DOI: 10.22059/ijswr.2021.313258.668794

تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۲، شماره ۸، آبان ۱۴۰۰ (ص ۲۲۱۶-۲۲۰۵)

(علمی – پژوهشی)

The Effect of Different Land Use Age on Dynamic of Different forms of Soil Organic Carbon (Case Study: Chardangeh Area of Kiasar City)

LEILA ZANDI[1], ZEINAB JAFARIAN[1*], ATAOLLA KAVIAN[2], YAHYA KOOCH[3]

1. Rangeland Management Department, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari. Iran.
2. Watershed Management Department, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari. Iran.
3. Rangeland Management Department, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Nour, Iran.

(Received: Nov. 23, 2020- Revised: June. 23, 2021- Accepted: July. 14, 2021)

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the effect of land use age on dynamic of different forms of soil organic carbon in Chahar Dangeh region of Kiasar, Mazandaran province. In this area, the studied habitats include pastures conversion to agricultural lands (barley) and orchards (apples and walnuts) in three different ages (more than 30 years, more than 20 years and less than 10 years) in Era, Erost and Vavsar villages. In each land use, soil sampling was performed systematic- randomly from 0-15 and 15-30 cm depths. In total, ten soil samples from land uses were transferred to the laboratory for analysis of soil organic carbon, particulate organic carbon, microbial biomass carbon, labile organic carbon. The variance analysis results indicated that the higher values of soil organic carbon, particulate organic carbon, microbial biomass carbon, labile organic carbon found in orchard use during 30 years old, which was located at a depth of 0-15 cm. Due to the conversion of rangeland to orchard use (age more than 30 years), soil organic carbon, particulate organic carbon, microbial biomass carbon, labile organic carbon increased in 86.18%, 68.42%, 61.13% and 66.94% respectively. Also, the highest amount of EC was found in orchard use older than 30 years. But pH in barley land use older than 30 years at a depth of 15-30 cm had the highest value. In general, the results of this study indicated that the effects of the studied factors on different forms of soil organic carbon depend on the time. Therefore, soil organic carbon management strategies should be adjusted according to the time period.

Keyword: Land Use Age, Soil Organic Carbon, Particulate Organic Carbon, Microbial Biomass Carbon, Labile Organic Carbon.

*Corresponding Author's Email: jafarian79@yahoo.com

تاثیر سن کاربری‌های مختلف بر پویایی اشکال مختلف کربن آلی خاک (مطالعه موردی: منطقه چهاردانگه شهرستان کیاسر)

لیلا زندی[۱]، زینب جعفریان[۱*]، عطاءاله کاویان[۲]، یحیی کوچ[۳]

۱. گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۲. گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۳. گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۹/۳- تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۴/۲- تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۴/۲۳)

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر سن کاربری زراعی و باغی بر پویایی اشکال مختلف کربن آلی خاک، در منطقه چهار دانگه کیاسر استان مازندران انجام گرفت. در این منطقه، رویشگاه‌های مورد مطالعه، مراتع تبدیل شده به اراضی کشاورزی (جو) و باغی (سیب و گردو) در سه سن مختلف (بیشتر از ۳۰ سال، بیشتر از ۲۰ سال و کمتر از ۱۰ سال) می باشد که در سه روستای ارا، اروست و واوسر قرار دارند. نمونه‌برداری از خاک در هرکاربری، به‌صورت تصادفی سیستماتیک از دو عمق ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتیمتری انجام گرفت. در مجموع ۱۰ نمونه خاک از هر کاربری، جهت آنالیز کربن آلی، کربن ذره‌ای، زیست‌توده کربن خاک، کربن ناپایدار خاک، واکنش (pH) و هدایت الکتریکی خاک به آزمایشگاه انتقال داده شد. نتایج تجزیه واریانس بیانگر آن بود که بیشترین میزان کربن آلی، کربن آلی ذره‌ای، زیست‌توده میکروبی کربن و کربن ناپایدار به کاربری باغ با سن بیشتر از ۳۰ سال در عمق ۱۵-۰ سانتیمتری اختصاص داشته است، به‌طوری‌که در اثر تبدیل مرتع به باغ (دارای سن بیشتر از ۳۰ سال) کربن آلی، کربن آلی ذره‌ای، زیست‌توده میکروبی کربن و کربن ناپایدار به میزان ۸۶/۱۸، ۶۸/۴۲، ۶۱/۱۳ و ۶۶/۹۴ درصد افزایش یافت. همچنین بیشترین میزان هدایت الکتریکی نیز در کاربری باغ با سن بیشتر از ۳۰ سال یافت شد. اما واکنش خاک (pH) در کاربری جو با سن بیشتر از ۳۰ سال در عمق ۳۰-۱۵ سانتیمتری بیشترین مقدار را داشت. درکل نتایج این تحقیق نشان داد که تاثیر عوامل مطالعه شده بر اشکال مختلف کربن آلی خاک مستقل از زمان نیست. بنابراین استراتژی های مدیریت کربن آلی خاک باید با توجه به دوره زمانی تنظیم شود.

واژه‌های کلیدی: سن کاربری اراضی، کربن آلی، کربن ذره‌ای، کربن ناپایدار، زی‌توده میکروبی کربن.

مقدمه

خاک بزرگترین منبع کربن آلی در اکوسیستم زمینی است (Guenet *et al.*, 2018). در سطح جهانی، مقدار کربن آلی (SOC)خاک در عمق یک متری سه برابر ذخیره کربن در پوشش گیاهی و دو برابر ذخیره کربن جوی به اندازه ۱۵۰۰ پتا گرم (گیگا تن) است (Liu *et al.*, 2014). همچنین این عنصر علاوه بر ذخیره فراوان، نسبت به تغییرات محیطی بسیار واکنش‌پذیر است. با این توصیف میزان کربن آلی خاک با مسائلی مانند باروری و تولید خاک (امنیت غذایی) و یا تغییرات اقلیمی ارتباط تنگاتنگ دارد. (Chung *et al.*, 2008). کربن آلی خاک یکی از پرکاربردترین مشخصه‌های کیفی خاک در اکوسیستم‌های زمینی است که خواص فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک را تعیین می‌کند. همچنین در پیش بینی تغییرات آب و هوا و اثرات آن بر عملکرد اکوسیستم مفید است (Sahoo *et al.*, 2019) بطوریکه کوچکترین تغییر در پویایی کربن آلی خاک می‌تواند تاثیر معنی‌داری بر غلظت دی اکسید کربن اتمسفر و در مقیاس بزرگتر بر روی چرخه کربن داشته باشد (Liu *et al.*, 2017; Lal, 2011).

اکوسیستم مرتع با دارا بودن حدود ۳۰ درصد ذخیره کربن، به‌عنوان یکی از بزرگترین منابع کربن در بین اکوسیستم‌های خشکی جهان مطرح است (De Silva *et al.*, 1999).

مراتع به عنوان منابع کربن، نقش تاثیر گذاری بر چرخه کربن (Zhu *et al.*, 2015) و مخزن کربن اتمسفر دارند (Schimel, 2010). بنابراین ترسیب و انباشت کربن آلی در خاک مراتع می‌تواند موجب حفظ کیفیت خاک، تولید مواد غذایی و بهبود عملکرد اکوسیستم مانند تنوع زیستی و حفظ آب و خاک گردد (Lal, 2016; Luan *et al.*, 2014). تغییر کاربری اراضی یکی از مهم‌ترین تهدیدهای اکوسیستم طبیعی است که حفاظت از این اکوسیستم‌ها را با چالش‌هایی مواجه می‌کند (Zhao *et al.*, 2012).

* نویسنده مسئول: Jafarian79@yahoo.com

تغییر کاربری اراضی، ساختار خاک و ثبات کربن آلی خاک را از طریق کاهش زیست توده ورودی به بستر خاک و افزایش نرخ تجزیه ماده آلی خاک (مینرالیزاسیون کربن آلی خاک) و تغییر در ترکیب جامعه گیاهی و عملکرد کشت، تحت تاثیر قرار می‌دهد (Wang *et al*., 2017; Houghton *et al*., 2012; Sahoo *et al*., 2019).

شیوه مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی به‌طور قابل توجهی مقدار، توزیع و میزان انتقال مواد آلی و مواد مغذی در خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Kochy *et al*., 2015). همچنین به‌دلیل نسبت بالایی (۶۰-۷۰ درصد) از ذخیره کربن آلی و مواد مغذی در خاک اکوسیستم‌های طبیعی که معمولاً در ۳۰ سانتی‌متری بالای سطح خاک متمرکز هستند، عملیات خاکورزی در خاک‌های دست‌نخورده باعث به‌هم خوردن توازن بین ورود و خروج مواد آلی و درنتیجه شدت تجزیه لاشبرگ می‌شود (Gill *et al*., 1999) مواد آلی خاک به تغییرات مدیریت اراضی به کندی پاسخ می‌دهد (Zhang *et al*., 2020). به همین منظور شناسایی اجزاء حساس‌تر کربن آلی، مانند کربن ناپایدار، کربن آلی ذره‌ای، زیست‌توده میکروبی کربن باعث تشخیص بهتر تغییرات ماده آلی خاک در مراحل ابتدایی تغییر کاربری و مدیریت آنها می‌شوند از اینرو، روند تغییرات مواد آلی براساس کربن آلی خاک سنجیده می‌شود. از دیگر ویژگی‌های اشکال مختلف کربن، حرکت سریع، حلالیت و معدنی شدن آسان آن است که به سرعت می‌تواند به تغییر در کیفیت خاک (Yuan *et al*. 2018) و تغییر در شیوه‌های مدیریت خاک واکنش نشان دهند (Ramirez *et al*., 2020). میزان کربن آلی ناپایدار به‌عنوان شاخص حساس اولیه، تاثیر عوامل محیطی بر کربن آلی خاک را نشان می‌دهد. همچنین این شکل از کربن آلی خاک دارای فعالیت بیولوژیکی قوی است، به این معنی که، این فاکتور نقش مهمی در چرخه کربن ایفاء می‌کند و ممکن است به عنوان شاخص حساسی از تغییرات ماده آلی خاک در نظر گرفته شود (Zhang *et al*., 2020).

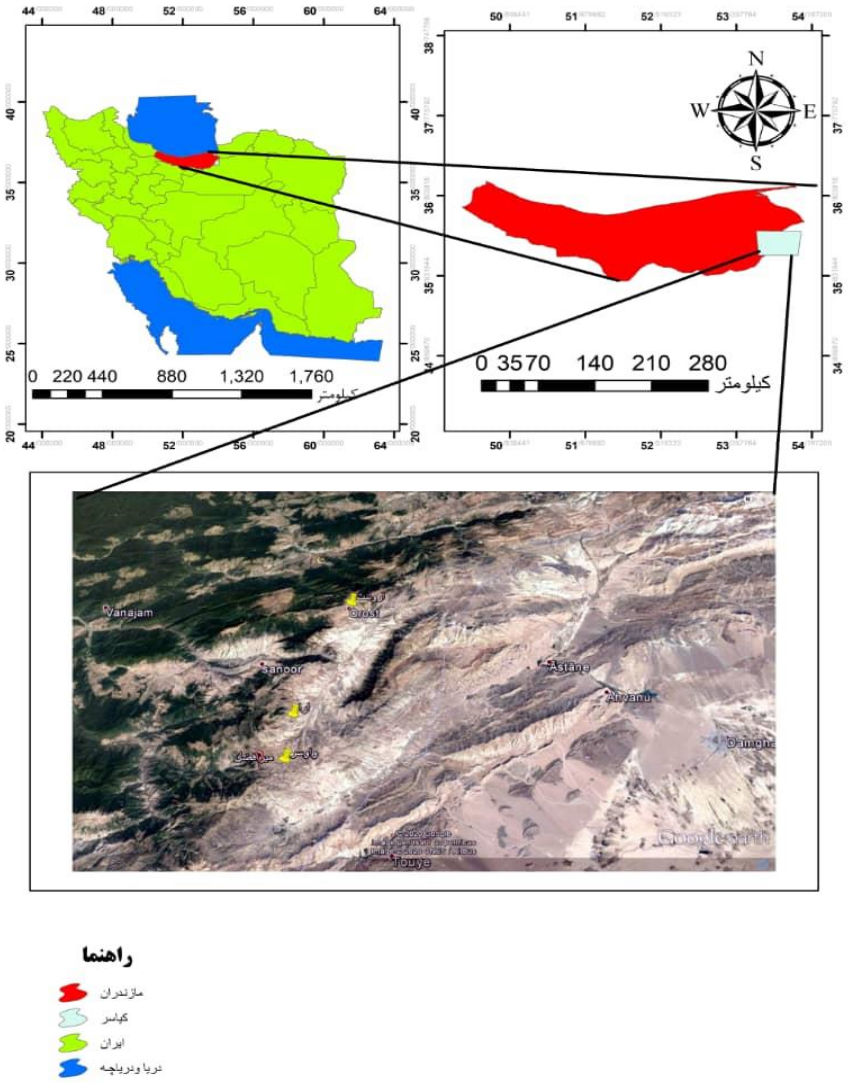
کربن آلی ذره‌ای نیز به راحتی تجزیه می‌شود، بنابراین، این بخش از کربن ناپایدار خاک می‌تواند به‌عنوان شاخص اولیه در واکنش به شیوه مدیریت و تغییر کاربری اراضی باشد. زیست‌توده میکروبی کربن خاک به طور تقریبی بیش از ۵ درصد کربن آلی خاک را شامل می‌شود (de Souza *et al*., 2016) و جزء مهمی از کربن ناپایدار خاک محسوب می‌شود (Garden *et al*., 2016) که نقش مهمی در چرخه کربن آلی خاک بازی می‌کند (von Lützow *et al*., 2007) و می‌تواند به عنوان شاخصی در جهت بیان کیفیت خاک مطرح شود. درنتیجه مطالعه پویایی اشکال مختلف کربن آلی در کاربری‌های مختلف اراضی می‌تواند به برنامه‌ریزی جهت احیای پوشش گیاهی مفید، کمک کند (Sahoo *et al*., 2019; Shi *et al*., 2019).

با توجه به اینکه پژوهش‌های متعددی روی تاثیر تغییر کاربری بر تجمع کربن آلی خاک انجام شده است، اما مطالعات جامعی درخصوص اثر روش مدیریت اراضی بر اشکال مختلف کربن به‌ویژه در داخل کشور صورت نگرفته است، همچنین با توجه به اینکه در بیشتر تحقیقات انجام شده اثر تغییر کاربری اراضی بر بعد مکانی (تجمع کربن آلی خاک در خاکدانه) مورد بررسی قرار گرفته است (Houghton, 2012)، بعد زمانی آن هنوز به صورت ناشناخته باقی مانده است (Spohn and Giani, 2011)؛ به‌عبارت دیگر پویایی زمانی ترکیب کربن آلی خاک و محرک‌های اساسی، به ندرت مورد مطالعه قرار گرفتند و درک ما، به ویژه در مقیاس‌های وسیع‌تر، کاملاً محدود است که علت آن پویایی بسیار متغیر کربن آلی خاک از لحاظ مکانی است. همچنین دستیابی به اندازه‌گیری‌های طولانی مدت اشکال مختلف کربن آلی نیز دشوار است. درنتیجه آگاهی از شیوه مدیریت کاربری اراضی جهت بهبود بهره‌وری، ترسیب کربن و عملکرد پایدار خاک، شناخت ترکیب اولیه کربن آلی خاک و نظارت بر پویایی زمانی بخش‌های مختلف کربن آلی خاک، ضروری است (Cotrufo *et al*., 2019; Rossel *et al*., 2019). بنابراین مهم‌ترین هدف این پژوهش بررسی اثر تبدیل مرتع به اراضی کشاورزی و باغی در سه سن مختلف (<۱۰، ۱۵ < و > ۳۰ سال) بر مهمترین بخش‌های مختلف کربن آلی خاک در شهرستان کیاسر استان مازندران است.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

شهرستان کیاسر واقع در استان مازندران و در قسمت جنوبی شهرستان ساری واقع شده است. مختصات جغرافیایی محدوده مورد بررسی بین ۳۶ درجه و ۹ دقیقه و ۵۶ ثانیه و ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه و ۲۴ ثانیه عرض جغرافیایی و بین ۵۳ درجه و صفر دقیقه و ۲۷ ثانیه و ۵۳ درجه و ۲۴ دقیقه و ۱۸ ثانیه طول جغرافیایی قرار دارد. مساحت محدوده مورد مطالعه ۸۰۰ کیلومتر مربع، ارتفاع از سطح دریا ۹۷ متر در مناطق پست و ۱۶۷۰ متر در بالای کوه‌ها است. میانگین بارش سالیانه منطقه مورد مطالعه ۱۰۰۰ میلی‌متر می‌باشد. براساس توزیع ماهیانه بارندگی، بیشترین میزان بارندگی در ماه آذر و کمترین آن در مرداد ماه و طبق آمار پراکنش فصلی بارش، بیشترین میزان بارش در فصل زمستان است (Gholami *et al*., 2017).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان مازندران و ایران

روش تحقیق

به‌منظور انجام این تحقیق، در شهریورماه سال ۱۳۹۸، پس از بازدید صحرایی در منطقه مورد مطالعه، محدوده کاری در حوزه چهار دانگه منطقه کیاسر انتخاب شد. در این حوزه، رویشگاه‌های مورد مطالعه شامل روستای اروست دارای مراتع تبدیل شده به اراضی کشاورزی (جو) و باغی (سیب و گردو) با سن بیشتر از ۳۰ سال با یک مرتع شاهد، روستای واوسر با مراتع تبدیل شده به اراضی کشاورزی (جو) و باغی (سیب و گردو) با سن بیشتر از ۲۰ سال و همچنین مراتع تبدیل شده به کاربری باغی (سیب و گردو) کمتر از ۱۰ سال با یک مرتع شاهد، روستای ارا با مراتع تبدیل شده به اراضی کشاورزی (جو) با سن کمتر از ۱۰ سال با یک مرتع شاهد بودند (معیار تغییر سن تبدیل کاربری‌ها: مصاحبه با مردم محلی منطقه بود). مراتع شاهد در مجاورت سایت‌های زراعی و باغی انتخاب شدند و انتخاب کاربری‌ها به گونه‌ای بود که از نظر فیزیوگرافی و اقلیمی شرایط مشابهی داشتند به این دلیل که با ثابت در نظر گرفتن همه شرایط بتوان اثر تغییر کاربری اراضی را مورد بررسی و مقایسه قرار داد.

همچنین وجود سنگ بستر مشابه در سایت‌های مطالعه بررسی باشد. و سعی شد که با انتخاب سایت‌ها در مجاورت یکدیگر تا حد امکان اثر سنگ بستر بر مشخصه‌های کیفی خاک تعدیل شود. طبق اطلاعات جمع‌آوری شده از گزارشات خاک و طرح‌های مرتعداری انجام شده در این مناطق، مشخص گردید که سنگ بستر در همه‌سایت‌های مورد مطالعه از نوع راندزین (خاکی است که از تجزیه فیزیکی و شیمیایی سنگ‌های آهکی، دولومیتی، مارنی و گچی حاصل می‌شود) است. باقیمانده آهک و یا دولومیت در این خاک قابل تشخیص است و در سطح مقداری هوموس دیده می‌شود. رنگ این خاک معمولا خاکستری است ولی اگر دارای رس باشد رنگ خاکستری مایل به قرمز دیده می‌شود. از نظر رده‌بندی خاک تمامی مناطق مورد مطالعه، به‌طور غالب از نوع اینسپتی‌سول و آلفی‌سول‌ها بود (Watershed

(Management Studies Office, 2008).

برای نمونه‌برداری از خاک مراتع در منطقه مورد مطالعه، ترانسکت‌ها به صورت تصادفی مستقر (یک ترانسکت در جهت شیب و ترانسکت بعدی عمود بر جهت شیب) قرار گرفت، سپس پنج قطعه نمونه یک متر مربعی به صورت سیستماتیک در امتداد این ترانسکت‌ها قرار داده شده و از ۵ نقطه قطعه نمونه از دو عمق ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتی‌متری خاک با استفاده از آگر برداشت و با ترکیب آن‌ها برای هر قطعه، یک نمونه خاک به‌دست آمد و در کل از هر کاربری مرتع، ۱۰ نمونه خاک از دو عمق جمع‌آوری شد. نمونه‌برداری از خاک سایر کاربری‌ها به این صورت است که در دو کاربری باغ (سیب و گردو) و کشاورزی (جو) با در نظر گرفتن سه سن مختلف کمتر از ۱۰ سال، بیشتر از ۲۰ سال و بیشتر از ۳۰ سال نیز با پیمایش صحرایی دقیق و با توجه به عوامل مختلف مانند زمان، هزینه، هدف پژوهش، از دو عمق ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتی‌متری خاک، نمونه‌گیری از ۵ پروفیل حفر شده در هر کاربری انجام شد و برای هر کاربری در دو عمق، ۱۰ نمونه خاک و از کل کاربری‌ها در مجموع ۹۰ نمونه خاک جمع‌آوری گردید. بعد از پایان برداشت، نمونه‌های خاک به آزمایشگاه منتقل شد و پس از آن جهت تعیین زی‌توده میکروبی کربن، مقداری از خاک جمع‌آوری شده از عرصه، جهت حفظ رطوبت خاک، در دمای یک تا چهار درجه سانتی‌گراد در سردخانه نگهداری شد. و مقدار خاک باقی مانده (جهت تعیین سایر فاکتورهای کیفی خاک) پس از خشک شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد (Jafari Haghighi, 2004). سپس کربن آلی کل به روش والکلی بلک (Nosetto *et al*., 2006)، واکنش (pH) با استفاده از pH متر، هدایت هیدرولیکی (EC) با استفاده ازEC متر، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. همچنین در این پژوهش برای اندازه‌گیری زیست‌توده میکروبی کربن خاک از روش تدخین- استخراج استفاده شد. در ابتدا، خاک مرطوب با کلروفرم به مدت ۲۴ ساعت در درون دسیکاتور تدخین شد. سپس خاک تدخین شده با محلول عصاره‌گیر سولفات پتاسیم نیم مولار (۲۰ میلی‌لیتر) به مدت ۲ ساعت تکان داده و عصاره‌گیری شد. بلافاصله مقدار کربن آلی در عصاره‌ها به روش والکی‌بلاک اندازه‌گیری شدند. اختلاف بین اندازه کربن در نمونه‌های گازدهی شده و نمونه‌های گازدهی نشده نشان‌دهنده اندازه زیست‌توده میکروبی کربن است (Sparling and West, 1988).

به منظور اندازه‌گیری کربن آلی ذره‌ای نیز از روش تجزیه فیزیکی استفاده شد، به این صورت که ابتدا از هر نمونه ۱۰ گرم خاک جدا کرده، در یک ارلن ریخته و سپس ۵۰ سی‌سی هگزا متا فسفات سدیم به آن اضافه شد. پس از آن نمونه‌ها به مدت یک ساعت با دور تند (۵۰۰ دور در دقیقه) تکان داده، سپس محلول تکان داده شده را بر روی الک ۰/۵۳ میکرومتری تخلیه کرده و با آب مقطر کاملا شست و شو داده شد. این عمل تا آن‌جایی ادامه پیدا کرد که آب خروجی از زیر الک کاملا شفاف شد. با توجه به‌اینکه ذرات سیلت و رس معمولاً کوچکتر از ۰/۵ میکرومتر است، بنابراین ذرات باقی‌مانده بر روی الک، ماده آلی ذره‌ای به همراه ذرات شن می‌باشد، که این مواد باقی‌مانده بر روی الک به فویل‌های آلومینیومی انتقال داده شده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۵۵ درجه‌سانتی‌گراد خشک گردید. پس از خشک شدن نمونه‌ها، کربن آلی ذره‌ای به روش احتراق اندازه‌گیری شد. براساس این روش نمونه‌ها پس از خشک شدن در آون، توزین گردید. سپس مواد آلی ذره‌ای به مدت ۴ ساعت در دمای ۴۵۰ درجه‌سانتی‌گراد در کوره سوزانده شد و نمونه‌ها مجدداً توزین گردید. اختلاف وزن نمونه‌ها نشان‌دهنده میزان ماده آلی ذره‌ای برای هر نمونه بود، که با ضرب مقدار به‌دست آمده در ۰/۵۶ میزان کربن ذره‌ای به‌دست آمد (Six *et al*., 1998). در نهایت برای اندازه‌گیری کربن ناپایدار خاک از روش Puget *et al*. (1995) استفاده شد به این صورت که ۵۰ گرم خاک خشک الک شده را با نسبت ۱:۲/۵ آب مقطر به مدت ۱۶ ساعت با دور ۲۵۰ دور در دقیقه تکان داده و تحت پراکنش قرار داده شد. این روش سبب پراکندگی خاکدانه‌های درشت شد، اما انرژی کافی برای خرد کردن خاکدانه‌های ریز (۰/۰۵۳ میلی‌متر) را نداشت، لذا جهت پراکندان آنها، از روش انرژی فراصوت با فرکانس ۳۵ کیلوهرتز به مدت ۱۵ دقیقه بوسیله دستگاه سونیک استفاده شد. سپس سو سپانسیون، از الک ۰/۰۵۳ میلی‌متر عبور داده شد تا ذرات شن و ماده آلی پیوندی از آن جدا شود. کربن موجود در ذرات نیز هم اندازه شن که روی الک ۰/۰۵۳ میلی‌متر باقیمانده است به عنوان کربن ناپایدار در نظر گرفته شد. بنابراین ذرات هم‌اندازه شن باقی مانده بر روی الک که به‌عنوان بخش کربن ناپایدار درنظر گرفته شد در آون با دمای ۵۰ درجه‌سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد تا خشک شود، سپس کربن آلی آن با استفاده از روش والکی‌بلک اندازه‌گیری شد.

به‌منظور بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر مشخصات کیفی خاک، از آزمون سه طرفه (طرح فاکتوریل) با پنج تکرار برای هر کاربری، استفاده شد. همچنین مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن، در سطح احتمال یک و پنج درصد انجام گردید. کلیه آزمون‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS با نسخه ۲۲ انجام گرفت.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس داده‌های به‌دست آمده از منطقه مورد مطالعه نشان داد که اثر مستقل کاربری، اثر مستقل سن کاربری، اثر

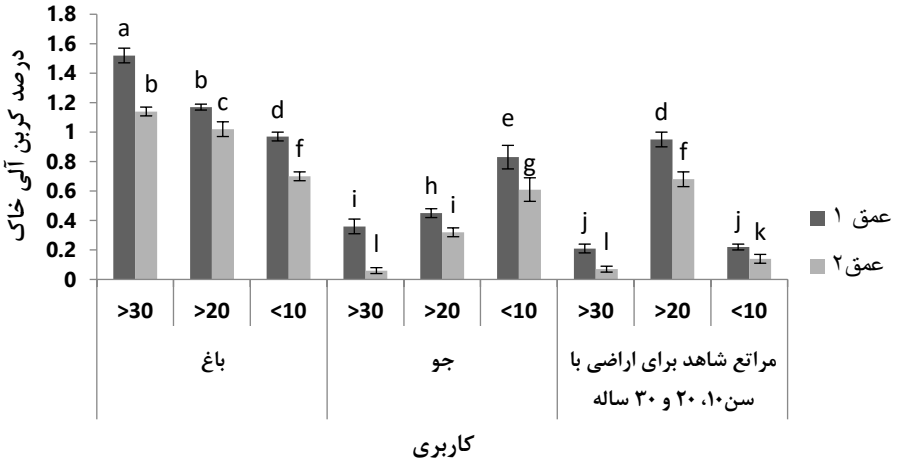
مستقل عمق، همچنین اثر متقابل کاربری و عمق، اثر متقابل سن کاربری و عمق و اثر متقابل سه عامل کاربری، عمق و سن کاربری بر کربن آلی، کربن آلی ذره‌ای، زیست‌توده میکروبی کربن خاک و کربن ناپایدار در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار بود. درخصوص هدایت الکتریکی و واکنش خاک (pH) اثرات مستقل کاربری، اثر مستقل سن کاربری، اثر مستقل عمق، همچنین اثر متقابل کاربری و عمق و اثر متقابل هر سه عامل (کاربری، سن کاربری و عمق) در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار شد، اثر متقابل سن کاربری و عمق بر هدایت الکتریکی نیز در سطح یک درصد معنی‌دار شد اما برای اسیدیته خاک این اثر معنی‌دار نشد (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج آنالیز واریانس به روش فاکتوریل در سه کاربری با سه سن مختلف و هر دو عمق (۱۵-۰ و ۳۰-۱۵)
OC: کربن آلی، POC: کربن آلی ذره‌ای، MOC: زی‌توده میکروبی کربن، LC: کربن ناپایدار، pH: واکنش خاک، EC: هدایت الکتریکی

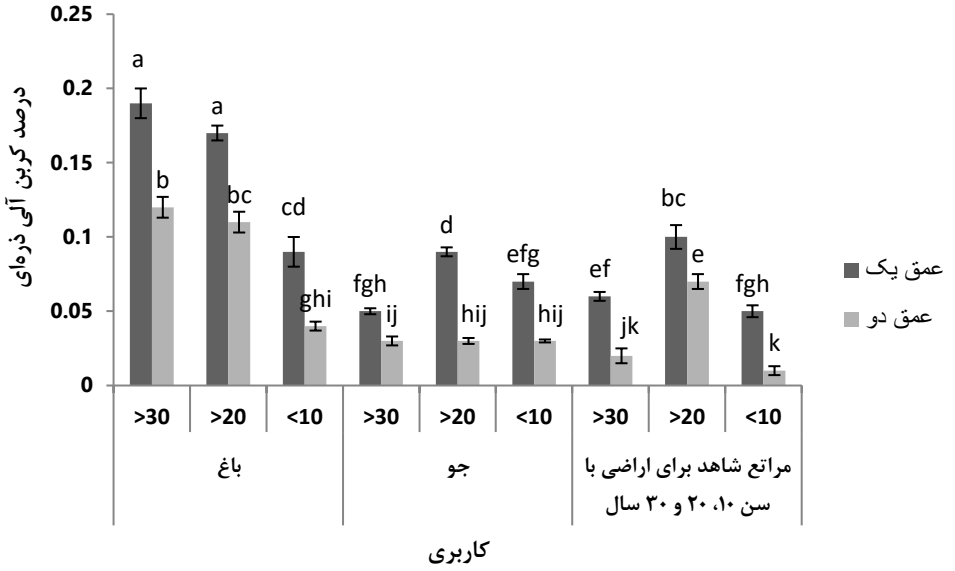
		میانگین مربعات					
منابع تغییر	df	OC	POC	MOC	LC	pH	EC
کاربری	۲	۴/۶۳۸**	۰/۰۴۹**	۵۹۱/۱۹۹**	۰/۰۱۵**	۰/۳۳۹**	۴۹۹۶۰/۵۰۳**
سن کاربری	۲	۱/۰۵۷**	۰/۰۱۷**	۱۴۵/۱۹۲**	۰/۰۰۱**	۰/۰۶۶**	۴۰۱۶/۶۲۴**
عمق	۱	۱/۰۲۸**	۰/۰۴۳*	۲۱۴۲/۴۲۹**	۰/۰۳۰**	۰/۱۱۲**	۱۳۹۸/۷۷۹**
کاربری*عمق	۲	۰/۰۱۸**	۰/۰۰۲**	۱۰۶/۲۰۸**	۰/۰۰۲**	۰/۰۱۵*	۱۶۰۰/۷۸۲**
سن کاربری*عمق	۲	۰/۰۱۳**	۰/۰۰۱*	۷۳۴۵/۳۰۳**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۵ns	۱۵۶۹/۸۰۹**
کاربری*سن‌کاربری*عمق	۸	۰/۴۳۴**	۰/۰۰۳**	۶۵۵/۶۲۲**	۰/۰۰۱**	۰/۰۱۸**	۲۲۳۴/۳۰۷**
خطای آزمایش	۷۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۵/۴۳۶	۸/۴۵۱	۰/۰۰۵	۲۷۴/۷۸۸

****، * : تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ و ۵ درصد و ns: عدم تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد**

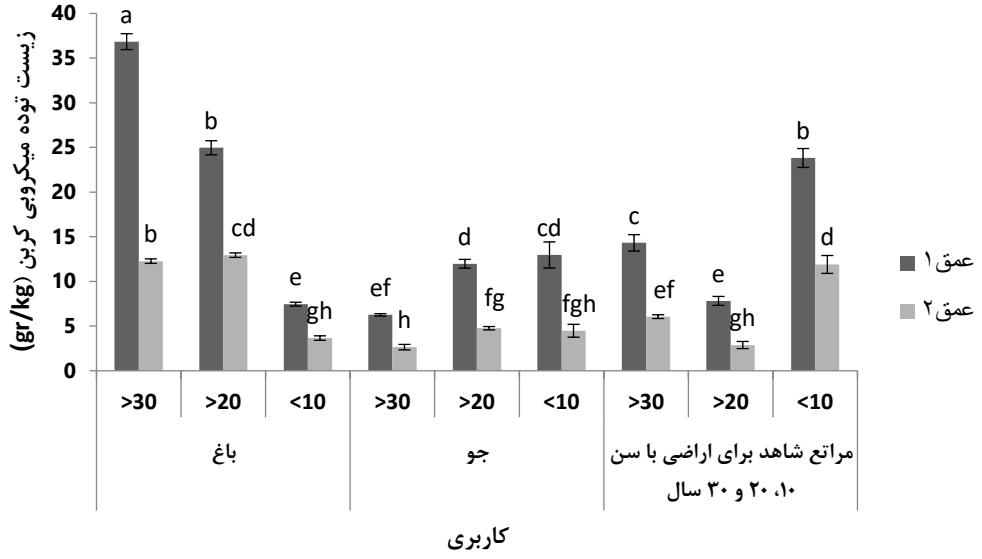
نتایج مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن و در سطح احتمال یک و ۵ درصد نشان داد که باغ با سن بیشتر از ۳۰ سال در عمق ۱۵-۰ سانتیمتری دارای بیشترین میزان کربن آلی خاک (۱/۵۲ درصد) بود. کمترین میزان این فاکتور در کاربری جو با سن بیشتر از ۳۰ سال در عمق ۳۰-۱۵ سانتی‌متر (۰/۰۶ درصد) مشاهد شد (شکل۲). کربن آلی ذره‌ای نیز به‌ترتیب در باغ با سن بیشتر از ۳۰ (۰/۱۹ درصد) و باغ با سن بیشتر از ۲۰ سال (۰/۱۷ درصد) در عمق ۱۵-۰ سانتیمتر، دارای بیشترین مقدار و کاربری مرتع به‌عنوان تیمار شاهد برای کاربری‌هایی با سن کمتر از ۱۰ سال، در عمق ۳۰-۱۵ سانتی‌متر (۰/۰۱ درصد) دارای کمترین میزان بود (شکل۳). همچنین زیست‌توده میکروبی کربن بیشترین میزان آن مربوط به کاربری باغ با سن بیشتر از ۳۰ سال (۳۴/۴۹ گرم در کیلوگرم) در عمق ۱۵-۰ سانتیمتری و کمترین میزان آن مربوط به کاربری جو با سن بیشتر از ۳۰ سال در عمق ۳۰-۱۵ سانتیمتری (۲/۶۴ گرم در کیلوگرم) بود (شکل۴).



شکل ۲- اثر سن و نوع کاربری بر درصد کربن آلی خاک؛ حروف مشترک عدم تفاوت معنی‌دار ($P<0.05$)را نشان می‌دهد. منظور از <۱۰ سابقه زراعت و باغ زیر ۱۰ سال، >۲۰ سابقه زراعت و باغ بیش از ۲۰ سال و >۳۰ سابقه زراعت و باغ بیش از ۳۰ سال است.



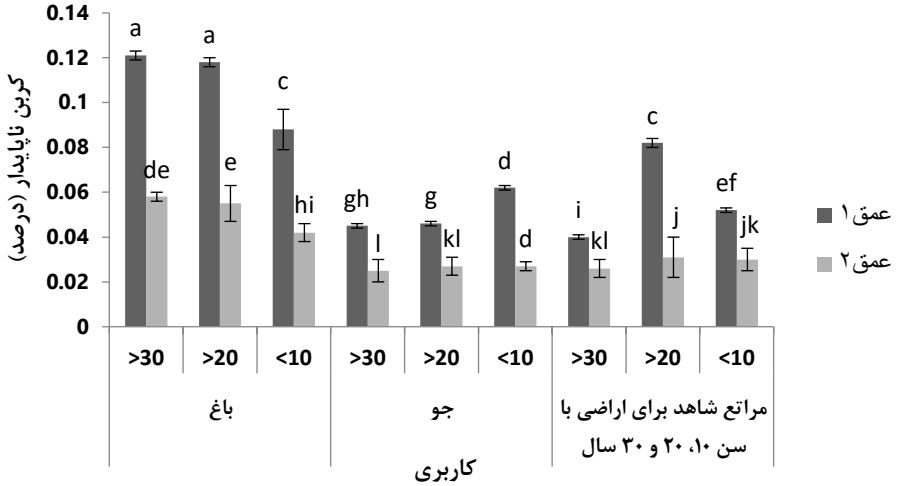
شکل۳: اثر سن و نوع کاربری بر درصد کربن آلی ذره‌ای خاک؛ حروف مشترک عدم تفاوت معنی‌دار ($P<0.05$)را نشان می‌دهد منظور از <۱۰ سابقه زراعت و باغ زیر ۱۰ سال، >۲۰ سابقه زراعت و باغ بیش از ۲۰ سال و >۳۰ سابقه زراعت و باغ بیش از ۳۰ سال است.



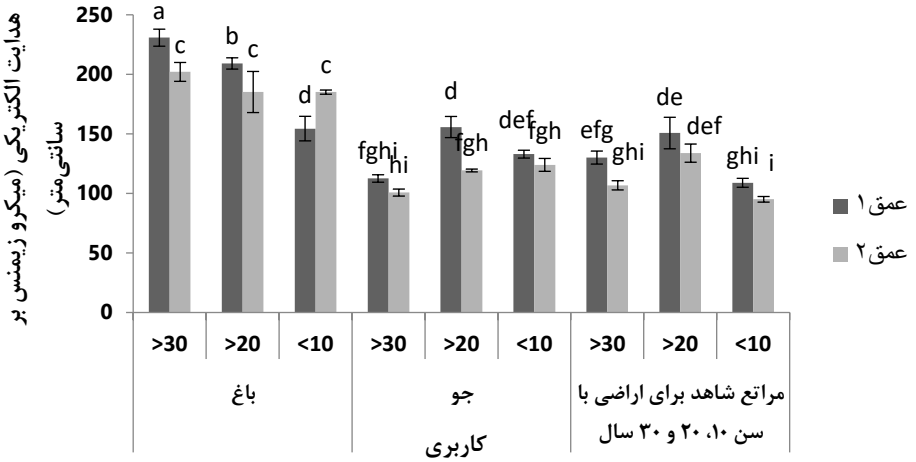
شکل ۴- اثر سن و نوع کاربری بر درصد زیست‌توده میکروبی کربن خاک؛ حروف مشترک عدم تفاوت معنی‌دار ($P<0.05$)را نشان می‌دهد منظور از <۱۰ سابقه زراعت و باغ زیر ۱۰ سال، >۲۰ سابقه زراعت و باغ بیش از ۲۰ سال و >۳۰ سابقه زراعت و باغ بیش از ۳۰ سال است.

کاربری باغ با سن بیشتر از ۳۰ سال و سن بیشتر از ۲۰ سال در عمق ۱۵-۰ سانتیمتری دارای بیشترین میزان کربن ناپایدار بودند (به‌ترتیب ۰/۱۲۱ درصد و ۰/۱۱۸ درصد) و کاربری جو با سن بیشتر از ۳۰ سال در عمق ۳۰-۱۵ سانتیمتری دارای کمترین میزان (۰/۰۲۵ درصد) بود (شکل۵).

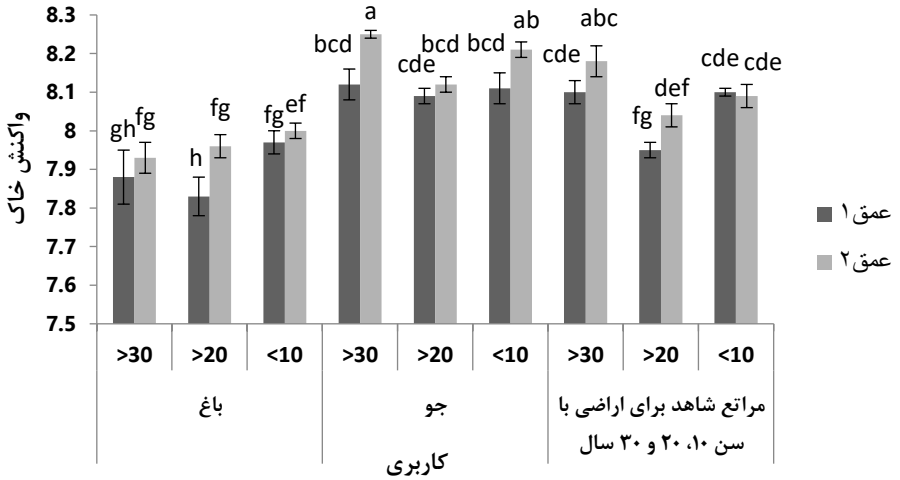
نتایج حاصل از مقایسه میانگین برای دو مشخصه هدایت الکتریکی و واکنش خاک نشان داد که هدایت الکتریکی نیز در کاربری باغ با سن بیشتر از ۳۰ سال در عمق ۱۵-۰ سانتیمتری دارای بیشترین مقدار (۲۳۰/۸۰ میکرو زیمنس بر سانتی‌متر) و کمترین آن مربوط به کاربری مرتع به‌عنوان تیمار شاهد برای کاربری‌هایی با سن کمتر از ۱۰ سال، در عمق ۳۰-۱۵ سانتی‌متر (۹۵/۰۶ میکرو زیمنس بر سانتی‌متر) بود (شکل۶). واکنش خاک (pH) نیز در کاربری جو با سن بیشتر از ۳۰ سال در عمق ۳۰-۱۵ سانتیمتری، دارای بیشترین میزان (۸/۲۵) و در کاربری باغ با سن بیشتر از ۲۰ سال در عمق ۱۵-۰ سانتیمتری، دارای کمترین میزان (۷/۸۳) بود (شکل۷).



شکل ۵- اثر سن و نوع کاربری بر درصد کربن ناپایدار خاک؛ حروف مشترک عدم تفاوت معنی‌دار ($P<0.05$)را نشان می‌دهد. منظور از <۱۰ سابقه زراعت و باغ زیر ۱۰ سال، >۲۰ سابقه زراعت و باغ بیش از ۲۰ سال و >۳۰ سابقه زراعت و باغ بیش از ۳۰ سال است.



شکل ۶- اثر سن و نوع کاربری بر هدایت الکتریکی خاک؛ حروف مشترک عدم تفاوت معنی‌دار ($P<0.05$)را نشان می‌دهد. منظور از <۱۰ سابقه زراعت و باغ زیر ۱۰ سال، >۲۰ سابقه زراعت و باغ بیش از ۲۰ سال و >۳۰ سابقه زراعت و باغ بیش از ۳۰ سال است.



شکل۷: اثر سن و نوع کاربری بر واکنش خاک؛ حروف مشترک عدم تفاوت معنی‌دار ($P<0.05$)را نشان می‌دهد. منظور از <۱۰ سابقه زراعت و باغ زیر ۱۰ سال، >۲۰ سابقه زراعت و باغ بیش از ۲۰ سال و >۳۰ سابقه زراعت و باغ بیش از ۳۰ سال است.

بحث

تاثیر تغییر کاربری بر اشکال مختلف کربن خاک

کربن آلی یکی از مهم‌ترین فاکتورهای کیفی خاک است که به شدت تحت تاثیر سن کاربری، تغییر اقلیم، ترکیب پوشش گیاهی و شیوه مدیریت قرار می‌گیرد (Sahoo *et al*., 2019). بسیاری از

مطالعات نشان می‌دهند که تغییر کاربری از اکوسیستم‌های طبیعی به سایر اراضی کشاورزی سبب کاهش میزان کربن آلی خاک می‌شود (Zandi *et al*., 2017; Wang *et al*., 2017; Maini *et al*., 2020; Liu *et al*., 2019). اما برخی مطالعات دیگر در نتایج خود بیان داشتند که تغییر کاربری در بعضی موارد باعث افزایش این مشخصه کیفی خاک می‌شود و این تاثیر بیشتر بخاطر شرایط آب و هوایی و میزان فعالیت انسانی است (Wang *et al*., 2017). نتایج حاصل از مقایسه میانگین این پژوهش، بیانگر آن است که بیشترین مقدار کربن آلی، کربن آلی ذره‌ای، زیست‌توده میکروبی کربن و کربن ناپایدار به کاربری باغ با سن بیشتر از ۳۰ سال اختصاص داشت، به‌طوری‌که در اثر تبدیل مرتع، میزان کربن آلی، کربن ذره‌ای، زی‌توده میکروبی کربن و کربن ناپایدار در کاربری باغ با سن حداقل ۳۰ به‌ترتیب به میزان ۸۶/۱۸، ۶۸/۴۲، ۶۱/۱۳ و ۶۶/۹۴ درصد افزایش یافتند. به نظر می‌رسد در منطقه مطالعه شده تبدیل مراتع با تراکم پوشش گیاهی کم و فقیر به کاربری باغی، با گذشت زمان، افزایش سن کاربری و با گسترش تاج و سایه‌اندازی درختان، و درنتیجه ورود لاشبرگ به خاک، میزان کربن آلی خاک بهبود یافته است. به‌طورکلی، تولید و تجمع لاشبرگ، ریشه‌های مرده و ترشحات ریشه‌ای بیشتر توسط گیاهان، باعث بهبود چرخه مواد مغذی خاک می‌شود (Liu *et al*., 2019; Kooch *et al*., 2020; Liu *et al*., 2014). به این دلیل که بیشتر مواد آلی تشکیل شده توسط گیاهان از طریق لاشبرگ به خاک اضافه می‌شود (Bargali *et al*., 2015; Sahoo *et al*., 2019). در همین راستا Reich *et al*. (2005)، Holdsworth *et al*. (2012) اظهارداشتند که درختان با تغییر در ویژگی‌های خاک از طریق تغییر در کمیت و کیفیت شیمیایی لاشبرگ، موادآلی، رطوبت و واکنش خاک، میزان حاصلخیزی خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهند. همچنین عدم شخم مکرر در کاربری باغ و کوددهی در زمان مناسب (کود حیوانی) می‌تواند از عوامل افزیش میزان اشکال مختلف کربن آلی خاک در این کاربری باشد (Joneidi *et al*., 2012). جدا از این موارد، عامل زمان، در پویایی بخش‌های مختلف کربن آلی خاک بی‌تاثیر نیست، بنابراین کسرهای مختلف کربن آلی خاک ممکن است به تغییر کاربری اراضی پاسخ متفاوتی داشته باشند و درنتیجه پویایی زمانی مشخصی را نشان بدهند (Rossel *et al*., 2019). زیرا سن کاربری اراضی به‌واسطه تاثیر بر کیفیت لاشبرگ در چرخه مواد غذایی، نقش کنترلی مهمی را در تجزیه کربن آلی خاک ایفاء می‌کند (Fichtner *et al*., 2014). بنابراین اثرات متغیرهای محیطی مانند اقلیم، بستر خاک، زیست‌توده ورودی به بستر خاک (کمیت و کیفیت لاشبرگ) وابسته به زمان است، بطوریکه مطالعات قبلی نشان می‌دهد، یک متغیر که در کوتاه مدت تأثیر قابل توجهی نشان می‌دهد (به عنوان مثال <۵ سال) لزوماً در طولانی مدت (به عنوان مثال> ۲۰ سال) اثر قابل توجهی نخواهد داشت و بالعکس. (Luo et al., 2020). در همین خصوص، Cao *et al*. (2010) در مطالعه‌ای اظهار داشتند که میزان زیست‌توده میکروبی کربن متاثر از کربن آلی خاک در مزارع تحت کشت اکالیپتوس در سنین بالاتر (۱۳ سال) نسبت به مزارع جوان‌تر تحت کشت همین گونه، (۳، ۷ و ۱۰ ساله) بیشتر بود، از طرف دیگر، نتایج بسیاری از پژوهش‌های قبلی بیانگر کاهش اشکال مختلف کربن آلی خاک در اثر تبدیل مرتع در طول زمان بود. در همین راستا Spohn and Giani (2011) در بررسی تغییرات کربن آلی خاک در دوره‌های مختلف یک دوره یکساله، یک دوره ۸ ساله، دو دوره ۳۰ ساله و دو دوره ۱۱۰ ساله، اظهار داشتند شخم و کشت و کار علت اصلی کاهش کربن آلی خاک به میزان ۴۵/۱۳تن در هکتار در ۱۱۰ ساله اول در عمق ۲۰ سانتی‌متری اول خاک بود. همچنین، Kahlon *et al*. (2013) با بررسی اثرات ۲۲ ساله مالچ و شخم (تیمار بدون خاکورزی و خاکورزی با گاوآهن) بر ترسیب کربن به این نتیجه رسیدند که ترسیب به‌طور متوسط ۳۰ درصد در تیمار بدون خاکورزی از خاکورزی با گاوآهن بیشتر بود. از طرف دیگر Kabiri et al. (2015) در ارزیابی میزان ماده آلی در خاک‌های لومی با چهار عمل خاکورزی در مدت ۶ سال (۲۰۰۵-۲۰۱۱) گزارش دادند که کربن آلی کل بین سیستم‌های خاکورزی زیاد نبود و میانگین کربن آلی کل در تیمارهای خاکورزی در طول زمان افزایش پیدا کرد. Zandi *et al*. (2017) اظهار داشتند که تغییر کاربری از مرتع به اراضی کشاورزی و باغی بعد از مدت زمان ۱۵ سال، باعث کاهش کربن آلی و کربن آلی ذره‌ای خاک می‌شود. DeGryze et al. (2004) بیان داشتند که بعد از ده سال از تغییر کاربری جنگل به اراضی کشاورزی میزان کربن آلی ذره‌ای کاهش پیدا کرد. Shi *et al*. (2019) گزارش کردند که تغییر کاربری از جنگل و مرتع به اراضی کشاورزی در طولانی‌مدت، کربن ناپایدار خاک را به میزان ۲۱/۷ درصد کاهش می‌دهد. که همه این مطالعات، علت اصلی کاهش کربن آلی خاک در اثر تغییر کاربری را به عملیات مکانیکی، و شخم مکرر در اراضی تحت کشت نسبت دادند. بنابراین موارد می‌توان بیان کرد که واکنش کربن الی خاک به شیوه مدیریت، نوع و سن کاربری هنوز ناشناخته است (Liu *et al*., 2019; Li *et al*., 2017).

همچنین نتایج مقایسه میانگین‌ها در این پژوهش نشان داد که با افزایش عمق خاک، میزان کربن آلی، کربن آلی‌ذره‌ای، زیست‌توده کربن و کربن ناپایدار خاک کاهش پیدا می‌کند. مشابه نتایج این بخش از پژوهش توسط Sheng *et al*. (2015)،

Sahoo *et*، (2011) Rumpel *et al*. ،(2015) vanStraaten *et al*. (2019)*al*. تایید شده است. ایشان در مطالعات خود بیان داشتند که این امر می‌تواند به دلیل تجمع لاشبرگ و ترشحات ریشه‌ای بیشتر -که مهم‌ترین منبع کربن آلی در بالای سطح خاک است- و تاثیرات تغییر کاربری و شیوه مدیریت باشد.

تاثیر تغییر کاربری بر هدایت الکتریکی و اسیدیته خاک

در این پژوهش، کاربری باغ با سن بیشتر از ۳۰ سال دارای بیشترین میزان هدایت الکتریکی بود، بطوریکه نسبت به تیمار شاهد خود، هدایت الکتریکی آن به میزان ۴۳/۶۱ درصد افزایش یافت که علت آن را می‌توان به استفاده از کودهای حیوانی بیشتر در این کاربری نسبت داد. در تحقیقی، Kilic *et al*. (2012) به این نتیجه رسیدند که میزان هدایت الکتریکی در زمین‌هایی با سابقه کشت ۵ سال از زمین‌هایی با سابقه کشت ۲۰ سال و مرتع بیشتر بود. چون هدایت الکتریکی خاک به دلیل غلظت متنوعی از نمک‌ها می‌تواند متفاوت باشد. درحالیکه در این مطالعه کاربری باغ با سن بیشتر از ۳۰ سال دارای بیشترین میزان این مشخصه خاکی بود. همان‌طور که قبلا ذکر شد تغییر در یک مشخصه خاکی در مدت زمان کوتاه نمی‌تواند همان تغییر را در بلندمدت ایجاد کند یا بالعکس (Luo *et al*., 2020). همچنین در این پژوهش، با افزایش عمق خاک، میزان هدایت اکتریکی کاهش پیدا کرد. شاید دلیل آن نمونه‌برداری خاک در فصل خشک سال (فصل تابستان) باشد. زیرا نمک از لایه‌های عمقی در اثر تبخیر آب به سطح خاک حرکت کرده است.

واکنش خاک در این پژوهش، نتایج متفاوتی بین کاربری‌های مختلف با سنین متفاوت نشان داد. بطوریکه در اثر تبدیل مرتع به کاربری‌های جو در هر سه سن مختلف (<۱۰، <۲۰، و<۳۰ سال) این مشخصه خاکی افزایش یافت اما در کاربری باغ در سه سن مختلف، کاهش یافت. با توجه به اینکه واکنش خاک تحت تاثیر مدیریت‌های مختلف تغییر می‌کند (McGrath *et al*., 2001) با این وجود افزایش و کاهش اسیدیته خاک در این مطالعه را می‌توان به میزان زیست توده ورودی به بستر خاک و میزان کربن آلی خاک نسبت داد. بنابراین میزان کربن الی خاک و تجزیه سریع آن می‌تواند از دلایل افزایش واکنش خاک در این کاربری‌ها باشد (Geissen *et al*., 2009). Kilic *et al*. (2012) بیان کردند که زمین‌های تحت کشت با سن بیشتر از ۲۰ سال دارای واکنش خاک (pH) بالاتری نسبت به مراتع بودند.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش کاربری باغ با سن بیشتراز ۳۰ سال در عمق صفر تا ۱۵ سانتیمتری دارای بیشترین میزان از اشکال کربن الی خاک (کربن آلی، کربن الی ذره‌ای، زیست‌توده کربن و کربن ناپایدار) نسبت به سایر کاربری‌ها با سنین مختلف بود که این نشان می‌دهد بخش‌های مختلف کربن آلی به نوع کاربری، عمق و سن کاربری وابسته است. از طرف دیگر تحقیقات اندکی در زمینه تاثیر زمان برپویایی بخش‌های کربن آلی خاک صورت گرفته است. بنابراین با توجه به تنوع مکانی زیاد در ترکیب کربن خاک، پیشنهاد می‌شود جهت بررسی هر عاملی (مانند اقلیم، زیست‌توده ورودی و ...) بر پویایی کربن آلی خاک، بعد زمان نیز در نظر گرفته شود زیرا تأثیرات خاک و عوامل محیطی بر تغییر کربن آلی خود وابسته به زمان است و لذا استراتژی های مدیریت کربن آلی خاک باید با توجه به دوره زمانی تنظیم شود. نظارت مداوم و طولانی مدت بر روی ترکیب کربن آلی، اطلاعات بی نظیری در مورد چگونگی پاسخ پویایی کربن آلی به عوامل مختلف محیطی فراهم می‌کند.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

REFERENCE

Bargali, S. S., Shukla, K., Singh, L., Ghosh, L. & Lakhera, M. L. (2015). Leaf litter decomposition and nutrient dynamics in four tree species of dry deciduous forest. *Tropical Ecology*, 56(2), 191-200.

Cao, Y., Fu, S., Zou, X., Cao, H., Shao, Y., & Zhou, L. (2010). Soil microbial community composition under Eucalyptus plantations of different age in subtropical China. *European Journal of Soil Biology*, 46(2), 128-135.

Chung, H., Grove, J. H., & Six, J. (2008). Indications for Soil Carbon Saturation in a Temperate Agroecosystem. *Soil Sci. Soc. Am. J*. 72, 1132. from https://doi.org/10.2136/sssaj2007.0265

Cotrufo, M. F., Ranalli, M. G., Haddix, M. L., Six, J., & Lugato, E. (2019). Soil carbon storage informed by particulate and mineral-associated organic matter. *Nature Geoscience*, 12(12), 989-994.

De Silva, H. N., Hall, A. J., Tustin, D. S., & Gandar, P. W. (1999). Analysis of distribution of root length density of apple trees on different dwarfing rootstocks. Ann. Bot. 83, 335–345. from https://doi.org/10.1006/anbo.1999.0829.

de Souza, G. P., de Figueiredo, C. C. & de Sousa, D. M. G. (2016). Relationships between labile soil organic carbon fractions under different soil management systems. *Sci. Agric*, 73, 535–542. from https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0047

DeGryze, S., Six, J., Paustian, K., Morris, S. J., Paul, E. A., & Merckx, R. (2004). Soil organic carbon pool changes following land-use conversions. *Global Change Biology*, 10(7), 1120-1132.

of spatial variability of soil properties in areas under different land use.

Kochy, M., Hiederer, R. and Freibauer, A. (2015). Global distribution of soil organic carbon–Part 1: Masses and frequency distributions of SOC stocks for the tropics, permafrost regions, wetlands, and the world. *Soil*, 1(1), 351-365.

Kooch, Y., Ehsani, S. and Akbarinia, M. (2020). Stratification of soil organic matter and biota dynamics in natural and anthropogenic ecosystems. *Soil and Tillage Research*, *200*, 104621.

Lal R. (2011). Sequestering carbon in soils of agro-ecosystems. Food Policy. 36: S33–S39.

Lal, R. (2016). Sequestering carbon in soils of agro-ecosystems. J. Food Policy 36, Supple, S33–S39. From https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2010.12.001.

Li, D., Wen, L., Yang, L., Luo, P., Xiao, K., Chen, H., ... and Wang, K. (2017). Dynamics of soil organic carbon and nitrogen following agricultural abandonment in a karst region. Journal of Geophysical Research: Biogeosciences, 122(1), 230-242.

Liu, M. Y., Chang, Q. R., Qi, Y. B., Liu, J.and Chen, T. (2014). Aggregation and soil organic carbon fractions under different land uses on the tableland of the Loess Plateau of China. *Catena*, *115*, 19-28.

Liu, M., Han, G. and Zhang, Q. (2019). Effects of soil aggregate stability on soil organic carbon and nitrogen under land use change in an erodible region in Southwest China. *International journal of environmental research and public health*, 16(20), 3809.

Liu, X., Li, L., Qi, Z., Han, J. and Zhu, Y. (2017). Land-use impacts on profile distribution of labile and recalcitrant carbon in the Ili River Valley, northwest China. Sci. Total Environ. 586, 1038–1045. from https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.087

Luan, J., Cui, L., Xiang, C., Wu, J., Song, H., Ma, Q. and Hu, Z. (2014). Different grazing removal exclosures effects on soil C stocks among alpine ecosystems in east Qinghai-Tibet Plateau. *Ecol. Eng*. 64, 262–268. From https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.12.057

Luo, Z., Viscarra Rossel, R. A., & Shi, Z. (2020). Distinct controls over the temporal dynamics of soil carbon fractions after land use change. *Global change biology*, 26(8), 4614-4625.

Maini, A., Sharma, V. & Sharma, S. (2020). Assessment of soil carbon and biochemical indicators of soil quality under rainfed land use systems in North Eastern region of Punjab, India. *Carbon Management*, 11(2), 169-182.

McGrath, D. A., Smith, C. K., Gholz, H. L. & de Assis Oliveira, F. (2001). Effects of land-use change on soil nutrient dynamics in Amazonia. Ecosystems, 4(7), 625-645.

Nosetto, M. D., Jobbágy, E. G. & Paruelo, J. M. (2006). Carbon sequestration in semi-arid rangelands: comparison of Pinus ponderosa plantations and grazing exclusion in NW Patagonia. *Journal of*

Department of Watershed Management. 1387. Plan for meteorological studies under Bard watershed, Tajan watershed, Sari city

Fichtner, A., Von Oheimb, G., Härdtle, W., Wilken, C., & Gutknecht, J. L. M. (2014). Effects of anthropogenic disturbances on soil microbial communities in oak forests persist for more than 100 years. *Soil Biology and Biochemistry*, 70, 79-87.

Garden, X. T. B. (2016). Response of soil labile organic carbon fractions to forest conversions in subtropical China. *Tropical Ecology*, 57(4), 691-699.

Geissen, V., Sánchez-Hernández, R., Kampichler, C., Ramos-Reyes, R., Sepulveda-Lozada, A., Ochoa-Goana, S., & Hernández-Daumas, S. (2009). Effects of land-use change on some properties of tropical soils—an example from Southeast Mexico. *Geoderma*, 151(3-4), 87-97.

Gholami, M., Solimani, K., & Nekoei, A. (2017). Landslide sensitivity scheme preparation using WofE weight models (WofE), frequency ratio (FR) and dempster-schiffer (DSH) (Case study: Sari-Kiasar range). *Range and Watershed Management*, 70(3), 735-750 (In Farsi).

Gill, R., Burke, I. C., Milchunas, D. G. & Lauenroth, W. K. (1999). Relationship between root biomass and soil organic matter pools in the shortgrass steppe of eastern Colorado. *Ecosystems*, 2(3), 226-236.

Guenet, B., Camino-Serrano, M., Ciais, P., Tifafi, M., Maignan, F., Soong, J. L & Janssens, I. A. (2018). Impact of priming on global soil carbon stocks. *Global change biology*, 24(5), 1873-1883.

Holdsworth, A. R., Frelich, L. E. & Reich, P. B. (2012). Leaf litter disappearance in earthworm-invaded northern hardwood forests: role of tree species and the chemistry and diversity of litter. *Ecosystems*, 15(6), 913-926.

Houghton, R. A. (2012). Historic changes in terrestrial carbon storage. In *Recarbonization of the Biosphere* (pp. 59-82). Springer, Dordrecht.

Jafari Haghighi, M. 2004. Methods of soil analysis sampling and important physical & chemical analysis. *Press of Neda of Zoha Sari*, 236p. (In Farsi).

Joneidi, H., Nicko, Sh., Gholinezhad, B., Karami, P. and Chapi, K. (2012). Investigation the effect of rangeland conversion to dryland on soil organic carbon reserves (Case study: part of rangelands in Kurdistan province), Rangeland Journal, 6(1), 34-45. (In Farsi)

Kabiri, V., Raiesi, F. and Ghazavi, M. A. (2015). Six years of different tillage systems affected aggregate-associated SOM in a semi-arid loam soil from Central Iran. *Soil and Tillage Research*, *154*, 114-125.

Kahlon, M. S., Lal, R. and Ann-Varughese, M. (2013). Twenty two years of tillage and mulching impacts on soil physical characteristics and carbon sequestration in Central Ohio. *Soil and Tillage Research*, *126*, 151-158.

Kilic, K., Kilic, S., & Kocyigit, R. (2012). Assessment

Arid Environments, 67(1), 142-156.

Puget, P., Chenu, C. and Balesdent, J. (1995). Total and young organic matter distributions in aggregates of silty cultivated soils. *European Journal of Soil Science*, 46(3), 449-459.

Ramirez, P. B., Fuentes-Alburquenque, S., Díez, B., Vargas, I., & Bonilla, C. A. (2020). Soil microbial community responses to labile organic carbon fractions in relation to soil type and land use along a climate gradient. *Soil Biology and Biochemistry*, 141, 107692.

Reich, P. B., Oleksyn, J., Modrzynski, J., Mrozinski, P., Hobbie, S. E., Eissenstat, D. M. & Tjoelker, M. G. (2005). Linking Litter Calcium, Earthworms and Soil Properties: a Common Garden Test with 14 Tree Species. *Ecology Letters*, 8 (8), 811-818.

Rossel, R. V., Lee, J., Behrens, T., Luo, Z., Baldock, J. & Richards, A. (2019). Continental-scale soil carbon composition and vulnerability modulated by regional environmental controls. *Nature Geoscience*, 12(7), 547-552.

Rumpel, C., & Kogel-Knabner, I. (2011). Deep soil organic matter—a key but poorly understood component of terrestrial C cycle. *Plant and soil*, 338(1-2), 143-158.

Sahoo, U. K., Singh, S. L., Gogoi, A., Kenye, A. & Sahoo, S. S. (2019). Active and passive soil organic carbon pools as affected by different land use types in Mizoram, Northeast India. *PloS one*, *14*(7), e0219969.

Schimel, D. S. (2010). Drylands in the earth system. *Science*, 327(5964), 418-419.

Sheng, H., Zhou, P., Zhang, Y., Kuzyakov, Y., Zhou, Q., Ge, T., & Wang, C. (2015). Loss of labile organic carbon from subsoil due to land-use changes in subtropical China. *Soil Biology and Biochemistry*, 88, 148-157.

Shi, P., Zhang, Y., Zhang, Y., Yu, Y., Li, P., Li, Z., ... & Zhu, T. (2019). Land-use types and slope topography affect the soil labile carbon fractions in the Loess hilly-gully area of Shaanxi. *China. Archives of Agronomy and Soil Science*.

Six, J., Elliott, E. T., Paustian, K., & Doran, J. W. (1998). Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. *Soil Science Society of America Journal*, 62(5), 1367-1377.

Sparling, G. P. & West, A. W. (1988). A direct extraction method to estimate soil microbial C: calibration in situ using microbial respiration and 14C labelled cells. *Soil Biology and Biochemistry*, 20(3), 337-343.

Spohn, M. & Giani, L. (2011). Impacts of land use change on soil aggregation and aggregate stabilizing compounds as dependent on time. *Soil Biology and Biochemistry*, 43(5), 1081-1088.

van Straaten, O., Corre, M. D., Wolf, K., Tchienkoua, M., Cuellar, E., Matthews, R. B. & Veldkamp, E. (2015). Conversion of lowland tropical forests to tree cash crop plantations loses up to one-half of stored soil organic carbon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(32), 9956-9960.

von Lützow, M., Kogel-Knabner, I., Ekschmitt, K., Flessa, H., Guggenberger, G., Matzner, E., & Marschner, B. (2007). SOM fractionation methods: relevance to functional pools and to stabilization mechanisms. *Soil Biology and Biochemistry*, 39(9), 2183-2207.

Wang, Z., Liu, S., Huang, C., Liu, Y. and Bu, Z. (2017). Impact of land use change on profile distributions of organic carbon fractions in peat and mineral soils in Northeast China. *Catena*, 152, 1-8.

Yuan, Y., Zhao, Z., Li, X., Wang, Y., & Bai, Z. (2018). Characteristics of labile organic carbon fractions in reclaimed mine soils: Evidence from three reclaimed forests in the Pingshuo opencast coal mine, China. *Science of the Total Environment*, 613, 1196-1206.

Zandi, L., Erfanzadeh, R., & Joneidi Jafari, H. (2017). Rangeland use change to agriculture has different effects on soil organic matter fractions depending on the type of cultivation. *Land Degradation & Development*, 28(1), 175-180.

Zhang, L., Chen, X., Xu, Y., Jin, M., Ye, X., Gao, H., ... & Thompson, M. L. (2020). Soil labile organic carbon fractions and soil enzyme activities after 10 years of continuous fertilization and wheat residue incorporation. *Scientific reports*, 10(1), 1-10.

Zhao, H., Lv, Y., Wang, X., Zhang, H., & Yang, X. (2012). Tillage impacts on the fractions and compositions of soil organic carbon. *Geoderma*, 189, 397-403.

Zhu, L., Johnson, D. A., Wang, W., Ma, L., & Rong, Y. (2015). Grazing effects on carbon fluxes in a Northern China grassland. *Journal of Arid Environments*, 114, 41-48.