دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
بوم‌شناسی جنگل‌های ایران

"مقاله پژوهشی"

تأثیر پوشش اراضی جنگلی و غیرجنگلی بر محتوی مواد آلی، اسیدهای فولویک و هیومیک خاک

یحیی کوچ[۱]، فائزه سادات طریقت[۲] و کتایون حق‌وردی[۳]

۱- دانشیار گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، (نویسنده مسوول: yahya.kooch@modares.ac.ir)
۲- دانشجوی دکتری علوم جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان
۳- استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۶/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۲/۱۵
صفحه: ۳۹ تا ۴۶

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: امروزه نقش موثر مواد آلی در بهبود بهره‌وری خاک به اثبات رسیده است. با توجه به حساسیت بخش پایدار ماده آلی نسبت به شیوه‌های مدیریت اراضی، علاوه بر محتوی کل مواد آلی، بررسی روند تغییر ترکیبات مختلف آن نیز از اهمیت بالایی برخوردار است. در واقع ترکیبات هیومیکی مواد آلی از متغیرهای کارآمد در تعیین تکامل ماده آلی و میزان تثبیت کربن در سیستم خاک می‌باشند که کیفیت و کمیت آنها تحت تاثیر نوع پوشش اراضی متفاوت خواهد بود. با توجه به گستردگی کاربری اراضی شمال کشور، پژوهش حاضر به بررسی اثرات این پوشش اراضی بر محتوی مواد آلی خاک و ترکیبات هیومیکی آن پرداخته است.

مواد و روش‌ها: در این راستا مطالعه‌ای در حوضه آبخیز رود تجن و در پنج کاربری شامل جنگل راش، جنگل‌کاری ون، جنگل‌کاری کاج سیاه، توده مخروبه و اراضی کشاورزی انجام شد. در هر کاربری هشت نقطه انتخاب و نمونه‌های خاک در یک سطح ۲۵ × ۲۵ تا عمق ۱۵ سانتی‌متری برداشت شدند.

یافته‌ها: بیشترین محتوی مواد آلی (۴/۶۸ درصد)، اسید فولویک (۶۶۸/۷۵۰ میلی‌گرم بر صد گرم خاک) و اسید هیومیک (۹۷۶/۶۲۰ میلی‌گرم بر صد گرم خاک) در پوشش تحت اراضی کشاورزی مشاهده شد. برخی مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک نیز اندازه‌گیری شدند که تنها درصد سیلت بین کاربری‌ها تفاوت معنی‌داری نشان نداد.

نتیجه‌گیری: هرچند مطابق نتایج بالاترین سهم ترکیبات آلی در عرصه کشاورزی مشاهده شد با این حال با توجه به نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی، شرایط خاک از نظر تغذیه‌ای و فعالیت‌های میکروبی در عرصه‌های جنگلی مطلوب‌تر بوده و می‌توان کیفیت بهتر بقایا در کنار شرایط مساعد محیطی و فعالیت‌های میکروبی بیشتر را عامل کاهش نرخ تجمع بقایای آلی به دنبال فرآیند تجزیه و معدنی‌سازی مواد آلی در کاربری جنگل دانست. نتایج این پژوهش به اهمیت قابل توجه حفظ جنگل‌های طبیعی تأکید می‌نماید. همچنین در مناطق جنگلی تخریب‌یافته شمال کشور، استقرار گونه درختی ون می‌تواند گونه منتخب جهت بهبود شاخص‌های کیفی و سلامت خاک مدنظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: اسیدهای آلی، تنفس پایه، جنگل‌کاری، کرم خاکی، نماتدهای خاک‌زی

مقدمه

محتوی مواد آلی خاک که اغلب به شکل محتوی کربن آلی خاک اندازه‌گیری می‌شود شاخص کلیدی کیفیت و حاصلخیزی خاک محسوب می‌شود. مواد آلی از طریق فراهم‌سازی انرژی، فعالیت‌های زیستی خاک را تقویت و به شکل مستقیم مشخصه‌های کیفی خاک را اصلاح و از آلودگی و تخریب خاک جلوگیری می‌کنند (۱۱). این ترکیبات نسبت به فعالیت‌های انسانی مانند شیوه‌های مدیریت زمین آسیب‌پذیر هستند و با توجه به مقادیر متفاوت مواد آلی در کاربری‌های اراضی، شناخت اثرات کاربری‌های مختلف بر مواد آلی خاک ضرورت دارد. کاربری‌های مختلف با تحریک تغییرپذیری مشخصه‌های خاک، کیفیت و کمیت مواد آلی را تحت تاثیر قرار می‌دهند (۲۵). در این بین تبدیل عرصه‌های جنگلی و علفزارها به اراضی کشاورزی، نرخ بیشتری از تخریب کیفی خاک و کاهش مواد آلی خاک را نشان داده است (۳). سطح مواد آلی خاک‌های زراعی ایران عمدتاً کمتر از یک درصد است که این امر ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی در سالیان اخیر می‌باشد (۱۴). با این حال در صورت اعمال مدیریت صحیح، امکان بهبود کیفیت خاک وجود دارد.

محتوی کل مواد آلی شامل ترکیبات هیومیکی و غیرهیومیکی است. اجزای هیومیکی نسبت به ساختارهای غیرهیومیکی مواد آلی ترکیبات پایدارتری هستند که نقش مؤثری در جریان مواد مغذی نظام‌های بوم‌شناختی دارند و بخش قابل توجهی از کل کربن و نیتروژن آلی خاک را تشکیل می‌دهند (۶). ترکیبات هیومیکی ظرفیت بافری خاک را بهبود می‌بخشند، رطوبت خاک را افزایش می‌دهند، موجب دسترسی گیاه به ریز مغذی‌ها شده و از طریق ایجاد پیوند با فلزات، موجب کاهش سمیت فلزات سنگین در خاک می‌شوند. این ترکیبات ۴۰-۶۰ درصد از مواد آلی خاک را تشکیل داده و شامل سه بخش کلی ترکیبات هیومین (ذرات نامحلول هیومیکی)، هیومیک اسید (ذرات محلول در شرایط قلیایی) و فولویک اسید (ذرات محلول در شرایط اسیدی و قلیایی) می‌باشند (۶). پژوهش‌های اندکی از مطالعات داخلی به بررسی بخش هیومیکی مواد آلی خاک در انواع کاربری‌ها پرداختند و تمرکز تحقیقات انجام شده بر کاربرد اسیدهای آلی هیومیکی در رابطه با تولیدات کشاورزی بوده است.

صیقلانی وهمکاران (۱۹) در مطالعه اثر گونه‌های سفیدپلت، توسکا قشلاقی و دارتالاب بر ویژگی‌های شیمیایی خاک در اراضی جنگلی آستانه اشرفیه، محتوی اسید فولویک و هیومیک را در توده‌های مذکور بررسی کردند. مطابق با نتایج آنها توده دارتالاب مقادیر بیشتری از ترکیبات هیومیکی را در خاک نشان داده است و دو توده دیگر تفاوت معنی‌داری نشان نداده‌اند. واکوز و همکاران (۲۱) در بررسی تأثیر کاربری اراضی بر کیفیت و کمیت ترکیبات آلی، محتوی ترکیبات هیومیکی، اسید فولویک و اسید هیومیک در سه کاربری شامل مناطق

بکر، مرتع و کشاورزی واقع در بخش مرکزی جنوب آرژانتین، کاهش ۵۰–۷۵ درصدی محتوی اسیدهای فولویک و هیومیک را به دنبال تغییر کاربری گزارش داده‌اند. کوتزه و همکاران (۱۰) روند تغییرات ترکیبات هومیکی خام، اسیدهای فولویک و هیومیک را در سه کاربری شامل عرصه طبیعی، منطقه احیایی و اراضی کشاورزی در آفریقای جنوبی بررسی کردند. مطابق با نتایج، بیشترین میزان ترکیبات هیومیکی، بجز اسید فولویک در عرصه طبیعی مشاهده شد. مناطق کشاورزی بالاترین مقادیر اسید فولویک را نشان داده‌اند.

گسترده‌ترین اشکال کاربری اراضی شمال کشور تبدیل اراضی جنگلی به کشاورزی و احیای جنگل‌های مخروبه از طریق جنگل‌کاری با انواع گونه‌های بومی و غیربومی یا سوزنی‌برگ و پهن‌برگ می‌باشد. خاک این مناطق طی سال‌های متمادی همراه با گونه‌های بومی استقرار یافته و بازده طبیعی خود را داشته است. در برخی موارد عرصه‌های طبیعی بدون توجه به اصول بوم‌شناختی تغییرکاربری می‌شوند و در گذر زمان کیفیت خاک به شدت کاهش می‌یابد. کاربری اراضی ارتباط مستقیمی با محتوی ماده آلی خاک دارد، در این بین ترکیبات هیومیکی شامل اسیدهای فولویک و هیومیک با وجود طبیعتی پایدار، بیش از محتوی کل ماده آلی تحت تأثیر شیوه‌های مدیریتی قرار دارند و در بررسی میزان حاصل‌خیزی، کیفیت و تخریب خاک شاخص‌های کلیدی محسوب می‌شوند که در صورت اعمال روش‌های نادرست، به دنبال فرآیندهایی چون اکسیداسیون، هدررفت کربن را افزایش خواهند داد. بدین ترتیب این پژوهش با مطالعه تأثیر انواع کاربری‌ها بر برخی مشخصه‌های کیفی لاشبرگ و خاک، روند تغییرات محتوی کل مواد آلی و اسیدهای آلی را در این عرصه‌ها بررسی می‌کند.

مواد و روش‌ها

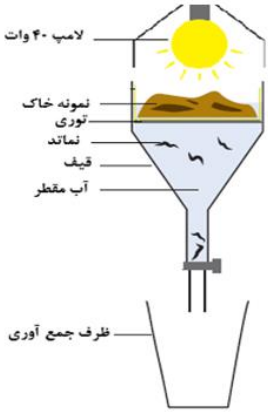
منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد بررسی واقع در سری شش، بخش یک و حوزهٔ دو آبخیز رود تجن تحت مدیریت شرکت چوب و کاغذ مازندران است که بین ۳۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۲۷ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۱۳ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. حداقل ارتفاع منطقه از سطح دریا حدود ۱۰۰۰ متر و حداکثر آن ۱۷۸۳ متر است که سطحی افزونبر ۲۰۵۱ هکتار را شامل می‌شود. متوسط دمای سالیانه ۱۵/۸ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالیانه ۸۵۸ میلی‌متر است. خاک منطقهٔ عمیق در حدود ۱۲۰سانتی‌متر، نوع خاک قهوه‌ای جنگلی و بافت خاک متوسط تا کمی سنگین است. در پژوهش پیش رو پنج نوع کاربری به‌شرح زیر در منطقهٔ مطالعاتی موجود است. راش شرقی (*Fagus orientalis* Lipsky)، توده مخروبه با گونه‌های ممرز و انجیلی (*Carpinus betulus* L.، *Parroia persica*)، توده دست‌کاشت ون (*Fraxinus excelsior*)، توده دست‌کاشت کاج سیاه (*Pinus nigra* Arnold) و زمین کشاورزی (تحت کشت دیم گندم و جو) (۲).

نمونه‌برداری و تجزیه آزمایشگاهی

پس از بازدید و شناسایی مناطق، از هر یک از کاربری‌های فوق‌الذکر مساحت چهار هکتار انتخاب شد. تمامی سطوح انتخابی از نظر درصد شیب، ارتفاع از سطح دریا و جهت دامنه مشابه بودند. نمونه‌برداری با استفاده از روش تصادفی–سیستماتیک انجام گرفت. در هر کاربری هشت نقطه انتخاب و نمونه‌های خاک در یک سطح ۲۵ سانتی‌متر × ۲۵ سانتی‌متر تا عمق ۱۵ سانتی‌متری خاک برداشت شدند. در اراضی جنگلی، قبل از نمونه‌گیری خاک، ضخامت لاشبرگ توسط خط‌کش با دقت سانتی‌متر اندازه‌گیری (۲۱) و از سطح ذکر شده جمع‌آوری شدند. جهت کاهش اثرات مرزی، حاشیهٔ کاربری‌ها برای نمونه‌برداری در نظر گرفته نشد و برداشت نمونه‌ها به بخش مرکزی هر کاربری متمایل شد (۱۲). پس از نمونه‌برداری، در مجموع تعداد ۴۰ نمونه لاشبرگ (برای عرصه‌های جنگلی) و خاک از عرصه برداشت و پس از انتقال به آزمایشگاه نمونه‌های لاشبرگ به مدت ۴۸ ساعت در دمای آزمایشگاه (۱۵–۲۰ درجه سانتی‌گراد) نگه‌داری و سپس در دمای ۶۰ درجه خشک و آسیاب شدند. کربن لاشبرگ به روش تیتراسیون والکی‌بلاک و نیتروژن لاشبرگ به روش کجلدال اندازه‌گیری شد (۵).

چگالی ظاهری به روش کلوخه، درصد رطوبت به روش توزین و خشک کردن، بافت خاک به روش هیدرومتری، اسیدیته خاک به روش پتانسیومتری، هدایت الکتریکی پس از عصاره‌گیری با استفاده از دستگاه مخصوص هدایت‌گر الکتریکی (EC متر)، ماده آلی و کربن آلی به روش والکی بلاک، نیتروژن کل به روش کجلدال، فسفر قابل جذب به روش اولسن، پتاسیم، منیزیم و کلسیم قابل جذب نیز با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. کرم‌های خاکی موجود در نمونه‌ها به روش دستی جمع‌آوری و زیتوده آن‌ها با توجه به وزن بعد از ۴۸ ساعت خشک‌شدن روی کاغذهای فیلتر در آزمایشگاه مورد سنجش قرار گرفت (۹). به منظور سنجش تعداد نماتدهای خاک‌زی (گروهی از موجودات خاک‌زی که اندازه آن‌ها ۰/۲ تا ۰/۴ میلی‌متر است و در فضاهای بین خاک زندگی می‌کنند)، مقدار ۱۰۰ گرم از نمونه خاک انتخاب شد و با استفاده از تکنیک قیف بیرمن (شکل ۱) و سانتریفیوژ، نماتدهای خاک جداسازی و شمارش گردید و بر اساس وزن خشک خاک تعداد آن‌ها در ۱۰۰ گرم خاک خشک محاسبه شد (۱۶).



شکل ۱- جداسازی نماتدهای خاک‌زی به روش قیف بیرمن
Figure 1. Extraction of soil nematodes with the Baermann-funnel method

به‌منظور تعیین تنفس پایه، نمونه‌های خاک در ظروف بسته در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری و سپس مقدار دی اکسیدکربن تولید شده توسط هیدروکسید سدیم جذب گردیده و به وسیله تیتراسیون تعیین گردید (۷). به منظور تعیین اسیدهای آلی خاک در هرکاربری ابتدا نمونه‌های خاک تحت تیمار هیدروکلریک اسید ۰/۱ نرمال قرار گرفتند. سپس عصاره‌گیری خاک با ۵۰ میلی‌لیتر سدیم هیدروکسید ۰/۱ مولار در پیرو فسفات ۰/۱ مولار انجام شد. پس از سه بار تکرار عصاره قلیایی شده توسط هیدروکلریک اسید ۲ نرمال، تا pH ۲ اسیدی شد. مخلوط به دست آمده به خوبی هم زده شد و به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق قرار گرفت. سپس با استفاده از سانتریفیوژ اسید فولویک ازبخش جامد (ذرات اسید هیومیک) جدا شد. فرآیند ته‌نشینی و سانتریفیوژ تا خالص سازی نسبی بخش اسید هیومیک تکرار شد (۱۷،۲۳).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

در اولین مرحله، نرمال بودن داده‌ها بوسیله آزمون کولموگروف‌اسمیرنوف و همگن بودن واریانس داده‌ها با استفاده از آزمون لون مورد بررسی قرار گرفت. به منظور مطالعه تفاوت یا عدم تفاوت مقادیر مشخصه‌های مختلف لاشبرگ و خاک در ارتباط با نوع ترکیب پوشش اراضی از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه استفاده شد. آزمون دانکن ($p<۰/۰۵$) نیز به منظور مقایسه چندگانه میانگین بکار گرفته شد. ارتباط محتوی مواد آلی، اسید فولویک و هیومیک با مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی و زیستی خاک در پوشش‌های اراضی مختلف با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) بررسی شد. تجزیه و تحلیل آماری کلیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ (۲۰) صورت پذیرفت. کلیه نمودارها در نرم‌افزار اکسل ترسیم شدند.

نتایج و بحث

مشخصه‌های لاشبرگ در اراضی جنگلی

ضخامت لاشبرگ، کربن آلی، نسبت کربن به نیتروژن بیشترین مقادیر خود را به ترتیب در جنگل مخروبه، کاج سیاه، راش و توده ون نشان دادند (جدول ۱). همچنین بیشترین مقادیر نیتروژن لاشبرگ به ترتیب در توده ون، راش، کاج سیاه و مخروبه مشاهده شد (جدول ۱).

جدول ۱- میانگین (±اشتباه معیار) مشخصه‌های لاشبرگ در پوشش‌های مختلف اراضی جنگلی
Table 1. Mean (±SE) of litter properties in different forest land covers

مشخصه لاشبرگ	ون	راش	کاج سیاه	مخروبه	مقدار F	معنی‌داری
ضخامت (cm)	۵/۳۹±۰/۴^{d}	۷/۸۶±۰/۳۷^{c}	۹/۳۴±۰/۲۷^{b}	۱۳/۰۳±۰/۸۱^{a}	۳۹/۴۰	۰/۰۰**
کربن (%)	۴۰/۵۳±۳/۵۳^{b}	۴۲/۴۹±۴/۷۴^{b}	۴۸/۲۳۴±۲/۸۱^{ab}	۵۶/۵۷۴±۱/۷۶^{a}	۴/۴۹	۰/۰۱ **
نیتروژن (%)	۲/۱۳±۰/۰۸^{a}	۱/۲۸±۰/۲۲^{b}	۱/۰۵±۰/۰۳^{bc}	۰/۸۲±۰/۰۲^{c}	۲۲/۴۸	۰/۰۰ **
نسبت کربن به نیتروژن	۱۹/۲۱±۱/۷^{c}	۴۰/۰۷±۷/۱۱^{b}	۴۰/۲۱±۲/۸۹^{b}	۶۹/۳۸±۴/۲۶^{a}	۲۱/۱۸	۰/۰۰ **

**: نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد می‌باشد

مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی و زیستی خاک

چگالی ظاهری خاک به ترتیب در توده آمیخته، ون، کاج سیاه، راش، کشاورزی و درصد رطوبت خاک در کاربری کشاورزی، کاج سیاه، مخروبه، راش و توده ون بیشترین مقادیر را به خود اختصاص داده‌اند. درصد شن خاک در عرصه کشاورزی، مخروبه، کاج سیاه، راش، ون و درصد رس خاک در توده ون، کاج سیاه، راش، مخروبه و کشاورزی به ترتیب بیشترین مقادیر را نشان داده است. درصد سیلت خاک بین پوشش‌های مختلف اراضی دارای تفاوت آماری معنی‌داری نبوده است. واکنش خاک و هدایت الکتریکی بیشترین مقادیر خود را به ترتیب در توده ون، راش، کاج سیاه، مخروبه و کشاورزی نشان داده‌اند.

بیشترین مقدار کربن آلی خاک در اراضی کشاورزی، توده مخروبه، راش، کاج سیاه، ون و بیشترین میزان نیتروژن خاک

در توده ون، راش، کاج سیاه، مخروبه مشاهده شد. بالاترین نسبت کرین به نیتروژن خاک به ترتیب در عرصه کشاورزی، مخروبه، کاج سیاه، راش و توده ون مشاهده شد. مجموعه عناصر غذایی شامل فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم با تفاوت آماری معنی‌دار بیشترین مقادیر را به ترتیب در توده ون، راش، کاج سیاه، مخروبه و کشاورزی نشان داده‌است. تعداد و زیتوده کرم خاکی بطور معنی‌دار به ترتیب در توده ون، راش، کاج سیاه، مخروبه و کشاورزی بیشترین مقادیر بوده‌اند. بیشترین جمعیت نماتدهای خاک و بالاترین تنفس پایه به ترتیب در توده ون، راش، کاج سیاه، مخروبه و کشاورزی مشاهده شد (جدول ۲).

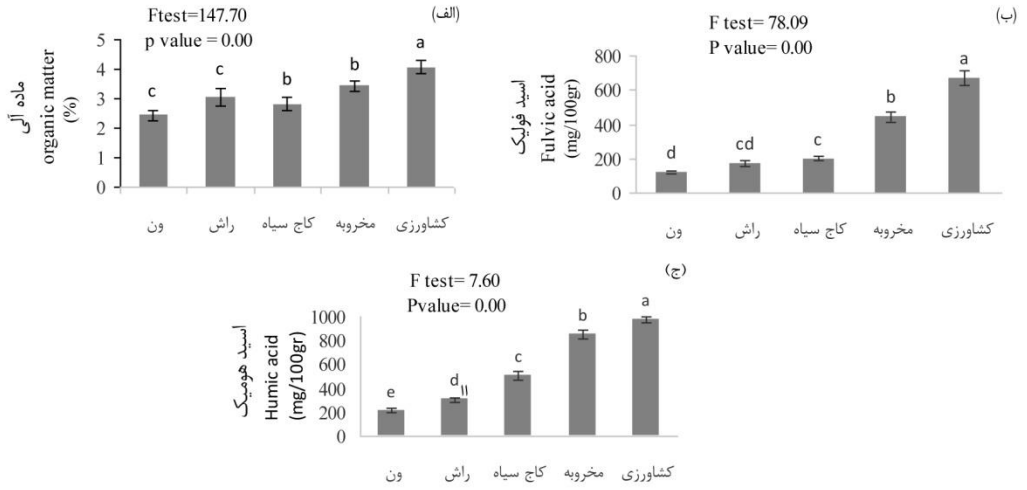
جدول۲- میانگین (±اشتباه معیار) مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی و زیستی خاک در پوشش‌های مختلف اراضی
Table 2. Mean (±SE) of soil physico-chemical and biological properties in different land covers.

مشخصه خاک	ون	راش	کاج سیاه	مخروبه	کشاورزی	مقدار F	معنی داری
چگالی ظاهری (g/m^3)	۱/۳۵±۰/۰۵^{a}	۱/۲۵±۰/۰۹^{ab}	۱/۲۹±۰/۰۳^{b}	۱/۹۹±۰/۰۶^{c}	۱/۱۶±۰/۰۴^{c}	۲/۸۰	۰/۰۴*
شن (%)	۱۷/۵±۰/۸۸^{c}	۱۹±۱/۸^{bc}	۲۳/۱۲±۰/۷۱^{b}	۳۲±۱/۹۹^{a}	۳۳/۷۵±۲/۳^{a}	۱۹/۶۹	۰/۰۰**
سیلت (%)	۴۵/۳۷±۱/۵۵	۵۰/۵۰+۲/۸۹	۴۴/۸۷±۱/۵۵	۴۰/۵۰±۲/۶۵	۴۳/۲۵±۳/۲۸	۲/۱۶	۰/۰۹^{ns}
رس(%)	۱۲/۳۷±۰/۸۹^{a}	۳۰/۵±۱/۶۹^{b}	۳۲±۱/۴۳^{b}	۲۷/۵۰۰±۲/۳۸^{bc}	۲۳±۱/۲۵^{c}	۱۰/۶۱	۰/۰۰**
رطوبت (%)	۲۷/۱۴±۱/۲۱^{b}	۳۲/۹۶± ۲/۵۶^{b}	۳۴/۸۱±۳/۶۲^{b}	۳۳/۲۰±۴/۶۰^{b}	۴۷/۷۹±۳/۵۵^{a}	۵/۲۸	۰/۰۰**
pH (1:2.5 H_2O)	۷/۱۱±۰/۰۱^{a}	۶/۸۶±۰/۰۲^{ab}	۶/۶۶±۰/۰۷^{b}	۶/۱۹±۰/۱۱^{b}	۵/۸۸±۰/۱۹^{b}	۲۱/۴۹	۰/۰۰**
EC (ds/m)	۰/۳۱±۰/۰۸^{a}	۰/۲۸±۰/۰۲^{a}	۰/۲۴±۰/۰۱^{b}	۰/۱۷±۰/۰۰۸^{c}	۰/۱۲±۰/۰۱^{c}	۳۱/۹	۰/۰۰**
کربن آلی (%)	۱/۴۰±۰/۰۹^{c}	۱/۷۶±۰/۱۷^{bc}	۱/۶۲±۰/۱۳^{bc}	۱/۹۹±۰/۱۰^{ab}	۲/۳۰±۰/۱۴^{a}	۷/۵۹	۰/۰۰**
نیتروژن کل (%)	۰/۳۴±۰/۰۹^{a}	۰/۳۱±۰/۰۲^{a}	۰/۲۳±۰/۰۲^{b}	۰/۱۴±۰/۰۱^{c}	۰/۱۲±۰/۰۰۵^{c}	۳۶/۷۷	۰/۰۰**
نسبت کربن به نیتروژن	۴/۰۸±۰/۲^{d}	۵/۶۵±۰/۴۴^{d}	۷/۴۲±۰/۸۴^{c}	۱۴/۱۵±۱/۲۸^{b}	۱۹/۷۶±۱/۰۱^{a}	۴۳/۹۵	۰/۰۰**
فسفر قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)	۲۹/۱۱±۲/۲۰^{a}	۲۱/۶۴±۱/۷۳^{b}	۲۰/۱۰±۱/۸۶^{b}	۱۱/۸۹±۱/۰۱^{c}	۸/۴۵±۰/۳۸^{c}	۲۶/۹۴	۰/۰۰**
پتاسیم قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)	۳۸۵±۱۲/۶۳^{a}	۳۲۰/۳۸±۲۳/۳۵^{b}	۳۰۴/۳۸±۱۱/۲۸^{b}	۱۴۷/۸۸±۱۴/۹۴^{c}	۱۴۰±۱۱/۵۵^{c}	۵۰/۶۷	۰/۰۰**
کلسیم قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)	۲۴۰/۲۵±۲۸/۷۶^{a}	۲۹۹/۱۲±۲۴/۳۲^{a}	۲۱۳/۵±۲۰/۳۶^{a}	۱۳۴/۲۵±۱۴/۸^{b}	۱۱۰/۸۸±۱۳/۶۵^{b}	۷/۷۴	۰/۰۰**
منیزیم قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)	۵۹/۷۵±۱/۶۲^{a}	۴۹/۱۲±۳/۷۵^{b}	۴۵/۸۷±۲/۰۵^{b}	۳۵/۶۲±۲/۸۱^{c}	۲۶±۴/۴۰^{d}	۱۷/۳۰	۰/۰۰**
تعداد کرم خاکی (nm^{-2})	۲/۳۷±۰/۴۲^{a}	۱/۵±۰/۳۷^{b}	۰/۵±۰/۲۶^{c}	۰/۱۲±۰/۱۲^{c}	۰/۱۲±۰/۱۲^{c}	۱۱/۵۳	۰/۰۰**
زیتوده کرم خاکی ($mg\ m^{-2}$)	۳۱/۷۹±۵/۸^{a}	۱۶/۹۹±۴/۴۱^{b}	۶/۵۱±۳/۲۶^{c}	۰/۵۸±۰/۵۸^{c}	۰/۴۰±۰/۴۰^{c}	۱۳/۵۷	۰/۰۰**
تعداد نماتد خاک (در ۱۰۰ گرم)	۵۸۷/۸۸±۶۵/۰۲^{a}	۵۱۱/۱۲±۵/۰۲^{ab}	۴۶۱/۷۵±۳۸/۶۶^{b}	۱۷۱/۷۵±۲۸/۵۶^{c}	۱۰۹/۷۵±۶/۶۷^{c}	۲۹/۲۵	۰/۰۰**
تنفس پایه ($mgCO_2\ g^{-1}.ha^{-1}$)	۰/۴۹±۰/۰۳^{a}	۰/۳۹±./۳۶^{b}	۰/۳۶±۰/۰۴۱^{b}	۰/۱۷±۰/۰۱^{c}	۰/۱۵±۰/۰۱^{c}	۲۵/۵۱	۰/۰۰**

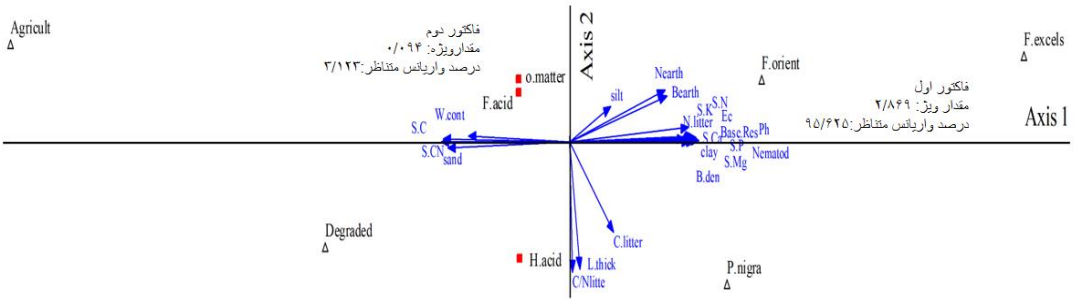
**، * و ns: به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۹۹ و ۹۵ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد

محتوی ماده آلی و اسیدهای آلی (فولویک و هیومیک) خاک

خاک تحت پوشش کاربری کشاورزی، راش، مخروبه، کاج سیاه و توده ون به ترتیب بیشترین مقادیر محتوی ماده آلی را شامل شده‌اند (شکل۲ الف). بیشترین میزان اسیدفولویک در عرصه کشاورزی، مخروبه، کاج سیاه، راش و توده ون مشاهده شد (شکل۲ ب). همچنین کاربری کشاورزی، توده مخروبه، کاج سیاه، راش و توده ون به ترتیب با تفاوت معنی‌دار بیشترین میزان اسیدهیومیک را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۲ ج). مطابق با نتایج آنالیز PCA، رطوبت، کربن آلی و نسبت کربن به نیتروژن خاک با محتوی ماده آلی و اسید فولویک، همچنین مشخصه‌های لاشبرگ با اسید هیومیک خاک همسو هستند. چگالی ظاهری، عناصر غذایی، جوامع زیستی و تنفس پایه همبستگی منفی با محتوی ماده آلی و اسیدهای آلی خاک نشان داده‌اند (شکل ۳).



شکل ۲- میانگین (±اشتباه معیار) محتوی ماده آلی، اسیدهای آلی فولویک و هیومیک خاک در پوشش‌های مختلف اراضی
Figure 2. Mean (±SE) of soil organic matter content, humic and fulvic acids in different land covers



شکل ۳- موقعیت مکانی پوشش‌های مختلف اراضی(▲)، ماده آلی و اسیدهای آلی (■) و مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی و زیستی خاک (⟶) در آنالیز PCA. حروف مخفف در شکل (C Litter= کربن لاشبرگ، N Litter = نیتروژن لاشبرگ، C/N Litter= نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ، W. cont = محتوی رطوبت خاک، B.den = چگالی ظاهری، Sand = شن، Silt = سیلت، Clay = رس، pH = واکنش خاک، S.C = کربن آلی خاک، S.N = نیتروژن کل خاک، S.C/N نسبت کربن به نیتروزن خاک، S.P- فسفر قابل جذب، S.K- پتاسیم قابل جذب، S.Ca-کلسیم قابل جذب، S.Mg- منیزیم قابل جذب، N.earth = تعداد کرم‌های خاکی، B. earth= زیتوده کرم‌های خاکی، Nematod= تعداد نماتد خاک، Base.res = تنفس پایه)
Figure 3. Location of different land covers (▲), organic matter and organic acids (■) and soil physico-chemical and biological properties in PCA analysis. Alphabets in shape (C Litter: Litter Carbon, N Litter: Litter Nitrogen, C/N Litter: Litter C/N, W.cont= soil water content, B.den: soil bulk density, sand, silt, clay, Ph, EC, S.C: soil organic Carbon, S.N: soil total Nitrogen, S.C/N: soil C/N, S.P: soil P, S.K: soil K, S.Ca: soil Ca, S.Mg: soil Mg, N earth: number of earthworm, B.earth: earthworm biomass, Nematod, Base.res: Base respiration)

بیشترین و کمترین مقادیر ماده آلی خاک در اراضی کشاورزی و توده جنگل‌کاری ون مشاهده شد. کشت متراکم گونه‌های زراعی در اراضی کشاورزی محتوی ماده آلی خاک را افزایش می‌دهد (۴). مطابق با تحلیل PCA مقدار ماده آلی خاک ارتباط منفی با چگالی ظاهری، pH، عناصر غذایی و جوامع زیستی خاک دارند. شرایط قلیایی خاک تحت توده ون وضعیت مطلوبی برای فعالیت ارگانیسم‌ها فراهم می‌کند و بقایای آلی به سرعت تجزیه خواهند شد در نتیجه مقدار ماده آلی در سطح خاک این توده کاهش می‌یابد (۱۸،۲۱). در یک پژوهش در مرکز تحقیقات محیط زیست اسمیتسونیان مریلند ایالات متحده، یسیلونیس و همکاران (۲۵) به نقش کرم‌های خاکی در تغذیه لاشبرگ‌های تازه ریخته شده در سطح، مصرف آنها و انتقال بقایا به لایه معدنی اشاره کرده‌اند. طبق نتایج بررسی آنها کرم‌های خاکی با تهی‌کردن سطح از مواد آلی موجب کاهش بقایای آلی در سطح خاک می‌شوند. در اراضی کشاورزی علاوه بر محیط اسیدی، شرایط تغذیه‌ای خاک نیز زمینه نامناسبی برای فعالیت جوامع زیستی فراهم می‌کند. همچنین با توجه به بافت خاک و درصد بیشتر شن در توده کشاورزی احتمال آبشویی مواد غذایی به دنبال آبیاری وجود دارد. فقر غذایی موجود یا شبکه غذایی تحت تنش موجب کاهش غنا و تعداد جوامع میکروبی و تجمع بقایای آلی تجزیه نشده در خواهد شد (۱۳،۲۶). گومراز و همکاران (۶) در بررسی انواع ترکیبات کربنی ماده آلی در کاربری‌های مختلف اراضی، به ترتیب در کاربری کشت نارگیل، جنگل طبیعی و

باغ مرکبات بیشترین محتوی ماده آلی خاک را گزارش داده‌اند و از دلایل آن به آشفتگی پایین خاک در اراضی نارگیل و حجم بالای بقایای گیاهی در سطح خاک زیرکشت اشاره کردند که با نتایج بررسی حاضر همخوانی دارد. در واقع در کاربری کشاورزی میزان چگالی ظاهری خاک پایین است که موجب کاهش فشردگی خاک (یکی از انواع آشفتگی خاک) و پایداری ذرات خاکدانه (مواد آلی سبک‌تر از خاک هم حجم خود هستند و میزان تخلخل آنها بیش‌تر است که عامل پایداری خاکدانه و افزایش منافذ خاک است) می‌شود، در نتیجه نگه‌داری مواد آلی توسط ذرات خاک افزایش یافته و نرخ تخریب میکروبی بقایا و تجزیه کاهش می‌یابد (۲۱). ترکیبات هیومیکی در نتیجه شیوه‌های مختلف استفاده اراضی تفاوت آماری معنی‌داری داشته‌اند. اسیدهای فولویک و هیومیک با روندی مشابه به ترتیب در اراضی کشاورزی، مخروبه، کاج سیاه، راش و توده ون، بیشترین مقادیر را نشان داده‌اند. روند یکسان تغییر اسید فولویک و هیومیک با توجه به اینکه ابتدا اسید فولویک و سپس در طول تجزیه به دنبال فعالیت‌های میکروبی اسید هیومیک تولید می‌شود طبیعی است (۱۹). صیقلانی و همکاران (۱۹) در بررسی اثر گونه‌های سفیدپلت، توسکا قشلاقی و دارتالاب بر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک، افزایش اسید فولویک و اسید هیومیک تحت گونه دارتالاب را مرتبط با محتوی بیشتر بقایای آلی و شرایط مساعد محیطی بیان کردند که مشابه نتایج بررسی حاضر است. افزایش ترکیبات اسید فولویک و اسید هیومیک در عرصه کشاورزی نتیجه حجم بیشتر مواد آلی و نرخ پایین معدنی‌سازی بقایا است. در میان مشخصه‌های فیزیکی، رطوبت خاک همبستگی مثبتی با اسیدهای آلی نشان داد. افزایش رطوبت خاک شرایط مطلوبی برای تشکیل هوموس ایجاد می‌کند که موجب افزایش ترکیبات هیومیکی خواهد شد (۲،۲۳). نتایج تحلیل PCA، همبستگی مثبت اسید فولویک و اسید هیومیک با محتوی کربن و نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ و خاک را نشان می‌دهد. این نتایج بیانگر نرخ بیشتر هوموسی شدن با افزایش محتوی مواد آلی خاک است. محتوی اسیدهای آلی به دنبال افزایش نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ در نتیجه کاهش سرعت تجزیه بقایا و افزایش تجمع ترکیبات پایدار آلی افزایش می‌یابد (۱،۲۲). به تعادل رسیدن ترکیبات هیومیکی در خاک‌های تحت کشت کندتر از سایر کاربری‌ها و مناطق بکر است. این موضوع به معنی درصد پایین‌تر هوموسی شدن بقایای آلی در اراضی کشاورزی است که موجب روند افزایشی محتوی اسید فولویک و اسید هیومیک در خاک‌های تحت کشت خواهد شد (۱۵).

کوتزه و همکاران (۱۰) افزایش محتوی اسید فولویک خاک اراضی کشاورزی نسبت به عرصه طبیعی را نتیجه نرخ بیشتر بازگشت اسید فولویک نسبت به دیگر ترکیبات هیومیکی بیان کردند. ارتباط منفی اسید فولویک و اسید هیومیک خاک با جوامع زیستی بیانگر حضور کمتر ارگانیسم‌های خاک است که در کاهش نرخ تجزیه مؤثر است. همچنین همبستگی منفی چگالی ظاهری و اسیدهای آلی مذکور بیانگر حفاظت فیزیکی بقایا توسط ذرات خاک است که منجر به کاهش دسترسی جوامع میکروبی به مواد آلی و افزایش اسید فولویک و هیومیک خاک می‌شود (۸،۲۴). کاهش اسید فولویک و اسید هیومیک خاک در توده ون نتیجه کیفیت بالای لاشبرگ (نسبت پایین کربن به نیتروژن) و نقش فعالیت‌های میکروبی در معدنی‌سازی مواد آلی است. در این دسته از مواد آلی، هوموس شامل ترکیبات غیرهیومیکی و ناپایدار است درحالی که افزایش ترکیبات هیومیکی در خاک نیازمند جریان ورودی دائم و ماندگاری بالای بقایای آلی است و هرچه میزان تخریب و تغذیه ماده آلی تشدید شود تشکیل هوموس در فرم پایدار کاهش می‌یابد (۱۰،۶).

مطابق با نتایج این بررسی اراضی کشاورزی نسبت به سایر کاربری‌ها از نظر محتوی مواد آلی و اسیدهای آلی شرایط غنی‌تری دارند. افزایش محتوی مواد آلی می‌تواند به کشت فشرده، باقی‌گذاردن بقایا و اجرای اقدامات کوددهی مرتبط باشد. با این‌حال با توجه به ضعف شیمیایی و زیستی خاک، امکان کاهش توان تولید عرصه وجود دارد. همچنین با توجه به مقادیر پایین معدنی‌سازی و تجزیه بقایا و درصد پایین‌تر ذرات رس (به‌عنوان کلوییدهای خاک) ممکن است به دنبال فرآیندهایی چون آبشویی، هدررفت مواد آلی رخ دهد. به همین خاطر بررسی روند تغییرات محتوی مواد آلی اراضی کشاورزی در طول چند دوره و مطالعه نوسانات آن ضروری به نظر می‌رسد. در رابطه با حاصل‌خیزی پایین خاک در توده دست‌کاشت کاج نسبت به توده ون پیشنهاد می‌شود جنگل‌کاری به‌صورت ترکیب گونه‌های سوزنی‌برگ و پهن‌برگ انجام شود. در ارتباط با جنگل مخروبه نیز می‌توان به نهال‌کاری درختانی از جمله ون، توسکا ییلاقی، افرا پلت و افرا شیردار پرداخت. همچنین با حصارکشی در این عرصه‌ها می‌توان در ایجاد زادآوری و احیای ساختار طبیعی جنگل گام مؤثری برداشت. همچنین، به‌نظر می‌رسد فعالیت جوامع میکروبی و سرعت تجزیه مواد آلی در جایی که مقدار نیتروژن در برگ گونه‌ها بالاست، نسبت به کاربری کشاورزی و گونه‌های سوزنی برگ، بیشتر است.

منابع

1. Aranda, V., C. Macci, E. Peruzzi and G. Masciandaro. 2015. Biochemical activity and chemical structural properties of soil organic matter after 17 years of amendments with olive-mill pomace co-compost. Journal of Environmental Management, 147(6): 278-285.
2. Asadian, M., S.M. Hojjati, M.R. Pourmajidian and A. Fallah. 2012. The effect of different land uses on soil quality in Alandan Forest, Sari. Natural Geographical Researches, 45(3): 65-76.

3. Bonifácio, E., S. Santoni, P. Cudlin and E. Zanini. 2008. Effect of dominant ground vegetation on soilorganic matter quality in a declining mountain spruce forest of central Europe. Boreal Environmental Research, 13(5):113-120.
4. Celik, I. 2005. Land-use effects on organic matter and physical properties of soil in a southern Mediterranean highland of Turkey. Soil and Tillage Research, 83(7): 270-277.
5. Ebrahimi M., S. Kashani and E. Rouhimoghaddam. 2015. Effect of land use change from rangeland to agricultural land on soil fertility in Taftan region. Water and Soil science, 26(3): 31-44 (In Persian).
6. Ghazan-Shahi, J. 1997. Soil and Plant Analysis. Aeizch publication, Tehran.
7. Guimarães, D.V., M.I. SilvaGonzaga, T.O. daSilva, T.L. da Silva, N. daSilvaDias and M.A. SilvaMatias. 2013. Soil organic matter pools and carbon fractions in soil under different land uses. Soil and Tillage Research, 126(3): 177-182.
8. Isermeyer, H. 1952. Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenmung und der Carbonate im Boden. Zpflanzenernaehr Bodenkd, 56(3): 26-38.
9. Islam, K.R. and R.R. Weil. 2000. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. Agriculture, Ecosystems and Environment, 79(6): 9-16.
10. Kooch, Y., F. Rostayee and S.M. Hosseini. 2016. Effects of tree species on topsoil properties and nitrogen cycling in natural forest and tree plantations of northern Iran. Catena. 144(5): 65-73.
11. Kotzé, E., P.F. Loke, M.C. Akhosi-Setaka and C.C. Preez. 2016. Land use change affecting soil humic substances in three semi-arid agro-ecosystems in South Africa. Agriculture, Ecosystems and Environment, 216(8): 194-202.
12. Lopez, R., D. Gondar, A. Iglesias, S. Fiol, J. Antelo and F. Arce. 2008. Acid properties of fulvic and humic acids isolated from two acid forest soils under different vegetation cover and soil depth. European Journal of Soil Sciences, 59(4): 892-899.
13. Losi, C.J., T.G. Siccama. R.C. Juan and E. Morales. 2003. Analysis of Alternate Methods for Estimating Carbon Stock in Young Tropical Plantations. Forest Ecology and Management, 184(5): 355-368.
14. Malakpour, B., T. Ahmadi and S. Kazemi-Mazandarani. 2011. The effects of land use exchange on physical and chemical properties in Kohneh Lashak Kojour, Nowshahr. Journal of Science Technology and Natural Resources, 6(3): 115-126.
15. Mohammadian, M. and M.J. Malakouti. 2002. Effect of Two Types of Composts on Soil Physical and Chemical Properties and Corn Yield. Journal of Water and Soil, 16(4): 143-149 (In Persian).
16. Moral, R., J. Moreno-Caselles, M.D. Perez-Murcia, A. Perez-Espinosa, B. Rufete, and C. Paredes. 2005. Characterization of the organic matter pool in manures. Bioresources, 96(4): 153-158.
17. Neher, A., D.A.J. Wu, M.E. Barbercheck and O. Anasd. 2005. Ecosystem type affects interpretation of soil nematode community measures. Applied Soil Ecology, 30(7): 47-64.
18. Seyghalani, S., H. Ramezanpour and E. Kahneh. 2015. Effect of *Populus caspica*, *Alnus glutinosa* and *Taxodium distichum* on some soil chemical properties in forest lands of Astaneh Ashrafieh. Iranian Journal of Soil Research, 29(2): 233-241 (In Persian).
19. Sigurdsson, B.D. and B.E. Gudleifsson. 2013. Impact of afforestation on earthworm populations in Iceland. ICEL. Agriculture Sciences, 26(3): 21-36.
20. SPSS Inc. Released 2007. SPSS for Windows, Version 16.0. Chicago, SPSS Inc.
21. Stevenson, F.J. 1994. Humus chemistry: genesis, composition and reactions. John Wiley and Sons, New York
22. Va´zquez, C., A.G. Iriarte. C. Merlo. A. Abril. E. Kowaljow and J.M. Meriles. 2016. Land use impact on chemical and spectroscopical characteristics of soil organic matter in an arid ecosystem. Environmental Earth Sciences, 75(5): 1-13.
23. Vorobeichik, E.L. 1997. On the methods for measuring forest litter thickness, to diagnose the technogenic disturbances of ecosystems. Russian Journal of Ecology, 28(4): 230-234.
24. Wander, M.M. and S.J. Traina. 1996. Organic matter fractions from organically and conventionally managed soils: II. Characterization of composition. Soil Science Society American Journal, 60(5): 1087-1094.
25. Yesilonis, I., K. Szlavecz, R. Pouyat, D. Whigham and L. Xia. 2016. Historical land use and stand age effects on forest soil properties in the Mid-Atlantic US. Forest Ecology and Management, 370(9): 83-92.
26. Zalba, P., N.M. Amiotti, J.A. Galantini and S. Pistola. 2016. Soil humic and fulvic acids from different land use systems evaluated by E4/E6 Ratios. Commun. Soil Sci. Plant Anal. DOI: 10.1080/00103624.2016.1206558.

Effect of Forest and Non-Forest Land Covers on Soil Organic Matter, Fulvic and Humic Acids

Yahya Kooch[1], Faezeh Sadat Tarighat[2] and Katayon Haghverdi[3]

1- Associate professor, Range Management Departement, Faculty of Natural Ressources, Tarbiat Modares University, (Corresponding Author: yahya.kooch@modares.ac.ir)
2- Ph.D. Student of Forestry, Faculty of Natural Resources, Guilan University, Iran
3- Assistant Professer, Department of Wood and Paper Science and Technology, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran
Received: 7 September, 2019 Accepted: 5 May, 2021

Extended Abstract

Introduction and Objective: Nowadays the effective role of organic matter has been proven in improving soil productivity. Regarding to sensitivity of sustainable organic matter component to different land use practices in addition to the organic matter, investigation of changes in its compound is important. Determining the evaluation of organic matter and amount of carbon stabilization in soil system, and their quality and quantity will be varied according to the type of land use.

Material and Methods: Due to extensive land use in the north of Iran, present study focused on effect of these uses on the content of organic matter and its humic components. In this regard a study was carried out in five land use including: beech forest, Fraxinus plantation, black pine plantation, degraded forest and agriculture in Tajan watershed. Eight points were selected in each site and soil samples were taken at a 25 × 25 area to a depth of 15 cm.

Results: Highest of organic matter (4.68 %), fulvic acid (668.750 mg/100 gr soil) and humic acid (976.620 mg/100 gr soil) were observed in agriculture land cover. Some soil physical, chemical and biological features were also measured. Whole of studied soil characters were significantly different among land covers, except silt content.

Conclusion: Though as for the results, highest contribution of organic compounds were observed in agriculture land, according to the PCA analysis, soil nutrition condition and microbial activity were more appropriate in forest stands. More quality of debris along the favorable environmental condition and presence of microbial activity can be attributed to a reduction in rate of accumulation of remains following the process of organic matter decomposition and mineralization in forest stands. The findings of this study suggest that protecting of natural forest is very important. In addition, in degraded areas of northern Iran, planting of *Fraxinus excelsior* species can be considered due to improvement of soil quality and health.

Keywords: Basal respiration, Earthworm, Nematode, Organic acids, Plantation