

ارزیابی تاثیر تسطیح اراضی مرتعی و تبدیل به دیمزار بر شاخص های کیفیت خاک در حوزه آبخیز رزین کرمانشاه

یحیی پرویزی*^۱، مسیب حشمتی^۲، محمود عربخدری^۲، محمد قیطوری^۲ و هوشنگ جزئی^۴

*۱- دانشیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،

(yparvizi1360@gmail.com)

۲- استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،

(heshmati46@gmail.com)

۳- دانشیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (mahmood.arabkhedri@gmail.com)

۴- مدیر اجرایی ملی پروژه های منارید و حبله رود، سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری (nmp3.menarid@gmail.com)

چکیده

زوال کیفیت خاک به دلیل بروز اشکال مختلف تخریب خاک ناشی از عوامل انسانی در استان کرمانشاه، اصلی ترین عامل تهدید کارکردهای منابع خاک در تولید و اکوسیستم منطقه است. تغییر کاربری اراضی، بویژه اگر همراه با دستکاری مکانیکی خاک نیز باشد، موجب ناپایداری باروری خاک و تخریب آن خواهد شد. تحقیق حاضر بمنظور ارزیابی تاثیر تغییر کاربری مرتع به دیمزار از طریق تراس بندی و تسطیح اراضی و کشت دیم بر شاخص های کیفیت شیمیائی و فیزیکی خاک در حوزه رزین استان کرمانشاه انجام شد. شاخص های بیوفیزیکی کیفیت خاک و وضعیت تخریب با امتیازدهی به شاخص های کیفیت و تخریب خاک تعیین شد. نمونه برداری از خاک با تشریح پروفیل و نمونه گیری از افق های مختلف انجام شد. شاخص هایی نظیر فرسایش، ساختمان خاک، نفوذپذیری، وجود و پراکنش بیوتا در خاک، پراکنش آهک، سخت لایه، بافت، اسیدیته، شوری، وزن مخصوص ظاهری، درصد آهک، درصد اشباع و غلظت عناصر میکرو و ماکرو، توزیع فیزیکی اندازه و پایداری خاکدانه ها و ذخیره کربن آلی اندازه گیری شد. نتایج نشان داد اعمال عملیات تسطیح اراضی اگرچه موفق به مهار ۴/۳۸ تن فرسایش سطحی در هکتار شده بود، ولی کلیه شاخص های بیوفیزیکی کیفیت خاک از جمله نفوذپذیری و پایداری خاکدانه تنزل یافته بود..

واژه های کلیدی: باروری خاک، تخریب خاک، عملیات مکانیکی، کربن آلی خاک، ساختمان خاک

مقدمه

نتایج ارزیابی های جهانی نشانگر روند شتابنده تخریب کیفیت و باروری خاک ناشی از عوامل انسانی بویژه در کشورهای در حال توسعه است. اثرات این تخریب، بسیار متعدد و گسترده است. بررسی نقش مدیریت، به ویژه مدیریت کاربری در کنترل یا تشدید روند تخریب خاک، ضرورتی ملی و منطقه‌ای جهت بهره‌برداری پایدار از منابع خاک است (FAO, ۲۰۰۲) و (Zucca و همکاران ۲۰۰۹). بسیاری از اشکال این تخریب شناخته شده نظیر صور آشکار فرسایش خاک است. اما بسیاری از آن‌ها بویژه در کشور ما بصورت اشکال پنهان تخریب خاک نظیر تراکم و تحکیم، تخریب ساختمان خاک، تخریب ماده آلی و ذخایر کربنی و نیز تخریب بیولوژیکی و نابودی یا تغییر ترکیب فلور و فون خاک، آلودگی خاک ناشی از کودهای شیمیایی، سموم دفع آفات و عناصر سنگین است (Lal, ۲۰۱۰).

(رسولی صدقیانی و همکاران، ۱۳۹۴) در تحقیقی به بررسی اثرات نوع کاربری و مدیریت کاربری در تخریب شاخص‌های باروری خاک در پیرانشهر آذربایجان غربی پرداختند. آنان نشان دادند که تغییر کاربری جنگل به زراعت، میزان کربن آلی، نیتروژن کل و نسبت کربن به نیتروژن کل خاک را به ترتیب به میزان ۴۴، ۴۶ و ۴۹ درصد کاهش داد. ولی میزان نیتروژن معدنی، کلسیم و سدیم تبدالی در اثر این تغییر کاربری افزایش نشان داد. اما هدایت الکتریکی عصاره خاک همانند مخازن کربنی و نیتروژن کل کاهش یافت. در تحقیق دیگری (اصغری و همکاران، ۱۳۹۴) به بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر برخی شاخص‌های کیفیت خاک در منطقه جنگلی فندقلو اردبیل پرداختند. آنها نشان دادند که تغییر کاربری اراضی جنگلی به مرتعی و زراعی به ترتیب منجر به کاهش کربن آلی خاک از ۵.۸ به ۳.۰۸ و ۲.۲۴ درصد، نیتروژن کل از ۰.۴۶ به ۰.۲۲ و ۰.۱۱ درصد، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها از ۱.۲۸ به ۰.۹۷ و ۰.۳۵ میلی‌متر، نفوذپذیری اشباع از ۰.۴۹ به ۰.۳۵ و ۰.۲۰ سانتی‌متر در دقیقه و تخلخل کل از ۵۴ به ۴۶ و ۳۷ درصد تنزل یافت.

استان کرمانشاه با دارا بودن ۱۱۸۸۴۰۰ هکتار مرتع پتانسیل بالایی در زمینه ترسیب کربن دارد، رویدادهای مختلف حاکم بر مراتع استان مانند «چرای شدید دام»، «تغییر کاربری به زراعت و باغات دیم» و در نهایت «آتش سوزی» عواملی هستند که منجر به تغییر کاربری و در نتیجه تخریب خاک، پوشش گیاهی، هدر رفت آب و فرسایش در مراتع این استان شده است. در استان کرمانشاه تأثیرات این عملیات بر شاخص‌های کیفیت و باروری خاک و نیز ذخایر کربنی خاک مورد ارزیابی و مذاقه قار نگرفته است. یکی از مصادیق عملیات مدیریتی که در حوضه آبخیز رزین به عنوان یکی از حوضه‌های معرف در سطح استان انجام شده است تغییر کاربری مراتع درجه ۲ به زراعت دیم از طریق تسطیح این اراضی و ایجاد تراس‌های وسیع است. نمایی از یکی از این تراس‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است. هدف این مطالعه، تعیین اثرات اقدامات مدیریتی تغییر کاربری اراضی مرتعی به زراعت دیم از طریق تسطیح اراضی با احداث تراس بر کیفیت خاک و نیز ذخایر کربن و همچنین روند تخریب خاک در حوزه آبخیز رزین کرمانشاه است.

مواد و روش‌ها

حوزه آبخیز رزین با وسعت ۱۴۶۸۸ هکتار در شمال استان کرمانشاه در محدوده $47^{\circ} 01' 45''$ تا $47^{\circ} 12' 43''$ طول شرقی $34^{\circ} 34'$ تا $34^{\circ} 42' 27''$ عرض شمالی واقع شده است. میانگین دمای سالانه هوا $11/4$ درجه سانتیگراد که متوسط حداکثر آن $19/3$ درجه سانتیگراد و متوسط حداقل آن $3/5$ درجه سانتیگراد است. میزان بارندگی سالانه به‌طور متوسط $588/5$ میلی‌متر است که حداقل آن مربوط به ماه شهریور (بدون بارندگی) و حداکثر آن مربوط به فروردین ماه ($113/8$ میلی‌متر) است. نوع اقلیم منطقه براساس طبقه‌بندی دومارتین اصلاح شده خیلی مرطوب و براساس طبقه‌بندی آمبرژه، نیمه‌مرطوب سرد تشخیص داده شده است. شیب متوسط حوزه $7/09$ درصد و ارتفاع متوسط وزنی حوزه 1707 متر است. بیش از 50 درصد مساحت حوزه در محدوده ارتفاعی 1400 تا 1600 متر است. حداقل ارتفاع حوزه 1407 متر و حداکثر آن 2868 متر از سطح دریاست.

عملیات مورد ارزیابی تسطیح اراضی مرتعی و تبدیل به دیمزار در سامان عرفی روستای قشلاق در حوضه رزین بود. موقعیت مکانی این عملیات در حوضه و تصویری از آن در شکل ۱ نشان داده شده است. به منظور بررسی روند اثرات عملیات در شاخص‌های کیفیت خاک مراحل عملیاتی زیر انجام گرفته است.

- ثبت و بررسی اختصاصات فنی، فیزیکی و مدیریتی پروژه با عملیات میدانی

- تعیین کمی شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی (بیوفیزیکی) باروری و کیفیت خاک و شاخص‌های تخریب خاک و فرسایش خاک در سطح پروژه و منطقه شاهد. این کار به کمک متدولوژی GLADIS¹، با بررسی کمی و امتیازدهی به شاخص‌های کیفیت و تخریب خاک با روش ارزیابی کارشناسی، در محدوده اثر عملیات و مناطق شاهد مرتعی مجاور انجام گرفته است. نقاط شاهد در مجاور عملیات و دارای ویژگی‌های توپوگرافی و خاک نسبتاً یکسان با آن بود. نمونه برداری از خاک با تشریح پروفیل و نمونه‌گیری از افق‌های مختلف به منظور تعیین برخی شاخص‌های کمی کیفیت خاک و انجام آزمایشات خاک انجام شد. در این متدولوژی، در نهایت امتیاز کمی برای وضعیت باروری و سلامت خاک تعیین می‌شود که کمیتی بین صفر-۱۰۰ را به خود اختصاص خواهد داد. هر چه رقم به کمیت ۱۰۰ نزدیک باشد شاخص باروری تقویت یافته و تخریب خاک، روندی نزولی را نشان می‌دهد. برای تعیین کمیت تخریب خاک دامنه امتیازی بین صفر-۷۵ در نظر گرفته شده است (لینیگر و همکاران، ۲۰۰۸ و مک‌دوننا و همکاران، ۲۰۱۰).



شکل ۱- موقعیت مکانی عملیات مکانیکی تراس‌بندی مرتع و تبدیل به دیمزار در حوضه رزین

جهت نمونه‌برداری خاک، پروفیل خاک در عرصه عملیات و عرصه شاهد حفر و نمونه‌برداری از لایه‌های مختلف پروفیل تا عمق توسعه ریشه انجام شد. همچنین نمونه خاک سطحی بصورت تصادفی از عرصه عملیات جمع‌آوری شد. پس از حفر پروفیل فرم‌های تشریح پروفیل در محل ثبت شده و ضمن تعیین افق‌ها و خواص مشخصه خاک برخی آزمون‌های مزرعه‌های مربوط به تخریب خاک به شرح موجود در ادامه روش پژوهش انجام شد. نمونه‌برداری خاک به دو روش دست‌خورده و دست‌نخورده (جهت محاسبه وزن مخصوص ظاهری B_d) انجام شد. در این طرح جهت نمونه‌برداری پوشش و لاشبرگ از پلات استفاده شد. در مرحله عملیات میدانی، ثبت شاخص‌های فیزیکی نظیر وضعیت سله سطحی یا کراست، ارزیابی ساختمان خاک و توزیع اندازه خاکدانه‌ها، شدت پراکندگی و پایداری خاکدانه، تعیین نفوذپذیری خاک با دیسک پرماتر، رنگ خاک، وجود و پراکنش بیوتا و ریشه در خاک، وجود سخت لایه و لایه شخم، تعیین ذخیره کربن آلی لابلیل (متحرک) انجام شد. برای این اندازه‌گیری‌ها از روش ارزیابی مزرعه‌های شاخص‌های تخریب و باروری خاک ارائه شده توسط برنامه LADA (Nachtergaele و همکاران، ۲۰۱۱) استفاده شد. برای هر شاخص و در هر مرحله پس از اندازه‌گیری، امتیازدهی به شاخص مربوطه، با تفصیلی که در متدولوژی یاد شده بیان گردیده، انجام گردید

شاخص‌های بیوفیزیکی کیفیت خاک شامل بافت خاک، مقادیر کربن آلی خاک، CEC، ESP، مقادیر NPK و عناصر میکرو، آهک، بافت، pH و EC، وزن مخصوص ظاهری و همچنین شاخص‌های پایداری خاکدانه‌ها با کمک روش‌های آزمایشگاهی تعیین شد. برای تعیین شاخص‌های پایداری خاکدانه‌ها از روش الکتتر استفاده شد و پس از تفکیک و فراکشن‌بندی خاکدانه‌ها در الکتتر^۱ شاخص‌های مربوطه محاسبه شد. این شاخص‌ها عبارت بودند از میانگین وزنی قطر^۲ و میانگین هندسی قطر^۳. ذخیره کربن آلی خاک (Cs) هر لایه و در هکتار نیز با داشتن مقدار کربن آلی خاک در عمق (d) و وزن مخصوص ظاهری، با استفاده از رابطه ۲-۵ محاسبه شد (پرویزی و همکاران، ۱۳۸۹).

نتایج

در عرصه اراضی تسطیح شده شاخص‌ها از نظر باروری و تخریب خاک شرایط مساعدی نداشت. این امر به دلیل برداشت خاک سطحی و عدم باروری خاک تحت الارض بود. اگرچه سعی شده بود با کاربرد کود دامی این روند اصلاح شود ولی چون کمتر از دو سال از اجرای پروژه می‌گذشت، نتوانسته بود اثر معنی داری در بهبود شاخص‌های باروری و تخریب خاک در منطقه تسطیح یافته ایجاد نماید. از منظر فرسایش خاک در منطقه تسطیح یافته علائم پاشمان باران مشهود بود، ولی خاکی در مقیاس مکانی جابجا نشده بود. همچنین کمیت فرسایش سطحی در منطقه تسطیح یافته صفر بود که نسبت به منطقه شاهد کاهش فرسایش را نشان می‌داد. اما نکته بارز در منطقه تسطیح یافته تعدد کراست سطحی و در نتیجه تقلیل نفوذپذیری خاک بود. این نقیصه با شخم سطحی در اوقاتی از سال بهبود می‌یافت.

وضعیت اشکال پیدای تخریب خاک از جمله فرسایش در منطقه تسطیح یافته نسبت به دیمزار مجاور یا شاهد که از ثبت میدانی به دست آمد، در جدول ۱ نشان داده شده است. شایان ذکر است کمیت فرسایش بین شیاری از محاسبه عوارض موجود در منطقه نظیر عمق پدستال‌ها در منطقه شاهد محاسبه شده است. همانگونه که از ارقام جدول پیداست احداث تراس‌ها میزان فرسایش سطحی اعم از شیاری و بین شیاری را حدود ۴/۳۸ تن در هکتار است را تقلیل می‌دهد.

جدول ۱- مختصات شاخص‌های فرسایش و تخریب در محدوده تسطیح اراضی و شاهد مربوطه

فرسایش شیاری			فرسایش بین شیاری (ton/ha)	کراست (%) (سطح)	آرمور	شکل تخریب / عملیات
فرسایش (ton/ha)	عرض × عمق (cm)	تراکم شیاری (m/100m ²)				
۰	۰	۰	۰	۶۵٪	۰	تسطیح اراضی
۲.۱۸	۱۰ × ۵.۱	۳.۵	۲.۲	۳۰٪	ناچیز	شاهد

از نظر دیگر شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، نتایج بررسی‌های آزمایشگاهی در جدول ۲ منعکس شده است. همانگونه که در ارقام این جدول پیداست، تسطیح اراضی با وجود برگرداندن خاک سطح الارض در منطقه تسطیح شده به جای اول خودش منجر به تقلیل کربن آلی خاک به کمتر از نصف میزان اولیه در منطقه شاهد شده است. همچنین این عملیات باعث کاهش تقریباً همه شاخص‌های کیفیت شیمیایی خاک به استثناء pH و EC و همچنین درصد آهک خاک شده است. البته درصد آهک در خاک سطحی بیشتر هم شده است.

شاخص نهائی کیفیت خاک نیز در محدوده اراضی تسطیح شده به شدت تنزل کرده است به گونه‌ای که کمیت این شاخص از رقم مطلوب $SQI=30/5$ در دیمزارهای اطراف به رقم نازل ۹/۵ در محدوده اراضی تسطیح یافته کاهش پیدا کرده است. بدیهی است این کاهش کیفیت مربوط به کلیه شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی کیفیت خاک از جمله ماده آلی خاک بوده است

2. Wet sieve
3. Mean Weight Diameter (MWD)
4. Geometric Mean Diameter (GMD)

مقادیر کمی شاخص‌های فسفر و پتاسیم قابل جذب کاهش محسوسی داشته است. همچنین کاهش کمیت کلیه عناصر میکرو Fe، Mn Zn و Cu قابل جذب در اثر اعمال عملیات تسطیح اراضی محسوس و قابل اندازه‌گیری بود. بدیهی است دلیل این امر برداشته شدن خاک سطحی و به هم خوردن اکوسیستم خاکی و انقطاع اکولوژیک در آن است. معهذاتی این عملیات سعی شده بود خاک سطح الارض پس از تسطیح برگردانده شود. لذا در غیر این صورت، تخریب بیشتر شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در اثر تسطیح انتظار می‌رفت. البته بدیهی است این دست خوردگی خاک در کوتاه مدت منجر به تخریب ویژگی‌های کیفی پنهان و آشکار خاک شود. ولی ارزیابی دقیق‌تر برای تعیین اثرات این عملیات را باید به سنوات آتی و بویژه پس از گذشت حداقل ۸-۱۰ سال از اجرای عملیات تسطیح موکول نمود تا شرایط استقرار و ثبات برای وضعیت فیزیکی و هندسی جدید خاک و در نهایت اکوسیستم فراهم شود. دیگر شاخص‌های ثبت شده کیفیت فیزیکی برای بررسی اثرات عملیات تسطیح اراضی بر باروری و تخریب خاک تعیین نفوذپذیری خاک و همچنین شاخص‌های پایداری خاکدانه‌ها بود. در جدول ۳ وضعیت نفوذپذیری خاک ثبت شده و مقادیر محاسبه شده توسط دستگاه دیسک پرماتر در منطقه تسطیح یافته و شاهد و کمیت نفوذپذیری خاک محاسبه شده با کمک مدل (رینولدزوالریک، ۱۹۹۰) نشان داده شده است اگرچه تغییرات کمیت یا روند نفوذ آب به خاک در دو منطقه شاهد و تسطیح زیاد نیست. ولیکن کمیت نفوذ لحظه‌ای در زمین تسطیح یافته در آغاز آزمایش زیاد و در انت‌های آزمایش و زمان تثبیت سرعت نفوذ کمتر از منطقه شاهد است. به عبارت دیگر پیوستگی و در نهایت سرعت نهائی نفوذ در منطقه شاهد بیشتر از منطقه تسطیح اراضی است.

جدول ۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه تسطیح اراضی و شاهد مربوطه

امتیاز کیفیت	ضعیف	---	خوب	شاهد
SQI	9.5	---	30.5	---
نفوذ پذیری (cm min ⁻¹)	0.253	---	0.267	---
(gr/cm ³) Bd	1.23	1.28	1.21	1.15
Clay%	30	22	25.9	36.5
SiL ⁴ %	38	30	44	48.5
Sand%	32	48	30.1	15
Cu Ppm	0.76	0.98	1.95	1.74
Zn Ppm	0.56	0.56	1.8	0.95
Fe Ppm	6.96	5.76	15.2	2.9
Mn Ppm	11.2	7.8	14.4	12.8
کربن آلی O.C.%	0.65	0.39	1.38	0.50
پتاسیم قابل جذب ppm	290	140	350	170
فسفر قابل جذب ppm	7	1.4	10	5
C.E.C me/100gr	31.6	29.8	29	31
pH	7.29	7.38	7.12	7.3
10 ³ ×Ec	0.56	0.35	0.5	0.4
مواد خنثی شونده/TNV%	12.3	9.3	8	23
افق	AP	C	A1	A2
عمق (cm)	20	30	25	35
عمق cm	0-20	20-50	0-25	25-60
مشخصات پروفیلی	پروفیل ۷	پروفیل ۷	—1	P94۱۸—2
تیمار	تسطیح اراضی	تسطیح اراضی	شاهد	شاهد

جدول ۳- تغییرات نفوذ در دیسک پرماتر در مناطق دیمزار تغییر کاربری به مرتع و علوفه کاری و شاهد مربوطه

شاهد		تسطیح اراضی	
زمان نفوذ (دقیقه)	نفوذ لحظه ای (سانتیمتر)	زمان نفوذ (دقیقه)	نفوذ لحظه ای (سانتی متر)
۰/۵	۱/۱	۰/۵	۱/۲
۰/۵	۱	۰/۵	۱/۲
۰/۵	۱/۰۵	۰/۵	۱/۱۵
۰/۵	۱	۰/۵	۱
۱	۱/۷	۱	۱/۸
۱	۱/۷	۱	۱/۸
۱	۱/۶۵	۱	۱/۷۵
۲	۳/۳	۲	۳/۴
۳	۴/۸	۳	۴/۸
۳	۴.۸	۳	۴/۹
۲	۳/۳	۲	۳/۳
۳	۴/۹	۳	۴/۶
۲	۳/۳	۲	۳/۲
۵	۸	۵	۷/۶
۵	۸	۵	۷/۶

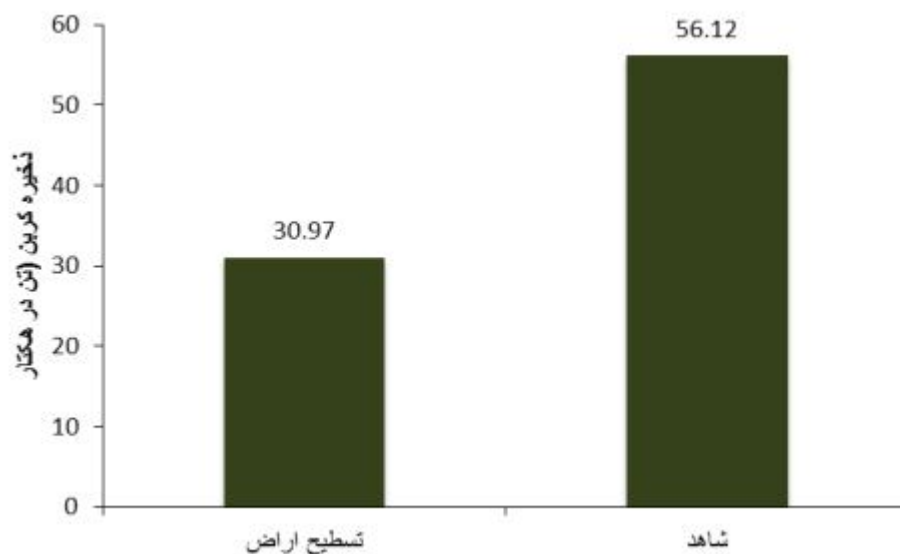
از نظر شاخص های پایداری خاکدانه تسطیح اراضی در خاک سطح الارض، منجر به کاهش نسبت خاکدانه های درشت تر (بیشتر از دو و یک میلی متر) و افزایش نسبت خاکدانه های با اندازه متوسط و کوچک یعنی ۰/۲۵، ۰/۱۰۶ و ۰/۰۷۵ میلی متر به میزان حدود سه برابر نسبت به شاهد شده است (جدول ۴). این امر مبین تخریب ساختمان خاک و افزایش خلل و فرج ریز است. اگرچه این پدیده ممکن است منجر به افزایش ظرفیت نگه داشت آب در خاک شود ولی نفوذ پذیری و تهویه خاک را تقلیل خواهد داد. این امر در نتایج آزمایش نفوذ خود را نشان داده است. خاک خشک منطقه تسطیح یافته در ابتدا ظرفیت نفوذ اولیه خوبی را نشان داد ولی سرعت نهائی نفوذ کاهش محسوس را نسبت به منطقه شاهد نشان داد. این امر همچنین تهویه خاک و نفوذ ریشه را با مشکل جدی مواجه خواهد کرد. شاخص های پایداری خاکدانه در خاک سطحی در هر دو منطقه تسطیح و شاهد شرایط مطلوبتری را نسبت به خاک تحت الارض نشان داده است.

شاخص MWD نیز روند مشابهی را همانند توزیع اندازه خاکدانه ها در خاک سطحی به کمک الک تر نشان می داد و نشانگر آن بود که خاکدانه های درشت در اثر تسطیح اراضی پایداری خود را از دست داده اند (جدول ۴). به گون های که، کمیت میانگین وزنی قطر خاکدانه ها پس از الک تر کاهش بیش از ۵.۵ برابری را نسبت به سطح الارض خاک شاهد نشان دادند. کمیت GMD نیز در سطح الارض خاک تسطیح یافته افزایش حدود ۱۵ درصدی را نسبت به شاهد نشان داد. شایان ذکر است کلیه شاخص های پایداری خاکدانه در خاک تحت الارض تیمار تسطیح اراضی تفاوت محسوسی را نسبت به شاهد نشان نمی دادند. چرا که این افق در کوتاه مدت چندان تحت تاثیر مدیریت قرار نداشته و اثر مدیریت در این لایه ها در بلند مدت بروز خواهد نمود.

جدول ۴- شاخص‌های اندازه خاکدانه‌ها و سهم نسبی هر کلاس اندازه همراه با میانگین وزنی و هندسی قطر خاکدانه‌ها با الکترون در منطقه تسطیح شده و شاهد مربوطه

GMD	MWD	۰.۰۷۵ میلی‌متر		۰.۱۰۶ میلی‌متر		۰.۲۵ میلی‌متر		۰.۵ میلی‌متر		۱ میلی‌متر		۲ میلی‌متر		عمق	تیمار
		w _{xi}	w _i	w _{xi}	w _i	w _{xi}	w _i	w _{xi}	w _i	w _{xi}	w _i	w _{xi}	w _i		
0.317	0.13	0.002172	0.02	0.03	0.17	0.09	0.25	0.11	0.15	0.15	0.10	0.50	0.14	A1	تسطیح
0.283	0.87	0.000905	0.01	0.01	0.05	0.03	0.08	0.10	0.13	0.24	0.16	1.69	0.48	A2-C	اراضی
0.283	0.71	0.000724	0.01	0.01	0.05	0.04	0.10	0.11	0.15	0.27	0.18	1.50	0.43	A1	شاهد
0.270	0.72	0.000362	0.00	0.01	0.06	0.03	0.09	0.08	0.11	0.32	0.21	1.50	0.43	A2-C	

از نظر ظرفیت انباشت کربن در خاک عملیات مورد ارزیابی تسطیح همانگونه که در بند قبلی بیان شد منجر به تقلیل قابل ملاحظه ذخیره کربنی خاک شده بود. در شکل ۲ مقادیر ذخایر کربنی خاک در دو منطقه تسطیح اراضی و شاهد محاسبه و ارائه شده است. همانگونه که از ارقام جدول پیداست اعمال تسطیح اراضی منجر به تخریب ۲۵ تن کربن در هکتار شده است یا به عبارت دیگر ذخیره کربنی قابل اندازه‌گیری خاک در عمق ۵۰ سانتی‌متری لاقلاً به میزان ۲۵ تن در هکتار تقلیل یافته است.



شکل ۲- ذخایر کربنی خاک در عملیات تسطیح اراضی و شاهد مربوطه (تن در هکتار)

نتیجه گیری

عملیات مکانیکی تراس بندی مرتع با کشت دیم در سامان عرفی روستای قشلاق حوضه رزین انجام شده بود. بطور مشخص سامان یاد شده شرایط حادی از نظر فرسایش و تخریب ظاهری خاک نسبت به دیگر مناطق مطالعه شده حوزه داشت. در فرادست منطقه تراس بندی اشکال متنوعی از فرسایش از جمله فرسایش بین شیاری، شیاری و خندقی و نیز وفور و پراکنش آرمور و پاشمان سطحی مشهود بود و نشان از حجم قابل توجه جابجایی خاک داشت. لذا توسعه عملیات بیومکانیکی نظیر فاروئینگ، پی‌تینگ، بانکت بندی و حتی تراس بندی توام با کشت گونه‌های سازگار درختی و علفی برای فرادست سازه‌های احداث شده جهت کنترل فرسایش درجا On-site ضروری است.

عملیات ترانس بندگی با سطح ترانس نسبتا وسیع اجراء شده بود. اگرچه ترانس های احداث شده فرسایش سطحی را کنترل نموده بودند. ولی منجر به خساراتی از جمله برداشت و دفن عمق سالوم زنده خاک، ظاهر شدن خاک تحتالارض ضعیف و مستعد تخریب، افزایش سطح و گستره کراست سطحی همراه با تنزل شدید شاخص های کیفیت شیمیائی خاک سطحی از نقاط ضعف ترانس های احداث شده بود. به نظر نگارنده در صورتی که عرض ترانس ها کمتر در نظر گرفته می شد، ضمن کاهش قابل ملاحظه هزینه احداث، این امکان فراهم می شد که خاک سطح الارض بعد از جمع آوری مجدد در سطح ترانس گسترانده شود. ضمنا امکان ایجاد تنوع در کشت بیشتر و مدیریت آن سهل تر بود

تشکر و قدردانی

حمایت مالی دفتر پروژه بین المللی منارید در سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری از این تحقیق شایسته تشکر و قدردانی است.

منابع

- اصغری، ش، هاشمیان، س، گلی گلنپا، ا، محب الدینی، م، ۱۳۹۴، اثرات تغییر کاربری اراضی بر شاخص های کیفیت خاک در شرق استان اردبیل. پژوهش های حفاظت آب و خاک. ۲۲(۳): ۱-۱۹.
- رسولی صدقیانی، م، کریمی، ص، خداوردیلو، ح، برین، م، شفیعی، ع، ۱۳۹۴، بررسی تغییر کاربری بر پویایی کربن و نیتروژن و برخی ویژگی های حاصلخیزی خاک در منطقه جنگلی پردانان پیرانشهر. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. ۲۳(۳): ۴۷۸-۴۸۹.
- پرویزی، ی، گرجی، م، مهدیان، م، ح، امید، م، ۱۳۸۹، پهنه بندی تغییرپذیری مکانی کربن آلی خاک و بررسی و پیش بینی تاثیر عوامل فیزیکی و مدیریتی بر آن با استفاده از آنالیز چند متغیره و شبکه های عصبی مصنوعی. پایان نامه دکتری فیزیک و حفاظت از خاک، گروه مهندسی علوم خاک. دانشگاه تهران.
- FAO (2002) LADA Workshop Report, Land and Water Development Division, FAO, Rome
- Lal, R. 2010. Managing soils and ecosystems for mitigating anthropogenic carbon emissions and advancing global food security. *BioScience*, 60:708-721.
- Liniger, H.P., G. van Lynden, F. Nachtergaele, G. Schwilch. 2008. A Questionnaire for Mapping Land Degradation and Sustainable Land Management (QM). CDE/WOCAT, FAO/LADA, ISRIC
- McDonagh, J., S. Bunning, D. McGarry, H. Liniger, J. Rioux. 2010. Field Manual for Local Level Land Degradation Assessment in Drylands, Part 2: Local Assessment: Tools and Methods for Fieldwork. LADA-L. FAO, Rome.
- Nachtergaele F., Biancalani R., Bunning S., McDonagh J., Rioux J. and Woodfine A. 2011. Manual for Local Level Assessment of Land Degradation and Sustainable Land Management: Part Part 2: Field methodology and tools. LADA. FAO/UNEP.
- Zucca C., R. Biancalani, H. Hamrouni, R. Attia, S. Bunning. 2009. Guidelines for the identification, selection and description of nationally based indicators of land degradation and improvement. Technical Document. LADA. FAO/UNEP