریان سطحی نقش مهمی در میزان فرسایش ایفا می‌کنند؛ به‌طوری که با افزایش شیب، نیروی برشی جریان آب افزایش یافته و منجر به کنده شدن ذرات خاک می‌گردد. همچنین، افزایش دبی جریان انرژی جنبشی آب را بالا برده و انتقال ذرات معلق را تشدید می‌کند(Morgan, 2005; Rahimi et al., 2020;Li et al., 2023).

در این میان، استفاده از رویکردهای مدیریتی و مواد اصلاح‌کننده خاک می‌تواند نقش موثری در بهبود پایداری خاک داشته باشد. از جمله این مواد، سیلیس استخراج‌شده از پوسته برنج است که به‌دلیل دارا بودن ساختار آمورف و سطح فعال بالا، موجب بهبود پایداری خاکدانه‌ها، افزایش مقاومت خاک در برابر فرسایش و بهبود نفوذپذیری می‌شود (Azat et al., 2019; Rizwan et al., 2022) . افزون بر این، کاربرد هیدرومالچ با ایجاد لایه‌ای محافظ روی سطح خاک، به کاهش تبخیر، بهبود رطوبت خاک و افزایش استقرار پوشش گیاهی کمک می‌کند (Ricks et al., 2020).

مطالعات اخیر نشان داده‌اند که ترکیب سیلیس زیستی و هیدرومالچ می‌تواند به‌طور هم‌زمان موجب بهبود پایداری فیزیکی خاک و کاهش جدا شدن ذرات شود (parhizkar et al., 2023) . بنابراین، بهره‌گیری از این ترکیبات به‌عنوان روشی پایدار در مدیریت مراتع تخریب‌شده، به‌ویژه در مناطقی که تحت فشار چرای بی‌رویه قرار دارند، اهمیت ویژه‌ای دارد.

بر این اساس، هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر سیلیس استخراج‌شده از پوسته برنج همراه با هیدرومالچ بر ظرفیت جدا شدن ذرات خاک با بافت لوم رس در مراتع تحت چرای بی‌رویه در منطقه دارستان رودبار است. نتایج این تحقیق می‌تواند به ارائه راهکارهای مدیریتی مؤثر برای کاهش فرسایش و ارتقای پایداری خاک در مراتع کمک نماید.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری از خاک‌های مراتع منطقه دارستان رودبار (واقع در استان گیلان، ایران، با مختصات تقریبی ۳۶°۵۵′ شمالی و ۴۹°۲۵′ شرقی)، با استفاده از رینگ‌های فلزی استاندارد به قطر ۵ سانتی‌متر و عمق ۱۰ سانتی‌متر انجام شد تا ساختمان طبیعی خاک حفظ شده و از بهم‌ریختگی ذرات جلوگیری شود (Kemper and Rosenau, 1986) . در این مطالعه سه نوع خاک مورد بررسی قرار گرفت: خاک شاهد از مرتع سالم با پوشش گیاهی کافی که هیچ‌گونه چرای بی‌رویه‌ای روی آن اعمال نشده بود، خاک تحت چرای بی‌رویه و خاکی که تحت چرای بی‌رویه قرار داشته و سپس با تیمار نانوسیلیس استخراج شده از پوسته برنج و هیدرومالچ اصلاح شد. تیمار نانوسیلیس و هیدرومالچ بر روی خاک‌های تحت چرای بی‌رویه برای مدت ۳۰ روز اعمال شد تا اثرات تثبیتی آن‌ها بر پایداری خاک و رشد ریشه مشاهده شود، مطابق با پروتکل‌های مشابه در مطالعات پیشین (Parsakhoo et al., 2018).از هر گروه، ۲۵ نمونه خاک با سه تکرار برداشت شد. مواد هیدرومالچ شامل مخلوطی از آب، بذر چمن زویسیا گراس، مواد آلی، کود استارتر، فیبر سلولزی، سوپرجاذب و رنگ خوراکی سبز بودند و نانوسیلیس استخراج شده از پوسته برنج به منظور بهبود رشد ریشه و تثبیت خاک به این مخلوط اضافه گردید. ظرفیت جداشدگی ذرات خاک با استفاده از فلوم آزمایشگاهی به طول ۲ متر و عرض ۳۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد که شیب آن در پنج سطح (۰، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه) و دبی جریان آب در پنج سطح (۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ لیتر بر دقیقه) تنظیم گردید.(Lane and Nearing, 1989) هر نمونه خاک در داخل فلوم قرار گرفت و جریان آب با شیب و دبی تعیین‌شده اعمال شد و آب خروجی جمع‌آوری و ذرات معلق آن با روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شدند. میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD)، با آزمون الک‌تر ارزیابی شد تا مقاومت ذرات خاک در برابر تجزیه در آب مشخص شود(Kemper and Rosenau, 1986) ، جرم ویژه ظاهری خاک با استفاده از استوانه‌های

فلزی استاندارد تعیین گردید (Brady and Weil, 2016) . همچنین، کربن آلی خاک (SOC) به روش Walkley-Black تعیین شد تا اثر چرای بی‌رویه و تیمارهای اصلاحی بر ماده آلی خاک بررسی شود (Walkley & Black, 1934). pHخاک با استفاده از دستگاه pH متر در محلول آب مقطر ۲/۵: ۱ اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری آهک ($CaCO_3$) خاک با استفاده از روش تیترومتری استاندارد انجام شد تا اثر تیمارها بر قلیایی بودن خاک مشخص گردد (Peech, 1965).

استخراج نانوسیلیس از پوسته برنج شامل جوشاندن پوسته‌ها در محلول ۱۰٪ HCl به مدت ۲ ساعت برای حذف ناخالصی‌ها و فلزات سنگین، شستشو با آب مقطر، خشک کردن به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد، سپس سوزاندن به مدت ۲ ساعت در دمای ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد و در نهایت کریستاله کردن با محلول نیترات پتاسیم ۰/۵ نرمال و حرارت‌دهی در دمای ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۸ ساعت انجام شد تا نانوذرات سیلیس نیمه‌کریستاله و متخلخل حاصل گردد (Azat et al., 2019). هیدرومالچ با میزان ۴۱۰ کیلوگرم در هکتار در ۴ لیتر آب تهیه شد و شامل بذر چمن، مواد آلی، کود استارتر، فیبر سلولزی، سوپرجاذب و رنگ خوراکی بود. مطالعه در قالب یک طرح بلوک‌بندی تصادفی کامل با عوامل فاکتوریل انجام شد که شامل پنج سطح شیب، پنج سطح دبی جریان آب و سه تیمار ذکرشده بود و این طراحی امکان بررسی اثرات مستقل و تعامل بین شیب، دبی جریان و تیمارها بر ظرفیت جداشدگی ذرات و پایداری خاکدانه‌ها را فراهم کرد. داده‌های حاصل از آزمایش‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS و آزمون تحلیل واریانس (ANOVA) تحلیل شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی در سطح احتمال ۰/۰۵ انجام گردید تا اثرات چرای بی‌رویه، تیمارهای اصلاحی، شیب و دبی جریان به طور دقیق ارزیابی شوند.

نتایج و بحث

بررسی نتایج جدول ۱ نشان داد که چرای بی‌رویه تغییرات معناداری در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک ایجاد کرده است. مقدار pHخاک در مرتع شاهد برابر با ۷/۷ بود که بیانگر شرایط نسبتاً خنثی خاک است. این مقدار در خاک تحت چرای بی‌رویه به ۷/۳ کاهش یافت و در تیمار هیدرومالچ و نانوسیلیس به ۷/۵ رسید. تغییرات pH هرچند اندک بودند، اما نشان دادند که تیمار توانسته شرایط خاک را به حالت شاهد نزدیک کند. در خصوص آهک معادل($CaCO_3$) ، بیشترین مقدار در خاک چرای بی‌رویه (۱/۳) مشاهده شد، در حالی که خاک شاهد مقدار کمتری (۱/۲) داشت. تیمار اصلاحی باعث تعادل این شاخص شد (۱/۲۵) که از نظر آماری تفاوت چشمگیری با خاک چرای بی‌رویه داشت. نتایج میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) نشان داد که بیشترین پایداری خاک مربوط به مرتع شاهد با مقدار ۲/۳ میلی‌متر بود. در مقابل، چرای بی‌رویه این مقدار را به ۱/۵ میلی‌متر کاهش داد که بیانگر ضعف شدید پایداری خاک است. تیمار هیدرومالچ و نانوسیلیس توانست MWD را به ۲ میلی‌متر افزایش دهد و وضعیت خاک را بهبود بخشد. میزان کربن آلی (OC) نیز در خاک شاهد ۳/۹٪ بود که پس از چرای بی‌رویه به ۳/۲٪ کاهش یافت. این کاهش بیانگر افت ماده آلی و کیفیت خاک است. تیمار اصلاحی موجب افزایش OC به ۳/۶٪ شد که تفاوت معناداری با خاک چرای بی‌رویه داشت. در نهایت، جرم ویژه ظاهری (BD) نشان داد که تراکم خاک در اثر چرای بی‌رویه افزایش یافته است. مقدار BD از ۱/۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب در خاک شاهد به ۱/۳۵ در خاک چرای بی‌رویه رسید. تیمار توانست این مقدار را به ۱/۲۳ کاهش دهد که نشان‌دهنده اثر مثبت آن در کاهش فشردگی و بهبود شرایط فیزیکی خاک است. به‌طور کلی، نتایج جدول نشان داد که چرای بی‌رویه باعث افت کیفیت خاک و کاهش پایداری ساختاری آن می‌شود، در حالی که تیمار هیدرومالچ و نانوسیلیس توانسته است بخش زیادی از این تغییرات منفی را جبران کرده و وضعیت خاک را به شرایط مرتع سالم نزدیک‌تر کند.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و ساختاری خاک در سه نوع خاک شامل شاهد، چرای بی‌رویه و چرای بی‌رویه تیمار شده با هیدرومالچ و نانوسیلیس. نشان داده شده است (AOMUC) مقادیر میانگین ± انحراف معیار و معناداری آماری.

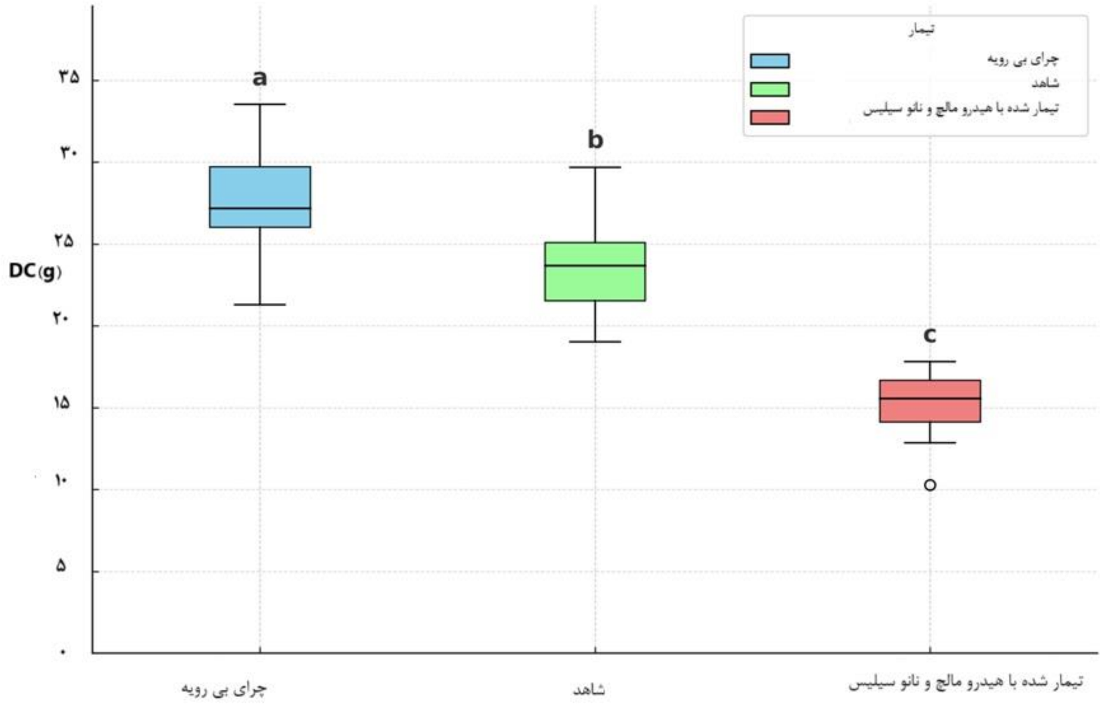
متغیر	نوع خاک	تعداد نمونه	حداکثر	حداقل		میانگین ± انحراف معیار
pH	شاهد	۲۵	۸	۷/۴	a	۷/۷ ± ۰/۱۵
	چرای بی‌رویه	۲۵	۷/۶	۷	c	۷/۳ ± ۰/۱۲

	چرای بی‌رویه + تیمار	۲۵	۷/۸	۷/۲	b	۷/۵ ± ۰/۱۴
$CaCO_3$	شاهد	۲۵	۱/۵	۰/۸	a	۱/۲ ± ۰/۲
	چرای بی‌رویه	۲۵	۱/۶	۰/۹	b	۱/۳ ± ۰/۲
	چرای بی‌رویه + تیمار	۲۵	۱/۵	۱	ab	۱/۲۵ ± ۰/۱۵
MWD	شاهد	۲۵	۲/۵	۲	a	۲/۳ ± ۰/۲
	چرای بی‌رویه	۲۵	۱/۸	۱/۲	c	۱/۵ ± ۰/۱۵
	چرای بی‌رویه + تیمار	۲۵	۲/۳	۱/۸	b	۲ ± ۰/۱۸
OC	شاهد	۲۵	۴/۵	۳	a	۳/۹ ± ۰/۴
	چرای بی‌رویه	۲۵	۳٫۸	۲٫۵	c	۳/۲ ± ۰/۳
	چرای بی‌رویه + تیمار	۲۵	۴٫۰	۳٫۱	b	۳/۶ ± ۰/۳۵
BD	شاهد	۲۵	۱٫۲	۱٫۰	c	۱/۱ ± ۰/۰۵
	چرای بی‌رویه	۲۵	۱٫۵	۱٫۲	a	۱/۳۵ ± ۰/۰۸
	چرای بی‌رویه + تیمار	۲۵	۱٫۳	۱٫۱۵	b	۱/۲۳ ± ۰/۰۶

شکل مربوط به مقایسه میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) در سه نوع خاک نشان داد که چرای بی‌رویه اثر بسیار منفی بر پایداری خاک داشته است. در خاک شاهد (مرتع سالم)، مقدار MWD حدود ۲/۳ میلی‌متر بود که بیشترین میزان پایداری ذرات را نشان می‌دهد. در مقابل، خاک تحت چرای بی‌رویه با مقدار حدود ۱/۵ میلی‌متر کمترین MWD را داشت. این کاهش تقریباً معادل ۳۵ درصد افت پایداری خاک نسبت به مرتع سالم است و بیانگر تأثیر شدید فشار دام بر تخریب خاکدانه‌هاست.

اعمال تیمار هیدرومالچ و نانوسیلیس بر روی خاک چرای بی‌رویه موجب افزایش MWD به حدود ۲ میلی‌متر شد. اگرچه این مقدار هنوز پایین‌تر از خاک شاهد است، اما نسبت به خاک چرای بی‌رویه حدود ۳۳ درصد بهبود را نشان می‌دهد. این موضوع بیانگر نقش مؤثر تیمار در افزایش مقاومت خاکدانه‌ها در برابر تجزیه و جداشدگی است.

بررسی آماری داده‌های شکل نیز نشان داد که تفاوت بین سه نوع خاک از نظر MWD معنادار است (حروف a، b و c در نمودار نشان‌دهنده این اختلاف هستند). به‌طور خلاصه، شکل تأکید می‌کند که چرای بی‌رویه باعث کاهش شدید پایداری خاک می‌شود، اما به‌کارگیری همزمان هیدرومالچ و نانوسیلیس توانسته است پایداری خاکدانه‌ها را به طور قابل توجهی بهبود بخشد و شرایط را به سمت خاک سالم نزدیک کند.



شکل ۱- مقایسه مقدار ذرات خاک جدا شده تحت تیمارهای مختلف DC: ظرفیت جدا شدن ذرات خاک، تحت تیمارهای مختلف؛ حروف مختلف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد هستند

نتایج شکل۱ و جدول پژوهش نشان می‌دهد که چرای بی‌رویه به‌طور چشمگیر پایداری ذرات خاک را کاهش و تراکم خاک را افزایش داده است: کاهش MWD از ۲/۳ در خاک شاهد به ۱٫۵ میلی‌متر در خاک چرای بی‌رویه و افزایش BD از ۱/۱ به ۱/۳۵ گرام cm^{-3}· نمایانگر تخریب ساختار خاک و فشردگی ناشی از فشار دام است. این الگو با گزارش‌های اخیر مبنی بر اثر منفی چرای بیش‌حد بر کاهش پوشش گیاهی، کاهش ریشه‌دهی و تضعیف پیوستگی آگرداری همخوانی دارد؛ کاهش پوشش و تراکم ریشه، حساسیت خاک به جداشدگی ذرات و فرسایش را افزایش می‌دهد (Li et al., 2025). افزایش MWD و بهبود نسبی OC و کاهش BD در نمونه‌های تیمار شده با نانوسیلیس و هیدرومالچ نشان می‌دهد که ترکیب این دو عاملِ «مکانیسم فیزیکی حفاظتی» (لایه پوششی هیدرومالچ) و «تقویتگر ساختاری/شیمیایی» (سیلیس زیستی) می‌تواند سازوکارهای فرسایش‌زایی را مهار کند. هیدرومالچ به‌عنوان پوشش سطحی ضمن کاهش انرژی ضربه قطرات باران و افزایش نفوذپذیری، به‌طور مؤثری رواناب و فرسایش را کاهش می‌دهد — تحلیل فرامطالعاتی اخیر نشان می‌دهد که مالچ‌ها به‌طور متوسط runoff و تلفات خاک را به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهند (Fan et al., 2023). از طرف دیگر، منابع نوین در مورد سیلیس استخراج‌شده از پوسته برنج گزارش می‌کنند که ساختار آمورف و سطح فعال بالای این ماده موجب بهبود پایداری ذرات، افزایش چسبندگی خاکدانه‌ها و افزایش ظرفیت نگهداری آب می‌شود؛ این مکانیسم می‌تواند توضیح‌دهنده افزایش MWD و افزایش نسبی OC در تیمار شما باشد (افزایش OC ممکن است ناشی از نگهداری بهتر مواد آلی و رشد ریشه پس از تثبیت خاک باشد). مطالعات مروری و تجربی جدید درباره استخراج و کاربرد سیلیای پوسته برنج این پتانسیل را تاکید می‌کنند (Nzereoguet al., 2023). ملاحظات مدیریتی و تحقیقاتی: اگرچه تیمار موجب بهبود قابل توجه شده، MWD تیمارشده هنوز کاملاً به سطح شاهد نرسیده است؛ بنابراین انتظار می‌رود که اثرات ترکیبی نانوسیلیس و هیدرومالچ به‌صورت زمانی (در دوره بلندمدت) و به‌همراه بازگردانی پوشش گیاهی کامل (افزایش ریشه‌ها و بیوماس) پایدارتر شود. علاوه بر این، مسائل عملی مانند هزینه تولید/تامین نانوسیلیس از پسماند (پوسته برنج)، دوام هیدرومالچ در شرایط اقلیمی مختلف و پیامدهای زیست‌محیطی افزودنی‌ها باید در

مطالعات بلندمدت و مقیاس میدانی بررسی شوند. مطالعات اخیر نیز به بررسی ترکیب‌های اقتصادی–زیستی و ارزیابی عملکرد در مقیاس حوزه آبخیز توصیه کرده‌اند(Taiye et al.,2024).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش به‌روشنی نشان داد که چرای بی‌رویه به‌طور مستقیم موجب کاهش پایداری ساختاری خاک، کاهش ماده آلی و افزایش تراکم می‌شود. کاهش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) در خاک تحت چرای بی‌رویه نسبت به خاک شاهد بیانگر حساسیت بالای ذرات به جداشدگی و فرسایش سطحی است. این امر نه‌تنها باعث تخریب ساختار خاک می‌شود، بلکه زمینه را برای تشدید فرسایش آبی در مناطق شیب‌دار نیز فراهم می‌کند.

از سوی دیگر، استفاده از ترکیب هیدرومالچ و نانوسیلیس استخراج شده از پوسته برنج توانست اثرات منفی چرای بی‌رویه را تا حد زیادی جبران کند. افزایش معنادارMWD ، بهبود مقدار کربن آلی و کاهش تراکم خاک نشان داد که این ترکیب اصلاحی علاوه بر تقویت ساختار فیزیکی خاک، توانسته است شرایط شیمیایی و زیستی آن را نیز بهبود دهد. تثبیت خاکدانه‌ها، افزایش نگهداری رطوبت و تسهیل استقرار پوشش گیاهی از جمله مهم‌ترین پیامدهای مثبت این تیمار محسوب می‌شود.

بنابراین، نتایج پژوهش حاضر تأکید می‌کند که ترکیب نانوسیلیس و هیدرومالچ می‌تواند به‌عنوان یک روش پایدار و کارآمد برای مدیریت مراتع تخریب‌شده، به‌ویژه در مناطق تحت فشار چرای دام، مورد استفاده قرار گیرد. این روش علاوه بر حفاظت خاک، می‌تواند موجب ارتقای کیفیت اکوسیستم مرتع، افزایش تولید علوفه و کاهش خسارت‌های ناشی از فرسایش شود.

فهرست منابع

1. Azat, S., Sartova, Z., Bekseitova, K., & Askaruly, K. (2019). Extraction of high-purity silica from rice husk via hydrochloric acid leaching treatment. *Turkish Journal of Chemistry*, *43*(1), 64–75. https://doi.org/10.3906/kim-1805-50
2. Brady, N. C., & Weil, R. R. (2016). *The nature and properties of soils* (15th ed.). Pearson.
3. Fan, D., et al. (2023). The effectiveness of mulching practices on water erosion control: A global meta-analysis. *Geoderma*. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706123003208
4. Kemper, W. D., & Rosenau, R. C. (1986). Soil cohesion as affected by organic carbon and sampling depth. *Soil Science Society of America Journal*, *50*(6), 1477–1480. https://doi.org/10.2136/sssaj1986.03615995005000060034x
5. Lane, L. J., & Nearing, M. A. (1989). *USDA water erosion prediction project: Hillslope profile model documentation*. USDA-ARS. https://www.ars.usda.gov/research/publications/publication/?seqNo115=29135
6. Li, C., Shi, W., & Huang, M. (2023). Effects of crop rotation and topography on soil erosion and nutrient loss under natural rainfall conditions on the Chinese Loess Plateau. *Land*, *12*(2), 265. https://doi.org/10.3390/land12020265
7. Li, H., et al. (2025). Responses of soil aggregate stability to grazing and restoration measures. *Frontiers in Environmental Science*. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2025.1610919/full
8. Morgan, R. P. C. (2005). *Soil erosion and conservation*. Wiley-Blackwell.
9. Nzereogu, P. U., et al. (2023). Silica extraction from rice husk: Comprehensive review and recent advances. *Journal/Review*. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2773207X23000945
10. Parhizkar, M., Ghasemzadeh, Z., Shabanpour, M., Mohamadi, S., Shamsi, R., & Ramezani, A. (2023). Effects of silica nanoparticles on root characteristics of Zoysia grass and rill detachment capacity in soils treated with hydromulch. *Catena*, *228*, 107185. https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107185
11. Peech, M. (1965). Hydrogen-ion activity. In C. A. Black (Ed.), *Methods of soil analysis, Part 2: Chemical and microbiological properties* (pp. 914–926). ASA.
12. Rahimi, M., Karimi, H., & Ahmadi, H. (2020). Impact of grazing intensity on soil erosion and nutrient loss. *Catena*, *187*, 104363. https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104363
13. Ricks, M. D., et al. (2020). Evaluation of hydromulches as an erosion control treatment. *Water*, *12*(2), 515. https://doi.org/10.3390/w12020515

14. Rizwan, M., Ali, S., & Adrees, M. (2022). Role of silicon in sustainable agriculture: Mechanisms and future prospects. *Plant Physiology and Biochemistry, 172*, 1–12. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.12.026
15. Taiye, M. A., Hafida, W., Kong, F., & Zhou, C. (2024). A review of the use of rice husk silica as a sustainable alternative to traditional silica sources in various applications. *Environmental Progress & Sustainable Energy*. Advance online publication. https://doi.org/10.1002/ep.14451
16. Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science, 37*(1), 29–38. https://doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003
17. Yang, Z., Zhou, H., & Zhao, Y. (2023). Effects of grazing on vegetation and soil infiltration, water holding capacity, bulk density, and related properties in alpine grasslands. *Sustainability*, *15*(22), 16028. https://doi.org/10.3390/su152216028.

Assessment of the Effect of Overgrazing on Soil Particle Detachment Capacity in Darestan Rangelands of Rudbar under Different Slopes and Flow Discharges

Masoumeh Izadpanah[1], Mahmoud Shabanpour*[2], Sepideh Abrishamkesh[3], MisaghParhizkar[4]

1- Ph.D. Student, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Guilan
2- Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Guilan
*Corresponding author's email: m.shabanpur@gmail.com
3- Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Guilan
4- Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran

Abstract

environmental sustainability. Overgrazing is a major factor causing rangeland degradation, leading to reduced soil stability and increased erosion. This study investigated the effect of nano-silica extracted from rice husk combined with hydromulch on soil particle detachment capacity in overgrazed rangelands of Darestan, Rudbar. Three soil types were studied: control (healthy rangeland), overgrazed soil, and overgrazed soil treated with nano-silica and hydromulch. Experiments included measuring mean weight diameter of soil aggregates (MWD), soil organic carbon (OC), bulk density (BD), pH, and $CaCO_3$.

Results showed that overgrazing significantly reduced soil stability. MWD decreased from 3.2 mm in control soil to 1.5 mm under overgrazing. Treatment with nano-silica and hydromulch increased MWD to 2.0 mm. OC declined from 3.9% in control to 2.3% under overgrazing, but improved to 3.6% in treated soil. Bulk density in overgrazed soil was 1.35 g/cm³, which treatment reduced to 1.23 g/cm³.

These findings indicate that overgrazing negatively affects soil structure, but the combination of nano-silica and hydromulch partially mitigates these effects and restores soil conditions closer to healthy rangelands. Therefore, this combination is recommended as a sustainable approach for managing degraded rangelands.

Keywords: Overgrazing, Soil erosion, Soil particle detachment capacity, Rice husk silica, Hydromulch