

## محور مقاله: کیفیت خاک و مدیریت پایدار خاک

## بررسی پیامد تغییر کاربری زمین بر نرخ تجزیه کربن آلی خاک در بخش اندازه خاکدانه در جنگل‌های بلوط زاگرس شمالی

ناهید آزادی<sup>۱</sup>، زاهد شریفی<sup>۲\*</sup><sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی‌ارشد، علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان<sup>۲</sup> استادیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان

## چکیده

این پژوهش با هدف بررسی اثر تغییر کاربری زمین از جنگل بکر به تاکستان بر نرخ تجزیه‌پذیری کربن آلی خاک در چرخه‌های دمایی گوناگون در منطقه مریوان استان کردستان انجام شد. بدین‌منظور دو کاربری جنگل بلوط بکر (شاهد) و تاکستان بررسی شد. از خاک روئین هر کدام از تیمارها ۳ نمونه مرکب از لایه ۵-۰ سانتی‌متری جمع‌آوری شد. در ابتدا نمونه‌های خاک براساس اندازه خاکدانه‌ها (۸-۲، ۲-۱، ۱-۰/۲۵ و کوچک‌تر از ۰/۲۵ میلی‌متر) تفکیک شدند. سپس فراسنجه‌های توزیع اندازه خاکدانه، کربن آلی کل خاک و نرخ تجزیه‌پذیری آن در هر بخش از اندازه خاکدانه اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که با افزایش کشت و کار از مقدار خاکدانه‌های درشت کاسته شده و بر مقدار خاکدانه‌های ریز افزوده شد و مقدار کربن آلی کل خاک نیز کاهش یافت. همچنین نتایج نشان داد که در همه‌ی تیمارها با کاهش اندازه خاکدانه‌ها مقدار کربن آلی خاک و نرخ تجزیه‌پذیری آن افزایش یافت. در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد تبدیل جنگل بکر به تاکستان سبب افزایش تجزیه مواد آلی بومی خاک و کاهش درون‌داد آن می‌شود. از طرفی زمین‌های بکر با مقدار ماده آلی با قابلیت تجزیه بالاتر در مقابل تغییرات اقلیم آسیب‌پذیرتر بوده و در مقایسه با زمین‌های زراعی گرمایش زمین را با شدت بیشتری به جلو می‌رانند.

**کلمات کلیدی:** تغییر اقلیم، چرخه‌های دمایی، خاکدانه‌های خاک، ماده آلی خاک، مدیریت خاک

## مقدمه

با افزایش جمعیت و به‌دنبال آن افزایش کارکردهای مردمی پوشش‌های طبیعی رویه زمین با روندی هشدار دهنده تخریب و تبدیل به زمین‌های کشاورزی می‌شوند. هم‌اکنون در سراسر جهان هر ساله میلیون‌ها هکتار جنگل در اثر بهره‌برداری بی‌رویه نابود می‌شوند و به‌دنبال آن بخش زیادی از منابع آب و خاک برای همیشه از دست می‌رود. آشفتگی‌های ناشی از جنگل‌زدایی، تبدیل مراتع و جنگل‌ها به زمین‌های کشاورزی و شیوه‌های نامناسب مدیریت کشاورزی در ایران و دیگر نقاط جهان مایه برهم‌زدن تعادل اکوسیستم خاک و تغییر در ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک آن می‌شود (Hajabbasi و همکاران ۱۹۹۷). تغییر کاربری زمین یک بخش اصلی و یک تغییر محیطی مهم در جهان به‌شمار می‌آید، و یکی از دخالت‌های مهم بشر در طبیعت است که بر فرآیندهای طبیعی اکوسیستم‌ها به‌ویژه کیفیت خاک، بارآوری خاک، پتانسیل بازسازی شرایط پایدار خاک، تخریب ساختمان خاک و همچنین کیفیت مواد آلی خاک اثرگذار است (Ayoubi و همکاران ۲۰۱۲). با توجه به اینکه خاک یک مخزن مهم کربن بوده و تنفس خاک ساز و کار اصلی انتقال کربن از خاک به اتمسفر و یکی از بزرگ‌ترین اجزای انتشار دی‌اکسید کربن از اکوسیستم زمینی به اتمسفر است (Jobbagy و Jackson، ۲۰۰۰). بنابراین تغییرات هر چند اندک در شدت تجزیه کربن آلی خاک در یک سطح بزرگ می‌تواند تأثیر مهمی بر هدررفت کربن، غلظت دی‌اکسیدکربن اتمسفری و در نتیجه گرم شدن کره زمین داشته باشد (Schuman و همکاران ۲۰۰۲). بنابراین اطلاعات و جزئیات بیشتر در مورد تنفس خاک و فاکتورهای کنترل‌کننده آن برای درک پاسخ خاک‌ها به مدیریت و تغییرات جهانی اقلیم ضروری است (Weltzin و همکاران ۲۰۰۳). مقدار کل ماده آلی خاک، مقدار قابل تجزیه و فراهمی آن، فاکتورهای اقلیمی به‌ویژه دما و نوع مدیریت حاکم بر خاک از جمله عواملی می‌باشند که تجزیه کربن آلی خاک، تنفس ریشه‌ای و کارکرد میکروبی خاک و در نتیجه انتشار گاز دی‌اکسیدکربن به اتمسفر و اثرات گازهای گلخانه‌ای ناشی از آن را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهند (Drenovsky و همکاران ۲۰۰۴، Moyano و همکاران ۲۰۱۲).

غرب ایران از جمله مناطقی است که از تغییرات شدید کاربری زمین مصون نمانده است. کاهش وسعت زمین‌های جنگلی و مرتعی و تشدید سیلاب‌ها و افزایش فرسایش سالانه خاک همگی بر این امر دلالت دارد. جنگل‌های زاگرس در طی سالیان دراز به دلایل گوناگون مورد بهره‌برداری‌های منفعت‌طلبانه انسانی قرار گرفته‌اند و هر ساله از سطح جنگل‌های این مناطق کاسته شده است. با توجه به توانایی زیاد این جنگل‌ها در ذخیره کربن آلی خاک، پالایش هوا و همچنین تعدیل دمای هوای منطقه می‌توان با مدیریت بهینه جنگل سهم به‌سزایی در حفظ زیست‌بوم این منطقه ایفا کرد. از آنجایی که در منطقه زاگرس و به‌ویژه استان کردستان در رابطه با تغییر کاربری زمین و سهم آن‌ها در تخریب زیست‌بوم، پژوهش‌هایی صورت گرفته است، اما اطلاعات در رابطه با نرخ تجزیه کربن آلی خاک در بخش اندازه خاکدانه وجود ندارد. بنابراین این پژوهش با هدف بررسی پیامد تغییر کاربری زمین بر نرخ تجزیه کربن آلی خاک انجام شد.

## مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی پیامد تغییر کاربری دراز مدت زمین در اکوسیستم‌های جنگلی بر نرخ تجزیه‌پذیری کربن آلی خاک، یک جنگل بکر (به‌عنوان شاهد) و بخشی از همین جنگل در مجاورت آن که ۳۰ سال پیش به تاکستان تبدیل شده بود، در یکی از عرصه‌های جنگلی بلوط زاگرس شمالی در روستای نژمار واقع در شهرستان مریوان در استان کردستان، انتخاب شد. بر پایه روش کوپن تیپ اقلیمی این منطقه معتدل گرم با تابستان‌های گرم و خشک بوده و میانگین بارندگی، دما و رطوبت نسبی سالیانه آن به‌ترتیب ۹۹۱/۲ میلی‌متر، ۱۲/۸ درجه سلسیوس و ۵۱ درصد می‌باشد. همچنین رژیم رطوبتی و حرارتی خاک‌های این منطقه به ترتیب زیر و مزیک می‌باشند.

در این پژوهش ۳ نمونه خاک مرکب تصادفی (هر کدام دارای ۳ زیرنمونه) از عمق ۵-۰ سانتی‌متری و مساحتی برابر با ۲۵۰۰ سانتی‌متر مربع در هر دو کاربری جنگل بکر (شاهد) و تاکستان از زیر و بیرون از تاج درختان، به گونه‌ای برداشته شدند، که تفاوت‌های فیزیوگرافی، توپوگرافی (شیب، جهت و ارتفاع)، مواد مادری و پوشش گیاهی در نقاط نمونه‌برداری هر کدام از کاربری‌ها وجود نداشته باشد. سپس زیر نمونه‌ها با هم آمیخته شدند و در کیسه‌های پلاستیکی تمیز پس از نوشتن مشخصات محل بر روی آنها، بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه ابتدا نمونه‌های خاک به خاکدانه‌های با اندازه ۸-۲، ۲-۱، ۱-۰/۲۵ و کوچک‌تر از ۰/۲۵ میلی‌متر به روش الک خشک بر پایه روش Rosenau و Kemper (۱۹۸۶) جداسازی شدند. بدین‌گونه که نمونه‌های خاک هوا خشک شده (بدون کوبیدن) از الک ۸ میلی‌متری عبور داده شدند، سپس ۱۰۰ گرم از هر کدام از آن‌ها بر روی سری الک شیکردار دوار (به ترتیب از بالا به پایین ۲، ۱ و ۰/۲۵ میلی‌متر به همراه سینی) و به مدت دو دقیقه (۱۵۰ دور در دقیقه) تکان داده شدند و در پایان با جمع‌آوری خاکدانه‌های روی هر الک و وزن کردن آنها درصد وزنی ۴ اندازه خاکدانه یعنی ۸-۲، ۲-۱، ۱-۰/۲۵ و کوچک‌تر از ۰/۲۵ میلی‌متر به دست آمد. پس از تفکیک فیزیکی خاک براساس اندازه خاکدانه مقدار کربن آلی کل این نمونه‌های تفکیک شده به روش اکسیداسیون خشک (Nelson و Sommers، ۱۹۹۶) اندازه‌گیری شد. برای بررسی نرخ تجزیه‌پذیری کربن آلی خاک در هر بخش از خاکدانه‌ها، تنفس پایه (Jaggi، ۱۹۷۶) هر بخش از خاکدانه‌ها در شرایط رطوبت بهینه (گنجایش مزرعه) در چرخه‌های دمایی گوناگون به‌گونه‌ای افزایشی از ۵ تا ۳۵ درجه سلسیوس (با فاصله دمایی ۵ درجه سلسیوس) پس از انکوباسیون نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در هر نقطه دمایی اندازه‌گیری شد. این چرخه در روشی مشابه به‌صورت کاهشی از ۳۵ تا ۵ درجه سانتی‌گراد نیز تکرار شد. این چرخه دمایی ۴ بار تکرار شد که هر چرخه ۲۶ روز به طول انجامید. همچنین، برای جلوگیری از تلاطم تنفسی و پایدار نمودن کارکرد ریزجانداران خاک، قبل از شروع چرخه اول، نمونه‌ها به مدت ۳ روز در داخل انکوباتور در دمای  $25 \pm 1$  درجه سلسیوس قرار گرفتند. نرخ تجزیه کربن آلی خاک تحت دماهای گوناگون براساس رابطه زیر برآورد شد (Mikan و همکاران ۲۰۰۲، Fierer و همکاران ۲۰۰۵).

$$R_T = Ae^{KT}$$

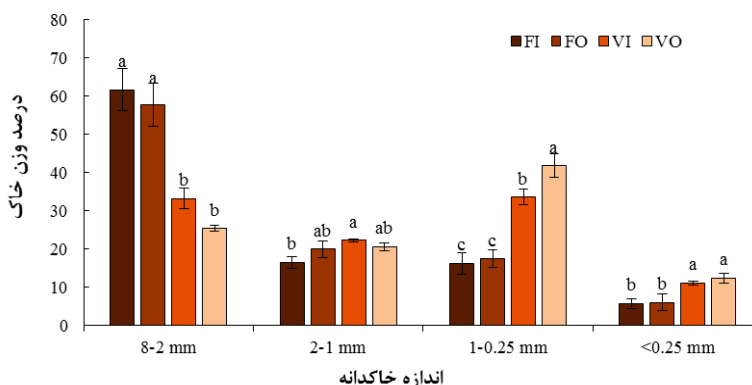
که در آن  $R_T$  نرخ تجزیه کربن آلی خاک (میلی گرم  $CO_2-C$  بر کیلوگرم خاکدانه در روز) در ۱۳ دمای اعمال شده می‌باشد.  $T$  دما (درجه سلسیوس)، پارامتر  $A$  نرخ تجزیه‌پذیری کربن آلی خاک در مقابل دما را نشان می‌دهد به‌گونه‌ای که هر چه نرخ تجزیه‌پذیری کربن آلی خاک بیشتر باشد، مقدار پارامتر  $A$  نیز بیشتر خواهد بود (Mikan و همکاران ۲۰۰۲، Fierer و همکاران ۲۰۰۵) و  $K$  پارامتر تکمیلی می‌باشد.

برای بررسی اثر نوع کاربری (جنگل بکر و تاکستان)، اندازه خاکدانه (در ۴ بخش اندازه که عنوان شد) و چرخه‌های دمایی (۴ چرخه دمایی) بر نرخ تجزیه‌پذیری کربن آلی خاک از آزمایش فاکتوریل ( $2 \times 4 \times 4$ ) شامل ۳۲ تیمار در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در ۳ تکرار در شرایط آزمایشگاهی انجام

شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده، ابتدا داده‌ها را وارد محیط نرم‌افزار Excel 2013 گردید سپس برای آنالیز آماری از نرم‌افزار SAS 9 بهره گرفته شد. آنالیز داده‌ها با استفاده از ANOVA و آزمون میانگین داده‌ها با بهره‌گیری از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

## نتایج و بحث

همان‌طور که در شکل (۱) نشان داده شده است درصد خاکدانه‌های درشت در جنگل بکر به گونه معنی‌داری از کاربری تاکستان بیشتر است، به گونه‌ای که درصد خاکدانه با اندازه ۲-۸ میلی‌متر در بین تیمارهای مورد پژوهش به ترتیب روند کاهشی مقابل را نشان دادند: زیر تاج درختان جنگل (۶۱/۴٪) < بیرون تاج درختان جنگل (۵۷/۷٪) < زیر تاج درختان تاکستان (۳۳/۲٪) < بیرون تاج درختان تاکستان (۲۵/۳٪). در حالی که توزیع خاکدانه‌های در اندازه ۱-۲ میلی‌متر در بین تیمارهای مورد بررسی تفاوت معنی‌داری در پایه آماری ۵ درصد باهم نداشتند. همچنین بخش اندازه ۱-۲ میلی‌متر نسبت به ۲-۸ میلی‌متر روند معکوسی را نشان داد و همان‌طور که انتظار می‌رفت بیرون تاج تاکستان دارای بیشترین مقدار (۴۱/۸٪) و تیمار زیر تاج جنگل دارای کمترین مقدار (۱۶/۲٪) این اندازه خاکدانه بودند. نتایج همچنین نشان داد خاکدانه‌های با اندازه کوچک‌تر از ۰/۲۵ میلی‌متر بیرون تاج تاکستان (۱۲/۴٪) و زیر تاج تاکستان (۱۱/۱٪) بیشترین درصد این اندازه خاکدانه را دارا بودند.



شکل ۱- توزیع اندازه خاکدانه در بین تیمارهای آزمون شده. حروف متفاوت بیانگر معنی‌دار بودن میانگین‌ها در هر اندازه خاکدانه به روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد. زیر تاج جنگل (FI)، بیرون تاج جنگل (FO)، زیر تاج تاکستان (VI)، بیرون تاج تاکستان (VO).

در مجموع نتایج شکل (۱) نشان می‌دهد که کاربری جنگل بکر بیشترین درصد خاکدانه‌های درشت را دارا بودند. در حالی که کشت و کار (زیر و بیرون تاج تاکستان) خاکدانه‌های درشت را تخریب کرده و به گونه قابل توجهی موجب افزایش درصد خاکدانه‌های ریز شده‌اند. Lal و Bronick (۲۰۰۵) گزارش نمودند که خاکدانه‌های درشت‌تر نسبت به خاکدانه‌های ریزتر حساسیت بیشتری به تغییرات محیطی نشان می‌دهند. زیرا عامل پیوندی در خاکدانه‌های درشت موقتی بوده و عمدتاً توسط مواد آلی ناپایداری هم‌چون پلی‌ساکاریدها، ریشه‌های گیاهی و هیف‌های قارچی به هم متصل شده‌اند که تحت تأثیر تنش‌های محیطی به راحتی شکسته می‌شوند. در حالی که خاکدانه‌های ریز توسط عوامل اتصال‌دهنده قوی‌تر و دائمی‌تری مانند پلیمرهای آلی، اکسیدها و کاتیون‌های چند ظرفیتی به هم متصل شده‌اند. همچنین یافته‌های بسیاری از پژوهش‌ها نشان داده که کشاورزی با روش‌های مرسوم نسبت به چرای مداوم و کشت و کار با سیستم بدون خاک‌ورزی مایه تخریب خاکدانه‌های درشت‌تر (میلی‌متر ۲ <) و افزایش خاکدانه‌های ریز می‌شود (Circ و همکاران ۲۰۱۲). داده‌های به دست آمده از ارزیابی توزیع کربن آلی خاک در بین خاکدانه‌های با اندازه گوناگون در تیمارهای مورد پژوهش در جدول (۱) ارائه شده است. نتایج نشان داد که در همه تیمارها، خاکدانه‌های بزرگ‌تر (۲-۸ و ۱-۲ میلی‌متر) دارای مقدار کربن آلی کمتری نسبت به خاکدانه‌های کوچک‌تر (۰/۲۵ و ۱-۲۵ میلی‌متر) بودند. هر چند که اختلاف بین برخی از تیمارها از نظر آماری معنی‌دار نبود. این نتایج با یافته‌های Fang و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت دارد. این پژوهش‌گران افزایش مقدار کربن آلی خاک را با کاهش اندازه خاکدانه‌ها به ترتیب در اکوسیستم‌های جنگلی و سیستم‌های تحت کشت و کار را گزارش نمودند. در حالی که Mohammadi و Motaghian (۲۰۱۲) مقدار کربن آلی در خاکدانه‌های متوسط (۱-۲۵/۰ میلی‌متر) را بیشتر از خاکدانه‌های درشت و ریز به ترتیب در خاک‌های تحت کشت و کار و خاک‌های غیر زراعی گزارش نمودند.

میانگین کربن آلی کل در تیمارهای مورد پژوهش در جدول (۱) ارائه شده است. یافته‌های به دست آمده نشان داد، که کشت و کار کربن آلی کل را تحت تأثیر قرار داد. به گونه‌ای که تیمارهای زیر تاج و بیرون تاج تاکستان به ترتیب دارای ۵۲/۹ و ۴۳/۳ درصد ماده آلی کمتر از شاهد‌های خود در جنگل بکر بودند. پژوهش‌گران زیادی دلیل کاهش مواد آلی در اراضی زیر کشت و کار را مواردی همانند کاهش ورود ماده آلی به خاک، کاهش حفاظت فیزیکی کربن آلی خاک در پی عملیات شخم‌زنی، تغییر رژیم رطوبتی و حرارتی خاک، افزایش سرعت تجزیه و سرانجام فرسایش خاک بیان کرده‌اند (Novara و همکاران ۲۰۱۵؛ Garcia-Diaz و همکاران ۲۰۱۶).

جدول ۱. آزمون میانگین کربن آلی کل خاک (بر پایه تن بر هکتار) و توزیع کربن آلی خاک (بر اساس درصد) در بخش اندازه خاکدانه در منطقه مورد بررسی (میانگین  $\pm$  خطای استاندارد)<sup>۱</sup>

تیمار	کربن آلی کل	اندازه خاکدانه (میلی‌متر)			
		<۰/۲۵	۰/۲۵-۱	۱-۲	۲-۸
زیر تاج تاکستان	۲۳/۲ $\pm$ ۰/۶ <sup>c</sup>	۴/۱ $\pm$ ۰/۲ <sup>a</sup>	۳/۹ $\pm$ ۰/۲ <sup>a</sup>	۳/۷ $\pm$ ۰/۰۲ <sup>a</sup>	۳/۰ $\pm$ ۰/۱ <sup>b</sup>
بیرون تاج تاکستان	۲۰/۸ $\pm$ ۰/۳ <sup>c</sup>	۳/۵ $\pm$ ۰/۱ <sup>a</sup>	۳/۳ $\pm$ ۰/۰ <sup>ab</sup>	۲/۹ $\pm$ ۰/۱ <sup>b</sup>	۳/۲ $\pm$ ۰/۲ <sup>ab</sup>
زیر تاج جنگل	۴۸/۶ $\pm$ ۰/۵ <sup>a</sup>	۱۱/۲ $\pm$ ۰/۴ <sup>a</sup>	۱۰/۰ $\pm$ ۰/۶ <sup>a</sup>	۷/۹ $\pm$ ۰/۵ <sup>b</sup>	۶/۳ $\pm$ ۰/۱ <sup>c</sup>
بیرون تاج جنگل	۴۱/۵ $\pm$ ۱/۰ <sup>b</sup>	۷/۷ $\pm$ ۰/۴ <sup>a</sup>	۷/۲ $\pm$ ۰/۳ <sup>a</sup>	۶/۶ $\pm$ ۰/۵ <sup>ab</sup>	۵/۹ $\pm$ ۰/۱ <sup>b</sup>

۱. حروف کوچک بالای هر عدد در هر ردیف بیان‌گر معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها بین اندازه خاکدانه می‌باشد. حروف متفاوت بیانگر معنی‌دار بودن میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اندازه خاکدانه، چرخه‌های دمایی و نوع کاربری زمین بر میزان تجزیه‌پذیری کربن آلی خاک (فاکتور A) از نظر آماری ( $P < ۰/۰۵$ ) معنی‌دار می‌باشد (جدول، ۲).

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس تجزیه‌پذیری کربن آلی خاک (فاکتور A)

F	میانگین مربعات	درجه آزادی	منابع تغییر
۱۸۶۰/۳ <sup>**</sup>	۱۰۷۰/۲	۱	کاربری
۶۴۴/۹ <sup>**</sup>	۳۷۱/۱	۳	چرخه دمایی
۱۳۰/۹ <sup>**</sup>	۷۵/۳	۳	اندازه خاکدانه
۳۸۰/۱ <sup>**</sup>	۲۱۹/۲	۳	کاربری $\times$ چرخه دمایی
۷۸/۲ <sup>**</sup>	۴۵/۱	۳	کاربری $\times$ اندازه خاکدانه
۲۳/۱ <sup>**</sup>	۱۳/۲	۹	چرخه دمایی $\times$ اندازه خاکدانه
۱۵/۶ <sup>**</sup>	۸/۹	۹	کاربری $\times$ چرخه دمایی $\times$ اندازه خاکدانه

<sup>\*\*</sup> معنی‌دار بودن در سطح خطای ۵ درصد.

همان‌گونه که در جدول (۳) نشان داده شده است به گونه‌ی عموم اندازه شاخص A در تمامی اندازه خاکدانه‌ها در هر دو کاربری آزمون شده در زیرتاج درختان بیشتر از بیرون تاج درختان بود، اما اندازه این شاخص در کاربری جنگل بکر (در زیر و بیرون از تاج درختان) به گونه‌ی معنی‌داری بیشتر از کاربری تاکستان است. به سخن دیگر میزان کیفیت و تجزیه‌پذیری ماده آلی در اثر کشت و کار در کاربری تاکستان نسبت به شاهد (جنگل بکر) کاهش یافته است. این نتیجه شاید به دلیل وجود مواد آلی ناپایدار (قابل دسترس و قابل تجزیه) بیشتر که همان مانده‌های گیاهی و جانوری تازه افزوده شده به خاک در کاربری جنگل بکر به ویژه در زیر تاج درختان نسبت به کاربری تاکستان باشد. این مواد در مقابل تجزیه مقاوم نبوده و ریزجانداران خاک آن‌ها را به سرعت تجزیه می‌کنند (Follett و همکاران ۲۰۰۷). در حالی که تجزیه این ترکیبات در اثر کشت و کار در کاربری تاکستان و افزایش ترکیبات سخت و پایدار آلی که در مقابل تجزیه میکروبی مقاوم بوده و دارای زمان ماندگاری بالاتری در خاک می‌باشند سبب کاهش شاخص A در این

کاربری شده است (Xu و همکاران ۲۰۱۰). پژوهش‌ها نشان می‌دهند که ماهیت ماده آلی خاک (میزان تجزیه‌پذیری، ترکیب و ساختار) و کارکرد و توانایی ریزجانداران خاک در تجزیه این مواد از جمله فاکتورهای کنترل‌کننده فرآیند معدنی شدن کربن آلی خاک می‌باشند (Yuste و همکاران ۲۰۱۱). بررسی شاخص A در بین خاکدانه‌ها با اندازه‌های گوناگون نشان داد که در بین تیمارهای مورد پژوهش روی هم رفته اندازه شاخص A با کاهش اندازه خاکدانه‌ها افزایش یافت که در بیشتر موارد از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۳). با توجه به این که مقدار کربن آلی خاک یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در نرخ تجزیه کربن آلی خاک می‌باشد (Garcia-Diaz و همکاران ۲۰۱۶)، بنابراین خاکدانه‌های کوچک‌تر با داشتن مقدار کربن آلی بیشتر و حفاظت فیزیکی کمتر، نرخ تجزیه کربن آلی بیشتری را از خود نشان دادند. همچنین مواد آلی همراه با خاکدانه‌های ریز بیشتر منشاء میکروبی داشته که دارای نسبت کربن به نیتروژن (C/N) کمتر و تجزیه‌پذیرتر می‌باشند. این یافته به خوبی نشان می‌دهد که شرایط کشت و کار علاوه بر کاهش درونداشت مواد آلی خاک با افزایش سهم خاکدانه‌های ریز سبب افزایش تجزیه‌پذیری کربن آلی خاک از طریق افزایش فراهمی مواد آلی می‌شود.

همچنین نتایج به دست آمده نشان داد که اندازه شاخص A با افزایش تعداد چرخه‌های دمایی در تمامی اندازه خاکدانه‌ها به ویژه خاکدانه‌های کوچک‌تر کاهش یافته است، اما این شدت کاهش در کاربری جنگل بکر نسبت به کاربری تاکستان چشم‌گیرتر بود (جدول ۳). این نتیجه شاید به دلیل مقدار مواد آلی ناپایدار بیشتر و بالابودن انرژی و توانایی ریزجانداران خاک در تجزیه این مواد در ابتدای انکوباسیون باشد که با افزایش زمان انکوباسیون مقدار این مواد کاهش یافته و سبب کاهش اندازه شاخص A با افزایش تعداد چرخه‌های انکوباسیون می‌شود. نتایج این پژوهش با یافته‌های Follett و همکاران (۲۰۰۷) و Xu و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت داشت. این پژوهش‌گران گزارش کردند که اندازه شاخص A در طول ۴ چرخه انکوباسیون به ترتیب ۶۲/۹ و ۷۰/۶ درصد نسبت به چرخه اول کاهش یافت. این پژوهش‌گران کاهش مقدار کربن آلی فراهم و ناپایدار خاک و کاهش کارکرد ریزجانداران خاک را به‌عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر در کاهش این شاخص عنوان نموده‌اند (Conant و همکاران ۲۰۰۸). نتایج این پژوهش همچنین نشان داد که با در نظر گرفتن تمامی عوامل مورد بررسی میزان شاخص تجزیه‌پذیری کربن آلی خاک از روند مقابل پیروی کرده است: زیرتاج جنگل  $(7/2) <$  بیرون‌تاج جنگل  $(5/2) <$  زیرتاج تاکستان  $(1/4) <$  بیرون‌تاج تاکستان  $(0/4)$ . این نتایج به خوبی نشان می‌دهند در مناطقی که کربن آلی قابل تجزیه بیشتری وجود داشته باشد مانند کاربری جنگل بکر تأمین رطوبت و افزایش دما می‌تواند سرعت برون‌دهی کربن آلی خاک را با سرعت بیشتری نسبت به زمین‌های تحت کشت افزایش دهد. انکوباسیون تحت چرخه‌های گوناگون در این پژوهش نشان داد که ریزجانداران خاک بخش پویا و حساس به تجزیه کربن آلی خاک را در ابتدای انکوباسیون به سرعت تجزیه نموده و با گذشت زمان این بخش از ماده آلی کاهش یافته و به بخش کربن سخت افزوده می‌شود که توانایی جمعیت میکروبی در تجزیه آن کمتر از بخش سهل‌التجزیه است، در نتیجه از مقدار فعالیت و تنفس جمعیت میکروبی خاک با افزایش مدت انکوباسیون کاسته می‌شود که کاهش تجزیه کربن آلی خاک را به دنبال خواهد داشت. بنابراین کاربری‌های با محتوای ماده آلی با قابلیت تجزیه بالاتر در مقابل تغییرات اقلیم آسیب‌پذیرتر بوده و گرمایش زمین را با شدت بیشتری به جلو می‌رانند.

جدول ۳. آزمون میانگین تجزیه پذیری کربن آلی خاک (شاخص A) در بخش اندازه خاکدانه تحت چرخه های دمایی گوناگون (میانگین  $\pm$  خطای استاندارد)<sup>۱</sup>

شماره	اندازه خاکدانه (میلی متر)				تیمار
	< ۲۵	۰.۲۵-۱	۱-۲	۲-۸	
زیر تاج جنگل	۲۳/۴±۰/۵ <sup>Aa</sup>	۲۱/۵±۱/۶ <sup>Aa</sup>	۱۵/۵±۱/۲ <sup>Ba</sup>	۱۴/۷±۴/۱ <sup>Ba</sup>	اول
	۱۶/۱±۲/۱ <sup>Ab</sup>	۱۲/۱±۱/۹ <sup>Bb</sup>	۸/۶±۰/۴ <sup>BCb</sup>	۶/۶±۰/۱ <sup>Bb</sup>	دوم
	۵/۶±۰/۳ <sup>Ac</sup>	۴/۶±۱/۵ <sup>Ac</sup>	۵/۰±۱/۳ <sup>Ac</sup>	۲/۲±۱/۱ <sup>Bc</sup>	سوم
	۴/۴±۰/۳ <sup>Ac</sup>	۲/۳±۰/۳ <sup>Bc</sup>	۱/۶±۰/۱ <sup>Bd</sup>	۱/۰±۰/۷ <sup>Bc</sup>	چهارم
برون تاج جنگل	۲۴/۶±۰/۵ <sup>Aa</sup>	۲۰/۲±۱/۲ <sup>Aa</sup>	۹/۵±۰/۹ <sup>Ba</sup>	۶/۷±۰/۹ <sup>Ba</sup>	اول
	۱۲/۷±۰/۸ <sup>Ab</sup>	۷/۸±۰/۶ <sup>Bb</sup>	۵/۲±۰/۶ <sup>Bb</sup>	۳/۳±۰/۴ <sup>Bb</sup>	دوم
	۴/۳±۰/۵ <sup>Ac</sup>	۲/۶±۰/۵ <sup>Ac</sup>	۲/۲±۰/۶ <sup>Bbc</sup>	۱/۱±۰/۲ <sup>Bc</sup>	سوم
	۱/۰±۰/۱ <sup>Ad</sup>	۰/۷±۰/۱ <sup>Ac</sup>	۰/۶±۰/۳ <sup>Ac</sup>	۰/۲±۰/۰ <sup>Ac</sup>	چهارم
زیر تاج تاکستان	۳/۷±۰/۴ <sup>Aa</sup>	۳/۵±۰/۷ <sup>Aa</sup>	۳/۰±۰/۳ <sup>Aa</sup>	۲/۴±۰/۲ <sup>Aa</sup>	اول
	۲/۹±۰/۵ <sup>Aa</sup>	۲/۴±۰/۱ <sup>Aa</sup>	۱/۸±۰/۱ <sup>Ab</sup>	۲/۴±۰/۲ <sup>Aa</sup>	دوم
	۰/۸±۰/۳ <sup>Ab</sup>	۰/۹±۰/۰ <sup>Ab</sup>	۰/۴±۰/۰ <sup>Ac</sup>	۰/۳±۰/۰ <sup>Ab</sup>	سوم
	۰/۷±۰/۱ <sup>Ab</sup>	۰/۶±۰/۱ <sup>Ab</sup>	۰/۴±۰/۱ <sup>Ac</sup>	۰/۲±۰/۰ <sup>Ab</sup>	چهارم
برون تاج تاکستان	۳/۲±۰/۳ <sup>Aa</sup>	۰/۶±۰/۰ <sup>Ba</sup>	۰/۸±۰/۱ <sup>Ba</sup>	۰/۳±۰/۰ <sup>Ba</sup>	اول
	۰/۷±۰/۳ <sup>Ab</sup>	۰/۳±۰/۰ <sup>Ab</sup>	۰/۲±۰/۰ <sup>Ab</sup>	۰/۱±۰/۰ <sup>Aa</sup>	دوم
	۰/۴±۰/۱ <sup>Ab</sup>	۰/۲±۰/۰ <sup>Ab</sup>	۰/۱±۰/۰ <sup>Ab</sup>	۰/۱±۰/۰ <sup>Aa</sup>	سوم
	۰/۴±۰/۱ <sup>Ab</sup>	۰/۱±۰/۰ <sup>Ab</sup>	۰/۱±۰/۰ <sup>Ab</sup>	۰/۱±۰/۰ <sup>Aa</sup>	چهارم

۱. در هر ردیف (حروف بزرگ) و ستون (حروف کوچک) میانگین های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنی دار ( $P < 0.01$ ) بر اساس آزمون دانکن هستند.

### نتیجه گیری

گذشته از مقدار ماده آلی خاک فرآیندهای زیستی که مایه تغییر شکل و تبدیل کربن آلی خاک می شوند، به دما به عنوان مهم ترین فاکتور اقلیمی، ماهیت ماده آلی خاک (میزان تجزیه پذیری، ترکیب و ساختار)، حفاظت فیزیکی خاکدانه و مدیریت در طول زمان وابسته می باشند. نتایج این پژوهش نشان داد که تغییر کاربری جنگل به تاکستان با کاهش مقدار درون داد مواد آلی خاک و در معرض تجزیه قرار دادن آن از طریق درصد خاکدانه های درشت مایه کاهش مواد آلی خاک می شود. اما کاربری جنگل بکر دارای بیشترین مقدار کربن آلی و نرخ تجزیه پذیری آن بود که حاکی از کیفیت بالای ماده آلی در این کاربری است. از طرفی انکوباسیون تحت چرخه های دمایی گوناگون در این پژوهش نشان داد که در مناطقی که کربن آلی فراهم بیشتری وجود داشته باشد، مانند کاربری جنگل بکر، تأمین رطوبت و افزایش دما می تواند سرعت برون دهی کربن آلی خاک را نسبت به زمین های تحت کشت، افزایش دهد. به سخن دیگر کاربری های با مقدار ماده آلی فراهم بیش تر در مقابل تغییرات اقلیم آسیب پذیرتر بوده و گرمایش زمین را با شدت بیشتری به جلو می رانند.



منابع

- Ayoubi, Sh., Mokhtari, P., Mosaddeghi, M. R. and Honarjoo, N. 2012. Soil aggregation and organic carbon as affected by topography and land use change in western Iran. *Soil Tillage Researcher*, 121, 18-26.
- Bronick, C. J. and Lal, R. 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124, 33-54.
- Ciric, V., Manojlovic, M., Nestic, L. and Belic, M. 2012. Soil dry aggregate size distribution: effects of soil type and land use. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12: 689-703.
- Conant, R. T., Drijber, R. A., Haddix, M. L., Parton, W. J., Paul, E. A., Plante, A. F., Six, J. and Steinweg, J. M. 2008. Sensitivity of organic matter decomposition to warming varies with its quality. *Global Change Biology*, 14, 868-877.
- Drenovsky, R. E., Vo, D., Graham, K. J. and Scow, K. M. 2004. Soil water content and organic carbon availability are major determinants of soil microbial community composition, *Microbial, Ecology*, 48, 424-430.
- Fang, X.M., Chen, F.S., Wan, S.Z., Yang, Q.P. and Shi, J.M. 2015. Topsoil and deep soil organic carbon concentration and stability vary with aggregate size and vegetation type in Subtropical China. *PLoS ONE*, 10: 139-380.
- Fierer, N., Craine, J. M., McLauchlan, K. and Schimel, J. 2005. Litter quality and the temperature sensitivity of decomposition. *Ecology*, 86, 320-326.
- Follett, R. F., Paul, E. A. and Pruessner, E. G. 2007. Soil carbon dynamics during a long-term incubation study involving <sup>13</sup>C and <sup>14</sup>C measurements. *Soil Science*, 172, 189-208.
- Garcia-Diaz, A., Allas, R. B., Gristina, L., Cerda, A., Pereira, P. and Novara, A. 2016. Carbon input threshold for soil carbon budget optimization in eroding vineyards. *Geoderma*, 27, 144-149.
- Hajabbasi, M. A., Jalalian, A. and Karimzadeh, H. R. 1997. Deforestation effects on soil physical and chemical properties, Lordegan, Iran. *Plant and Soil*, 190, 301-308.
- Jaggi, W. 1976. Die Bestimmung der CO<sub>2</sub>-Bildung als Maß der bodenbiologischen Aktivität. *Schweiz Landwirtschaft Forschung Band*, 15, 317-380.
- Jobbagy, E. and Jackson, R. 2000. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecology. APPLIED*, 10, 423-436.
- Kemper, W. D., and Rosenau, R. C. 1986. Aggregate stability and size distribution, in: *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods*, Klute, A., Ed. 425-442.
- Mikan, C., Schimel, J. and Doyle, A. 2002. Temperature controls of microbial respiration in arctic tundra soils above and below freezing. *Soil Biology and Biochemistry*, 34, 1785-1795.
- Motaghian, H. R. and Mohammadi, J. 2012. Statistical and geostatistical appraisal of spatial variability of aggregate stability and aggregate-associated organic carbon content on a catchment scale in a semi-arid region, Central Iran. *Desert*, 17, 27-39.
- Moyano, F. E., Vasilyeva, N., Bouckaert, L., Cook, F., Craine, J., Curiel Yuste, J., Don, A., Epron, D., Formanek, P., Franzluebbers, A., Ilstedt, U., Kätterer, T., Orchard, V., Reichstein, M., Rey, A., Ruamps, L., Subke, J. A., Thomsen, I. K. and Chenu, C. 2012. The moisture response of soil heterotrophic respiration, interaction with soil properties. *Biogeosciences*, 9, 1173-1182.
- Nelson, D. W. and Sommers, L. E. 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter. *Laboratory methods of Soil Analysis. Part 3. SSSA book ser. 5, SSSA: Madison, WI*, 961-1010.
- Schuman, G. E., Janzen, H. and Herrick, J. E. 2002. Soil carbon information and potential carbon sequestration by rangelands. *Environment Pollution*, 116, 391-396.
- Weltzin, J. F., Loik, M. E., Schwinning, S., Williams, D. G., Fay, P. A., Haddad, B. M., Harte, J., Huxman, T. E., Knapp, A. K., Lin, G. H., Pockman, W. T., Shaw, M. R., Small, E. E., Smith, M. D., Smith, S. D., Tissue, D. T. and Zak, J. C. 2003. Assessing the response of terrestrial ecosystems to potential changes in precipitation. *Bioscience*, 53, 941-952.
- Xu, X., Zhou, Y., Ruan, H., Luo, Y. and Wang, J. 2010. Temperature sensitivity increases with soil organic carbon recalcitrance along an elevational gradient in the Wuyi Mountains, China. *Soil Biology and Biochemistry*, 42, 1811-1815.
- Yuste, J. C., Peñuelas, J., Estiarte, M., Garcia-Mas, J., Mattana, S., Ogaya, R., Pujol, M. and Sardans, J. 2011. Drought-resistant fungi control soil organic matter decomposition and its response to temperature. *Global Change Biology*, 17, 1475-1486.



# 16<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019



**Topic for submission: Soil Quality and Sustainable Soil Management**

## **Assessment the impact of land use change on soil organic carbon decomposition in aggregates in northern Zagros oak forest, west Iran**

Nahid Azadi <sup>1</sup> and Zahed Sharifi<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Department of Soil Science, College of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

### **Abstract**

The aim of this study was to investigate the effect of land use change from virgin forests to vineyards on the rate of soil organic carbon (SOC) decomposition under different temperature cycles in the Marivan region of Kurdistan province. For this purpose, oak forest (control) and vineyard were studied. Three composite topsoil (0-5 cm) samples were collected from each treatment. Soil samples were first separated according to the size of the aggregates classes (8-2, 2-1, 1-0.25, and <0.25 mm). Then soil aggregate distribution, SOC and its decomposition rate were determined in each aggregate size fraction. The results showed that with increasing cultivation, the amount of SOC and macroaggregates decreased, however, the amount of microaggregates increased. The results also showed that in all treatments SOC and its decomposition rate increased with decreasing aggregate size. Totally, the results of this study indicated that land use change from virgin forests to vineyards resulted in decrease SOC input and increase its decomposition rate. On the other hand, virgin lands with more decomposable organic matter are more vulnerable to climate change, and intensify global warming more strongly than arable lands.

**Keywords:** Climate change, Temperature cycles, Soil aggregates, Soil organic matter, Soil management