# شواهد پدوژنیک و میکرومورفولوژیک تخریب اراضی جنگل‌تراشی شده لسی در شرق استان گلستان

محمد عجمی* و فرهاد خرمالی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۹/۱۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۸/۱۴)

## چکیده

**به منظور بررسی تخریب اراضی از دیدگاه ژنز خاک و میکرومورفولوژی ده خاکرخ در دو کاربری جنگل و زراعی (جنگل‌تراشی شده) در موقعیت‌های پنج‌گانه شیب حفر و تشریح گردید. از کلیه افق‌ها برای تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی و نیز مطالعات میکرومورفولوژیکی نمونه‌برداری شد. خاک‌های جنگلی اغلب افق‌های آرجیلیک و کلسیک تکامل یافته‌ای داشته و نیز اپی پدون مالیک در خاکرخ آنها قابل شناسایی بود. این خاک‌ها در دو رده آلفی سول و مالی سول طبقه‌بندی می‌شوند. شستشوی آهک به عمق خاک، مهاجرت و انتقال رس به افق‌های زیرین و تشکیل خاک‌های تکامل یافته را می‌توان بیش از هر عامل دیگری به پایداری اراضی و آبشویی در این ناحیه که به واسطه پوشش متراکم جنگلی حاصل شده نسبت داد. در نواحی جنگل‌تراشی شده رده غالب خاک اینسپتی سول و سپس مالی سول می‌باشد و به‌جز در ناحیه پای شیب، اثری از افق آرجیلیک مشاهده نمی‌شود. این عدم حضور افق آرجیلیک یا به عبارتی حذف آن پس از جنگل‌تراشی یکی از مهم‌ترین و بارزترین شواهد پدوژنیک تخریب اراضی پس از تغییر کاربری به حساب می‌آید. برون‌زد لایه‌های سرشار از آهک (افق کلسیک) به سطح زمین، ناپدید شدن اپی پدون مالیک و تشکیل اپی پدون اکریک، ظهور شواهد اکسیداسیون و احیا، به دلیل تجمع رواناب در مناطق پست، کاهش ضخامت سولوم و تغییر رنگ خاک از دیگر نشانه‌های پدوژنیک تخریب اراضی در منطقه جنگل‌تراشی شده می‌باشد. مشاهدات میکروسکوپی حاکی از تبدیل ریزساختمان‌های دانه‌ای و اسفنجی بسیار متخلخل به انواعی از ریزساختمان‌های توده‌ای و متراکم با درصد تخلخل پایین در نواحی جنگل‌تراشی شده است. از بین رفتن پوشش‌های رسی در این خاک‌ها همگام با عدم مشاهده پدوفیچرهای جانوری از دیگر مهم‌ترین شواهد میکرومورفولوژیکی فرسایش و تخریب اراضی منطقه به‌حساب می‌آید.**

**واژه‌های کلیدی: جنگل‌تراشی، تخریب اراضی، پدوژنز، میکرومورفولوژی، لس**

۱. گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: m_ajami2004@yahoo.com

## مقدمه

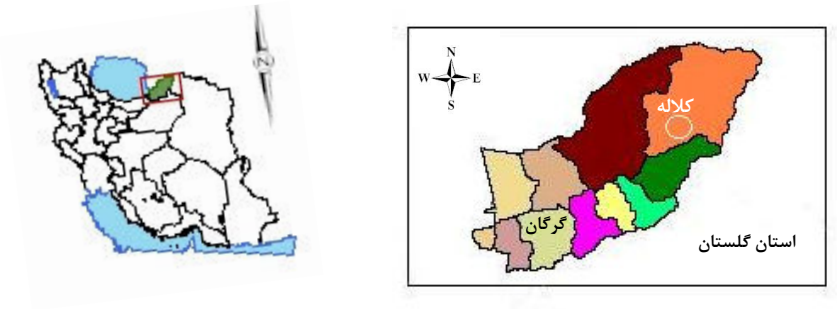
بهره‌برداری‌های چندمنظوره از اراضی مانند عملیات کشت وکار نامناسب، چرای بیش از حد دام و جنگل‌تراشی امروزه سبب بروز انواع گوناگونی از تخریب خاک شده است (۷). هادسون و آلکانتاراآیالا (۱۳) بیان می‌دارند تغییر کاربری اراضی (Land use change) به‌خصوص در کشورهای کمتر توسعه یافته باعث تشدید تخریب اراضی (Land degradation) خواهد شد. طبق تعریف، تخریب اراضی عبارت از کاهش موقتی یا همیشگی پتانسیل بارآوری خاک می‌باشد (۲۵). یکی از مهم‌ترین علل تخریب به‌خصوص در نواحی شیب‌دار، جنگل‌تراشی و اجرای عملیات زراعی روی آنهاست. دریس و همکاران (۶) اظهار می‌دارند زندگی ۸۰۰ میلیون انسان در سرتاسر جهان به‌طور مستقیم به اراضی شیبداری وابسته است که هم‌اکنون با جنگل‌تراشی‌های گسترده به زیر کشت و کار رفته‌اند. عامل افزایش تقاضا برای محصولات زراعی موجب شده تا امروزه پوشش‌های طبیعی زمین به‌ویژه جنگل‌ها به سرعت تخریب و تبدیل به زمین‌های کشاورزی شوند (۱۴). بومن و لیمن (۲) متوسط جهانی تغییر جنگل‌ها به زمین‌های زراعی طی سال‌های ۱۹۹۰ میلادی را حدود ۱۲ میلیون هکتار در سال تخمین زده‌اند. طبق گزارش سازمان خواروبار و کشاورزی ملل متحد، FAO، (۹) قاره آسیا طی دهه ۱۹۸۰ حدود ۱۱ درصد پوشش جنگلی خود را از دست داده است که بیش از هر نقطه دیگری در سطح دنیا می‌باشد.

مطالعه خرمالی و همکاران (۱۷) در اراضی لسی شرق استان گلستان نشان داد کربن آلی خاک در زمین‌های جنگل‌تراشی شده در مقایسه با جنگل بکر مجاور تا بیشتر از ۷۰ درصد کاهش یافته است. مشاهدات میکرومورفولوژیکی این پژوهشگران نشان داد خاک‌های جنگلی از ریزساختمان قوی دانه‌ای همراه با درصد بالایی از تخلخل برخوردارند. چنین وضعیتی در خاک‌های جنگل‌تراشی شده ملاحظه نمی‌گردد. کلیموییچ و اوزیاک (۱۹) قابلیت مناسب خاک‌های چرنوزم لسی را دلیل عمده جنگل‌تراشی می‌دانند. تحقیقات نشان داده است جنگل‌تراشی روی اراضی شیبدار آثار منفی قابل توجهی بر روند فرآیندهای خاکساز و تکامل خاک برجای خواهد گذاشت. ورا و همکاران (۲۸) با مطالعه خاک‌های جنگل‌های بارانی در ونزوئلا دریافتند تخریب جنگل‌ها بر بسیاری از فرآیندهای مهم پدوژنیک مانند تجمع مواد (Illuviation)، هوموسی شدن، معدنی شدن و نوتشکیلی کانی‌ها تأثیر گذاشته است. خرمالی و نبی‌اللهی (۱۸) با بررسی نقش تغییر کاربری اراضی در غرب ایران دریافتند خاک‌های مالی سولی که هم‌اکنون تحت کشاورزی قرار گرفته‌اند به‌دلیل کمبود ماده آلی شرط لازم برای داشتن افق مالیک را دارا نبوده و افق‌های مشخصه آنها فقط از نوع اکریک است. بسیاری از پژوهشگران از جمله فیتزپاتریک (۱۰) و دلوین (۵) معتقدند مطالعه مقاطع نازک خاک به تفسیر مشاهدات صحرایی و تجزیه‌های آزمایشگاهی کمک خواهد کرد. گونال و رانسوم (۱۲) مطالعه مقاطع نازک خاک را برای تشخیص افق‌های آرجیلیک و رده‌بندی خاک مطابق با تاکسونومی آمریکایی بسیار مهم ارزیابی کرده و دلیل آن را مشکل بودن شناسایی به روش صحرایی می‌دانند. استان گلستان در شمال ایران با برخورداری از ذخایر جنگلی و خاک‌های حاصل‌خیز لسی از مناطق مهاجرپذیر در کشورمان به حساب می‌آید که جمعیت آن طی سال‌های اخیر رو به فزونی گذاشته، به‌طوری‌که امروزه فرسایش و تخریب اراضی به دلیل جنگل‌تراشی به یکی از معضلات مهم در منطقه تبدیل شده است. از این‌رو پژوهش حاضر تلاش دارد تا با بهره‌گیری از شواهد پدوژنیکی، مورفولوژیکی و میکرومورفولوژیکی، معضل تخریب اراضی و میزان شدت آن را در موقعیت‌های مختلف شیب که بر اثر جنگل‌تراشی ایجاد شده مورد بررسی و مطالعه قرار دهد.

## مواد و روش‌ها

### مشخصات منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه حوزه آبخیز آق سو در شرق استان گلستان و در نزدیکی شهر کلاله واقع شده است (شکل ۱). متوسط




**شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه**

دمای سالیانه ۱۶ درجه سانتی‌گراد، میانگین بارندگی ۶۰۰ میلی‌متر و رژیم رطوبتی- حرارتی خاک زریک-ترمیک می‌باشد. مواد مادری خاک‌ها را رسوبات لسی تشکیل داده‌اند. جهت شیب منطقه نمونه‌برداری رو به شمال می‌باشد در منطقه آق‌سو اراضی با تیپ تپه ماهوری با شیب کلی بین ۸ تا ۲۵ درصد بدون شیب جانبی خودنمایی می‌کند. پوشش جنگلی منطقه به‌طور عمده درختان ممرز بوده و منطقه جنگل‌تراشی شده که در مجاورت آن و روی اراضی شیب‌دار واقع شده هم‌اکنون تحت کشت محصولات زراعی به‌ویژه گندم دیم قرار دارد. دو ناحیه جنگلی و جنگل‌تراشی شده (زراعی) درست در کنار هم واقع شده‌اند.

### عملیات صحرایی و نمونه‌برداری خاک

بررسی‌های مورفولوژی و مطالعه پدوژنیک طی عملیات صحرایی از مراحل اصلی کار در این تحقیق محسوب می‌شود. میزان تکامل خاک در ناحیه بکر جنگلی و تغییرات رده‌بندی خاک‌ها در موقعیت‌های مشابه اراضی که تحت‌تأثیر تغییر کاربری واقع شده‌اند مورد مطالعه قرار گرفت. به این منظور ده خاکرخ در دو کاربری جنگل و زراعی در موقعیت‌های پنج‌گانه شیب شامل قله شیب، شانه شیب، شیب پشتی، پای شیب و پنجه شیب حفر و براساس سیستم رده‌بندی آمریکایی (۲۳) تشریح و نام‌گذاری شدند. سپس از کلیه افق‌های خاک برای تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌برداری شد. از تمامی افق‌ها چند نمونه دست‌نخورده نیز با استفاده از قالب‌های مخصوص برای تهیه مقاطع نازک و مطالعات میکروسکوپی برداشته شد.

### آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی و مطالعات میکرومورفولوژیکی

کلیه نمونه‌ها جهت آزمایشات فیزیکی و شیمیایی هوا خشک و پس از کوبیده شدن از الک ۱۰ عبور داده شدند. بافت خاک به روش هیدرومتری (۳) تعیین گردید. اسیدیته خاک در حالت گل اشباع و با استفاده از دستگاه pHمتر اندازه‌گیری شد. هدایت الکتریکی با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی، در عصاره اشباع انجام شد (۲۲). کربن آلی به روش اکسیداسیون توسط دی کرومات پتاسیم در مجاورت اسید سولفوریک اندازه‌گیری شد (۲۱). آهک به روش خنثی کردن مواد خنثی‌شونده با اسیدکلریدریک صورت پذیرفت (۲۲). ظرفیت تبادل کاتیونی از روش جانشین کردن یون سدیم به‌جای کلیه کاتیون‌های قابل تبادل با استفاده از محلول استات سدیم (pH=۸/۲) و جدا نمودن یون‌های سدیم جانشین شده توسط محلول استات آمونیوم (pH=۷) و اندازه‌گیری میزان سدیم در محلول با دستگاه فلیم فتومتر تعیین گردید (۴). نمونه‌های جمع‌آوری شده با قالب نیز پس از خشک شدن با رزین تلقیح شده و پس از خشک شدن به‌صورت مقاطع نازکی روی اسلایدهای شیشه‌ای تهیه گردید. مقاطع تهیه شده با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان، زیر نور قطبی شده ساده (Plain) و متقاطع (Cross) و براساس

روش‌ها و تعاریف استوپس (۲۶) مورد مطالعه و تشریح قرار گرفت.

## نتایج و بحث

### مطالعه و مقایسه تغییرات فیزیکوشیمیایی خاک‌ها

برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک‌ها در جدول ۱ آورده شده است. با نگاهی کلی به نتایج به‌دست آمده می‌توان دریافت مقدار رس و سیلت در ناحیه زراعی (جنگل‌تراشی شده) در مقایسه با جنگل طبیعی مجاور آن اغلب به میزان چشمگیری به‌ترتیب کاهش و افزایش پیدا کرده است. جاری شدن رواناب و وقوع فرسایش موجب شده تا ذرات ریز خاک (رس) هدر رفته و به همین دلیل بافت خاک در ناحیه جنگل‌تراشی شده در مقایسه با کاربری طبیعی سبک‌تر است. کربن آلی خاک به دنبال فرسایش و تخریب به‌خصوص در لایه‌های سطحی کاهش چشمگیری را نشان می‌دهد. گسیخته شدن خاکدانه‌ها بر اثر عملیات زراعی (۲۴)، افزایش تهویه به علت شخم، سوزاندن بقایای گیاهی (۱۱)، وقوع فرسایش و سبک شدن بافت خاک (۲۰) از مهم‌ترین علل هدررفت کربن آلی در خاک‌های ناحیه جنگل‌تراشی شده است. کاهش مواد آلی خاک و نیز کاهش قابل توجه ذرات رس در خاک زراعی خود موجب کاهش قابل توجه ظرفیت تبادل کاتیونی شده است. نتیجه به‌دست آمده با یافته‌های وگن و همکاران (۲۷) مطابقت دارد. در ناحیه با پوشش طبیعی جنگل آهک بر اثر نفوذ آب به خاک به عمق حرکت کرده و از میزان آن در سطح کاسته شده است، حال آن‌که در کاربری زراعی برون زد قابل توجه مواد آهکی پس از وقوع فرسایش میزان آهک را در سطح افزایش داده است. منشاء آهک فراوان در خاک‌های منطقه مواد مادری لسی می‌باشد.

### رده‌بندی و مورفولوژی خاک‌ها و شواهد پدوژنیک تخریب

مشاهدات صحرایی حاکی از آن است که قطع درختان جنگلی مورفولوژی و رده‌بندی خاک‌های منطقه مورد مطالعه را به نحو قابل ملاحظه‌ای تحت‌تأثیر قرار داده است. با توجه به شیبدار بودن اراضی مورد مطالعه و جنس فرسایش‌پذیر آن که از لس می‌باشد، وقوع اینچنین تغییراتی غالباً در جهت تخریب اراضی منطقه پیشروی نموده است. جدول ۲ دربرگیرنده نام علمی خاک‌های منطقه تا سطح فامیلی (Family) است. همان‌طورکه مشاهده می‌شود خاک‌های جنگلی در رده‌های مالی سول و آلفی سول طبقه‌بندی شده‌اند. خاک‌های جنگلی اغلب افق‌های آرجیلیک و کلسیک تکامل یافته‌ای داشته و نیز اپی پدون مالیک در نیمرخ آنها قابل شناسایی می‌باشد. سولوم این خاک‌ها اغلب ضخیم است. پوشش متراکم جنگل در منطقه، تأثیر معمول شیب روی تکامل خاک‌ها را کمرنگ نموده به‌طوری‌که به دلیل شستشوی آهک و انتقال رس حتی در موقعیت‌های شانه شیب و شیب پشتی با تندترین درجه شیب یکی از متکامل‌ترین و عمیق‌ترین خاک‌های منطقه تشکیل شده است. رده‌بندی خاک‌های جنگلی در موقعیت‌های مذکور Haploxeralfs می‌باشد. تشکیل افق آرجیلیک به دنبال شستشوی آهک در موقعیت‌های قله، پا و پنجه شیب نیز مشاهده می‌شود. شکل ۲ روند تغییرات عمقی یا توزیع آهک و رس را در نیمرخ خاک‌های موقعیت قله شیب در دو کاربری جنگل و زراعی نشان می‌دهد.

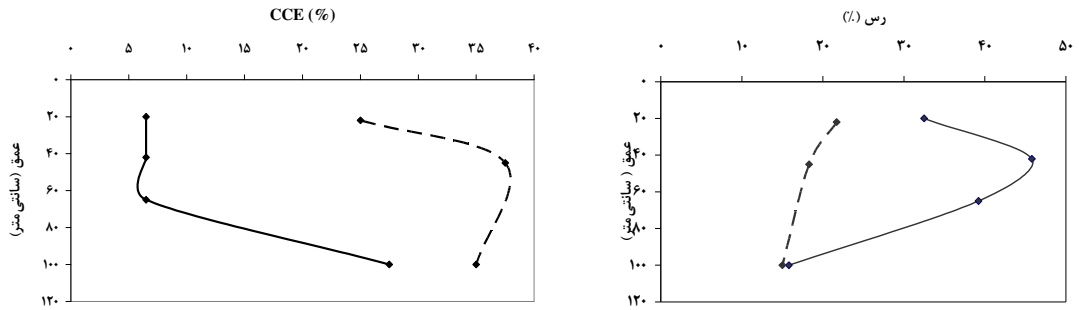
وجود افق کلسیک در اعماق خاک مؤید شستشوی شدید آهک در نیمرخ است. خاک‌های جنگلی در موقعیت مطلوبی از لحاظ آهک‌زدایی به سر می‌برد، زیرا پوشش گیاهی طبیعی از یک طرف رطوبت مناسب را برای خاک تأمین نموده و از طرفی تنفس بیولوژیکی قابل توجه شرایط مساعد را برای حرکت آهک در نیمرخ خاک فراهم می‌کند. آهک‌زدایی شرایط لازم را برای انتقال رس و مهاجرت آن به عمق خاک ایجاد خواهد کرد. تشکیل اپی پدون مالیک در نیمرخ خاک موقعیت‌های قله، پا و پنجه شیب ناحیه جنگلی یکی دیگر از خصوصیات مهم آنهاست به‌طوری‌که رده‌بندی خاک‌ها در موقعیت‌های مذکور Argixerolls است (جدول۲). رده‌بندی خاک‌های نواحی جنگل‌تراشی شده (زراعی) نشان می‌دهد رده غالب خاک در این

**جدول ۱. برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاکرخ‌های مورد مطالعه**

| کاربری زمین | موقعیت شیب | افق | عمق (سانتی‌متر) | رس (درصد) | سیلت (درصد) | شن (درصد) | pH | کربن آلی (درصد) | آهک (درصد) | CEC (سانتی‌مول بر کیلوگرم) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| جنگل | قله شیب | A | ۰–۲۰ | ۳۲/۸ | ۵۴/۲ | ۱۳/۰ | ۶/۵ | ۴/۲ | ۶/۵ | ۴۰/۵ |
| | | $Bt_1$ | ۲۰–۴۲ | ۴۵/۸ | ۵۰/۰ | ۴/۲ | ۶/۸ | ۰/۸ | ۶/۵ | ۴۰/۰ |
| | | $Bt_2$ | ۴۲–۶۵ | ۳۹/۲ | ۵۰/۰ | ۱۰/۸ | ۶/۹ | ۰/۸ | ۶/۵ | ۳۳/۱ |
| | | Bk | ۶۵–۱۰۰ | ۱۵/۸ | ۶۱/۷ | ۲۲/۵ | ۷/۵ | ۰/۱ | ۲۷/۵ | ۲۱/۹ |
| | شانه شیب | A | ۰–۱۵ | ۲۰/۸ | ۷۱/۲ | ۸/۰ | ۷/۳ | ۳/۰ | ۶/۵ | ۲۹/۲ |
| | | Bt | ۱۵–۴۵ | ۳۲/۶ | ۵۷/۹ | ۹/۵ | ۷/۴ | ۲/۲ | ۲۱/۸ | ۱۵/۵ |
| | | $Bw_1$ | ۴۵–۸۰ | ۲۱/۷ | ۷۰/۸ | ۷/۵ | ۷/۶ | ۰/۴ | ۲۲/۰ | ۲۲/۶ |
| | | $Bw_2$ | ۸۰–۱۲۰ | ۱۹/۲ | ۷۰/۸ | ۱۰/۰ | ۷/۵ | ۰/۲ | ۱۷/۵ | ۱۸/۶ |
| | | Bk | ۱۲۰–۱۵۰ | ۱۵/۸ | ۷۹/۲ | ۵/۰ | ۷/۶ | ۰/۱ | ۲۲/۰ | ۱۳/۸ |
| | شیب پشتی | A | ۲–۱۵ | ۳۱/۷ | ۶۳/۳ | ۵/۰ | ۷/۳ | ۲/۲ | ۰/۵ | ۳۴/۲ |
| | | Bt | ۱۵–۳۹ | ۳۹/۰ | ۵۴/۵ | ۶/۵ | ۷/۳ | ۰/۹ | ۳/۰ | ۲۴/۱ |
| | | $Bk_1$ | ۳۹–۷۹ | ۲۵/۰ | ۶۳/۳ | ۱۱/۷ | ۷/۴ | ۰/۷ | ۱۸/۰ | ۲۶/۳ |
| | | $Bk_2$ | ۷۹–۱۲۰ | ۱۹/۲ | ۷۰/۸ | ۱۰/۰ | ۷/۵ | ۰/۱ | ۱۶/۵ | ۳۰/۴ |
| | پای شیب | A | ۲–۲۶ | ۳۰/۸ | ۵۶/۷ | ۱۲/۵ | ۶/۵ | ۲/۸ | ۵/۰ | ۳۲/۸ |
| | | Bt | ۲۶–۶۳ | ۴۲/۸ | ۵۱/۱ | ۶/۱ | ۶/۹ | ۰/۸ | ۱۱/۵ | ۳۱/۳ |
| | | Btk | ۶۳–۹۰ | ۲۵/۰ | ۶۰/۸ | ۱۴/۲ | ۷/۵ | ۰/۴ | ۲۹/۵ | ۲۳/۵ |
| | | Bk | ۹۰–۱۲۰ | ۱۹/۲ | ۷۲/۵ | ۸/۳ | ۷/۶ | ۰/۴ | ۳۰/۰ | ۱۷/۹ |
| | پنجه شیب | A | ۰–۲۰ | ۱۹/۲ | ۶۷/۵ | ۱۳/۳ | ۷/۱ | ۲/۴ | ۴/۰ | ۲۸/۳ |
| | | Bt | ۲۰–۶۰ | ۳۲/۵ | ۶۱/۷ | ۵/۸ | ۷/۲ | ۰/۶ | ۲/۵ | ۲۴/۱ |
| | | Bk | ۶۰–۱۰۰ | ۱۵/۸ | ۷۵/۰ | ۹/۲ | ۷/۵ | ۰/۵ | ۱۳/۵ | ۲۹/۲ |
| جنگل‌تراشی شده | قله شیب | Ap | ۰–۲۲ | ۲۱/۷ | ۶۲/۵ | ۱۵/۸ | ۷/۴ | ۳/۳ | ۲۵/۰ | ۳۶/۹ |
| | | $Bk_1$ | ۲۲–۴۵ | ۱۸/۳ | ۵۶/۶ | ۲۵/۱ | ۷/۴ | ۰/۲ | ۳۷/۵ | ۲۶/۹ |
| | | $Bk_2$ | ۴۵–۱۰۰ | ۱۵/۰ | ۶۴/۲ | ۲۰/۸ | ۷/۴ | ۰/۵ | ۳۵/۰ | ۱۹/۲ |
| | شانه شیب | Ap | ۰–۲۰ | ۲۱/۷ | ۶۷/۵ | ۱۰/۸ | ۷/۳ | ۰/۶ | ۳۰/۵ | ۱۹/۱ |
| | | Bw | ۲۰–۵۶ | ۱۸/۳ | ۷۰/۹ | ۱۰/۸ | ۷/۷ | ۰/۱ | ۲۹/۰ | ۲۱/۴ |
| | | BC | ۵۶–۹۵ | ۱۵/۰ | ۷۵/۸ | ۹/۲ | ۷/۷ | ۰/۲ | ۲۴/۰ | ۱۸/۰ |
| | شیب پشتی | Ap | ۰–۲۰ | ۲۰/۸ | ۷۰/۹ | ۸/۳ | ۷/۳ | ۰/۴ | ۳۰/۵ | ۱۶/۸ |
| | | Bw | ۲۰–۵۵ | ۲۱/۷ | ۶۰/۸ | ۱۷/۵ | ۷/۴ | ۰/۱ | ۳۲/۵ | ۱۴/۸ |
| | | Bk | ۵۵–۱۰۰ | ۱۸/۳ | ۶۶/۷ | ۱۵/۰ | ۷/۷ | ۰/۵ | ۳۰/۰ | ۱۳/۸ |
| | پای شیب | Ap | ۰–۲۰ | ۱۹/۲ | ۷۰/۸ | ۱۰/۰ | ۷/۶ | ۰/۷ | ۱۷/۵ | ۲۱/۴ |
| | | AB | ۲۰–۴۰ | ۲۵/۰ | ۶۷/۵ | ۷/۵ | ۷/۴ | ۰/۶ | ۱۶/۰ | ۳۴/۲ |
| | | Bk | ۴۰–۷۰ | ۲۱/۷ | ۵۵/۸ | ۲۲/۵ | ۷/۵ | ۰/۱ | ۵۰/۰ | ۱۷/۹ |
| | | Ab | ۷۰–۸۰ | ۱۹/۲ | ۵۵/۰ | ۲۵/۸ | ۷/۶ | ۰/۳ | ۴۱/۵ | ۱۲/۷ |
| | | Btb | ۸۰–۱۲۰ | ۲۵/۸ | ۶۲/۵ | ۱۱/۷ | ۷/۵ | ۰/۰ | ۱۲/۵ | ۳۴/۹ |
| | پنجه شیب | Ap | ۰–۳۰ | ۲۷/۵ | ۶۰/۸ | ۱۱/۷ | ۷/۴ | ۰/۹ | ۶/۰ | ۲۲/۳ |
| | | Bw | ۳۰–۵۵ | ۲۲/۵ | ۶۹/۲ | ۸/۳ | ۷/۵ | ۱/۱ | ۱۳/۰ | ۳۳/۱ |
| | | $Bkg_1$ | ۵۵–۸۰ | ۲۸/۰ | ۵۷/۸ | ۱۴/۲ | ۷/۴ | ۰/۳ | ۲۴/۰ | ۱۹/۱ |
| | | $Bkg_2$ | ۸۰–۱۲۰ | ۱۹/۲ | ۶۷/۵ | ۱۳/۳ | ۷/۶ | ۴/۰ | ۲۷/۵ | ۱۵/۱ |
| | | Bg | ۱۲۰–۱۵۰ | ۲۳/۳ | ۶۵/۰ | ۱۱/۷ | ۷/۶ | ۰/۱ | ۸/۰ | ۲۱/۳ |

**جدول ۲. نام علمی خاک‌های مورد مطالعه براساس سیستم آمریکایی (۲۰۱۰)**

| موقعیت شیب | کاربری زمین | نام فامیلی خاک |
|---|---|---|
| قله شیب | جنگل | Clayey, mixed, superactive, nonacid, thermic, Calcic Argixerolls |
| | زراعی | Coarse-loamy, mixed, superactive, calcareous, thermic, Typic Calcixerolls |
| شانه شیب | جنگل | Fine-silty, mixed, superactive, calcareous, thermic, Typic Haploxeralfs |
| | زراعی | Coarse-silty, mixed, superactive, calcareous, thermic, Typic Haploxerepts |
| شیب پشتی | جنگل | Fine-silty, mixed, superactive, calcareous, thermic, Calcic Argixerolls |
| | زراعی | Fine-loamy, mixed, superactive, calcareous, thermic, Typic Calcixerepts |
| پای شیب | جنگل | Clayey, mixed, superactive, nonacid, thermic, Calcic Argixerolls |
| | زراعی | Fine-loamy, mixed, superactive, calcareous, thermic, Typic Calcixerepts |
| پنجه شیب | جنگل | Fine-silty, mixed, superactive, calcareous, thermic, Typic Calcixerolls |
| | زراعی | Fine-silty, mixed, superactive, calcareous, thermic, Aquic Calcixerolls |




**شکل ۲. روند تغییرات عمقی یا توزیع آهک (CCE) و رس در نیمرخ خاک‌های موقعیت قله شیب در دو کاربری جنگل و زراعی**

(جنگل با خط پیوسته و زراعی با خط ناپیوسته نمایش داده شده‌اند.)

ناحیه از اراضی اینسپتی سول و سپس مالی سول می‌باشد. فرسایش و تخریب به دنبال تغییر کاربری اراضی سبب تبدیل خاک‌های تکامل یافته به رده‌هایی از خاک‌های غیرمتکامل شده است. به‌طور مثال در نواحی جنگل‌تراشی شده، موقعیت شانه شیب به دلیل تندترین درجه شیب از کمترین عمق سولوم برخوردار بوده و خاکی تکامل نیافته از رده اینسپتی سول (Haploxerepts) روی آن تشکیل شده است. فایلاچه (۸) اظهار می‌دارد جنگل‌تراشی آثار قابل ملاحظه‌ای بر ضخامت خاک برجای خواهد گذاشت. خاک تکوین یافته روی موقعیت‌های شیب پشتی و پای شیب نیز در رده اینسپتی سول و گروه بزرگ Calcixerepts طبقه‌بندی می‌شوند (جدول ۲). افق اصلی در خاک‌های مناطق جنگل‌تراشی شده افق کلسیک است.

در کاربری زراعی اثری از افق آرجیلیک مشاهده نمی‌شود (به‌جز در ناحیه پای شیب که آن هم مربوط به خاک جنگلی مدفون است). این عدم حضور افق آرجیلیک یا به عبارتی حذف آن پس از جنگل‌تراشی یکی از مهم‌ترین و بارزترین شواهد مورفولوژیکی و پدوژنیک تخریب اراضی در منطقه پس از تغییر کاربری اراضی به حساب می‌آید. واکنش خاک جنگلی با اسید نشان می‌دهد شرایط غیرآهکی است. پوشش طبیعی سطح زمین به رطوبت اجازه نفوذ به خاک را داده و با فراهم

بودن سایر شرایط (به‌خصوص گازکربنیک حاصل از فعالیتـه ای بیولوزیکی)، کربنات کلسیم به اعماق خاک منتقل می‌شـود. امـا در ناحیه مجاور که مدتهاست پوشش جنگلی آن از بین رفتـه و عملیات سنتی کشاورزی روی آن انجام می‌شود، واکـنش خـاک از سطح تا عمق آهکی است و خاک با اسـید مـی‌جوشـد. ایـن نشان می‌دهد در نواحی مذکور خاک سطحی تخریب شـده و از میان رفته و لایه‌های زیرین کـه سرشـار از کربنـات هـستند در سطح زمین پدیدار شده‌اند. ایـن واکـنش سراسـری خـاکرخ در ناحیه جنگل‌تراشی شده نشانه دیگری از برونزد مواد زیرین بـر اثر تخریب اراضی است.

حضور اپی پدون مالیک در نیمرخ خاک‌های جنگلی و عدم شناسایی آن در اغلب نـواحی جنگـل‌تراشـی شـده نیـز شـاهد مورفولوژیکی مهم دیگری برای تخریـب خـاک منطقـه پـس از تغییر کاربری ارضی اسـت. تحقیقـات ژنـگ و همکـاران (۲۹) نشان داده‌اند ۲۰ تا ۳۰ درصد ماده آلی در بیـست سـانتی‌متـری سطح خاک تنها طی یکسال پس از جنگل‌تراشی از بین خواهـد رفت. رنگ خاک‌های جنگلی به‌طورکلی بـسیار تیـره بـوده کـه به‌دلیل وجود مواد آلی قابل ملاحظـه در سـطح مـی‌باشـد. ایـن شرایط پس از جنگل‌تراشی عمدتاً با افزایش ولیـو همـراه بـوده به‌طوری‌که همراه با کم شدن ضـخامت، اپـی پـدون اکریـک در اغلب نقاط نواحی جنگل‌تراشی شده تشکیل شده اسـت. نتیجـه به‌دست آمده با یافته ورا و همکاران (۲۸) مطابقت دارد. شکل ۳ مدل تغییر فرم اراضـی منطقـه را پـس از جنگـل‌تراشـی نـشان می‌دهد. چنانچه مشاهده می‌شود فرسایش و تخریب اراضـی در موقعیت‌های بالادست یعنی قله شیب، شانه شیب و شیب پشتی از شدت بسیار بیشتری برخوردار است. در موقعیـت‌هـای پـای شیب و پنجه شیب رسـوب‌گـذاری بـارزتر از فرسـایش اسـت. تشابه مورفولوژیکی نیمرخ مدفون در موقعیت پای شیب منطقـه زراعی با ناحیه جنگلی مجاور حاکی از شرایط مشابه پیـشین در هر دو موقعیت است که هم‌اکنـون بـه‌وسـیله رسـوبات و مـواد انتقال یافته از نواحی بالادست پوشیده و مدفون شده‌اند. مطالعه مورفولوژیکی نیمرخ خاک‌ها و اثبات حضور خاک‌های مـدفون دلیلی بر وقوع فرسایش و تخریب در اراضـی شـیب‌دار منطقـه می‌باشد. یکی دیگر از شواهد که با تخریب اراضی منطقه ارتباط دارد تجمع هرزآب و پدیده شبه گلـی شـدن (Pseudogley) در پست‌ترین موقعیت از مناطق جنگل‌تراشی شده مـی‌باشـد. عـدم نفوذ آب به خاک در نواحی مذکور که خود به دلایل گونـاگونی از جملـه تلفـات شـدید مـاده آلـی خـاک و کـاهش اسـتقامت خاکدانه‌ها به وجود آمده موجب شده تـا ریـزش‌هـای آسـمانی روی سطح اراضـی جـاری شـوند و ضـمن فرسـایش خـاک و تخریب زمین در نقاط پایین دست تجمع یابند.

## مشاهدات میکروسکوپی خاک‌ها و شواهد میکرومورفولوژیکی تخریب

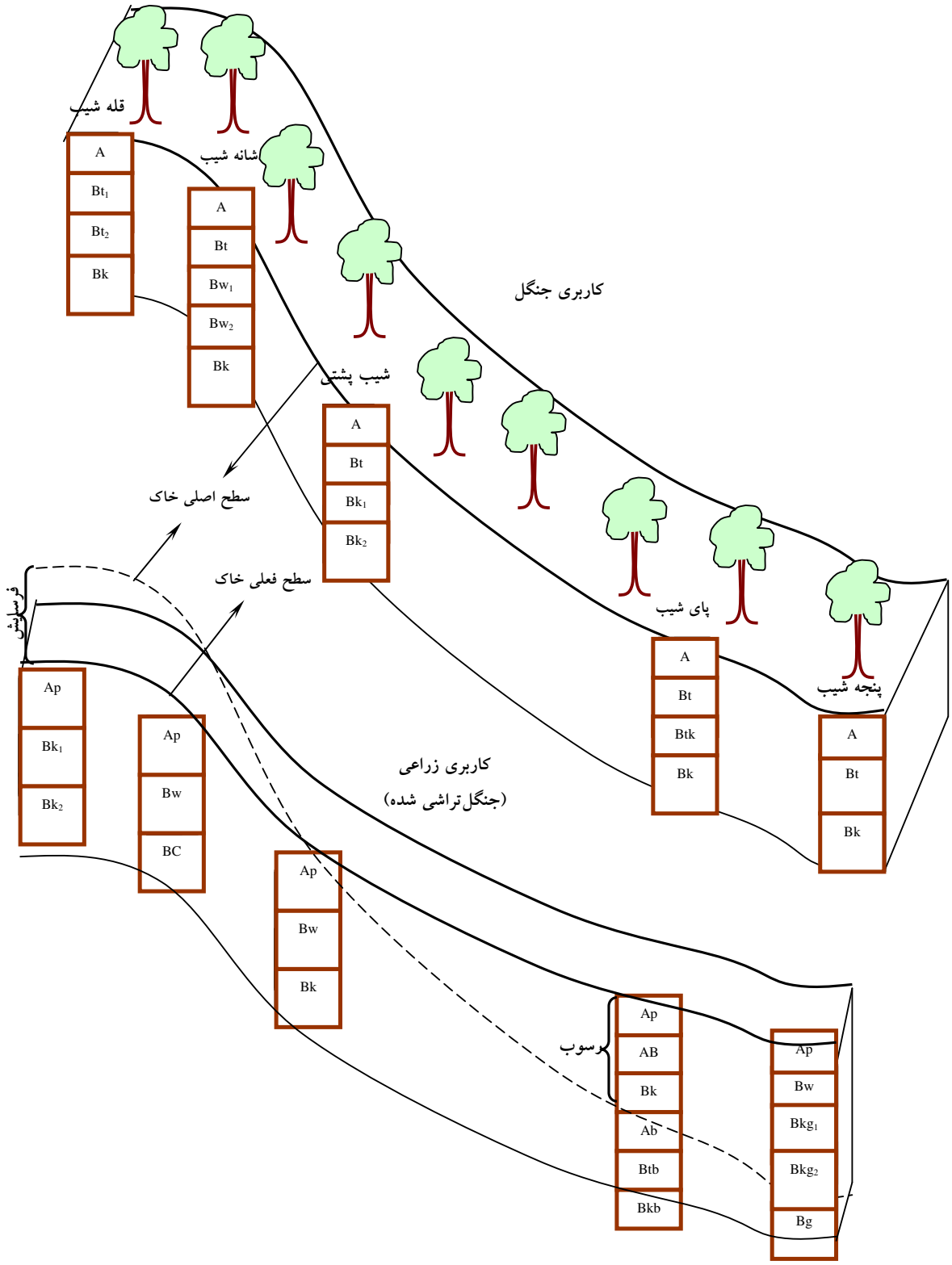
میکرومورفولوژی خاک می‌تواند به عنوان ابزاری سودمند بـرای تفسیر رخدادهای ایجادشده در خاک پس از وقوع جنگل‌تراشی به‌کار گرفته شود. جدول ۳ به برخی از مهـم‌تـرین خـصوصیات میکرومورفولوژیکی خاک‌های منطقه مـی‌پـردازد. ریزسـاختمان خاک‌های منطقـه از دانـه‌ای و اسـفنجی در خـاک‌هـای منـاطق جنگلی تا توده‌ای و متراکم در نواحی جنگل‌تراشی شـده متغیـر است. به‌دلیل آهکی بـودن کلیـه افـق‌هـا در خـاک‌هـای منطقـه جنگل‌تراشی شده، بی- فابریـک (b-fabric) کریـستالیتیک نـوع آهکی غالب است. در خاک‌های نواحی جنگلی بـه‌دلیـل تخلیـه آهک از افق‌های سطحی و آرجیلیک بی-فابریک لکه‌ای و خطی پدیدار شده است (۱۶). سخت دانه‌های آهکـی از مهـم‌تـرین و متداول‌ترین پدوفیچرها در تمـامی خـاکرخ‌هـای مـورد مطالعـه می‌باشند. از دیگر پدوفیچرهای مهم می‌تـوان بـه پوشـش‌هـای رسی اشاره کرد که تنها در افق آرجیلیک خاک‌های جنگلی قابل مشاهده‌اند. فضولات جانوری نیز از دیگر پدوفیچرهای رایج در لایه‌های سطحی خاک‌های جنگلی می‌باشند. ریزساختمان خاک سـطحی جنگـل عمـدتاً از نـوع دانـه‌ای و اسـفنجی اسـت (شکل ۴). این امر ناشی از وجود مـواد آلـی بـه مقـدار زیـاد و فعالیت قابل توجه جانوری است. فعالیت بالای جانوری با حضور مقـادیر فراوانـی از فـضولات (Excremental pedofeatures) و

**جدول ۳. برخی خصوصیات میکرومورفولوژیکی خاک‌های مورد مطالعه**

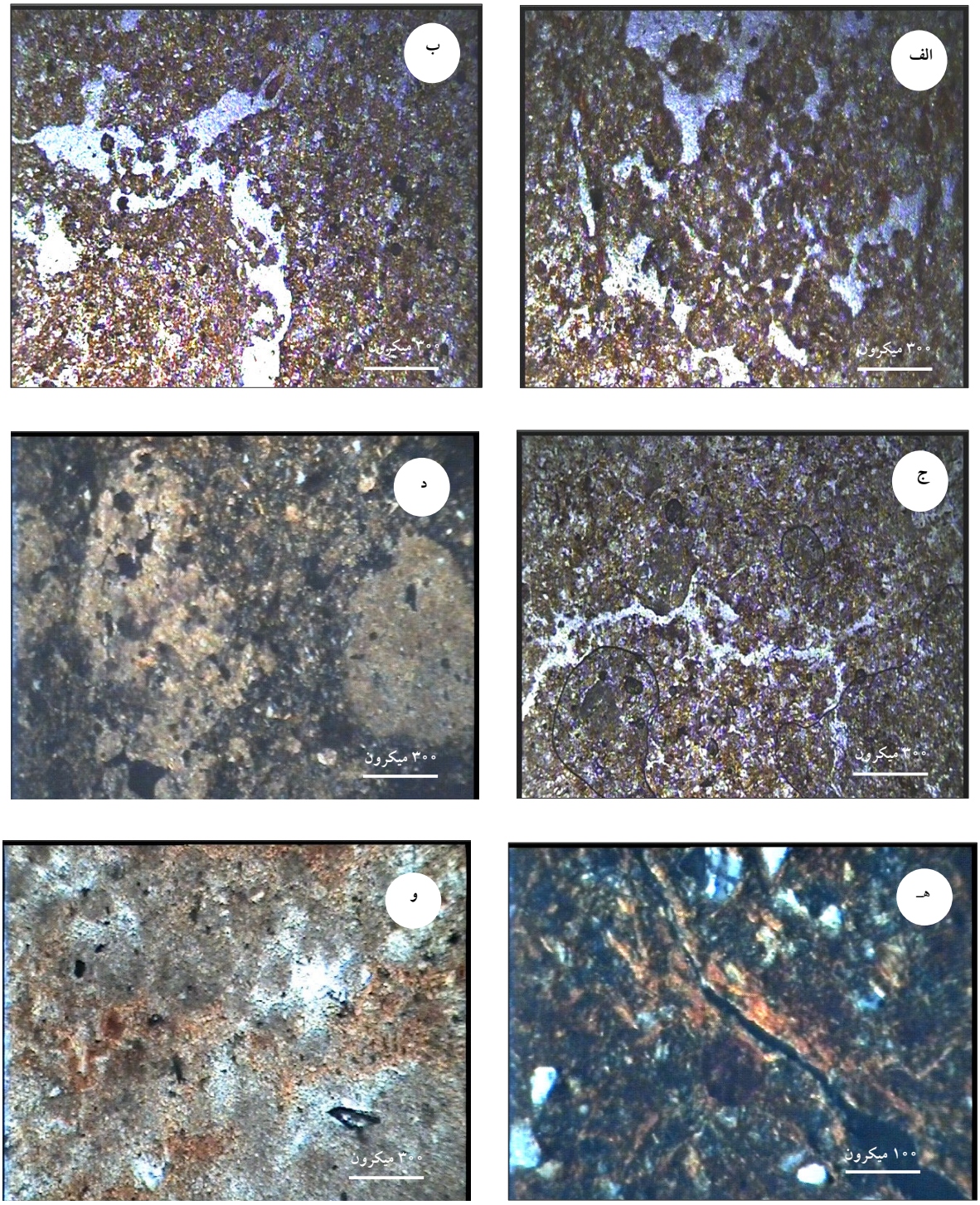
| کاربری زمین | موقعیت شیب | افق | میکروساختمان | حفرات | بی-فابریک | پدوفیچر | نسبت c/f | اجزای آلی (درصد) | رنگ و وضوح |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | A | اسفنجی | تخلخل> ۵۰٪ کانال (۹۰٪) | لکه‌ای (> ۵۰٪)، کریستالیتیک (کوارتز) | نشانه‌های عبورومرور جانداران | پورفیریک | ۵ | قهوه‌ای خیلی تیره، لکه‌ای |
| | قله شیب | $Bt_1$ | بلوکی با گوشه‌های مدور | تخلخل< ۵۰٪ صفحه‌ای (۶۰٪) و کانال | خطی | پوشش‌های رسی | پورفیریک | ۱ | قهوه‌ای تیره، لکه‌ای |
| | | $Bt_2$ | | | | | | | |
| | | Bk | بلوکی با گوشه‌های مدور (با درجه تکامل ضعیف) | تخلخل< ۵۰٪ کانال (< ۱۰٪) | کریستالیتیک (آهکی) | سخت دانه‌ها و پوشش‌های آهکی | پورفیریک | ۱> | قهوه‌ای تیره، لکه‌ای |
| | | A | دانه‌ای، اسفنجی | تخلخل> ۵۰٪ واگ (> ۵۰٪) | لکه‌ای (> ۵۰٪)، خطی | اکسیدهای آهن و منگنز، نشانه‌های عبور و مرور جانداران | پورفیریک | ۵> | قهوه‌ای تیره، لکه‌ای |
| | شانه شیب | Bt | اسفنجی (< ۵۰٪)، بلوکی با گوشه‌های مدور | تخلخل< ۵۰٪ واگ | کریستالیتیک (آهکی) | اکسیدهای آهن و منگنز | پورفیریک | ۱> | قهوه‌ای تیره، لکه‌ای |
| | | $Bw_1$ | | | | | | | |
| | | $Bw_2$ | | | | | | | |
| | | Bk | | | | | | | |
| | | A | دانه‌ای (۹۰٪) | تخلخل> ۵۰٪ واگ (> ۵۰٪) | لکه‌ای | اکسیدهای آهن | پورفیریک | ۵> | قهوه‌ای تیره، لکه‌ای |
| | شیب پشتی | Bt | بلوکی با گوشه‌های مدور (۹۰٪) | تخلخل< ۵۰٪ واگ (> ۵۰٪) | خطی | پوشش‌های رسی | پورفیریک | ۱ | قهوه‌ای تیره، لکه‌ای |
| | | $Bk_1$ | بلوکی با گوشه‌های مدور (۹۰٪) | تخلخل< ۵۰٪ واگ (۹۰٪)، کانال | کریستالیتیک (۹۰٪)، لکه‌ای | سخت دانه‌ها و پوشش‌های آهکی، نشانه‌های عبورومرور جانداران | پورفیریک | ۵> | قهوه‌ای مایل به زرد، لکه‌ای |
| | | $Bk_2$ | | | | | | | |
| | پای شیب | A | اسفنجی (۹۰٪) | تخلخل> ۵۰٪ کانال (۹۰٪) | لکه‌ای | آثار اکسیداسیون و احیاء | پورفیریک | ۵ | قهوه‌ای خیلی تیره، لکه‌ای |
| | | Bt | بلوکی با گوشه‌های مدور | تخلخل< ۵۰٪ کانال (۹۰٪)، صفحه‌ای | خطی | پوشش‌های رسی | پورفیریک | ۱ | قهوه‌ای، لکه‌ای |
| | | Btk | بلوکی با گوشه‌های مدور | تخلخل< ۵۰٪ کانال، حجره | کریستالیتیک | پوشش‌های رسی، سخت دانه‌های آهکی | پورفیریک | ۱> | قهوه‌ای مایل به زرد، لکه‌ای |
| | | Bk | بلوکی با گوشه‌های مدور | تخلخل< ۵۰٪ صفحه‌ای | کریستالیتیک (۹۰٪)، خطی | اکسیدهای آهن و منگنز، سخت دانه‌ها و پوشش‌های آهکی | پورفیریک | ۱> | قهوه‌ای مایل به زرد، لکه‌ای |
| | پنجه شیب | A | اسفنجی (۹۰٪) | تخلخل> ۵۰٪ کانال (> ۵۰٪)، حجره | لکه‌ای، خطی | سخت دانه های آهکی | پورفیریک | ۱۰ | قهوه‌ای تیره، لکه‌ای |
| | | Bt | | | | | | | |
| | | Bk | بلوکی با گوشه‌های مدور | تخلخل< ۵۰٪ کانال | کریستالیتیک | سخت دانه‌های آهکی، پوشش‌های اکسید آهن | پورفیریک | ۵> | قهوه‌ای مایل به زرد، لکه‌ای |

**ادامه جدول ۳. برخی خصوصیات میکرومورفولوژیکی خاک‌های مورد مطالعه**

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| جنگل تراشی شده | | Ap | بلوکی با گوشه‌های مدور | تخلخل < ۵۰٪ صفحه‌ای، واگ، کانال | کریستالیتیک (> ۵۰٪)، لکه‌ای | سخت دانه‌ها و پوشش‌های آهکی | پورفیریک | ۵> | قهوه‌ای تیره، لکه‌ای |
| | قله شیب | $Bk_1$ | بلوکی با گوشه‌های مدور | تخلخل < ۵۰٪ کانال (۹۰٪) | کریستالیتیک (> ۵۰٪)، لکه‌ای | سخت دانه‌ها و پوشش‌های آهکی | پورفیریک | ۱> | قهوه‌ای تیره، لکه‌ای |
| | | $Bk_2$ | | | | | | | |
| | شانه شیب | Ap | بلوکی با گوشه‌های مدور | تخلخل < ۵۰٪ واگ، کانال | کریستالیتیک (آهکی) | پوشش‌ها و پرشدگی حفرات با آهک | پورفیریک | ۱ | قهوه‌ای، لکه‌ای |
| | | Bw | توده‌ای، بلوکی زاویه‌دار | تخلخل < ۵۰٪ کانال (۵۰٪)، صفحه‌ای | کریستالیتیک (آهکی) | سخت دانه‌های آهکی | پورفیریک | ۱> | قهوه‌ای مایل به زرد، لکه‌ای |
| | | BC | | | | | | | |
| | شیب پشتی | Ap | توده‌ای، بلوکی با گوشه‌های مدور | تخلخل < ۵۰٪ واگ | کریستالیتیک (آهکی) | سخت دانه‌های آهکی | پورفیریک | ۱ | قهوه‌ای مایل به زرد، لکه‌ای |
| | | Bw | بلوکی با گوشه‌های مدور | تخلخل < ۵۰٪ کانال (> ۵۰٪)، حجره، صفحه‌ای | کریستالیتیک (آهکی) | سخت دانه‌ها و پوشش‌های آهکی | پورفیریک | ۱ | قهوه‌ای مایل به زرد، لکه‌ای |
| | | Bk | | | | | | | |
| | پای شیب | Ap | | | | | | | |
| | | AB | | | | | | | |
| | | Bk | توده‌ای (> ۵۰٪)، بلوکی با گوشه‌های مدور | تخلخل < ۵۰٪ واگ، کانال | کریستالیتیک | پوشش‌های آهکی، پوشش‌های اکسیدهای آهن | پورفیریک | ۱> | قهوه‌ای، لکه‌ای |
| | | Ab | | | | | | | |
| | | Btb | بلوکی با گوشه‌های مدور | تخلخل < ۵۰٪ صفحه‌ای | خطی | پوشش‌های رسی، پوشش‌های اکسیدهای آهن، نواحی تخلیه آهک | پورفیریک | ۱> | قهوه‌ای، لکه‌ای |
| | | Bkb | | | | | | | |
| | پنجه شیب | Ap | بلوکی با گوشه‌های مدور | تخلخل < ۵۰٪ کانال (> ۵۰٪)، صفحه‌ای | کریستالیتیک | اکسیدهای آهن و منگنز | پورفیریک | ۱ | قهوه‌ای تیره، لکه‌ای |
| | | Bw | | | | | | | |
| | | $Bkg_1$ | بلوکی با گوشه‌های مدور | تخلخل < ۵۰٪ کانال، حجره | کریستالیتیک | سخت دانه‌ها و پوشش‌های آهکی | پورفیریک | ۱> | قهوه‌ای، لکه‌ای |
| | | $Bkg_2$ | | | | | | | |
| | | **Bg** | | | | | | | |




شکل ۳. مدل پیشنهادی تغییر شکل فرم اراضی منطقه مورد مطالعه پس از جنگل‌تراشی




**شکل ۴. تصاویر میکروسکوپی از مقاطع نازک خاک**

(الف: ریزساختمان دانه‌ای و اسفنجی در خاک کاربری جنگل، ب: پدوفیچرهای بیولوژیکی موجود در خاک جنگلی، ج: ریزساختمان متراکم در خاک ناحیه جنگل‌تراشی شده، د: بی فابریک کریستالیتیک در افق سطحی خاک ناحیه جنگل‌تراشی شده، هـ: بی- فابریک لکه‌ای در افق آرجیلیک خاک جنگلی، و: بی- فابریک کریستالیتیک در افق کلسیک خاک جنگلی)

مسیرهای عبور و مرور موجودات زنده (Passage features) در خاک ثابت می‌شود (۱) (شکل ۴). جنگل‌تراشی در منطقه مجاور موجب هدررفت شدید ماده آلی خاک شده به‌طوری‌که ریزساختمان خاک به انواعی از ساختارهای متراکم و توده‌ای با تخلخل بسیار کم تبدیل شده است (شکل ۴). تلفات شدید ماده آلی خاک در منطقه جنگل‌تراشی شده نشانه مهمی از تخریب خاک است که با تغییرات ریزساختمان خاک به‌عنوان یک شاهد میکرومورفولوژیکی نیز قابل تأیید است.

به دنبال جنگل‌تراشی و در نتیجه فرسایش خاک و تخریب اراضی، لایه‌های سطحی خاک جنگل به‌خصوص افق A از میان رفته و بی فابریک کریستالیتیک علاوه بر اعماق خاک در افق‌های سطحی خاک ناحیه جنگل‌تراشی شده مشاهده می‌شود (شکل ۴). این امر نشان‌دهنده اثر تخریبی عملیات زراعی در این مناطق است که موجب برون زد لایه‌های سرشار از آهک به سطح خاک شده است. بی- فابریک لکه‌ای در افق آرجیلیک خاک جنگلی و کریستالیتیک در افق کلسیک زیرین آن که تقریباً در تمام نقاط کاربری جنگل قابل مشاهده است نشان می‌دهد اراضی جنگلی از پایداری کافی برای آبشویی رو به پایین و آهک زدایی لایه‌های بالایی و مهاجرت متعاقب رس برخوردارند (اشکال ۴). عدم مشاهده بی‌فابریک لکه‌ای در نواحی جنگل‌تراشی شده مجاور حاکی از نفوذ کمتر آب به نیمرخ خاک و در نتیجه تولید رواناب سطحی بیشتر است که به نوبه خود خطر فرسایش خاک و بروز سیلاب را تشدید می‌کند. عدم مشاهده پوشش‌های رسی یکی دیگر از شواهد میکرومورفولوژیکی تخریب خاک در منطقه است. پس از تخریب پوشش‌های جنگلی به دلیل عدم نفوذ آب به خاک دیگر نشانه‌ای از انتقال آهک به عمق و مهاجرت و تجمع آن در نیمرخ خاک مشاهده نمی‌شود. به‌طوری‌که دیگر افق‌های سرشار از پوشش‌های رسی در مطالعات میکروسکوپی ملاحظه نمی‌گردد. حضور پوشش‌های رسی در کاربری جنگل نشان‌دهنده سطوح پایدار ژئومورفیک و نفوذپذیری قابل ملاحظه آب به خاک می‌باشد که برای وقوع فرآیند آهک‌زدایی و سپس انتقال رس کاملاً ضروری است (۱۵). شستشوی آهک و تخلیه آن از لایه‌های بالایی خاک شرایط مناسبی را برای انتقال رس به لایه‌های پایینی فراهم می‌آورد. مشاهده پدوفیچرهای بیولوژیکی با ماده آلی خاک ارتباط تنگاتنگی داشته و بنابراین عدم مشاهده این نوع پدوفیچرهای جانوری در نواحی جنگل‌تراشی شده نشانه‌ای میکرومورفولوژیکی از تلفات شدید ماده آلی خاک به‌دلیل فرسایش و تخریب اراضی منطقه به‌حساب می‌آید.

## نتیجه‌گیری

رسوبات لسی از آن دسته موادی هستند که به‌خصوص روی اراضی شیبدار به سهولت فرسایش‌یافته و از میان می‌روند. تخریب پوشش‌های طبیعی سطح زمین که نمونه بارز آن جنگل‌تراشی است این فرآیند مخرب را تشدید می‌کند. حفظ پوشش‌های متراکم روی اراضی لسی به‌ویژه در نواحی با شیب زیاد می‌تواند در جلوگیری از این امر بسیار مؤثر باشد. تأیید تخریب اراضی شیب‌دار نه تنها از نشانه‌های فرسایشی ظاهری در سطح زمین میسر است بلکه چنانچه گفته شد به شیوه علمی و دقیق‌تری نیز می‌توان آن را از روی شواهد پدوژنیک، مورفولوژیکی و میکرومورفولوژیکی به اثبات رسانید. به عبارتی دیگر می‌توان اظهار نمود ژنز خاک و میکرومورفولوژی می‌تواند به عنوان ابزاری سودمند در تشریح و تفسیر مسایل مربوط به فرسایش خاک و تخریب اراضی مورد استفاده قرار گیرد.

## منابع مورد استفاده

1. Adesodun, J.K., D.A. Davidson and D.W. Hopkins. 2005. Micromorphological evidence for faunal activity following application of sewage and biocide. Appl. Soil Ecol. 29: 39–45.
2. Bouwman, A.F. and R. Leeman. 1995. The role of forest soils in the global carbon cycle. PP. 503-526. *In:* McFee, W.W. and Kelly, J.M. (Eds.), Carbon Forms and Functions in Forest Soils. SSSA. Madison, WI.

3. Bouyoucos, G. J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. Agron. J. 54: 464-465.
4. Chapman, H. D. 1965. Cation exchange capacity. *In:* Black, C. A. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 2. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
5. Delvigne, J.E. 1998. Atlas of Micromorphology of Mineral Alteration and Weathering. Orstom, Ottawa.
6. Drees, L.R., L.P. Wilding, P.R. Owens, B. Wu, H. Perotto and H. Sierra. 2003. Steepland resources: characteristics, stability and micromorphology. Catena 54: 619–636.
7. Eswaran, H., R. Lal and P.F Reich. 2001. Land degradation: An overview. www.nrcs.usda.goc/technical/worldsoils/papers/land-degradation-over-view.html.
8. Failache, S. 1987. Evolucio´n de las propiedades fisico-quı´micas de un suelo bajo diferentes usos en la zona bioclima´tica de selvas nubladas. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Los Andes, Me´rida.
9. FAO. 1987. Special Study on Forest Management, Afforestation and Utilization of Forest Resources in the Developing Regions. Asia-Pacific region. Assessment of resources in six countries. FAO, Bangkok field Document 17.
10. Fitzpatrick, E.A. 1993. Soil Microscopy and Micromorphology. John Wiley and Sons Pub., Chichester Country.
11. Girma, T. 1998. Effect of cultivation on physical and chemical properties of a Vertisol in Middle Awash Valley, Ethiopia. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 29: 587–598.
12. Gunal, H. and M.D. Ransom. 2006. Clay illuviation and calcium carbonate accumulation along a precipitation gradient in Kansas. Catena 68: 59–69
13. Hudson, P.F. and Alca´ntara-Ayala, I. 2006. Ancient and modern perspectives on land degradation. Catena 65: 102–106.
14. Hall, T.B., F. Rosillo-Calle, R.H. Williams and J. Woods. 1993. Biomass for energy: supply prospects. PP. 593–651. *In:* Hall, T.B., Kelly, H. A. K. N. Reddy and R. H. Williams, (Eds.), Renewable Energy: Sources for Fuels and Electricity. Island Press, Washington D.C.,
15. Khormali, F. and A. Abtahi. 2003. Origin and distribution of clay minerals in calcareous arid and semi-arid soils of Fars Province, southern Iran. Clay Miner. 38: 511-527.
16. Khormali, F., A. Abtahi and G. Stoops. 2006. Micromorphology of calcitic features in highly calcareous soils of Fars Province, Southern Iran. Geoderma 132: 31– 46.
17. Khormali, F., M. Ajami, S. Ayoubi, CH. Srinivasarao and S.P. Wani. 2009. Role of deforestation and hillslope position on soil quality attributes of loess-derived soils in Golestan Province, Iran. Agric. Ecosys. and Environ. 134: 178–189.
18. Khormali, F. and K. Nabiallahi. 2009. Degradation of Mollisols as affected by land use change. J. Agric. Sci. Technol. 11: 363-374.
19. Klimowicz, Z. and S. Uziak. 2001. The influence of long-term cultivation on soil properties and patterns in an undulating terrain in Poland. Catena 43(3): 177-199.
20. McDonald, M.A., J. R. Healey and P.A. Stevens. 2002. The effects of secondary forest clearance and subsequent land-use on erosion losses and soil properties in the Blue Mountains of Jamaica. Agric. Ecosys. Environ. 92: 1–19.
21. Nelson, R. E. 1982. Carbonate and gypsum. *In:* Page, A. L. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part II. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
22. Page, M. C., D. L. Sparks, M. R. Noll and G. J. Hendricks. 1987. Kinetics and mechanisms of potassium release from sandy Middle Atlantic Coastal Plain soils. Soil Sci. Soc. Amer. J. 51: 1460-1465.
23. Soil Survey Staff. 2010. Keys to Soil Taxonomy. 11th ed., U. S. Department of Agriculture.
24. Solomon, D., F. Fritzsche, M. Tekalign, J. Lemann and W. Zech. 2002. Soil organic matter composition in the subhumid Ethiopian highlands as influenced by deforestation and agricultural management. Soil Sci. Soc. Amer. J. 66: 68-82.
25. Stocking, M.A. 2004. Land Degradation. International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences, P. 8242-8247.
26. Stoops, G. 2003. Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections. SSSA. Inc., Madison, Winsconsin.
27. Vagen, T.G., M.A.A., Andrianorofanomezana and S. Andrianorofanomezana 2006. Deforestation and cultivation effects on characteristics of Oxisols in the highlands of Madagascar. Geoderma 131: 190-200.
28. Vera, M., M. Sierra, M. Dı´ez, C. Sierra, A. Martı´nez, F.J. Martı´nez and J. Aguilar. 2007. Deforestation and land use effects on micromorphological and fertility changes in acidic rainforest soils in Venezuelan Andes. Soil Till. Res. 97: 184–194.
29. Zheng, F.L., K.L. Tang, K. Zhang, X. Cha and H. Bai. 1997. Relationship of eco-environmental change with natural erosion and artificially accelerated erosion. J. China Geog. 7 (2): 75–84.