



دانشگاه گیلان

مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد هجدهم، شماره اول، ۱۳۹۰
www.gau.ac.ir/journals

مطالعه میکرومورفولوژیک تخلخل افق مالیک خاک‌های مالی سولز جنوب گرگان رود تحت تأثیر کاربری‌های مختلف اراضی

*مهسا میرکریمی^۱، فرهاد خرمالی^۲، فرشاد کیانی^۳ و مهدی عاکف^۴

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، آدانشیار گروه خاکشناسی،
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، آستادیار گروه خاکشناسی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
^۲ آستادیار گروه خاکشناسی دانشگاه گیلان
تاریخ دریافت: ۸۸/۱۰/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۹/۱

چکیده

تخریب خاک که در واقع به دنبال تغییر کاربری زمین و پوشش گیاهی آن رخ می‌دهد مشکل محیطی گسترده‌ای است که می‌تواند سبب تغییر ساختمان و به تبع آن خلل و فرج خاک شود. هدف از این مطالعه، ارزیابی کیفی و کمی حفره‌های خاک‌های مالی سولز اراضی جنوب گرگان رود تحت کاربری‌های جنگل، مرتع طبیعی، باغ و زراعی بوده است. در هر یک از این کاربری‌ها یک پروفیل خاک حفر گردید. نمونه‌های خاک به منظور انجام آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی در قالب ۳ تکرار و همچنین نمونه دست‌نخورده برای تلقیح با رزین با قوطی کوبینا برداشته شد. پس از آماده شدن مقاطع نازک میکرومورفولوژی و مطالعه با میکروسکوپ پلاریزان و عکس‌برداری از آنها، درصد تخلخل کل خاک، قطر و مساحت حفره‌ها با استفاده از نرم‌افزار ایمیج تول^۱ ۳،۰ محاسبه شد و داده‌های به دست آمده با نرم‌افزار آماری SAS و آزمون LSD مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج به دست آمده از آنالیز تصویر نشان داد که جنگل و مرتع بکر بالاترین درصد تخلخل و خاک زراعی کم‌ترین درصد تخلخل را دارند. همچنین به دلیل حضور ماشین‌های کشاورزی در کاربری زراعی و فشار ناشی از آن خاک‌دانه‌های موجود در این کاربری شکسته و همین امر سبب شده است که اندازه حفره‌ها از نظر قطر معادل و مساحت نسبت به کاربری‌های طبیعی کاهش یابد. در این کاربری اندازه غالب حفره‌ها در

* مسئول مکاتبه: mahsa_mirkarimi@yahoo.com

1- Image Tool

محدوده کم‌تر از ۲ میکرومتر بودند. در حالی‌که در جنگل و مرتع تنوع حفره‌ها از نظر اندازه و همچنین از نظر مساحت حفره‌های بزرگ‌تر از ۵۰۰ میکرومترمربع و از نظر شکل حفره‌های چنل و واگ درشت بیش‌تر از سایر کاربری‌ها بود که وجود چنین حفره‌هایی می‌تواند باعث گسترش و توزیع بهتر ریشه‌ها و جذب آب و مواد غذایی بیش‌تر، در جنگل و مرتع گردد.

واژه‌های کلیدی: آنالیز تصویر، تخلخل، کاربری اراضی، مالی سولز

مقدمه

امروزه تخریب اراضی به دلیل تغییر کاربری که به‌طور عمده ناشی از فعالیت‌های بشر می‌باشد، کاربری پایدار اراضی را با تهدید مواجه کرده است (دومانسکی و پیری، ۲۰۰۰). شیوه‌ای از کاربری اراضی که پایدار باشد نه تنها برای حفاظت خاک بلکه برای نگهداری یا ارتقای صفات گوناگون آن مورد نیاز است. کاربری‌های مختلف اراضی و کشت و کار شدید به دلیل ایجاد تغییر در خلل و فرج خاک و توزیع اندازه حفره‌ها می‌توانند منجر به نابودی ساختمان خاک و حتی کاهش عملکرد اراضی شوند که این تغییرات روی خصوصیات شکل و تخلخل^۱ خاک‌دانه‌ها، اهمیت مطالعه را در سطح میکرو، در چگونگی مکانیسم توسعه میکروساختمان خاک نشان می‌دهد (کاپور و همکاران، ۲۰۰۷).

یکی از روش‌های مهم و حتی شاید ضروری برای مطالعه خاک در سطح میکرو که توسط بیش‌تر پژوهش‌گران به‌کار می‌رود، مطالعات میکرومورفولوژی^۲ می‌باشد. میکرومورفولوژی عبارت است از روش مطالعه نمونه‌های خاک دست‌نخورده با استفاده از تکنیک‌های میکروسکوپی و فوق میکروسکوپی^۳ به منظور تشخیص اجزای سازنده مختلف آن و تعیین روابط متقابل آن از نقطه نظر زمانی و مکانی (استوپس، ۲۰۰۳). امروزه از آنالیز تصویر^۴ مقاطع نازک خاک جهت کمی کردن توزیع اندازه حفره، ساختمان خاک و مشخص شدن نامنظمی و جهت و شکل حفره‌ها خاک استفاده می‌شود (رینگرز و س، ۱۹۸۷؛ رینگرز و س، ۲۰۰۶). این تکنیک اجازه ارزیابی کمی پدیده‌های خاک که معمولاً در مزرعه با چشم آشکار دیده می‌شوند، را می‌دهد (مورفی و همکاران، ۱۹۷۷). کمی کردن شکل،

- 1- Porosity
- 2- Micro Morphology
- 3- Ultra Microscopy
- 4- Image Analysis

اندازه، پیوستگی، جهت و نامنظمی حفره‌ها اجازه پیش‌بینی تغییراتی که به دنبال تغییر ساختمان خاک به وسیله شیوه‌های مدیریتی متفاوت یا به واسطه تخریب خاک که به دنبال تراکم یا تشکیل پوسته‌های سطحی انتظار می‌رود را می‌دهد (پاگلیای و همکاران، ۲۰۰۴).

نوع پوشش گیاهی و کشت و کار انجام شده بر روی اراضی، پارامترهای فیزیکی خاک مانند جرم مخصوص ظاهری، تخلخل و سرعت نفوذ آب و پارامترهای مرتبط با خاک‌دانه‌بندی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (کاتسوارپو و همکاران، ۲۰۰۲). پژوهش‌های انجام شده توسط اینارد و همکاران (۲۰۰۴)، کلایک (۲۰۰۵) و ژوروویک و همکاران (۲۰۰۶) نشان داده است که تراکم ناشی از کشت و کار در اراضی زراعی سبب افزایش وزن مخصوص نسبت به خاک اراضی بکر می‌شود.

بر طبق نظر رینگرز و س (۱۹۹۶) فضای هندسی حفره‌های خاک در رشد ریشه‌ها و حرکت آب و هوا در خاک مؤثر است که این موضوع می‌تواند بر زه‌کشی و نفوذپذیری آب در خاک اثرگذار باشد. توزیع اندازه مناسب حفره‌ها در خاک با اثر بر روی ساختمان خاک، تولید محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد زیرا می‌تواند عمق نفوذ ریشه، مقدار جذب آب، حرکت آب و هوا و حتی حضور جانوران را در خاک کنترل کند (لانگ‌مک، ۱۹۹۹). به گونه‌ای که وجود حفره‌های ریز و هم حفره‌های درشت در خاک با توجه به نقشی که ایفا می‌کنند ضروری است (پاگلیای و همکاران، ۱۹۹۸؛ پاگلیای و ویگنوزی، ۲۰۰۲). این در حالی است که عملیات کشاورزی و فشردگی ناشی از آن سبب کاهش اندازه حفره‌های خاک می‌شود (وایریو و لال، ۲۰۰۶).

طبق نظر گرینلند (۱۹۷۷) حفره‌های با قطر معادل ۵۰-۰/۵ میکرومتر حفره‌های ذخیره‌ای^۱ هستند که وظیفه ذخیره آب برای گیاه و میکروارگانیسم‌ها را بر عهده دارند و حفره‌های ۵۰-۵۰۰ میکرومتر حفره‌های انتقالی^۲ می‌باشند که هم در رابطه آب، خاک و گیاه مهم هستند و هم در نگهداری شرایط ساختمانی خوب برای خاک و حفره‌های بزرگ‌تر از ۵۰۰ میکرومتر روی نفوذ ریشه و حرکت آب در خاک فعالیت می‌کنند. همچنین پاگلیای (۱۹۸۸) با به کار بردن آنالیز تصویر نشان داد که وقتی کل حفره‌های درشت خاک (حفره‌های بزرگ‌تر از ۵۰ میکرومتر مربع) کم‌تر از ۱۰ درصد باشد، خاک متراکم و بین ۲۵-۱۰ درصد، تخلخل متوسط و مابین ۴۰-۲۵ درصد، خاک متخلخل و اگر بیش‌تر از ۴۰ درصد باشد، خاک کاملاً متخلخل است.

1- Storage Pores

2- Transmission Pores

پاگیلای و همکاران (۲۰۰۴) در پژوهش بر روی کرت‌ها با تیمارهای مختلف اظهار داشتند که در کرت شاهد به دلیل نیفزودن ماده آلی، وجود حفره‌های ۵۰-۳۰ میکرومتری بارز است (احتمالاً به دلیل معدنی شدن مواد آلی خاک، کاهش حفره‌های درشت^۱ اتفاق افتاده است) در حالی که در کرت‌هایی که تیمار کمپوست و بستر دام داشتند حفره‌های بزرگ‌تر از ۵۰۰ میکرومتر دیده شد که دارای اثرات مثبت روی ساختمان خاک بود. همچنین گلب و کولیگ (۲۰۰۸) در پژوهش خود بر روی خاک‌های چرنوزمی^۲ زیر کشت گندم با مواد مادری لسی اعلام کردند که حفره‌های درشت در خاک‌های زیر کشت قراردادی به طور مشخص نسبت به خاک‌های زیر کشت و کار کم بیش تر است و همچنین افزودن مالچ به تیمار تحت کشت و کار کم حفره‌های درشت خاک به قطر ۵۰-۵۰۰ میکرومتر را افزایش می‌دهد.

کاربری اراضی متفاوت و شیوه‌های مدیریتی مختلف می‌توانند روی فعالیت بیولوژیکی در خاک اثر بگذارند. انواع کاربری اراضی می‌توانند تشکیل و حفظ حفره‌های زیستی^۳ را که حفره‌های بزرگ‌تر از ۱۰۰۰ میکرومتر هستند (لی، ۱۹۸۵) و برای حرکت آب و توسعه ریشه مهم می‌باشند را تحت تأثیر قرار دهند (پاگیلای و دنوبیلی، ۱۹۹۳). حضور جانوران خاک‌زی نقش مهمی را در ایجاد و تغییر ساختمان خاک از طریق اثر گذاشتن روی فضای حفره و خاک‌دانه‌های پایدار در آب بازی می‌کنند و فعالیت حفاری کرم‌های خاکی، اندازه حفره‌ها به ویژه حفره‌های درشت را افزایش می‌دهد (فرانسیس و فراسر، ۱۹۹۸) و کشت و کار در اراضی زراعی، جانوران خاک‌زی را تا حدود ۷۰ درصد از بین می‌برد (باستروم، ۱۹۹۵).

خاک‌های مالی سولز^۴ به دلیل وجود ماده آلی و حاصل خیزی زیاد، به مقدار قابل توجهی به وسیله انسان برای تولید غذا مورد استفاده قرار می‌گیرند. این خاک‌ها اغلب از مواد متعلق به دوران چهارم زمین‌شناسی و در شیب‌های ملایم یا متوسط تشکیل یافته‌اند. با توجه به وجود بیش از ۷۰ هزار هکتار مالی سولز در بخش جنوب گرگان‌رود این پژوهش بر روی این خاک‌ها انجام شده است. هدف از این پژوهش، بررسی و ارزیابی درصد تخلخل کل، سطح حفره، شکل و توزیع اندازه حفره‌های خاک با استفاده از میکرومورفولوژی و آنالیز تصویر در افق‌های سطحی کاربری‌های مختلف خاک‌های مالی سولز می‌باشد.

- 1- Macroporosity
- 2- Chernozem
- 3- Biopore
- 4- Mollisols

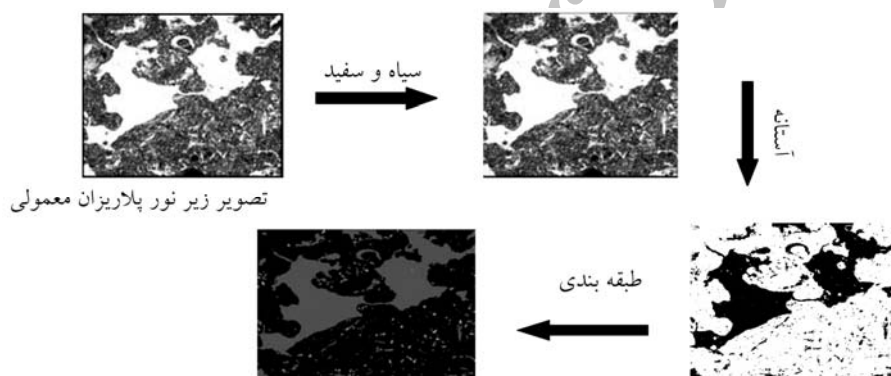
مواد و روش‌ها

این پژوهش بر روی خاک‌های مالی‌سولز با مواد مادری مشتق شده از لس در جنوب گرگان‌رود واقع در استان گلستان انجام گرفت. منطقه مورد بحث جزو مناطق اقلیمی مدیترانه‌ای محسوب می‌شود. میانگین دما در این منطقه حدود ۱۷ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالانه در حدود ۵۵۰ میلی‌متر است. رژیم رطوبتی و حرارتی خاک زریک^۱ - ترمیک^۲ است. با توجه به موضوع پژوهش که تأثیر نوع کاربری را در تخلخل خاک مقایسه می‌نماید خاک‌های مورد مطالعه در مجاورت هم به‌طوری انتخاب شدند که تأثیر سایر عوامل حذف گردد. در این پژوهش ۴ کاربری جنگل طبیعی، مرتع بکر، باغ و زراعی انتخاب شد. سپس در هر یک از این کاربری‌ها (کاربری‌های باغ و زراعی در ۱۵ سال اخیر تغییری نداشته‌اند) پروفیل مناسب انتخاب و در مجموع ۴ پروفیل حفر گردید. مقداری نمونه خاک به‌منظور اندازه‌گیری پارامترهای کیفیت خاک در قالب ۳ تکرار با آگر از خاک اطراف پروفیل و ۲ نمونه دست‌نخورده هم با قوطی کوبینا برای تهیه مقطع نازک میکرومورفولوژی از هر پروفیل برداشته شد. سپس هر کدام از پروفیل‌ها براساس راهنمای تشریح پروفیل خاک (کارکنان نقشه‌برداری خاک^۳، ۲۰۰۶) تشریح و طبقه‌بندی شدند.

نمونه‌های دست‌نخورده جهت خشک شدن، در هوای آزاد قرار داده شدند تا هوا خشک گردند. برای اشیاع نمونه‌ها از رزین پلی‌استر به نسبت ۶۰ درصد رزین، ۴۰ درصد استون به‌عنوان رقیق‌کننده، ۱۴ قطره کاتالیزر و ۷ قطره کبالت به‌عنوان سخت‌کننده استفاده گردید. اشیاع‌سازی نمونه‌ها در شرایط خلاء و طی چند مرحله با افزودن تدریجی رزین انجام شد و زمان سخت شدن نمونه‌ها حدود ۴ هفته به‌طول انجامید. سپس برش و تهیه مقاطع نازک انجام شده و بررسی مقاطع نازک با میکروسکوپ پلاریزان با بزرگ‌نمایی ۲/۵X صورت پذیرفت و از هر مقطع تهیه شده حدود ۲۰ عکس در نور پلاریزان معمولی^۴ گرفته شد. سپس این عکس‌ها به نرم‌افزار آنالیز تصویر نسخه ۳ منتقل و به‌منظور کمی کردن مورد بررسی قرار گرفتند (داو و همکاران، ۲۰۰۲). قابل ذکر است که با توجه به حضور ناچیز کانی‌های کوارتز و سایر کانی‌هایی که در نور پلاریزان معمولی خصوصیات شبیه حفره‌ها دارند نیازی به استفاده از رنگ‌دانه‌های فلورسانس نبوده و از این نظر آنالیز تصویر بر روی تصاویر با نور پلاریزه معمولی انجام گرفت. اما برپا رفع خطای موجود ناشی از کانی کوارتز مقدار آن به‌طور دستی از تخلخل کل کم شد.

- 1- Xeric
- 2- Thermic
- 3- Soil Survey Staff
- 4- PPL (Plane Polarized Light)

برای حفره‌های تقریباً کروی می‌توان فاکتور قطر معادل حفره^۱ تعریف کرد. قطر معادل حفره عبارت است از قطر دایره‌ای که مساحتی مشابه با مساحت حفره مورد نظر اشغال می‌کند. ۳ کلاس قطر معادل حفره بر حسب میکرومتر و ۵ کلاس مساحت بر حسب میکرومترمربع برای حفره‌های در مقاطع نازک خاک در نظر گرفته شد. پس از انتقال عکس‌های گرفته شده به نرم‌افزار تعریف مقیاس، عکس را به صورت سیاه و سفید^۲ درآورده و محدوده‌های حفره‌ها توسط نرم‌افزار مشخص شد. سپس در بخش طبقه‌بندی نرم‌افزار بالاترین حد کلاس در هر بخش تعیین شد (شکل ۱) و درصد حفره‌ها در هر یک از این کلاس‌ها محاسبه گردید. این پژوهش در قالب طرح تجزیه مرکب در چند مکان انجام شد. همچنین از نرم‌افزار آماری SAS و آزمون LSD برای انجام مقایسه میانگین بین داده‌های به دست آمده استفاده گردید.



شکل ۱- مراحل طبقه‌بندی حفره‌ها بر اساس اندازه آن‌ها در افق سطحی یک خاک مالی سولز.

نتایج و بحث

خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک‌های مورد مطالعه: خاک زمین‌های کشاورزی و باغ همراه با کاربری‌های طبیعی به دلیل حفظ ماده آلی و دارا بودن شرایط افق مالیک جزو مالی سولز طبقه‌بندی شدند. در بررسی نتایج فیزیکوشیمیایی خاک سطحی کاربری‌های مختلف، pH خاک زراعی در محدوده قلیایی و کم‌ترین میزان pH در خاک جنگل دیده شد که به دلیل شستشوی زیاد یون‌های بازی و حضور بیش‌تر CO₂ در این کاربری بوده است. هدایت الکتریکی در همه کاربری‌ها کم بوده و از

1- Feret Diameter

2- Gray Scale

۰/۶۵ دسی‌زیمنس بر متر در جنگل تا ۱/۲۵ دسی‌زیمنس بر متر در مرتع تغییر کرده است. میزان کربن آلی خاک در همه خاک‌رخ‌ها با افزایش عمق روند کاهشی از خود نشان داده که بیش‌ترین میزان آن در خاک سطحی مرتع و کم‌ترین آن در کاربری زراعی دیده شده است. در همه کاربری‌ها جرم مخصوص ظاهری با افزایش عمق زیاد شده و بیش‌ترین مقدار آن در خاک سطحی زراعی و کم‌ترین آن در جنگل و مرتع مشاهده شد. بررسی دانه‌بندی خاک منطقه نشان داد بافت خاک سطحی از کلاس غالب لوم رسی سیلتی در کاربری جنگل و مرتع و همچنین باغ به کلاس سبک‌تر لوم سیلتی در کاربری زراعی تغییر پیدا کرده است. درصد رس در خاک سطحی کاربری زراعی به میزان قابل‌توجهی کاهش یافته در حالی که در جنگل و مرتع بیش‌ترین بوده و همین امر سبب حفظ بیش‌تر رطوبت در کاربری‌های طبیعی شده است. ظرفیت تبادل کاتیونی خاک از سطح به عمق کاهش نشان داده و بیش‌ترین مقدار آن در جنگل ($41 \text{ cmol}^+/\text{kg}$) و کم‌ترین آن در کاربری زراعی ($26 \text{ cmol}^+/\text{kg}$) مشاهده شد و همچنین در بررسی شاخص پایداری خاک‌دانه‌ها بیش‌ترین میزان آن در کاربری جنگل ($1/6$ میلی‌متر) و کم‌ترین میزان آن در خاک سطحی باغ ($0/64$ میلی‌متر) دیده شد (جدول ۱).

جدول ۱- میانگین برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی افق مالیک انواع کاربری اراضی و طبقه‌بندی آن‌ها.

کاربری اراضی	pH	EC (دسی‌زیمنس بر متر)	کربن آلی (درصد)	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌مترمکعب)	ظرفیت تبادل رس کاتیونی (درصد)	میانگین وزنی قطر خاک‌دانه (میلی‌متر)	طبقه‌بندی خاک
جنگل	۶/۴۴	۱/۲۵	۲/۹۵	۱/۵۶	۳۶/۵	۱/۶	Calcic Argixerolls
مرتع	۶/۶	۰/۶۵	۳/۱۳	۱/۵۸	۳۶/۵	۱/۳۱	Typic Haploxerolls
زراعی	۷/۴۲	۰/۷	۱/۱۴	۱/۷۵	۲۲/۷	۰/۸۶	Calcic Argixerolls
باغ	۷/۱۵	۱/۰۷	۱/۹۷	۱/۷۱	۳۲/۵	۰/۶۴	Typic Calcixerolls

مطالعه کیفی میکروسکوپی مقاطع نازک خاک: مشاهدات میکروسکوپی خاک کاربری‌های جنگل و مرتع نشان می‌دهد که قرار گرفتن خاک زیر پوشش طبیعی سبب تشکیل ساختمان مطلوب کروی شده است. این‌گونه ساختمان‌ها با فعالیت زیستی در خاک مرتبط می‌باشد (استویس، ۲۰۰۳). حفره‌های غالب در سطح خاک جنگل از نوع چنل^۱ بوده است که آن نیز تأییدی بر فعالیت‌های طبیعی زیستی

1- Channel

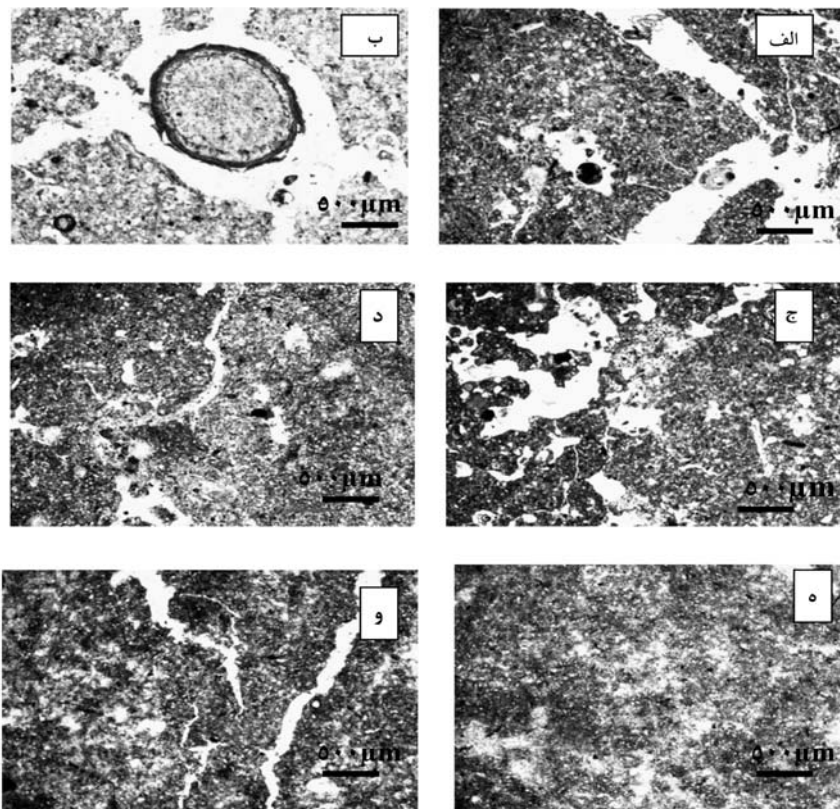
می‌باشد. در کاربری‌های طبیعی بی‌فابریک نوع لکه‌ای^۱ و نامشخص^۲ در خاک سطحی و نوع کریستالیتیک^۳ در عمق خاک دیده شد که نشان از شستشوی آهک به عمق پروفیل و جهت‌یافتگی و تجمع رس در خاک دارد و از پدوفیچرهای غالب در این کاربری‌ها می‌توان فضولات جانوری^۴ و بقایای ریشه را نام برد (کمپ و همکاران، ۲۰۰۴). در حقیقت پوشش طبیعی جنگل و مرتع شرایط مناسبی را جهت تکوین، تکامل و حفظ کیفیت مطلوب خاک در منطقه فراهم نموده است. در حالی که وجود ساختمان‌های مکعبی بدون زاویه در کاربری زراعی نشان می‌دهد که ساختمان مطلوب خاک از بین رفته و ساختمان سطحی خاک تا حدی به نوع توده‌ای تبدیل شده است. مطالعه میکرومورفولوژی خاک نشان می‌دهد که به هم خوردگی پروفیل خاک به دلیل اجرای عملیات زراعی اتفاق افتاده و بی‌فابریک غالب کریستالیتیک در سطح و عمق خاک پدید آمده است و همچنین از پدوفیچرهای غالب در کاربری زراعی می‌توان به ندول آهک^۵ و پرشدگی حفره‌ها با آهک اشاره کرد.

مطالعه کمی حفره‌ها در مقاطع نازک خاک

- نوع حفره‌ها در مقاطع نازک خاک: نوع حفره‌های موجود در مقاطع نازک کاربری‌ها توسط میکروسکوپ پلاریزان بررسی شدند. حفره‌های موجود در کاربری جنگل و مرتع از نوع چنل، چمبر^۶ و درصد کمی واگ^۷ بود اما در کاربری‌هایی که تحت کشت و کار و عملیات خاک‌ورزی قرار گرفته بودند، درصد نوع حفره‌های تغییر کرده و به‌طور عمده حفره‌هایی از نوع واگ، چنل، پلین^۸ و درصد کمی چمبر موجود بود (شکل ۲). در نمونه‌های تحت کشت و کار، حفره‌های واگ و پلین نسبت به جنگل و مرتع بیش‌تر و از درصد چنل‌ها در این مقاطع کاسته شده است زیرا چنل‌ها در نتیجه فعالیت‌های زیستی گیاهان و جانوران خاک، همچنین نفوذ ریشه گیاه و بقایای آن و یا حرکت جانوران در خاک به وجود می‌آیند (کمپ و همکاران، ۲۰۰۴) و از آنجایی که فشردگی و خاک‌ورزی سبب کاهش درصد تخلخل خاک و در نتیجه درصد هوای خاک می‌شود، از میزان فعالیت زیستی خاک در

- 1- Speckled B-Fabric
- 2- Undifferentiated B-Fabric
- 3- Crystallitic B-Fabric
- 4- Excremental Pedofeatures
- 5- Calcite Nodule
- 6- Chamber
- 7- Vugh
- 8- Plane

نمونه‌های تحت خاک‌ورزی کم شده است. بنابراین همین امر سبب شده که از حفره‌های نوع چنل در کاربری زراعی حدود ۳۰ درصد نسبت به جنگل و مرتع کاسته شود. بنابراین اثر مستقیم خاک‌ورزی روی حفره‌های خاک مربوط به از دست رفتن حفره‌های درشت چنل و ریزتر شدن حفره‌های واگ موجود در کاربری‌های طبیعی می‌شود. میانگین درصد هر یک از انواع حفره‌ها در هر کاربری با شمارش نقطه‌ای^۱ مقاطع نازک خاک در زیر میکروسکوپ پلاریزان انجام شد که نتایج به‌دست آمده از این بررسی در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۲- حفره‌های موجود در کاربری‌ها: چنل درشت در کاربری مرتع (الف)، چمبر و چنل‌های مرتبط به آن (ب) و واگ‌های درشت (ج) در افق A جنگل، واگ‌های ریز در افق Ap باغ (د) و زراعی (ه)، حفره‌های پلین در افق Ap زراعی (و).

1- Point Counting



شکل ۳- درصد انواع نوع حفره‌ها در کاربری‌های مختلف.

همان‌طور که در شکل ۳ نیز به خوبی مشهود است درصد حفره‌های واگ و پلین در کاربری‌های تحت خاک‌ورزی بیش‌تر از جنگل و مرتع و همچنین درصد حفره‌های چنل و چمبر در جنگل و مرتع بیش‌تر از کاربری زراعی تحت کشت و باغ می‌باشد.

- اندازه حفره‌ها در مقاطع نازک خاک: اندازه حفره‌ها در زیر میکروسکوپ پلاریزان با استفاده از میکرومتر اندازه‌گیری شد (جدول ۲). اندازه حفره‌ها در کاربری جنگل و مرتع بسیار متنوع بوده و از کم‌تر از ۲ میکرومتر تا چند میلی‌متر تغییر کرده است اما در نمونه‌های تحت کشت و کار به‌خصوص در کاربری زراعی حفره‌های درشت بسیار کم بوده و حفره‌های بزرگ‌تر از ۱۰ میکرومتر به‌ندرت یافت می‌شوند. حفره‌های از نوع واگ در کاربری‌های طبیعی بزرگ‌تر از حفره‌های واگ در نمونه‌های تحت خاک‌ورزی هستند در حالی که تعداد واگ‌ها در نمونه‌های تحت خاک‌ورزی بیش‌تر است. در حقیقت در این اراضی وزن ناشی از حضور ماشین‌های کشاورزی موجب فشردگی خاک شده و ذرات خاک را به هم می‌فشارد. در نتیجه حفره‌ها ممکن است در محلهایی با ذرات خاک پر شوند و یا یک حفره درشت به تعدادی حفره ریز تقسیم شود. اجرای عملیات زراعی سبب کاهش اندازه حفره‌ها می‌شود و به‌طور کلی اندازه حفره‌ها در مقاطع جنگل و مرتع، بزرگ‌تر از مقاطع تحت خاک‌ورزی است (واپریو و لال، ۲۰۰۶). در این پژوهش عمده حفره‌ها در مقاطع نازک کاربری‌های زراعی و باغ از نوع واگ‌های ریز است (شکل ۲- د، ه).

همچنین در بررسی نتایج به دست آمده از آنالیز تصویر دیده شد که در کاربری زراعی درصد حفره‌ها با قطری معادل با ۱۰ میکرومتر کم‌تر از سایر کاربری‌ها است در حالی که در جنگل و مرتع بیش‌تر می‌باشد. در کاربری زراعی، قطر معادل حفره برای بیش‌تر حفره‌ها در محدوده کوچک‌تر از ۲ میکرومتر است و درصد دیگری از حفره‌ها نیز در محدوده ۱۰-۲ میکرومتر قرار دارند. در کاربری‌های زراعی و باغ درصد حفره‌هایی که در کلاس قطر معادل حفره کم‌تر از ۲ میکرومتر هستند از جنگل و مرتع بیش‌تر است و از نظر آماری بین آن‌ها در سطح ۵ درصد اختلاف معنی داری وجود دارد. در حقیقت عملیات خاک‌ورزی، حفره‌ها را به سمت ریزتر شدن پیش می‌برد. وجود حفره‌های ریز در خاک‌های تحت کشت و کار با افزایش مقدار آب در خاک و در نتیجه افزایش آب قابل دسترس برای گیاه مرتبط است (پاگلیای و همکاران، ۱۹۹۸). در حالی که در کاربری‌های طبیعی، در هر کلاس قطر معادل حفره، درصدی از حفره‌های موجود می‌باشد یعنی در جنگل و مرتع، تنوع حفره‌ها از نظر قطر معادل حفره بیش‌تر از کاربری‌های زراعی و باغ است. نتیجه بالا با مطالعه وایریو و لال (۲۰۰۶) مطابقت دارد. همچنین حضور بیش‌تر ماده آلی و تشکیل خاک‌دانه در کاربری‌های طبیعی سبب ایجاد بیش‌تر حفره‌های درشت نسبت به سایر کاربری‌ها شده که اثرات مفیدی روی نفوذ ریشه و حرکت آب دارد (پاگلیای و ویگنوزی، ۲۰۰۲). حفره‌های با قطر معادل ۱۰-۲ میکرومتر به ترتیب در کاربری زراعی، باغ، جنگل و سپس در مرتع بیش‌تر است.

جدول ۲- جدول تجزیه واریانس اثر کاربری بر روی قطر معادل و مساحت حفره‌ها در کلاس‌های مختلف.

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		قطر معادل حفره			مساحت حفره				
		>۲	۱۰-۲	>۱۰	۵	۵-۵۰	۵۰-۵۰۰	۵۰۰-۱۰۰۰	>۱۰۰۰
کاربری	۳	۱۱/۳۹**	۲/۶۹**	۲۲/۷**	۶۶/۶۶**	۷/۲۵*	۲/۶۵ ^{ns}	۴۵/۳۸**	۹/۱۸**
خطا	۴	۰/۶۴	۰/۱۷	۰/۱۲	۰/۹۷	۱/۳۲	۰/۸۷	۰/۳	۰/۶۲
کل	۷								

** معنی‌دار در سطح ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ^{ns} غیر معنی‌دار.

جدول ۳- مقایسه میانگین درصد حفره‌های به‌دست آمده با آنالیز تصویر در هر کلاس قطر معادل و مساحت حفره*.

کاربری اراضی	میانگین درصد حفره‌ها در هر کلاس مساحت حفره (میکرومترمربع)				میانگین درصد حفره‌ها در هر کلاس قطر معادل حفره (میکرومتر)		
	۱۰۰۰ <	۵۰۰-۱۰۰۰	۵۰-۵۰۰	۵ >	۱۰ <	۲-۱۰	۲ >
جنگل	۵/۸ ^a	۹/۶ ^a	۱۵/۱ ^a	۲۷/۶ ^b	۴۱/۸ ^c	۱۱/۴ ^a	۵۲/۳ ^b
مرتع	۳/۱ ^b	۱۰/۴ ^a	۱۳/۲ ^a	۲۷/۱ ^b	۴۶/۱ ^b	۱۱/۷ ^a	۳۵/۷ ^b
زراعی	۱/۷ ^b	۱/۵ ^b	۱۲/۵ ^a	۳۰/۷ ^a	۵۳/۳ ^a	۴/۷ ^c	۵۶/۵ ^a
باغ	۰/۹ ^b	۲/۱ ^b	۱۲/۹ ^a	۳۰/۵ ^a	۵۳/۶ ^a	۷/۰ ^b	۳۶/۳ ^b

* حروف مشابه در هر ستون نمایانگر نبود اختلاف معنی‌دار بین کاربری‌ها در سطح آماری ۵ درصد می‌باشد.

- مساحت حفره‌ها در مقاطع نازک خاک: همان‌طور که در جدول ۳ مشخص است درصد حفره‌های به‌دست آمده از آنالیز تصویر با مساحت کم‌تر از ۵۰ میکرومترمربع در جنگل و مرتع به‌دلیل وجود ماده آلی بیشتر، کم‌تر بوده و در کاربری زراعی به‌علت وجود عملیات خاک‌ورزی و تراکم بیشتر که سبب کاهش سطح حفره‌ها می‌شود، بیشتر از سایر کاربری‌ها است. نتایج به‌دست آمده با نتایج وایریو و لال (۲۰۰۶) و گلب و کولیک (۲۰۰۸) مطابقت دارد. حفره‌های ۵۰-۵۰۰ میکرومترمربع در جنگل بیشتر از سایر کاربری‌ها است اما از نظر آماری اختلافی بین کاربری‌ها نمی‌باشد. در جنگل و مرتع به‌دلیل وجود ماده آلی بیشتر، فعالیت بیشتر جانوران خاک‌زی و نبود عملیات خاک‌ورزی، سطح حفره‌ها بزرگ‌تر از ۵۰۰ میکرومترمربع از سایر کاربری‌ها بیشتر است و باغ هم به‌علت وجود ریشه‌های ضخیم و گسترده که سبب ایجاد سطح حفره‌ها بزرگ می‌شود در رتبه بعد از جنگل و مرتع قرار دارد. در این پژوهش دیده شد که در کاربری زراعی به‌دلیل تخریب بیشتر ساختمان خاک طی عملیات خاک‌ورزی و از بین رفتن سطح حفره‌های بزرگ، وجود حفره‌های بزرگ‌تر از ۵۰۰ میکرومترمربع کم‌تر از سایر کاربری‌ها است و دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد با جنگل و مرتع می‌باشد. همچنین حفره‌های بزرگ‌تر از ۱۰۰۰ میکرومترمربع در جنگل به‌دلیل حضور بیشتر جانوران خاک‌زی بیشتر از سایر کاربری‌ها دیده شد.

بررسی طبقه‌بندی تخلخل خاک‌ها به روش پاگلیای (۱۹۸۸) نشان داد که از بین کاربری‌های مورد مطالعه در این پژوهش، جنگل و مرتع دارای ساختمان متخلخل و کاربری‌های زراعی و باغ جزو خاک‌های با تخلخل متوسط محسوب می‌شوند.

- درصد تخلخل کل

الف) از طریق جرم مخصوص ظاهری: اندازه‌گیری جرم مخصوص ظاهری در خاک سطحی هر یک از کاربری‌ها نشان داد که جرم مخصوص ظاهری در جنگل و مرتع نسبت به سایر کاربری‌ها که عملیات زراعی و کشت و کار در آن‌ها انجام شده، کم‌تر است و همین امر سبب شده که کاربری زراعی به دلیل عملیات خاک‌ورزی و فشردگی که سبب کاهش فضای هوای خاک و در نتیجه حجم کل خاک می‌شود، دارای تخلخل کم‌تری در سطح خاک حتی نسبت به کاربری باغ باشد (جدول ۴). نتایج این بخش با نتایج اینارد و همکاران (۲۰۰۴)، کلایک (۲۰۰۵)، ژوروویک و همکاران (۲۰۰۶) مطابقت دارد.

ب) با تکنیک آنالیز تصویر در مقاطع نازک خاک: نتایج به دست آمده از آنالیز تصویر بیانگر این بود که کاربری‌های طبیعی مانند جنگل و مرتع نسبت به کاربری‌های تحت کشت و کار دارای درصد تخلخل بیش‌تری هستند (جدول ۴). در نمونه‌های تحت کشت و کار به علت تردد انسان‌ها و ماشین‌های کشاورزی در سطح خاک و فشار ناشی از آن، ذرات خاک به هم نزدیک شده و فضای خلل و فرج خاک کاهش یافته است. همچنین این فشار، سبب شکسته شدن خاک‌دانه‌های موجود شده و آن‌ها را به خاک‌دانه‌های کوچک‌تر تبدیل می‌کند که فضای حفره‌ها را پر می‌کنند (لانگ‌مک، ۱۹۹۹). در خاک‌های جنگلی و مرتعی حفره‌های خاک قسمت اعظم فضا را اشغال کرده‌اند و خاک‌دانه‌ها در حالت اولیه و پایدار قرار داشته و به خوبی قابل تمایز از یکدیگرند. حضور ماده آلی قابل توجه در این خاک‌ها باعث ایجاد میکروساختمان کروی شده است که به طور عمده ناشی از فعالیت جانوران خاک‌زی در خاک بوده و نشانه‌ای از فرایند درهم‌آمیختگی زیستی^۱ در خاک می‌باشد (کمپ و همکاران، ۲۰۰۴).

در کاربری زراعی درصد تخلخل کل از جنگل و مرتع بسیار کم‌تر بوده است زیرا کشت و کار در این اراضی در طی سال‌ها سبب ضعیف شدن ساختمان خاک شده و بدیهی است وجود چنین ساختمان نامطلوبی مانع تهویه مناسب خاک و نفوذ ریشه در کشت‌های بعدی می‌شود. همچنین در این شرایط احتمال می‌رود، کاربرد زیاد شخم توسط تراکتور باعث شکسته شدن خاک‌دانه‌های خاک سطحی و فشردگی خاک زیرین و حتی کاهش عملکرد محصول می‌گردد.

1- Bioturbation

نتایج آزمون مقایسه میانگین درصد تخلخل کل در کاربری‌های متفاوت نشان داد که میانگین درصد تخلخل کل در جنگل و مرتع از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با هم ندارند اما در سایر کاربری‌ها دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد با جنگل و مرتع است. این موضوع به میانگین جرم مخصوص ظاهری در این کاربری‌ها برمی‌گردد که در اراضی زراعی و باغ متفاوت از جنگل و مرتع می‌باشد. میانگین جرم مخصوص ظاهری در کاربری زراعی بیش‌تر از کاربری‌های طبیعی و حتی باغ است. بنابراین میانگین درصد تخلخل کل در این کاربری کم‌تر از سایر کاربری‌ها می‌باشد.

جدول ۴- مقایسه میانگین درصد تخلخل کل در کاربری‌های مورد مطالعه.

درصد تخلخل کل		کاربری اراضی
محاسبه شده از طریق جرم مخصوص ظاهری*	با استفاده از تکنیک آنالیز تصویر	
۴۱/۱ ^a	۴۲/۸ ^a	جنگل
۴۰/۳ ^{ab}	۴۱/۵ ^{ab}	مرتع
۳۳/۹ ^b	۳۴/۳ ^c	زراعی
۳۵/۴ ^b	۳۷/۰ ^{bc}	باغ

* جرم مخصوص حقیقی ۲/۶۵ در نظر گرفته شده است و حروف مشابه در هر ستون نمایانگر نبود اختلاف معنی‌دار بین کاربری‌ها در سطح آماری ۵ درصد می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان می‌دهد که با توجه به حضور ماشین‌های کشاورزی و اجرای عملیات خاک‌ورزی در کاربری زراعی و باغ که سبب تراکم و در نتیجه کاهش فضای خلل و فرج خاک شده است، این تراکم و فشار ناشی از آن همچنین سبب شکسته شدن خاک‌دانه‌های موجود شده و آن‌ها را به خاک‌دانه‌های کوچک‌تر تبدیل کرده که فضای حفره‌ها را پر می‌کنند و به این ترتیب باز هم از فضای خلل و فرج خاک کاسته شده است. به همین جهت در این خاک‌ها، تراکم خاک سبب کاهش اندازه حفره‌ها از نظر قطر معادل حفره و درصد مساحت حفره‌ها شده است. همان‌طور که در نتایج نیز آمده در کاربری‌های تحت خاک‌ورزی، حفره‌های بزرگ‌تر از ۱۰ میکرومتر بسیار کم مشاهده شد و بیش‌تر حفره‌ها اندازه‌ای در حد ۲ میکرومتر داشتند.

از نظر مساحت نیز، حفره‌های بزرگ‌تر از ۵۰ میکرومتر مربع در کاربری زراعی به دلیل تخریب بیش‌تر ساختمان خاک در طی خاک‌ورزی کم‌تر از سایر کاربری‌ها بود. بنابراین این خاک جزو خاک‌های با تراکم متوسط طبقه‌بندی می‌شود در حالی که در جنگل و مرتع به علت وجود ماده آلی بیش‌تر، فعالیت بیش‌تر جانوران خاک‌زی، اجرا نشدن عملیات خاک‌ورزی و وجود میکروساختمان کروی، سطح حفره‌ها بزرگ‌تر از ۵۰۰ میکرومتر مربع بیش‌تر از سایر کاربری‌ها و حتی باغ می‌باشد که این امر سبب گسترش بیش‌تر ریشه‌ها و جذب بهتر آب و مواد غذایی در این کاربری‌ها می‌شود. همچنین کشت و کار در خاک‌های کشاورزی، نوع حفره‌ها را نیز دچار تغییراتی کرده و سبب افزایش درصد حفره‌های واگ و پلین و کاهش درصد حفره‌های چنل در این مقاطع نسبت به جنگل و مرتع شده است. بنابراین آگاهی از سیستم حفره‌های خاک می‌تواند شناخت خوبی درباره کیفیت خاک و قدرت آسیب‌پذیری آن در طی فرایندهای تخریبی خاک که به‌طور عمده با فعالیت بشر مرتبط است دهد و همچنین شناسایی و کشف تغییراتی که به دنبال تغییر کاربری و پوشش اراضی رخ می‌دهد می‌تواند به مدیران و برنامه‌ریزان کمک کند تا عوامل مؤثر در کاربری و پوشش اراضی را شناسایی کرده و از آن در سطوح مختلف برنامه ریزی استفاده نمایند.

منابع

1. Bastrom, U. 1995. Earthworm population (Lumbricidae) in ploughed and undisturbed soils. *Soil and Tillage Res.* 35: 125-133.
2. Celik, I. 2005. Land-use effects on organic matter and physical properties of soil in a southern Mediterranean highland of Turkey. *Soil and Tillage Res.* 83: 2. 270-277.
3. Djurovic, N., Dugalic, G., and Gajic, B. 2006. Comparison of soil organic matter content, aggregate composition and water stability of Gleyic Fluvisol from adjacent forest and cultivated areas. *Agron. Res.* 4: 2. 499-508.
4. Dove, B., Gereer, D., McDavid, D., and Wilcox, D. 2002. UTHSCSA Image 3.0 Software. The University of Texas Health Science Center, San Antonio, 100p.
5. Dumanski, J., and Pieri, C. 2002. Land quality indicators: research plan. *Agriculture, Ecosystems and Environ.* 81: 93-102.
6. Eynard, A., Schumacher, T.E., Lindstorm, M.J., and Malo, D.D. 2004. Porosity and pore-size distribution in cultivated Ustolls and Usterts. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68: 1927-1934.
7. Francis, G.S., and Fraser, P.M. 1998. The effects of three earthworm species on soil macroporosity and hydraulic conductivity. *Soil Eco.* 10: 11-19.

8. Glab, T., and Kulig, B. 2008. Effect of mulch and tillage system on soil porosity under wheat. *Soil and Tillage Res.* 99: 169-178.
9. Greenland, D.J. 1977. Soil damage by intensive arable cultivation: temporary or permanent? *Philos. Tran. R. Soc. Lon.* 281: 193-208.
10. Kapur, S., Ryan, J., Akca, E., Celik, I., Pagliai, M., and Tulun, Y. 2007. Influence of Mediterranean cereal-based rotations on soil micromorphological characteristics. *Geoderma.* 142: 318-324.
11. Katswaro, T., Cox, J.W., and Van Es, H. 2002. Tillage and rotation effects on soil physical properties. *Agron. J.* 94: 299-304.
12. Kemp, R.A., Toms, P.S., King, M., and Krohling, D.M. 2004. The pedosedimentary evolution and chronology of Tortugas, a late Quaternary type-site of northern Pampa, Argentina. *Quaternary International*, 114: 101-112.
13. Langmaack, M. 1999. Earthworm communities in arable land influenced by tillage, compaction, and soil. *Z. Okol. Natursch.* 8: 11-21.
14. Lee, K.E. 1985. *Earthworms: Their Ecology and Relationships With Soils and Land Use.* Academic Press, New York.
15. Murphy, C.P., Bullock, P., and Biswell, K.J. 1977. The measurement and characterization of void in soil thin sections by image analysis: Part II. Applications. *J. Soil Sci.* 28: 509-518.
16. Pagliai, M. 1988. Soil porosity aspects. *Int. Agrophysics*, 4: 215-232.
17. Pagliai, M., and De Nobili, M. 1993. Relationships between soil porosity, root development and soil enzyme activity in cultivated soils. *Geoderma*, 56: 243-256.
18. Pagliai, M., Rouseva, S., Vignozzi, N., Piovanelli, C., Pellegrini, S., and Miclaus, N. 1998a. Tillage Impact on Soil Quality. I. Soil Porosity and Related Physical Properties. *Ital. J. Agro.* 2: 11-20.
19. Pagliai, M., and Vignozzi, N. 2002. The soil pore system as an Indicator of soil quality. *Sustainable Land Management-Environmental Protection, Adv. Geo Ecol.* 35: 69-80.
20. Pagliai, M., Vignozzi, N., and Pellegrini, S. 2004. Soil structure and the effect of management practices. *Soil and Tillage Res.* 79: 131-143.
21. Ringrose-Voase, A.J. 1987. A scheme for the quantitative description of soil macrostructure by image analysis. *J. Soil Sci.* 38: 343-356.
22. Ringrose-Voase, A.J. 1996. Mesurment of soil macropore geometry by image analysis of section through impregnated soil. *Plant and Soil.* 183: 1. 27-47.
23. Ringrose-Voase, A.J. 2006. Micromorphology of soil structure-description, quantification, application. *Aust. J. Soil Res.* 29: 6. 777-8B.
24. Soil Survey Staff. 2006. *Key to Soil Taxonomy*, 10th ed. U.S. Department of Agriculture, 250p.
25. Stoops, G. 2003. *Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin section.* SSSA. Inc. Madison, Winsconsin, 182p.
26. Wairiu, M., and Lal, R. 2006. Tillage and land use effects on soil microporosity in Ohio, USA and Kolombangara, Solomon Islands. *Soil and Tillage Res.* 88: 80-84.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 18(1), 2011
www.gau.ac.ir/journals

Micromorphological investigation of mollic epipedon porosity in Mollisols of the southern Gorgan River under different land uses

***M. Mirkarimi¹, F. Khormali², F. Kiani³ and M. Akef⁴**

¹M.Sc. Student, Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ²Associate Prof., Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ³Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,

⁴Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Gilan University

Received: 2010/01/03; Accepted: 2010/11/22

Abstract

Soil degradation that sometimes occurs as the result of land use change and its vegetation cover is a widespread environmental problem that may lead to the changes in soil structure and porosity. The aim of this study, was the qualitative and quantitative micromorphological evaluation of voids in Mollisols formed on the southern Gorgan River plain. The studied land uses consisted of natural forest, pasture, orchards and cultivated land. A soil profile was dug in each of land uses. Soil samples were collected for physico-chemical analyses in three replications and also undisturbed samples for impregnation with resin by Kubiena box. Following preparation of thin sections and study by polarized microscope, the photographs were prepared and the total porosity, diameter and area of voids were determined by Image Tool 3.0 software. The data were analysed with SAS software and LSD's test. Results of image analysis indicated that original forest and pasture had the highest percentage of porosity and the cultivated soil had the lowest one. Moreover, because of agricultural machinery in cultivated land and soil compaction, aggregates were mainly broken which reduced the size of voids in terms of feret diameter and area compared with the natural land uses. The dominant size of voids was lower than $2\mu\text{m}$ in the cultivated land. While the variations of voids in terms of size and area of the voids larger than $500\mu\text{m}^2$ and also presence of channels and large vughs were higher in forest and pasture than other uses. The presence of such voids can cause better extension and distribution of roots and higher water and nutrient uptake in forest and pasture.

Keywords: Image analysis, Porosity, Land use, Mollisols

* Corresponding Author; Email: mahsa_mirkarimi@yahoo.com