Archive of SID

مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی
جلد شانزدهم، شماره سوم، ۱۳۸۸
www.jasnr.info
www.sid.ir
www.magiran.com/jasnr

مطالعه کیفیت و میکرومورفولوژی تحول خاک در کاربری‌های مختلف در اراضی شیب‌دار لسی شرق استان گلستان، مطالعه موردی حوزه قپان

*فرهاد خرمالی[۱] و سمیه شمسی[۲]

[۱]دانشیار گروه خاکشناسی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

[۲]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه خاکشناسی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۷/۱/۲۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۸/۱/۲۵

چکیده

رشد فزاینده جمعیت، تقاضا برای مواد غذایی را افزایش داده و موجب گسترش کشت متراکم و تخریب پوشش‌های طبیعی سطح زمین، به‌خصوص جنگل‌ها شده است. تحقیقات نشان می‌دهد تغییراتی که پس از این تخریب اتفاق می‌افتد موجب کاهش کیفیت خاک خواهد شد. به‌منظور مطالعه تأثیر پوشش‌های مختلف بر پارامترهای کیفیت خاک، اراضی لسی شرق استان گلستان، حوزه آب‌خیز آق‌سو انتخاب شد. تعداد ٤ پروفیل با ۳ تکرار در کاربری‌های جنگل طبیعی بلوط، جنگل مصنوعی کاج، جنگل مصنوعی سرو و زراعی حفر شد و مورد مطالعه قرار گرفت و از افق‌های مختلف تعدادی نمونه جهت مطالعات فیزیکوشیمیایی و تعدادی جهت مطالعات میکروسکوپی برداشته شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که مقدار میانگین وزنی قطر خاک‌دانه (MWD) در پوشش‌های مختلف مقادیر متفاوتی دارد و بیشترین مقدار آن در کاربری جنگل طبیعی بلوط ۱/٦ میلی‌متر و کمترین مقدار آن در کاربری زراعی ۰/۳۱ میلی‌متر بود. کمترین مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی، تنفس میکروبی و کربن آلی در کاربری زراعی و به‌ترتیب ۲۸/٤ سانتی‌مول بر کیلوگرم خاک، ۱۷۷میکروگرم دی‌اکسیدکربن بر گرم خاک در روز و ۱/۳۲ درصد بود. میزان مواد آلی در منطقه جنگلی به‌طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از زمین‌های زراعی است. مطالعه تکامل پروفیل خاک نیز نشان داد که خاک‌های جنگلی تکامل‌یافته‌ترند، به‌طوری‌که خاک‌های مناطق جنگل طبیعی تحت عنوان Calcic Haploxeralfs طبقه‌بندی شده و دارای افق آرجیلیک توسعه‌یافته بودند ولی خاک‌های زراعی دارای تکامل کمتری بودند و تحت عنوان Typic Xerorthents طبقه‌بندی شدند. خاک‌های جنگل مصنوعی نیز دارای افق مالیک و طبقه‌بندی Typic Calcixerolls بوده و تکامل متوسطی داشتند. خصوصیات میکرومورفولوژی خاک نیز می‌تواند در بررسی تغییرات تحول خاک تحت‌تأثیر پوشش‌های مختلف کمک کند. در جنگل طبیعی پایداری اراضی بیشتر سبب به‌وجود آمدن افق آرجیلیک با بی‌فابریک لکه‌ای و کریستالی در افق کلسیک زیرین شده است در حالی‌که در خاک‌های سایر کاربری‌ها بی‌فابریک در تمام افق‌ها کریستالیتیک بوده و نشان‌دهنده نبود آب‌شویی کافی کربنات و به‌دنبال آن انتقال نیافتن رس است. در کاربری زراعی به‌دلیل فرسایش شدید افق‌های سطحی، افق غنی از آهک زیرین پدیدار نموده و مانع تکامل پروفیل شده است.

واژه‌های کلیدی: کیفیت خاک، پوشش گیاهی، میکرومورفولوژی خاک

*- مسئول مکاتبه: khormali@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

امروزه به‌دلیل رشد سریع جمعیت پوشش‌های طبیعی سطح زمین در حال تخریب و تبدیل به زمین‌های زراعی می‌باشند که این تبدیل‌ها می‌تواند موجب کاهش کیفیت خاک و نابودی دائم باروری زمین شود. کاهش شدید کیفیت خاک نیز می‌تواند منجر به نابودی دائم باروری سطح زمین شود (اسلام و همکاران، ۱۹۹۹). کیفیت خاک، ظرفیت خاک در ایفای نقش در داخل مرزهای اکوسیستم جهت تولید بیولوژیک پایدار، حفظ کیفیت محیط زیست و ارتقای سلامت گیاهان و جانوران می‌باشد. کیفیت خاک شامل دو قسمت است: خصوصیات ذاتی خاک و طبیعت دینامیک خاک (کارلن و همکاران، ۱۹۹۷)، خصوصیات ذاتی خاک بیانگر پتانسیل ذاتی خاک در انجام یک وظیفه خاص می‌باشد. خصوصیات دینامیک سلامت خاک را تعیین می‌کند (موسباچ، ۱۹۹٦). کیفیت پویای خاک با اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک شامل فاکتورهایی نظیر تشکیل خاک‌دانه، میزان مواد آلی، عمق خاک، ظرفیت نگهداری آب و تغییرات pH و تنفس میکروبی خاک می‌باشند (NRCS، ۱۹۹٦). اسلام و ویل (۲۰۰۰) نشان دادند که تخریب پوشش گیاهی و تبدیل آن به زمین‌های زراعی عامل تخریب اکوسیستم‌های طبیعی بوده و موجب کاهش کیفیت خاک خواهد شد. تنفس خاک به‌عنوان یک فاکتور بیولوژیکی کیفیت خاک در جنگل طبیعی بلوط از بقیه پوشش‌ها بیشتر است (لمنی و همکاران، ۲۰۰۵). میزان بالای تنفس خاک در جنگل مربوط به‌مقدار زیاد مواد آلی جدید است که سالیانه به خاک اضافه می‌شود. تحقیقات نشان می‌دهد تغییراتی که پس از اجرای عملیات زراعی در منطقه صورت می‌گیرد می‌تواند موجب کاهش مواد آلی خاک (دیویدسون و اکرمن، ۱۹۹۳؛ واگن و همکاران، ۲۰۰٦)، کاهش میزان عناصر قابل استفاده گیاهان (کینان و همکاران، ۱۹۹۸)، کاهش فعالیت میکروبی خاک (کیس و همکاران، ۲۰۰۲)، افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک، گردد. عملیات زراعی سنتی می‌تواند موجب کاهش میزان موادآلی و کیفیت خاک شود. تغییر جنگل‌ها و مراتع به زمین کشاورزی امروزه به یکی از نگرانی‌های قابل توجه در سطح دنیا در زمینه تخریب محیط زیست و تغییر اقلیم جهانی تبدیل شده است (والی و همکاران، ۱۹۹۹). میکرومورفولوژی خاک نقش مؤثری در بررسی اثر پوشش گیاهی در تخریب شاخص‌های کیفیت خاک دارد. میکرومورفولوژی عبارت از روش مطالعه نمونه‌های دست نخورده خاک و سنگ با استفاده از تکنیک‌های میکروسکوپی و اولترامیکروسکوپی است تا اجزای مختلف آنها شناسایی شده و روابط متقابل بین آنها از نظر مکان و زمان تعیین شود (استوپس، ۲۰۰۳). هدف میکرومورفولوژی یافتن فرآیندهای پاسخ‌گو برای تشکیل یا تغیر شکل خاک در حالت کلی یا ویژگی‌های طبیعی (مانند پوسته‌های رسی و ندول‌ها) یا مصنوعی (سخت کفه‌های حاصل از شخم) می‌باشد. بنابراین میکرومورفولوژی ابزار مهمی برای بررسی تکامل خاک، طبقه‌بندی و مدیریت آن محسوب می‌شود. هدف از انجام این تحقیق بررسی پارامترهای کیفی خاک و نیز مطالعه میکرومورفولوژیک تکامل خاک جهت ارزیابی نقش تغییر کاربری و پوشش گیاهی در تخریب شاخص‌های کیفیت خاک در منطقه شرق استان گلستان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

خصوصیات منطقه: محدوده مورد مطالعه در شرق استان گلستان در حوزه قپان واقع گردیده است. به‌طورکلی این منطقه دارای آب و هوای نیمه‌مرطوب با میانگین بارندگی ۵۳۵ میلی‌متر می‌باشد، درجه حرارت سالیانه آن به‌طور متوسط ۱۵/۹ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. میانگین سالیانه تبخیر و تعرق پتانسیل حوزه معادل ۹۰۷ میلی‌متر (۱/۹۷ میلی‌متر در روز) برآورد شده است. این حوزه مطالعاتی شامل تپه‌های لسی می‌باشد که دارای شیب متوسط کلی ۲۰-۱۵ درصد بوده و دارای پوشش گیاهی طبیعی جنگل بلوط، مصنوعی سرو و کاج و زراعی می‌باشد. حدود ٤۰ سال پیش، جنگل طبیعی بلوط مورد تخریب قرار گرفت و قسمتی از آن برای زمین‌های زراعی در نظر گرفته شد.

www.SID.ir

Archive of SID

پس از گذشت ۱۰ سال قسمتی از جنگل تخریب شده، در طرح جنگل‌داری، تحت پوشش جنگل مصنوعی کاج و سرو مورد بازسازی قرار گرفت. منطقه دارای رژیم رطوبتی زریک و رژیم حرارت ترمیک می‌باشد. تعداد ٤ پروفیل در منطقه حفر و طبق روش رده‌بندی خاک[1] آمریکایی (اعضای نقشه‌برداری خاک آمریکا، ۲۰۰٦) تشریح شد.

چهار کاربری زمین‌های متفاوت در این منطقه مطالعه شد که عبارتند از: ۱- جنگل طبیعی بلوط ۲- جنگل مصنوعی کاج ۳- جنگل مصنوعی سرو ٤- زراعی.

مطالعات اندازه‌گیری صحرایی و نمونه‌برداری خاک: تعداد ٤ پروفیل نماینده در هر کاربری مطالعه شد. از افق‌های مختلف آن یک نمونه جهت اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی کیفیت خاک و یک نمونه توسط قوطی کوبینا جهت مطالعه میکرومورفولوژی خاک، به آزمایشگاه منتقل گردید. برای تعیین وزن مخصوص ظاهری خاک نیز یک‌سری کلوخه از هر افق برداشت شد. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه مقداری نمونه تازه مربوط به لایه سطحی خاک جهت تعیین تنفس میکروبی در یخچال نگهداری شد.

روش آزمایشگاهی: بخشی از نمونه‌ها برای انجام آزمایش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژکی هوا خشک گردیده و پس از کوبیده شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند و بخشی دیگر برای تعیین پایداری خاک‌دانه‌ها قبل از کوبیده شدن از الک ٤/٦ میلی‌متری عبور داده شد. بافت خاک پس از انحلال کربنات به‌وسیله اسید کلریدریک ۲ نرمال و تجزیه مواد آلی با آب اکسیژنه ۳۰ درصد به‌روش هیدرومتری (بویوکوس، ۱۹٦۲) تعین گردید. وزن مخصوص ظاهری خاک به‌روش کلوخه تعیین شد. پایداری خاک‌دانه‌ها به‌روش الک مرطوب اندازه‌گیری و کمیت آن به‌عنوان میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها[2] (MWD)، محاسبه شد. اسیدیته خاک در حالت گل اشباع و با استفاه از دستگاه pH متر دارای الکترود شیشه‌ای اندازه‌گیری شد. هدایت الکتریکی نمونه با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی تعیین گردید (پیچ و همکاران، ۱۹۸۷). آهک به‌روش خنثی‌کردن مواد خنثی‌شونده با اسید کلریدریک و تیتراسیون اسید اضافی با سود صورت پذیرفت (پیچ و همکاران، ۱۹۸۷). ظرفیت تبادلی کاتیونی به‌روش چاپمن (۱۹٦۵) و با استات آمونیوم تعیین شد. اکسیداسیون کربن آلی توسط دی‌کرومات پتاسیم در مجاورت اسید سولفوریک غلیظ انجام گرفته و توسط آمونیوم فروسولفات نیم نرمال در مجاورت معرف فنانترولین با روش تیتراسیون، مقدار کربن آلی اندازه‌گیری شد. (نلسون، ۱۹۸۲). تنفس میکروبی خاک با استفاده از ظروف سربسته و به‌روش تیتراسیون سود باقی‌مانده با اسید اندازه‌گیری شد. (پیچ، ۱۹۹۲). مطالعات میکرومورفولوژیک براساس روش استوپس (۲۰۰۳) و بولاک و همکاران (۱۹۸۵) توسط میکروسکوپ پلاریزان Euromex صورت گرفت.

آنالیز آماری داده‌ها: تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS و مقایسه میانگین پارامترهای کیفیت خاک بین ٤ کاربری توسط آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد آماری صورت گرفت.

نتایج و بحث

خصوصیات فیزیکوشیمیایی و مورفولوژیک و رده‌بندی خاک‌های مطالعه شده: خصوصیات فیزیکوشیمیایی و مورفولولوژیک خاک‌های مطالعه شده در جدول‌های ۱ و ۲ آورده شده است. جنگل طبیعی در گروه بزرگ Haploxeralfs طبقه‌بندی می‌شود، خاک تحت پوشش جنگل طبیعی از تکامل پروفیلی قابل‌توجهی برخوردار بوده و شستشوی آهک و مهاجرت متعاقب رس در پروفیل خاک سبب تشکیل افق آرجیلیک شده است. خرمالی و همکاران (۲۰۰۳) در رابطه با تشکیل افق آرجیلیک بیان می‌کنند در شرایط مرطوب، آهک‌زدایی اتفاق افتاده و سپس با شستشوی متعاقب رس افق آرجیلیک تکوین خواهد یافت.

1- Soil Survey Staff
2- Mean Weight Diameter (MWD)

www.SID.ir

Archive of SID

اجرای عملیات زراعی در این منطقه خاک را در گروه بزرگ Xerorthents قرار داده است. عملیات زراعی ٤٠ ساله در خاک‌های لسی شیب‌دار توانسته است افق B_t را که در عمق ١٢ تا ٥٠ سانتی‌متر تشکیل شده است در اثر فرسایش خاک از بین ببرد و پس از آن هیچ‌گاه فرصت کافی برای شسته شدن آهک در سرتاسر پروفیل را فراهم نیاورده و آهک در طول پروفیل خاک توزیع شده است. اجزای آلی نیز در خاک زراعی به‌مقدار بسیار کم است و همگی نشان‌دهنده کاهش کیفیت خاک در این منطقه است. این نتیجه با تحقیق عجمی (٢٠٠٧) در خاک‌های لسی گلستان مطابقت دارد.

خاک‌های جنگل مصنوعی سرو و کاج در گروه بزرگ Calcixerolls طبقه‌بندی می‌شود، با توجه به تاریخچه منطقه به‌نظر می‌رسد پس از جنگل‌تراشی جنگل طبیعی، مدتی (حدود ١٠ سال) منطقه تحت عملیات شخم و زراعت قرار گرفته و در این مدت افق سطحی و B_t خاک از بین رفته است. با اجرای طرح جنگل‌کاری قپان (٣٠ سال) و تثبیت خاک توسط جنگل کاج و سرو، مقداری ماده آلی در سطح، تجمع یافته که شرایط برای افق مالیک مهیا شود. ولی فرصت کافی برای تشکیل افق آرجیلیک که نیاز به زمان زیاد برای آب‌شویی آهک و شست‌وشوی رس دارد در این مدت کم به لحاظ خاک‌سازی فراهم نشده است.

شاخص‌های شیمیایی کیفیت خاک

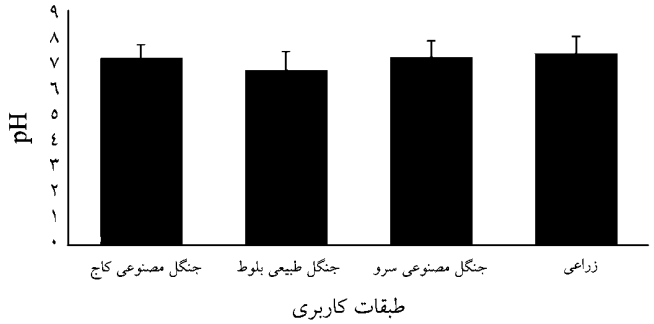
واکنش خاک: واکنش خاک یا pH بیانگر میزان اسیدیته خاک یا قلیائیت خاک است. pH خاک تحت‌تأثیر مدیریت اراضی نیز می‌تواند تغییر کند (NRCS، ١٩٩٨). به‌طورکلی بررسی خاک کاربری‌های مختلف نشان می‌دهد pH خاک در کاربری جنگل طبیعی از کاربری زراعی کمتر است (شکل ١). pH خاک تا عمق پروفیل با میانگین ٦/٧ در کاربری جنگل تا ٧/٣٦ در ناحیه زیر کشت افزایش یافته، این در حالی است که میزان pH خاک در لایه سطحی خاک جنگل طبیعی از ٦/٥ تا ٧/٣ در خاک زراعی ارتقاء یافته است. میانگین pH خاک در جنگل مصنوعی کاج ٧/١٨ و در جنگل مصنوعی سرو ٧/٢١ می‌باشد که حالت بینابین کاربری جنگل طبیعی و کاربری زراعی می باشد. کیانی و همکاران (٢٠٠٤) بیان می‌کنند در خاک‌های جنگلی یون‌های بازی شسته شده و بنابراین اسیدیته خاک نواحی جنگلی بیشتر از سایر نقاط است. در خاک اکوسیستم‌های جنگلی عواملی نظیر آب‌شویی کاتیون‌های بازی، فرآیندهای نیتراتی شدن (Nitrification)، تولید اسیدهای آلی به‌همراه آزادسازی اسید کربنیک از ریشه و تنفس میکروبی به‌عنوان مکانیزم‌های کنترل‌کننده pH خاک محسوب می‌شوند (NRCS، ١٩٩٩). زیر و رو شدن پروفیل خاک موجب بالا آمدن مواد آهکی به سطح در کاربری زراعی شده و بنابراین pH خاک این کاربری را نسبت به جنگل طبیعی افزایش داده است.

کربن آلی[1]: مواد آلی از طریق تأثیر بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و همچنین کنترل فعالیت‌های میکروبی، نقش کلیدی در خصوصیات خاک ایفا می‌کند (سولومون و همکاران، ٢٠٠٢). آگاهی از ویژگی‌های کمی و کیفی کربن آلی خاک (SOC) جهت حفظ کیفیت و قابلیت تولید خاک‌ها ضروری می‌باشد (ولایوتام، ٢٠٠٠). تغییرات کربن آلی خاک یک معرف مهم کیفیت خاک برای ارزیابی تأثیر عملیات مدیریتی در اراضی کشاورزی و جنگلی است (پاتاک و همکاران، ٢٠٠٤). کربن به‌صورت مواد آلی در خاک ذخیره می‌شود اما این ذخائر توسط عملیات زراعی و کشت و کار تحت‌تأثیر قرار می‌گیرد. وقتی زمین‌های جنگلی زیر کشت برده می‌شوند، مقدار کربن آلی خاک شروع به کاهش می‌کند و این کاهش بستگی به عوامل اقلیمی و شدت کشت و زرع دارد. جدول ٣ نشان می‌دهد که تغییر پوشش و کاربری اثر مشخصی روی مقدار کربن آلی خاک دارد. مقدار کربن آلی بین بیشترین حد ٥/٧ درصد در کاربری جنگل و کمترین حد ١/٣٢ درصد در کاربری زراعی تغییر می‌کند. (شکل ٢).

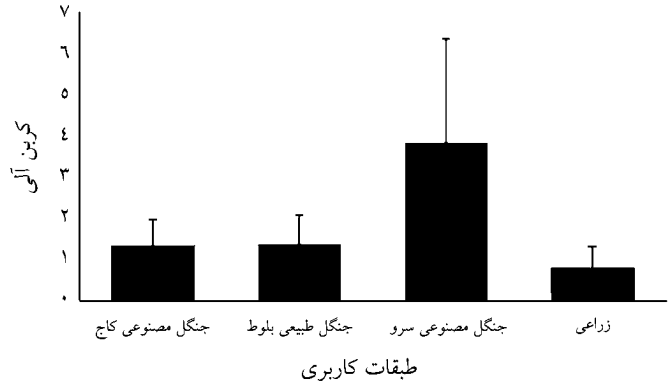
1- Soil Organic Carbon (SOC)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- اثر پوشش گیاهی بر واکنش خاک (n=۳، P<۰/۰۵).



شکل ۲- اثر پوشش گیاهی بر درصد کربن آلی خاک (n=۳، P<۰/۰۵).

آگولار و همکاران (۱۹۸۸) کاهش مواد آلی در اثر کشت و کار را به‌دلیل به هم خوردن خاک سطحی و در نتیجه سریع شدن تجزیه بیولوژیک مواد آلی، شدت یافتن فرسایش خاک و به‌دنبال آن هدررفت مواد آلی همراه با رواناب گزارش دادند.

آهک: کربنات کلسیم کربنات معدنی غالب در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک، است. مقدار کربنات کلسیم در خاک‌ها، معرف نوع افق کلسیک و وضعیت عناصر غذایی در آنها است (ملکوتی و همایی، ۱۹۹٤). آهک‌زدایی واژه‌ای است که به‌ویژه در مورد خارج شدن کربنات‌ها از پیکره خاک به‌کار می‌رود. فرآیند یاد شده ممکن است منجر به خروج کامل کربنات از تمامی پروفیل شود که این حالت در نواحی با رطوبت زیاد متداول است. واکنش عمومی که در حرکت کربنات‌ها عمل می‌کند، به شرح زیر می‌باشد:

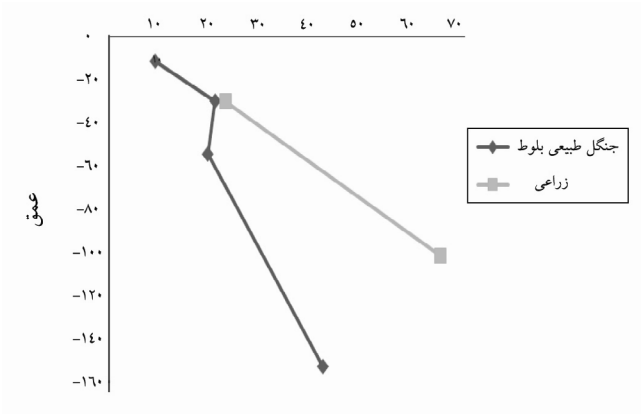
$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2 \qquad (۱)$$

آهک‌زدایی هنگامی رخ می‌هد که CO_2 و H_2O موجود بوده و واکنش با ایجاد بی‌کربنات محلول به سمت راست گرایش پیدا کند. آهکی‌شدن به‌عکس هنگامی اتفاق می افتد که دی‌اکسیدکربن با آب از سیستم خارج شده و واکنش به‌سمت چپ هدایت شود. خرمالی و همکاران (۲۰۰٦) فرآیندهای پیچیده‌ای مانند حل شدن (هوادیدگی) و انتقال رسوب را در تشکیل کربنات‌های خاک مؤثر دانسته و اظهار می‌دارند، در شرایط مرطوب و فشار به‌نسبت بالای CO_2، کربنات لیتوژنیک حل شده و به عمق خاک حرکت می‌کند. تغییر کاربری اراضی توانسته است اثرات قابل‌توجهی روی مقدار آهک در منطقه مورد مطالعه بگذارد. فراهم بودن رطوبت بیشتر در خاک جنگل همراه با دی‌اکسیدکربن ناشی از فعالیت‌های بیولوژیکی باعث شده تا کربنات کلسیم حل شده و با تجمع در اعماق خاک جنگلی سبب تشکیل افق کلسیک شود، به‌طوری‌که مطالعه خاک تا عمق یک متری نشان می‌دهد، مقدار آهک در کاربری جنگل با اختلاف زیادی کمتر از خاک زراعی است (شکل ۳).

www.SID.ir

Archive of SID

ظرفیت تبادل کاتیونی[1]: شاید مهم‌ترین خصوصیات شیمیایی خاک‌ها، توانایی آنها در ابقا و تبادل یون‌های مثبت به سطح کلوئیدهاست. ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) خاک‌ها بیشتر تابع نوع و مقدار رس و مواد آلی است. دوران و پارکین (۱۹۹٤) ظرفیت تبادل کاتیونی را یکی از پارامترهای مهم کیفیت خاک می‌دانند. مطالعه خاک تا عمق ۱ متری کاربری زراعی بیانگر آن است که ظرفیت تبادل کاتیونی خاک بر اثر عملیات زراعی کاهش شدیدی را نسبت به عمق مشابه منطقه جنگل نشان می‌دهد. کاهش مواد آلی خاک به‌دلیل اجرای عملیات زراعی شدید موجب کاهش قابل توجه ظرفیت تبادل کاتیونی در کاربری زراعی شده است. مطابق با جدول ۱ ظرفیت تبادل کاتیونی در جنگل مصنوعی سرو، جنگل مصنوعی کاج، جنگل طبیعی بلوط و زراعی به‌ترتیب روند کاهشی برابر با ٤٤/۲، ۳۹/۲، ۳۰/۸ و ۲۸/٤ را نشان می‌دهد. مطابق جدول ۳ مقدارخاک‌های جنگلی (طبیعی) بیشتر از زراعی است که خود دلیل بر بالا بودن CEC است (شکل ٤). در کاربری زراعی بیشترین ظرفیت تبادل کاتیونی در لایه سطحی و به‌دلیل ماده آلی به نسبت زیاد در این عمق گزارش شده است.



شکل ۳- تغییرات عمقی (سانتی‌متر) درصد آهک در دو کاربری جنگل طبیعی و زراعی.

شکل ٤- اثر پوشش گیاهی بر ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (سانتی‌مول بر کیلوگرم) (n=۳، P<۰/۰۵).

1- Cation Exchangeable Capacity (CEC)

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص بیولوژی کیفیت خاک: بخش بیولوژیک خاک شامل موجودات زنده و نیز بقایایی می‌باشد که از این جانداران به‌جا می‌ماند. موجودات زنده خاک از طریق تجزیه بقایای گیاهی و جانوری، گردش عناصر، ساختمان‌سازی در خاک، هوموس‌سازی و بسیاری از فرآیندها که در تغذیه گیاه و سلامت اکوسیستم مؤثرند، در حفظ کیفیت خاک نقش دارند (ترکو و همکاران، ۱۹۹٤). از جمله شاخص‌های بیولوژیک خاک می‌توان به تنفس خاک اشاره کرد. میزان تنفس بیانگر فعالیت میکروبی به‌ویژه تجزیه مواد آلی در خاک است (NRCS، ۱۹۹٦). میزان تنفس خاک تصویر جامعی از فعالیت کل بیولوژیکی خاک ارائه می‌کند. عملیات زراعی تأثیر منفی شدیدی بر کل ارگانیسم‌های خاک برجا می‌گذارد (NRCS، ۱۹۹۸). نتایج به‌طورکلی بیانگر آن است که اجرای عملیات زراعی در منطقه، میزان تنفس میکروبی خاک را به‌میزان قابل‌توجهی در لایه ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک کاهش داده است. اسلام و ویل (۲۰۰۰) بیان می‌کنند فعالیت‌های میکروبی زیاد در خاک‌های تحت پوشش طبیعی جنگل به سطوح بالای کربن آلی قابل دسترس در این کاربری ارتباط دارد. افزوده شدن سالیانه شاخ و برگ درختان و مواد آلی جدید به سطوح خاک جنگل علت بالا بودن تنفس میکروبی کاربری طبیعی نسبت به سایر کاربری‌هاست. مطابق با جدول ۱ میزان تنفس خاک در کاربری‌های جنگل طبیعی بلوط، جنگل مصنوعی سرو، جنگل مصنوعی سرو و زراعی به‌ترتیب برابر با ۳٤۲، ۲٦۱، ۲۳۹ و۱۷۷ میکروگرم دی‌اکسیدکربن بر گرم خاک در روز می باشد (جدول ۳).

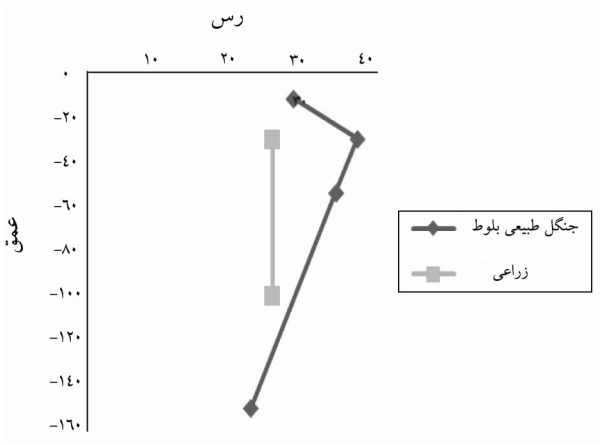
شاخص‌های فیزیکی کیفیت خاک

بافت خاک: بافت خاک، فراوانی نسبی ذرات شن، رس و سیلت را در نمونه خاک نشان می‌دهد. بافت خاک به‌ویژه با تأثیر خود روی وضعیت رطوبت خاک می‌تواند تعیین‌کننده رشد گیاهان، میزان تولید محصول و حتی نوع درختانی باشد که در یک منطقه می‌رویند (محمودی و حکیمیان، ۱۹۹۹). بررسی دانه‌بندی خاک منطقه مورد مطالعه نشان داد که در جنگل کلاس لوم رسی سیلتی غالب بوده و احتمالاً به‌دلیل فرسایش و حذف ذرات ریزتر تا حدودی کلاس بافت زراعی درشت‌تر شده و لوم سیلتی می‌شود (هبرت و همکاران، ۱۹۹۱). بررسی جزء به‌جزء ذرات تشکیل‌دهنده بافت خاک بیانگر آن است که به‌طورکلی درصد رس خاک در کاربری زراعی به‌میزان قابل‌توجهی کاهش یافته و از میانگین ۳۳/۲۵ در کاربری جنگل به ۲٦ در کاربری زراعی رسیده است و این در حالی است که مقدار سیلت خاک در این عمق و در کاربری زراعی افزایش یافته است (شکل‌های ۵، ٦ و ۷).

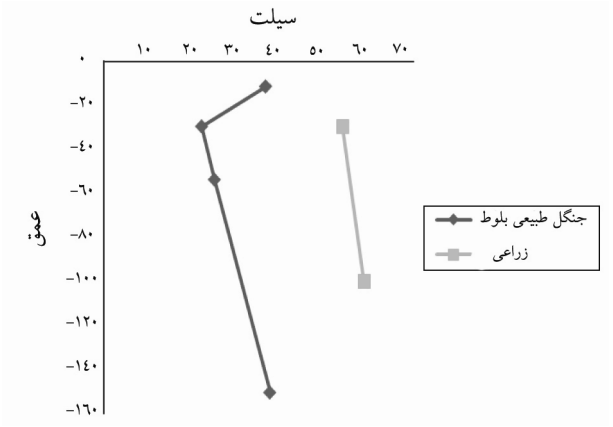
پایداری خاک‌دانه‌ها: پایداری خاک‌دانه‌ها، میزان مقاومت آنها در برابر گسیخته شدن توسط نیروهای خارجی، به‌خصوص نیروهای مرتبط با آب است (NRCS، ۱۹۹٦). عواملی نظیر بافت خاک، نوع رس، آهن قابل عصاره‌گیری، کاتیون‌ها، مقدار و نوع مواد آلی خاک و همچنین نوع و اندازه جمعیت میکروبی خاک بر پایداری خاک‌دانه‌ها مؤثرند (NRCS، ۱۹۹٦). کاودیر و همکاران (۲۰۰٤) میزان پایداری خاک‌دانه‌ها را بیش از هر عامل دیگری با ماده آلی خاک در ارتباط می‌دانند. کارتر (۲۰۰۲) بیان می‌کند که کاهش پایداری خاک‌دانه‌ها بیانگر کاربری ناپایدار اراضی است. جهت ارزیابی پایداری خاک‌دانه‌ها پارامتر میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها معرفی شده که MWD گویند. هرچه کمیت MWD بزرگ‌تر باشد، پایداری نسبی خاک‌دانه‌ها بیشتر است. میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها بین ٤ کاربری تفاوت زیادی را نشان می‌دهد. بیشترین میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها، در کاربری جنگل طبیعی بلوط به‌مقدار ۱/٦ درصد و کمترین آن در کاربری زراعی به‌مقدار ۰/۳۱ مشاهده شده است (جدول ۳ و شکل ۸). این نتیجه با یافته بسیاری از محققان از جمله اسلام و ویل (۲۰۰۰)، کیانی و همکاران (۲۰۰٤)، کاراواکا و همکاران (۲۰۰٤) مطابقت دارد. عملیات زراعی خاک‌دانه‌های درشت را شکسته و ماده آلی خاک را نیز در معرض تلفات قرار می‌دهد (هاینس، ۱۹۹۹؛ شفرد و همکاران، ۲۰۰۱).

www.SID.ir

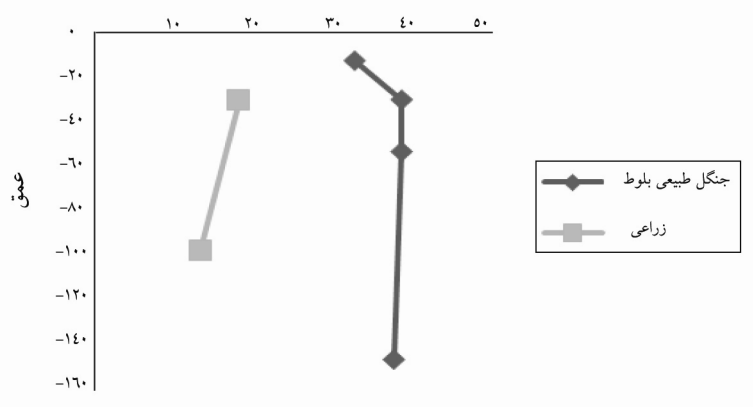
Archive of SID



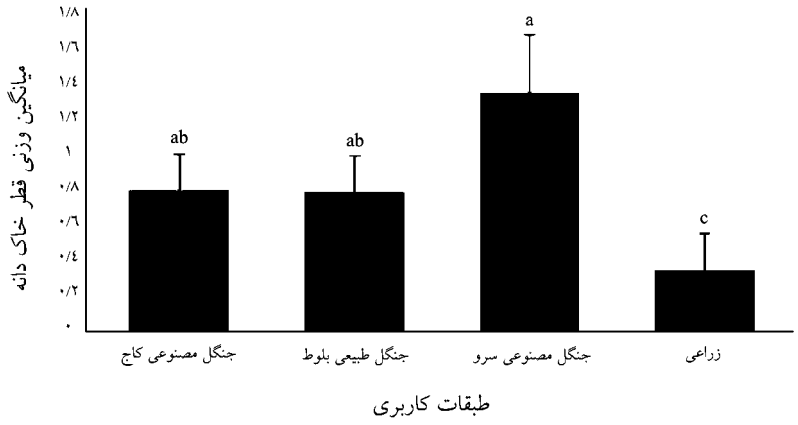
شکل ۵- تغییرات عمقی (سانتی‌متر) درصد رس در کاربری جنگل و زراعی.



شکل ٦- تغییرات عمقی (سانتی‌متر) درصد سیلت در کاربری جنگل و زراعی.



شکل ۷- تغییرات عمقی (سانتی‌متر) درصد شن در دو کاربری جنگل طبیعی و زراعی.



شکل ۸- اثر پوشش گیاهی بر میانگین وزنی قطری خاک‌دانه‌ها (میلی‌متر) (n=۳، P<۰/۰۵).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی و رده‌بندی خاک‌های مطالعه شده.

کاربری اراضی	افق	واکنش خاک	میانگین وزنی قطر خاک‌دانه (میلی‌متر)	کربن آلی (درصد)	آهک (درصد)	ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی‌مول برکیلوگرم)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	تنفس میکروبی (میکروگرم دی‌اکسیدکربن بر گرم خاک در روز)
Fine, mixed, superactive, thermic, Calcic Haploxeralfs											
جنگل	A	٦/٥	١/٦	٤/٥٢	٩/٥	٣٠/٨	٢٩	٣٨	٣٣	١/٨٩	٣٤٢
طبیعی	Bt_1	٦/٤	٠/٥٥	٠/٣٠	٢١/٥	٢٦/٣	٣٨	٢٣	٣٩	١/٧٢	٣١٧
بلوط	Bt_2	٦/٨	٠/٧٩	٠/٢٧	٢٠	٣٦/٤	٣٥	٢٦	٣٩	١/٤٤	٢٤٥
	Bk	٧/٣	٠/٤٩	٠/٤٢	٤٣	٣٤/٧	٢٣	٣٩	٣٨	١/٤	٢٤٤
Fine-loamy, mixed, superactive, thermic, Typic Calcixerolls											
جنگل	A	٧/.	٠/٨٩	٢/٦١	٣٤/٥	٣٩/٢	٣٢	٥٠	١٨	١/٢٤	٢٣٩
مصنوعی	Bw	٧/٣	١/٠٧	١/٠٩	١٨/٥	٢٧/١	٢١	٦٠	١٩	١/٣٧	٢٣٤
کاج	**Bk**	٧/٢	٠/٥٨	٠/٣٩	٣١/٥	٢٢/٦	٢٣	٤٢	٣٥	١/٤٦	٢٢٣
Fine-loamy, mixed, superactive, thermic, Typic Calcixerolls											
جنگل	**A**	٧/٢	١/٤٧	٥/٧	٦/٥	٤٤/٢	١١	٨٠	٩	١/٤	٢٦١
مصنوعی	**Bw**	٧/٢	١/٣٣	١/٩٥	٢٧/٥	٣٦/٩	٢٦	٤١	٣٣	١/٤٤	٢٥٢
سرو	Bk	٧/٨	١/٢٢	٠/٣٣	٤٥	٣٤/١	٢٦	٦٢	١٢	١/٤	٢٥٠
Fine-silty, mixed, superactive, calcareous,Typic Xerorthents											
زراعی	**A**	٧/٤	٠/٣١	١/٣٢	٢٣/٥	٢٨/٤	٢٦	٥٦	١٨	١/٤	١٧٧
	C	٧/٣	٠/٤٤	٠/٣١	٦٦/٥	٢٢/٤	٢٦	٦١	١٣	١/٣٣	١٠٦

جدول ۲- مشخصات مورفولوژیکی خاک‌های مورد مطالعه.

کاربری اراضی	افق	عمق	رنگ	بافت	ساختمان	پایداری	واکنش با اسید
	A	٠-١٢	10YR 3/2	CL	f_1gr	VFr	_
جنگل طبیعی	Bt_1	١٢-٣٠	10YR4/4	CL	f_1gr	VFr	_
بلوط	Bt_2	٣٠-٥٤	10YR4/4	L	$m_{1-2}abk$	VFr	_
	Bk	٥٤-١٥٠	10YR5/4	CL	f_1abk	VFr	+
جنگل	A	٠-١٨	10YR 3/2	SiCL	f_1gr	VFr	+
مصنوعی	Bw	١٨-٤٩	٤/٦10YR	SiL	f_1sbk	VFr	+
کاج	**Bk**	٤٩-٧٥	10YR6/6	CL	f_1sbk	VFr	++
جنگل	A	٠-١٥	10YR 2/3	SiL	m_2 gr	VFr	_
مصنوعی سرو	Bw	١٥-٣٥	10YR 3/3	L	m_2sbk	VFr	+
	Bk	٣٥-١٥٠	10YR 4/6	CL	f_2sbk	Fr	++
زراعی	A	٠-٣٠	10YR 5/6	SiL	f_1sbk	VFr	+
	C	٣٠-١٠٠	-	SiL	-	Fr	+

مطالعات میکرومورفولوژی: جهت شناسایی فرآیندهای تشکیل خاک و مطالعه پارامترهای خاک که تحت‌تأثیر مدیریت قرار می‌گیرند، از تکنیک‌های میکرومورفولوژی استفاده می‌شود. برخی از این پارامترها عبارتند از: مقدار و نحوه توزیع مواد آلی خاک، خلل و فرج خاک، ساختمان خاک و غیره. مشاهدات میکرومورفولوژی خاک جنگل نشان می‌دهد قرار گرفتن خاک تحت پوشش طبیعی، موجب تشکیل ساختمان دانه‌ای در سطح خاک شده است (شکل ۹). استوپس (۲۰۰۳) وجود این‌گونه ساختمان در خاک را با فعالیت‌های بیولوژیکی مرتبط می‌داند (جدول ٤).

در مقابل ریز ساختمان سطحی[1] خاک جنگل که دارای مقادیر فراوان حفرات به‌صورت واگ و ساختمان دانه‌ای

1- Microstructure

www.SID.ir

Archive of SID

در سطح خاک است، ریز ساختمان سطحی در کاربری زراعی به‌دلیل عملیات کشاورزی در منطقه و وفور ذرات سیلت از نوع توده‌ای[1] تشخیص داده شد که نشانه متراکم شدن و تخریب ساختمان طبیعی و مطلوب خاک است. فشردگی خاک موجب شده تا حفرات نوع صفحه‌ای نیز در افق‌های زیرین خاک مشاهده شود. مشاهده این‌گونه ساختمان و حفرات همراه با مقادیر ناچیز اجزای آلی در خاک نشان‌دهنده کاهش کیفیت خاک در مناطق زراعی است. به‌طورکلی می‌توان گفت که از بین بردن پوشش طبیعی زمین باعث شده که خاک سطحی به‌تدریج تخریب شده و فرآیندهای خاک‌ساز نیز فرصت کافی جهت تکوین و تکامل خاک در کاربری زراعی را پیدا نکرده‌اند. در کنار این کاربری‌ها، کاربری جنگل مصنوعی دارای ساختمان دانه‌ای و افق مالیک می‌باشد.

پروفیل واقع در کاربری جنگل طبیعی از تکامل قابل توجهی برخوردار بوده به‌طوری‌که شستشوی آهک و انتقال آن به اعماق پروفیل خاک و مهاجرت متعاقب آن رس موجب تشکیل افق آرجیلیک شده است. حضور افق آرجیلیک، گواهی بر تجمع رس در پروفیل خاک می‌باشد. وجود افق کلسیک در اعماق خاک نیز بیانگر آهک‌زدایی و شستشوی شدید آهک در پروفیل خاک است. آهک‌زدایی هنگامی رخ می‌دهد که آب و دی‌اکسیدکربن موجود باشد. خاک کاربری جنگل در موقعیت مطلوبی از این نظر به سر می‌برد، زیرا پوشش گیاهی طبیعی از یک‌سو رطوبت مطلوبی را برای خاک تأمین کرده و از سوی دیگر، تنفس بیولوژیکی قابل‌توجه شرایط مناسبی برای حرکت آهک در پروفیل خاک فراهم می‌کند. شستشوی آهک از سطح خاک به اعماق پروفیل، تحت پوشش طبیعی جنگل، موجب ایجاد بی‌فابریک از نوع غالب لکه‌ای در افق Bt و کریستالی در اعماق پروفیل خاک شده است (شکل ۱۰). کوتینگ‌های آهک نیز در افق عمقی خاک (افق کلسیک) بیانگر تجمع آهک در این بخش است. کوتینگ‌های رس نیز در این کاربری تجمع رس را تأیید می‌کند. مقادیر قابل‌توجه مواد آلی، همچنین رنگ قهوه‌ای مایل به سیاه خاک نیز بیان‌کننده کیفیت مناسب خاک تحت پوشش طبیعی جنگل می‌باشد. وجود افق کلسیک در اعماق خاک تحت پوشش جنگل مصنوعی نیز بیانگر آهک‌زدایی و شستشوی آهک در پروفیل خاک است که خود سبب ایجاد بی‌فابریک کریستالی در این عمق شده است. نودول‌های آهک نیز در افق عمقی خاک بیان‌کننده تجمع آهک در این بخش است. مطالعه میکرومورفولوژیک خاک‌ها اثبات می‌کند که پایداری اراضی در پوشش جنگل طبیعی حداکثر بوده و تشکیل بی‌فابریک لکه‌ای و به‌دنبال آن آهک‌زدایی و تشکیل افق آرجلیک دلیلی بر حرکت عمقی آب (آب‌شویی) است.

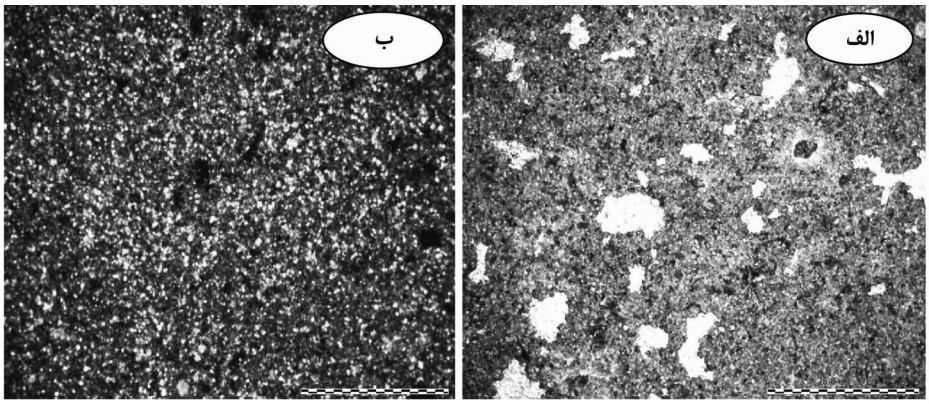
جدول ۳- مقایسه میانگین برخی پارامترهای فیزیکوشیمیایی کیفیت خاک در کاربری‌ها (در هر کاربری، حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار پارمتر مورد نظر بین کاربری‌ها می‌باشد).

کاربری اراضی	رس (درصد)	شن (درصد)	سیلت (درصد)	ظرفیت تبادل کاتیونی(سانتی‌مول بر کیلوگرم)	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌مترمکعب)	میانگین‌وزنی قطرخاک‌دانه (میلی‌متر)	واکنش خاک	آهک (درصد)	کربن آلی (درصد)
جنگل بلوط	۳۳/۲۵^{a}	۳۷/۲۵^{a}	۳۱/۵^{b}	۳۲/۰۵^{ab}	۱/۵۲^{a}	۰/۸٤^{ab}	٦/۷^{a}	۲۳/۵^{a}	۱/۳۷^{a}
جنگل کاج	۲۵/۳۳^{a}	۲٤^{ab}	۵۰/٦٦^{ab}	۲۹/٦^{ab}	۱/٤۹^{a}	۰/۸۵^{ab}	۷/۱۸^{a}	۲۸/۱٦^{a}	۱/۳٦^{a}
جنگل سرو	۱۸/۵^{a}	۲۱^{ab}	٦۰/۵^{a}	۳۸/۳٦^{a}	۱/٤۲^{a}	۱/٤^{a}	۷/۲۱^{a}	۱۷^{a}	۳/۸۲^{a}
زراعی	۲٦^{a}	۱۵/۵^{b}	۵۸/۵^{ab}	۲۵/٤^{b}	۱/۳٦^{a}	۰/۳۷^{c}	۷/۳٦^{a}	٤۵^{a}	۰/۸۱^{a}

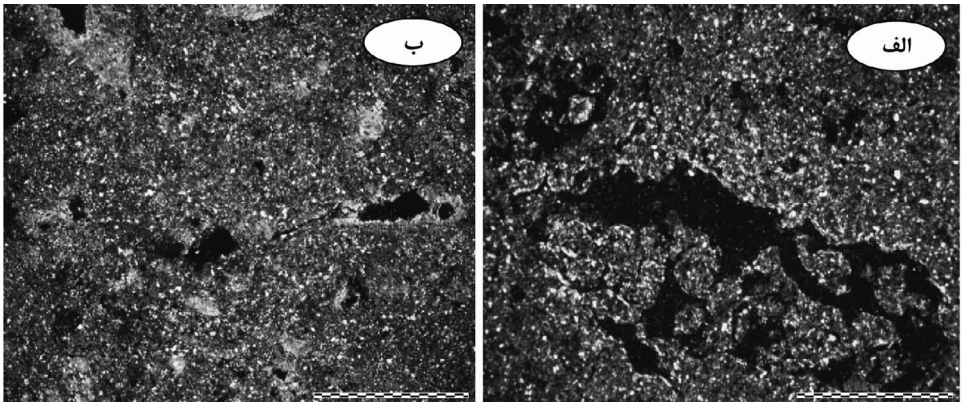
1- Massive

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۹- تصاویر میکروسکوپی خاک نور پلاریزان ساده (الف: افق A جنگل طبیعی بلوط، ساختمان دانه‌ای) و متقاطع (ب: افق A کاربری زراعی، ساختمان توده‌ای).



شکل ۱۰- تصاویر میکروسکوپی نور پلاریزان متقاطع (الف: افق Bt جنگل طبیعی بلوط، ب: افق Bk جنگل طبیعی بلوط).

جدول ٤- تشریح میکرومورفولوژی افق‌ها در کاربری‌های مختلف خاک.

کاربری زمین‌ها	افق	حفرات- ساختمان	c/f	b-fabric	پدوفیچر
جنگل طبیعی بلوط	A	کانال- متخلخل	پورفیریک تک‌فاصله	لکه‌ای و نامشخص	پدوفیچرهای ناشی از موجودات زنده
	Bt_1	کانال- مکعبی لبه مدور خوب	پورفیریک دو فاصله	لکه‌ای (۵۰ درصد)- کریستالی (۵۰ درصد)	کوتینگ رس
	Bt_2	کانال- مکعبی لبه مدور ضعیف	پورفیریک دو فاصله	لکه‌ای (۵۰ درصد)- کریستالی (۵۰ درصد)	کوتینگ رس
	Bk	کانال- مکعبی لبه مدور متوسط	پورفیریک تک‌فاصله	لکه‌ای (۳۰ درصد)- کریستالی (۷۰ درصد)	کوتنگ آهک و آهک سیتومورفیک و سوزنی‌شکل و نودول توخالی
جنگل مصنوعی کاج	A	کانال- متخلخل	پورفیریک تک‌فاصله	لکه‌ای و نامشخص	پدوفیچرهای ناشی از موجودات زنده
	Bw	کانال- توده‌ای	پورفیریک بسته	کریستالی	-
	Bk	کانال و واگ- مکعبی لبه مدور ضعیف	پورفیریک بسته	لکه‌ای (۵۰ درصد)- کریستالی (۵۰ درصد)	آهک سیتومورفیک و نودول آهک
جنگل مصنوعی سرو	A	کانال - متخلخل	پورفیریک تک‌فاصله	لکه‌ای و نامشخص	پدوفیچرهای ناشی از موجودات زنده
	Bw	کانال – توده‌ای	پورفیریک بسته	کریستالی	-
	Bk	کانال- مکعبی لبه مدور ضعیف	پورفیریک بسته	کریستالی	آهک سیتومورفیک و سلولز تازه
زراعی	A	کانال- توده‌ای	پورفیریک	لکه‌ای (۵۰ درصد)- کریستالی (۵۰ درصد)	کوتینگ آهک
	C	صفحه‌ای- مکعبی لبه مدور	پورفیریک	کریستالی	کوتینگ آهک

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

1.Aguilar, R., Kelly, E.F., and Heil, R.D. 1988. Effects of cultivation of soils in northern Great Plains rangeland. Soil Sci. Soc. Am. J., 52: 1081-1085.

2.Ajami, M. 2007. Soil quality attributes, micropedology and clay mineralogy as affected by land use change and geomorphic position on some loess-derived soils in eastern Golestan Province, Agh-Su wastershed. MSc thesis. Gorgan University of Agricultural and Natural Resources. 191p. (In Persian).

3.Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. Agron. J. 54: 464-465.

4.Bullock, P., Federoff, N., Jongerius, A., Stoops, G., Tursina, T., and Babel, U. 1985. Handbook for Soil Thin Section Description. Waine research Publications-Wolverhampton (U.K), 180p.

5.Caravaca, F.A., Lax, J., and Albaladejo, J. 2004. Aggregate stability and carbon characteristics of particle-size fractions in cultivated and forested soils of semiarid Spain. Soil Till. Res., 78: 83-90.

6.Carter, M.R. 2002. Soil quality for sustainable land management: organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. Agron. J., 94: 38-47.

7.Chapman, H.D. 1965. Cation exchange capacity. In: Methods of Soil Analysis. Part 2. Black, C. A. (Ed.). American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, 890p.

8.Davidson, E.A., and Ackerman, I.L. 1993. Changes in soil carbon inventories following cultivation of previously untilled soils. Biogeochemistry, 20: 161-193.

9.Doran, J.W., and Parkin, T.B. 1994. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F., and Stewart, B.A., (Eds) defining soil quality for a sustainable environment. SSSA. Special Publication, no. 35, 250p.

10.Haynes, R.J. 1999. Size and activity of the soil microbial biomass under grass and arable management. Biol. Fertil. Soils, 30: 210-216.

11.Hebert, K., Karam, A., and Parent, L.E. 1991. Mineralization of nitrogen and carbon in soils amended with composted manure. Biol. Agric. Hort., 7: 336-361.

12.Islam, K.R., Kamaluddin, M., Bhuiyan, M.K., and Badruddin, A. 1999. Comparative performance of exotic and indigenous forest species for tropical semi-evergreen degraded forest land reforestation in Bangladesh. Land Degrad. Dev., 10: 241-249.

13.Islam, K.R., and Weil, R.R. 2000. Land use effects on Soil quality in a tropical fprest ecosystem of Bangladesh. Agr. Ecosys. Envir., 79: 9-16.

14.Karlen, D.L., Mausbach, N.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F., and Schuman, G.E. 1997. Soil quality: a concept, definition, and framework for evalution. Soil Sci. Soc. Am. J., 61: 4-10.

15.Kavdir, Y., Ozcan, H., Ekinci, H., and Yigini, Y. 2004. The influence of clay content, organic carbon and land use types on soil aggregate stability and tensile strength. Turk J. Agr., 28: 155-162.

16.Keenan, R.J., Hambleton, A., Robson, K., and Webb, M. 1998. Growth response of three rainforest cabinet timber to fertilizer application in plantations in North Queensland. In: Schulte, A., and Ruhiyat, D. (Eds.), Soils Trop. For. Ecosys. 320p.

17.Kiani, F., Jalalian, A., Pashaee, A., and Khademi, H. 2004. Effect of deforestation on selected soil quality attributes in loess-derived landforms of Golestan province, northern Iran. Proc. 4th Intern. Iran & Russia Conf. Pp: 546-550. (In Persian).

18.Khormali, F., Abtahi, A., Mahmoodi, S., and Stoops, G. 2003. Argillic horizon development in calcareous soils of arid and semiarid regions of southern Iran. Catena, 53: 273-301.

19.Khormali, F., Abtahi, A., and Stoops, G. 2006. Micromorphology of calcitic features in highly calcareous soils of Fars Province, Southern Iran. Geoderma, 132: 31-46.

20.Kiese, K., Papen, H., Zunbusch, E., and Butterbach-Bahl, L. 2002. Nitrification activity in tropical rainforest soils of the coastal lowlands and Atherton Tablelands.Queensland, Australia. J. Plant Nutr., 165: 682-685.

21.Lemenih, M., Karltun, E., and Olsson, M., 2005. Assessing soil chemical and physical property responses to deforestation and subsequent cultivation in smallholders farming system in Ethiopia. Agric. Ecosyst. Environ., 105: 373-386.

22.Mahmoodi, Sh., and Hakimian, M. 1999. Fundamentals of soil science, Tehran University, press, 701p. (In Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

23. Mausbach, M.J. 1996. Soil quality consideration in the conversion of CRP land to crop Production. Presented at CRP-96 Conference: Preparing for future CRP land use in the central and southern Great Plains, Amarillo, Texas.
24. Malekooti, M.J., and Homayi, M. 1994. Soil fertility in arid regions. Tarbiat Modarres University press. 494p. (In Persian).
25. Nelson, R.E. 1982. Carbonate and gypsum. In: Methods of Soil Analysis. Part II. Page, A. L. (Ed.). American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, 9: 539-579.
26. Natural Resources Conservation Service. 1996. Soil Quality Information Sheet. Indicators for Soil Qualty Evaluation. USDA.
27. Natural Resources Conservation Service. 1998. Soil Quality Information Sheet. Soil Qualty Indicators. USDA.
28. Natural Resources Conservation Service. 1999. Liming To Improve Soil Quality in Acid Soils. Soil Quality-Agronomy Technical Note, No. 8. USDA.
29. Page, A.L. 1992. Methods of Soil Analysis. ASA and SSSA Publishers, Madison, WI., 321p.
30. Page, M.C., Sparks, D.L., Noll, M.R., and Hendricks, G.J. 1987. Kinetics and mechanisms of potassium release from sandy Middle Atlantic Coastal Plain soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 51: 1460-1465.
31. Pathak, P., Sahrawat, K.L., Rego, T.J., and Wani, S.P. 2004. Measurable Biophysical Indicators for Impact Assessment: Changes in Soil Quality. In: Shiferaw, B., Freeman, H.A., and Swinton, S.M. (Eds.), Natural resource management in agriculture. Methods for assessing economic and environmental impacts. ICRISAT, Patancheru, India.
32. Soil Survey Staff. 2006. Keys to Soil Taxonomy. USDA, NRCS. 341p.
33. Solomon, D., Fritzsche, F., Tekalign, M., Lemann, J., and Zech, W. 2002. Soil organic matter composition in subhumid Ethiopian Highlands as Influenced by deforrestation and agricultural management. Soil Sci. Soc. Am. J., 66: 68-82.
34. Shepherd, T.G., Saggar Newman, R.H., Ross, C.W., and Dando, J.L. 2001. Tillage induced changes in soil structure and soil organic matter fractions. Aust. J. Soil Res., 39: 465-489.
35. Stoops, G. 2003. Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections. SSSA. Inc. Madison, Winsconsin. 184p.
36. Turco, R.F., Kennedy, A.C., and Jawson, M.D. 1994. Microbial indicators of soil quality, In: Doran, J.W., Coleman, D.F., and Stewart, B.A. (eds), Defining Soil quality for a Sustainable Environment, Soil Sci. Soc. Am. Special Publication, Madison, Wisconsin, USA, 35: 73-90.
37. Vagen, T.G., Andrianorofanomezana, M.A.A., and Andrianorofanomezana, S. 2006. Deforestation and cultivation effects on characteristics of Oxisols in the highlands of Madagascar. Geoderma, 131: 190-200.
38. Wali, M.K., Evrendilek, F., West, T., Watts, S., Pant, D., Gibbs, H., and McClead, B. 1999. Assessing terrestrial ecosystem sustainability usefulness of regional carbon and nitrogen models. Natur. Resour., 35: 20-33.
39. Velayutham, M. 2000. Organic carbon stock in soil of India. Glob. Clim. Trop. Ecosys., 28: 71-95.

www.SID.ir