



ارزیابی مقدار ترسیب کربن زیست توده و خاک در توده‌های تحت زغال‌گیری بلوط ایرانی (مطالعه موردی: منطقه بسطام شهرستان الشتر)

زهرا رستمی^۱، فرهاد قاسمی آقباش^{۲*} و ایمان پژوهان^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر
^۲ استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۱۰)

چکیده

فرایند زغال‌گیری و سوختن چوب یکی از علل افزایش غلظت کربن در اتمسفر است. این فعالیت با قطع درختان در منطقه زغال‌گیری به کاهش تراکم درختان می‌انجامد که در نتیجه قابلیت رویشگاه در ترسیب کربن دچار تغییراتی می‌شود. با توجه به اهمیت موضوع و وجود مشکلات و معضلات ناشی از افزایش کربن اتمسفری، نقش خاک و زیست‌توده جنگلی در ترسیب کربن حائز اهمیت است. به منظور بررسی اثر عملیات زغال‌گیری بر مقدار ترسیب کربن، چهار کوره در منطقه بسطام شهرستان الشتر انتخاب و پنج قطعه نمونه به ابعاد ۱۰×۱۰ متر به فواصل ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ متر در چهار جهت اصلی هر کوره پیاده شد. در منطقه شاهد (خارج از منطقه زغال‌گیری) و قطعه نمونه‌ها زیست‌توده روزمینی و زیرزمینی درختان، ترسیب کربن درختی، پوشش علفی و خاک اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار ترسیب کربن خاک به ترتیب در عمق ۰ تا ۱۵ سانتی‌متری خاک توده شاهد (۲۷۶۲/۰۲۱ تن در هکتار) و فاصله ۶۰ متری (۱۶۶۳/۶۰۱ تن در هکتار) از کوره بود. همچنین بیشترین مقدار ترسیب کربن درختان در منطقه شاهد (۳/۵۱۵ تن در هکتار) و کمترین آن نیز مربوط به فاصله ۲۰ متری از کوره بود (۲/۱۱۶ تن در هکتار). نتایج مربوط به ترسیب کربن پوشش علفی و لاشریزه‌ها نیز نشان داد که بین فواصل مختلف و منطقه شاهد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. به‌طور کلی نتایج این تحقیق حاکی از آن است که با افزایش فاصله از کوره زغال‌گیری، ترسیب کربن خاک و درختی افزایش می‌یابد بنابراین باید فرایند زغال‌گیری در غرب کشور کنترل و مدیریت شود.

واژه‌های کلیدی: اثرهای زغال‌گیری، بلوط ایرانی، کوره، کربن آلی.

مقدمه

آیندگان را نیز با مشکل مواجه خواهد کرد. انتشار گازهای گلخانه‌ای روندی رو به رشد به خود گرفته که سالانه بر انتشار و پیامدهای آن افزوده می‌شود (Yousefi, 2016). در حال حاضر تغییر اقلیم بر بوم‌سازگان‌ها و تنوع زیستی در مناطق مختلف جهان

در حال حاضر انتشار گازهای گلخانه‌ای و گرمایش کره زمین و پدیده تغییر اقلیم مهم‌ترین پیامد استفاده ناکارآمد و نادرست بشر از منابع طبیعی است که عواقب آن متوجه نسل‌های کنونی شده است و

بیشتر کشورهای تولیدکننده زغال چوب، گزارش‌هایی درباره نگرانی در زمینه جنگل‌زدایی و تخریب جنگل وجود دارد (Coomes & Miltner, 2016). از آنجا که مصرف سوخت‌های فسیلی و هیزمی به‌طور مستقیم در میزان تولیدات گازهای گلخانه‌ای، به‌ویژه دی‌اکسید کربن، اثر تعیین‌کننده‌ای دارد (Ghanbari, 2015)، تولید زغال چوب از طریق تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای بر گرم‌تر شدن کره زمین تأثیر می‌گذارد (IPCC, 2007).

هرگونه مدیریت نامناسب و تغییر کاربری موجب کاهش کیفیت و افزایش تغییرپذیری متغیرهای خاک می‌شود. در همین زمینه نتایج پژوهش Rasouli-Sadaghiani et al. (2016) بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک در اثر تغییر کاربری تغییر کردند. همچنین تغییر کاربری جنگل به دیگر کاربری‌ها به‌دلیل کاهش ورودی کربن آلی به خاک ممکن است در درازمدت سبب کاهش کیفیت خاک و کاهش ماده آلی آن شود. به‌طور معمول جنگل‌های طبیعی در مقایسه با جنگل‌های تحت مدیریت مقدار کربن بیشتری در خود ذخیره می‌کنند، به‌طوری که Pato et al. (2017a) گزارش دادند که مقدار ذخیره کربن در زی‌توده گیاهی و خاک در چهار کاربری مختلف (بکر، حفاظتی، بهره‌برداری و باغی) اختلاف معنی‌داری با هم داشت و بیشترین آن در کاربری جنگل‌های بکر مشاهده شد (۲۵۸/۱۵ تن در هکتار). اما در صورت نبود اختلال در جنگل‌های تحت مدیریت این روند با گذشت زمان می‌تواند معکوس باشد (Alizadeh, 2013). همچنین مطالعات Zhang et al. (2015) نشان داد که مدیریت صحیح سبب بهبود ذخیره کربن و کیفیت خاک می‌شود و در بین کاربری‌های بررسی‌شده شاخص مدیریت جنگل و مرتع به‌طور معنی‌داری بیشتر از دیگر کاربری‌ها متأثر از مدیریت بوده است.

با توجه به گستره شایان توجه جنگل‌های غرب کشور که سطحی معادل پنج میلیون هکتار را به خود

اثر مستقیم و غیرمستقیم دارد (Wan et al., 2018). این تغییرات می‌تواند جنبه‌های مختلف رابطه انسان و محیط اطراف را تحت تأثیر قرار دهد، به‌نحوی که تغییر اقلیم با تغییر شرایط آب‌وهوایی، تنوع زیستی، ترسیب کربن و توان احیای جنگل می‌تواند کیفیت زندگی بشر را تغییر دهد (E et al., 2018). بنابراین جنگل و تغییر اقلیم ارتباطی دوطرفه دارند که در شکل‌گیری پدیده‌های اقلیمی کره زمین و زیست‌بوم‌های آن تأثیر مهمی دارد (Cloy & Smith, 2018). جنگل‌های زاگرس به لحاظ وسعت، مسائل محیط زیستی، حفظ منابع آب و خاک از اهمیت خاصی برخوردارند، ولی متأسفانه به‌دلیل عوامل اقتصادی و اجتماعی و نبود مدیریت جامع، توان تولیدی آنها رو به کاهش است و تداوم این روند آینده این جنگل‌ها را به مخاطره انداخته است (Doostkami, 2014). در سالیان اخیر عوامل متعددی سبب تخریب جنگل‌های زاگرس شده‌اند که از مهم‌ترین آنها، توسعه زغال‌گیری غیرقانونی در جنگل‌های زاگرس است. تولید و استفاده از سوخت‌های چوبی هیزم و زغال چوب، از فعالیت‌های مهم اقتصادی در جنگل‌های زاگرس است که عامل انتشار بیشتر گازهای گلخانه‌ای است (Kammen & Lew, 2005).

فرایند زغال‌گیری به‌طور معمول در کوره‌های تپه‌مانند سنتی انجام می‌گیرد. در این کوره‌ها تکه‌هایی از درختان و تنه‌های قطع‌شده در چندین روز در دمای ۳۶۰ تا ۴۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار می‌گیرد (Coomes & Miltner, 2016). هنگامی که تولید زغال چوب کامل می‌شود، این کوره‌ها رها می‌شوند. این عامل تکرار موزاییکی از شرایط خاک را در چنین مناطقی ایجاد می‌کند که به‌سبب آن مقدار زیادی از ماده معدنی خاک در داخل و اطراف کوره‌های زغال‌گیری ایجاد می‌شود (Knicker, 2007). در نتیجه این فعالیت‌ها، تغییراتی در ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک و همچنین پوشش گیاهی اطراف کوره‌ها ایجاد می‌شود (Carrari, 2016). در

کمیکم (*Acer monspesulanum*) و بادامک (*Rostami et al., Amygdalus scoparia*) است (2019).

شیوه اجرای پژوهش

به منظور بررسی تأثیر کوره‌های زغال‌گیری بر مقدار ترسیب کربن خاک و پوشش گیاهی چهار کوره انتخاب شد. در چهار جهت اصلی کوره‌ها با فواصل مشخص (۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ متر) پنج قطعه نمونه با ابعاد ۱۰×۱۰ متر پیاده شدند. منطقه شاهد نیز در خارج از منطقه زغال‌گیری انتخاب شد. در این تحقیق سعی شد که هر دو منطقه از نظر شرایط محیطی یکسان باشد. زیرا برخی محققان معتقدند تفاوت ویژگی‌های محیطی توده‌ها، به نتایج متفاوتی از ذخیره کربن می‌انجامد (Jafari et al., 2017). ابعاد قطعه نمونه‌ها در منطقه شاهد نیز ۱۰×۱۰ متر انتخاب شد. برای اندازه‌گیری مقدار ترسیب کربن پوشش علفی و لاشریزه‌ها در مرکز قطعه نمونه یک ریزقطعه نمونه با ابعاد ۱×۱ متر در نظر گرفته شد (Naghipour Borj et al., 2012). پوشش‌های علفی لاشریزه‌های موجود در میکروپلات، در داخل پاکت‌های پلاستیکی قرار داده شده و برای انجام آزمایش به آزمایشگاه منتقل شدند. برای ارزیابی مقدار ترسیب کربن خاک در چهار گوشه و مرکز قطعه نمونه پروفیل‌های خاک در تابستان ۱۳۹۸ در دو عمق ۰ تا ۱۵ و ۱۵ تا ۳۰ سانتی متری حفر و در نهایت به تفکیک هر عمق، نمونه ترکیبی در حدود یک کیلوگرم برداشته شد. نمونه‌های حاکی در هوای آزاد خشک شده و پس از خرد کردن کلوخه‌ها، ریشه‌ها، سنگ‌ها و دیگر ناخالصی‌ها از الک ۲ میلی متری (مش ۲۰) عبور داده شدند (Varamesh et al., 2011). در آزمایشگاه برخی از خصوصیات فیزیکی خاک شامل جرم مخصوص ظاهری به روش کلوخه در پارافین جامد برحسب گرم بر سانتی متر مکعب (Rossi et al., 2006) و ماده آلی خاک به روش احتراق خشک در کوره اندازه‌گیری شد

اختصاص می‌دهد، نقش این بوم‌سازگان‌های طبیعی و ارزشمند کشور در مقابله با تغییرات اقلیمی اخیر آشکارتر می‌شود. این جنگل‌ها در حال حاضر علاوه بر آشفته‌گی‌های طبیعی، نظیر بیماری زغالی و گردوغبار، دچار تخریب انسانی نظیر چرای دام، قطع درختان به منظور تأمین سوخت و تهیه زغال و غیره نیز هستند. بنابراین با توجه به اینکه بروز هرگونه آشفته‌گی در بوم‌سازگان‌های جنگلی، اعم از طبیعی و انسانی، سبب ایجاد تغییراتی در ساختار توده‌های جنگلی (مانند کاهش تراکم توده) می‌شود. از این رو بررسی آثار این تخریب در مقدار ترسیب کربن خاک و درختان از اهمیت زیادی برخوردار است. با در نظر گرفتن این مهم، تحقیق حاضر درصدد دستیابی به مقدار ترسیب کربن درختی و خاک در توده‌های تحت زغال‌گیری است تا ترسیب کربن و روند کاهش یا افزایش آن با توجه به فاصله از کوره مشخص شود. در تحقیق حاضر فرض شد که با فاصله از کوره‌ها، مقدار ترسیب کربن خاک، پوشش علفی و لاشریزه‌ها افزایش می‌یابد.

مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش

این تحقیق در جنگل‌های بلوط منطقه چشمه صالح بسطام در ۲۰ کیلومتری شهرستان الشتر انجام گرفت. براساس اطلاعات فیزیوگرافی منطقه بررسی، متوسط ارتفاع از سطح دریا ۱۵۵۰ متر، شیب متوسط ۳۵ درصد و جهت عمومی نیز شرقی است. براساس اطلاعات اقلیمی ایستگاه سینوپتیک الشتر متوسط بارش سالیانه منطقه ۴۴۰ میلی متر و متوسط دمای سالیانه ۱۲/۸ درجه سانتی گراد است. بافت خاک از لومی شنی تا شنی لومی متغیر است. بیش از ۹۵ درصد گونه‌های جنگلی این منطقه را گونه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) به شکل‌های رویشی شاخه‌زاد و شاخه‌زاد-دانه‌زاد تشکیل می‌دهد. دیگر گونه‌های درختی این منطقه شامل بنه (*Pistacia mutica*)، کرکف (*Acer platanoides*)،

لاشریزه‌ها در ابتدا وزن نمونه‌های تازه میدانی، شامل برگ‌های افتاده، علف‌ها و گیاهان در منطقه اندازه‌گیری و به آزمایشگاه منتقل شد سپس در محیط آزمایشگاه به مدت ۱۲ ساعت نمونه‌ها در فضای آزاد خشک و وزن آنها اندازه‌گیری شد. در نهایت نمونه‌ها در آزمایشگاه به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد در داخل آون قرار داده شدند. سپس نمونه‌ها خارج و وزن آنها اندازه‌گیری شد (وزن خشک). کربن موجود در پوشش علفی و لاشریزه‌ها با استفاده از رابطه‌های ۶ و ۷ محاسبه شد (Subedi et al., 2010).

رابطه ۶

$$LHG = W_{field} \times \frac{w_{subsample\ dry}}{w_{subsample\ wet}} \times \frac{1}{1000}$$

$$CLHG = LHG \times 47\%$$

رابطه ۷

$LHG =$ زی توده لاشریزه‌ها، علف‌ها و گیاهان خشک (t/ha)، W_{field} = وزن نمونه‌های تازه میدانی شامل لاشریزه‌ها، علف‌ها و گیاهان خشک (g)، $W_{subsample-dry}$ = وزن خشک شده در آون شامل لاشریزه‌ها، علف‌ها و گیاهان انتقال یافته به آزمایشگاه (g)، $W_{subsample-Wet}$ = وزن تر لاشریزه‌ها، علف‌ها و گیاهان انتقال یافته به آزمایشگاه (g)، C_{LHG} = کربن پوشش علفی و لاشریزه‌ها.

در نهایت کربن ذخیره شده در حجم سرپا، ریشه و پوشش علفی براساس رابطه‌های مربوط محاسبه شد و با کربن خاک جمع و به‌عنوان ترسیب کربن کل در نظر گرفته شد.

روش تحلیل

ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگراف - اسمیرنوف بررسی شد که نتایج حاکی از نرمال بودن داده‌ها بود. سپس همگن بودن داده‌ها با استفاده از آزمون لون تأیید شد. برای مقایسه‌های کلی از تجزیه واریانس یکطرفه (ANOVA) استفاده شد و مقایسه گروه‌ها نیز با استفاده از آزمون دانکن

(Heiri et al., 2001). در نهایت ۵۸ درصد از ماده آلی خاک به‌عنوان کربن آلی خاک محاسبه شد (Froozeh et al., 2008). مقدار کربن آلی خاک برحسب کیلوگرم بر هکتار تعیین (Lemma et al., 2006) و به تن در هکتار طبق رابطه ۱ تبدیل شد:

$$Cs = 10000 \times \% OC \times Bd \times E \quad \text{رابطه ۱}$$

Cs = کربن آلی (Kg/ha)، $\%OC$ = درصد کربن آلی، Bd = جرم مخصوص ظاهری خاک (gr/cm^3)، E = عمق نمونه‌برداری (cm).

مقدار کربن موجود در درختان سرپا براساس رابطه‌های ۲ و ۳ محاسبه شد (Subedi et al., 2010).

$$AGTB = 0/112 \times (\rho D^2 H) \quad \text{رابطه ۲}$$

$$CAGTB = AGTB \times 0.4 \quad \text{رابطه ۳}$$

$AGTB$ = زیست توده روزمینی درختان، ρ = چگالی ویژه چوب (g/cm^3)، D = قطر درخت (cm)، H ارتفاع درخت (m)، $CAGTB$ = مقدار کربن موجود در درختان سرپا.

شایان ذکر است که در تحقیق حاضر در پایه‌های شاخه‌زاد برای اینکه وزن قطری جست‌گروه مشخص شود، با استفاده از متغیر قطر در ارتفاع نیم متر جست‌ها، متغیر جدیدی به نام قطر در ارتفاع نیم متر جست‌گروه (ریشه مجموع مجذور قطر در ارتفاع نیم متر تمام جست‌های هر جست‌گروه) محاسبه شد (Pourhashemi et al., 2015).

کربن موجود در اندام زیرزمینی (BB) نیز از طریق رابطه‌های ۴ و ۵ به دست آمد (Subedi et al., 2010).

$$BB = AGTB \times 20\% \quad \text{رابطه ۴}$$

$$C_{BB} = BB \times 47\% \quad \text{رابطه ۵}$$

C_{BB} = کربن زیست توده زیرزمینی (ریشه‌ها) برای تعیین ترسیب کربن پوشش علفی و

داشت (شکل ۱).

ترسیب کربن خاک

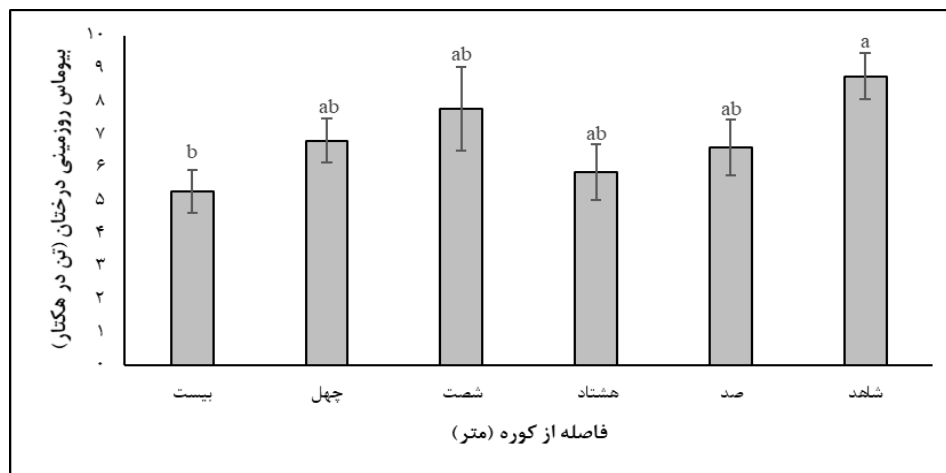
مقدار ترسیب کربن خاک در عمق ۰ تا ۱۵ سانتی‌متر و در فواصل ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ متر و منطقه شاهد به ترتیب برابر با ۲۶۰۱/۲۹۱، ۱۹۸۷/۹۹۷، ۱۶۶۳/۶۰۱، ۱۹۵۲/۲۸۳، ۲۳۰۴/۲۷۶ و ۲۷۶۲/۰۲۱ تن در هکتار بود. بدین ترتیب مشاهده می‌شود که در این عمق بیشترین ترسیب کربن خاک به ترتیب در منطقه شاهد و فاصله ۲۰ متری (بدون اختلاف معنی‌دار) و کمترین ترسیب در فاصله ۶۰ متر از کوره‌ها بود (شکل ۲).

انجام گرفت. از آزمون تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) برای بررسی حد تغییرپذیری متغیرهای خاکی در فواصل مختلف از نرم‌افزار PC-ORD استفاده شد. همه آزمون‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 صورت گرفت و ترسیم نمودارها نیز با نرم‌افزار اکسل انجام پذیرفت.

نتایج

زیست‌توده روزمینی درختان

نتایج نشان داد که زیست‌توده روزمینی در منطقه شاهد بیشترین مقدار (۸/۷۹ تن در هکتار) و در فاصله ۲۰ متری کوره کمترین مقدار (۵/۲۹ تن در هکتار) را



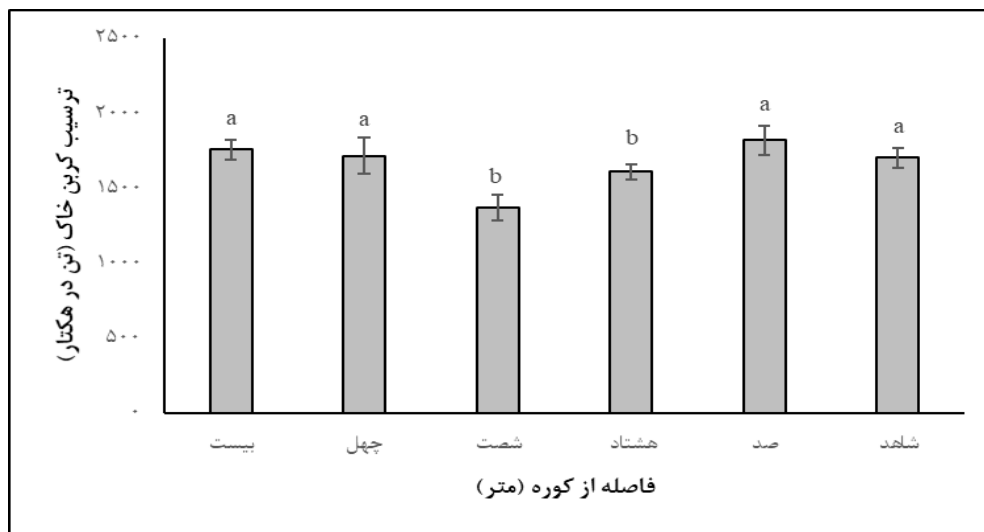
شکل ۱- زیست‌توده روزمینی درختی در فواصل مختلف از کوره‌ها و منطقه شاهد ($F=2/386$)



شکل ۲- ترسیب کربن خاک (عمق ۰-۱۵ سانتی‌متر) در فواصل مختلف از کوره‌ها و منطقه شاهد ($F=9/344$)

شاهد و دیگر فواصل نیز بیشترین مقدار را داشت (شکل ۳).

ترسیب کربن در عمق ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک در فواصل ۶۰ و ۸۰ متر کمترین و در منطقه



شکل ۳- ترسیب کربن خاک (عمق ۱۵-۳۰ سانتی‌متر) در فواصل مختلف از کوره‌ها و منطقه شاهد ($F=2/840$)

فاکتور بعدی به ترتیب ۲۰/۶۵ و ۱۵/۷۹ درصد بوده است. در ارتباط با فاکتور اول، صفات شن و رس بیشترین سهم را در بین واریانس‌ها دارا هستند. صفات هدایت الکتریکی و جرم مخصوص ظاهری نیز بیشترین همبستگی را با فاکتور دوم دارند. در فاکتور سوم نیز مشخصه کربن آلی با اختلاف زیاد بیشترین سهم را در بین واریانس‌ها دارد (جدول ۱).

تجزیه به مؤلفه اصلی (PCA) در ارتباط با فواصل مختلف از کوره و مشخصه‌های خاک

نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه اصلی در ارتباط با مشخصه‌های خاک در فواصل مختلف کوره و توده شاهد در عمق ۰ تا ۱۵ سانتی‌متری نشان داد که مؤلفه‌های اصلی اول، دوم و سوم در مجموع ۶۹/۷۹ درصد از تغییرات واریانس کل را توجیه می‌کنند، به طوری که سهم فاکتور اول ۳۳/۳۳ درصد و سهم دو

جدول ۱- تجزیه به مؤلفه‌های اصلی صفات اندازه‌گیری شده خاک در فواصل مختلف از کوره و منطقه شاهد (عمق ۱۵-۰ سانتی‌متر)

فاکتور ۳	فاکتور ۲	فاکتور ۱	صفات اندازه‌گیری شده
۰/۹۲۶	۰/۰۵	۰/۲۱۴	کربن آلی
۰/۱۸۰	-۰/۳۵۰	۰/۵۶۸	اسیدیته
۰/۳۵۲	۰/۷۶۹	-۰/۲۴۶	هدایت الکتریکی
-۰/۲۲۲	۰/۷۲۲	-۰/۰۶۳	جرم مخصوص ظاهری
-۰/۱۶۸	۰/۳۷۹	۰/۷۲۳	رس
۰/۰۱۷	-۰/۰۸۹	۰/۶۹۲	سیلت
۰/۱۱۸	-۰/۲۳۸	-۰/۹۴۴	شن
۱/۱۰	۱/۴۴	۲/۳۳	مقادیر ویژه
۱۵/۷۹	۲۰/۶۵	۳۳/۳۳	واریانس توجیهی
۶۹/۷۹	۵۳/۹۹	۳۳/۳۳	واریانس جمعی (%)

که مشهود است، صفات شن و رس بیشترین همبستگی را با محور اول دارند. پارامترهای کربن و جرم مخصوص ظاهری رابطه شایان ملاحظه‌ای با محور دوم دارند. صفت هدایت الکتریکی نیز بیشترین تأثیر را در فاکتور سوم دارد (جدول ۲).

همچنین نتایج حاصل از مؤلفه‌های اصلی در ارتباط با عمق ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متری نشان داد که مؤلفه اول ۳۱/۲۹ درصد واریانس‌ها را توجیه می‌کند، در حالی که محورهای بعدی به ترتیب ۲۰/۶۲ و ۱۶/۱۷ درصد در ایجاد واریانس‌ها دخیل بوده‌اند. همان‌طور

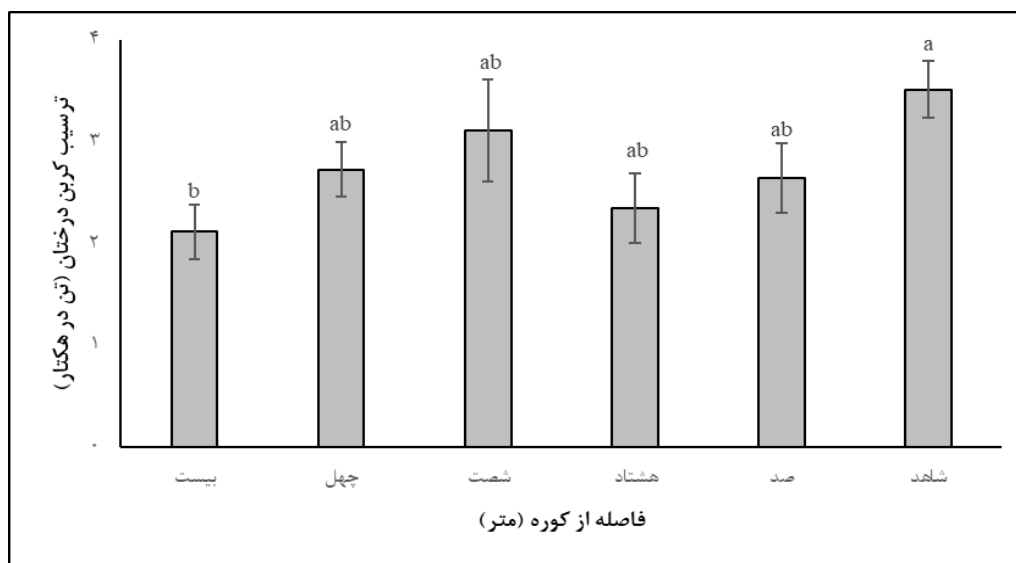
جدول ۲- تجزیه به مؤلفه‌های اصلی صفات اندازه‌گیری شده خاک در فواصل مختلف از کوره و منطقه شاهد (عمق ۳۰-۱۵ سانتی‌متر)

فاکتور ۳	فاکتور ۲	فاکتور ۱	صفات اندازه‌گیری شده
-۰/۳۲۶	-۰/۷۶۵	-۰/۲۱۰	کربن آلی
-۰/۴۰۷	۰/۴۹۷	۰/۰۱۴	اسیدینه
۰/۸۷۹	۰/۰۶۰	-۰/۱۲۳	هدایت الکتریکی
-۰/۰۸۷	۰/۷۵۹	۰/۱۹۰	جرم مخصوص ظاهری
۰/۲۰۹	-۰/۱۷۳	۰/۷۶۲	رس
-۰/۱۷۹	-۰/۰۴۰	۰/۷۳۶	سیلت
-۰/۰۳۵	۰/۱۴۵	-۰/۹۸۷	شن
۱/۱۲	۱/۴۶	۲/۱۹۱	مقادیر ویژه
۱۶/۱۷	۲۰/۶۲	۳۱/۲۹	واریانس توجیهی
۶۸/۳۴	۵۲/۲۲	۳۱/۲۹	واریانس تجمعی (%)

۲/۷۳۰، ۳/۱۱۸، ۲/۳۴۹، ۲/۶۴۸ تن در هکتار بود. مقدار ترسیب کربن درختان در منطقه شاهد (۳/۵۱۵ تن در هکتار) بیشتر از منطقه زغال‌گیری بود و نسبت به فاصله ۲۰ متر اختلاف معنی‌داری داشت (شکل ۴).

ترسیب کربن درختان

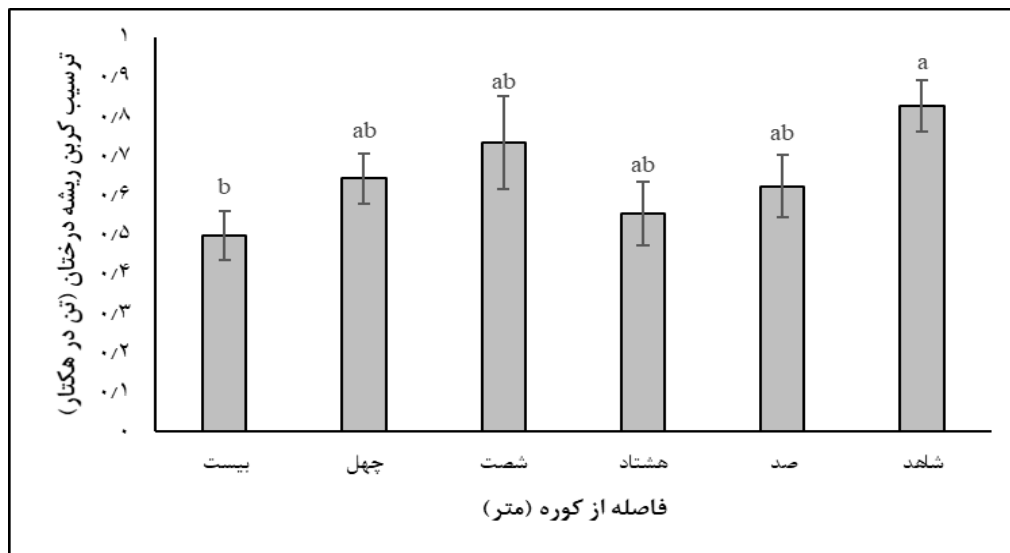
براساس نتایج به دست آمده مشخص شد که مقدار ترسیب کربن درختی در فواصل، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ متر از کوره زغال‌گیری به ترتیب برابر با ۲/۱۱۶،



شکل ۴- ترسیب کربن درختان (تن در هکتار) در فواصل مختلف از کوره‌ها و منطقه شاهد ($F=۲/۳۸۶$)

همچنین براساس نتایج مشخص شد که مقدار ترسیب کربن ریشه در فواصل، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ متر از کوره‌های زغال‌گیری به ترتیب برابر با ۰/۴۹، ۰/۶۴، ۰/۷۳، ۰/۵۵ و ۰/۶۲۲ تن در هکتار و در منطقه شاهد نیز ۰/۸۲ تن در هکتار بود (شکل ۵).

همچنین براساس نتایج مشخص شد که مقدار ترسیب کربن ریشه در فواصل، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ متر از کوره‌های زغال‌گیری به ترتیب برابر با ۰/۴۹، ۰/۶۴، ۰/۷۳، ۰/۵۵ و ۰/۶۲۲ تن در هکتار و در منطقه شاهد نیز ۰/۸۲ تن در هکتار بود (شکل ۵).



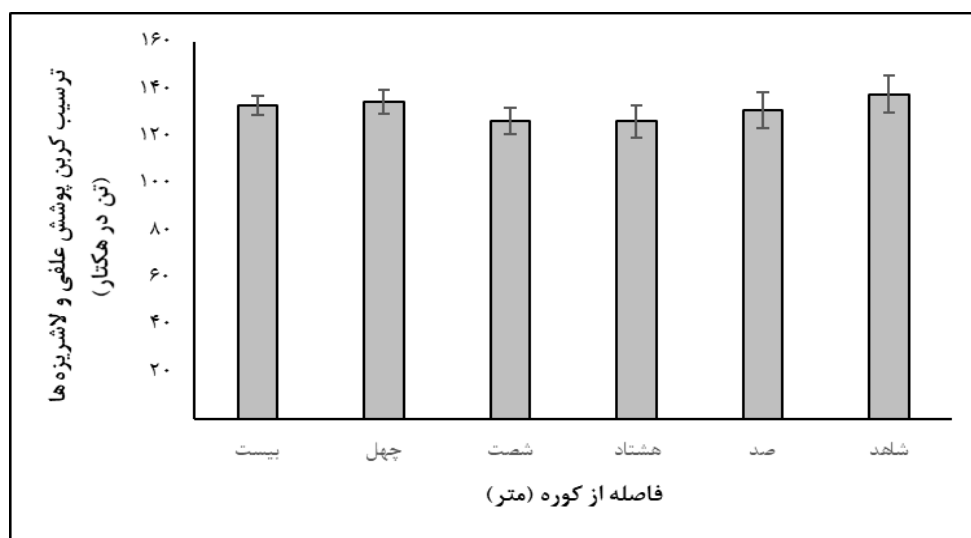
شکل ۵- ترسیب کربن ریشه درختان (تن در هکتار) در فواصل مختلف از کوره‌ها و منطقه شاهد ($F=۲/۳۸۶$)

ترسیب کربن کل

براساس نتایج مشخص شد که مقدار ترسیب کربن کل در منطقه شاهد بیشتر از فواصل کوره‌های زغال‌گیری بوده است (جدول ۳).

ترسیب کربن پوشش علفی و لاشریزه‌ها

نتایج مربوط به ترسیب کربن پوشش علفی و لاشریزه‌ها نشان داد که بین فواصل مختلف و منطقه شاهد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۶).



شکل ۶- ترسیب کربن پوشش علفی و لاشریزه‌ها (تن در هکتار) در فواصل مختلف از کوره‌ها و منطقه شاهد ($F=۲/۳۸۶$)

جدول ۳- میانگین (\pm اشتباه معیار) ترسیب کربن کل (تن در هکتار) در دو منطقه شاهد و زغال‌گیری

منطقه شاهد	فاصله از کوره (متر)					ترسیب کربن (تن در هکتار)
	۱۰۰	۸۰	۶۰	۴۰	۲۰	
۱۳۷/۹۳±۷/۶۳	۱۳۱/۱۵±۷/۷۰	۱۲۶/۳۴±۶/۸۴	۱۲۶/۷۴±۵/۵۴	۱۳۴/۶۷±۴/۹۱	۱۳۳/۱۸±۳/۸۷	پوشش علفی و لاشریزه‌ها
۳/۵۲±۰/۲۸	۲/۶۵±۰/۳۴	۲/۳۴±۰/۳۴	۳/۱۲±۰/۵۰	۲/۷۳±۰/۲۷	۲/۱۲±۰/۲۶	پوشش درختی
۰/۸۳±۰/۰۷	۰/۶۲±۰/۰۸	۰/۵۵±۰/۰۸	۰/۷۳±۰/۱۲	۰/۶۴±۰/۰۶	۰/۵۰±۰/۰۶	ریشه
۲۷۶۲/۰۲±۸۷/۶۴	۲۳۰۴/۲۸±۲۲۴/۴۸	۱۹۵۲/۲۸±۱۳۲/۶۰	۱۶۶۳/۶۰±۱۱۹/۳۰	۱۹۸۷/۹۱±۱۴۲/۹۰	۲۶۰/۱۲۹±۲۲۲/۸۶	خاک (۰-۱۵)
۱۷۰۲/۷۱±۶۹/۲۱	۱۸۲۱/۱۳±۹۴/۵۳	۱۶۱۲/۰۴±۵۰/۸۷	۱۳۶۹/۸۰±۸۴/۳۱	۱۷۱۸/۰۸±۱۲۳/۴۸	۱۷۵۷/۹۸±۶۴/۷۶	خاک (۱۵-۳۰)
۴۶۰۸/۰۰۶±۱۶۴/۸۳	۴۲۵۹/۸۲±۳۱۹/۰۱	۳۶۹۳/۵۷±۱۹۰/۷۳	۳۱۶۳/۹۹±۲۰۹/۷۷	۳۸۴۴/۰۳±۲۷۱/۶۲	۴۴۹۵/۰۶±۲۹۱/۸۱	کل

بحث

(Oriola & Omofoyewa, 2013) نیز به افزایش

چشمگیر ماده آلی خاک در مکان‌های زغال‌گیری اشاره شده است.

براساس نتایج تحقیق در اعماق ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک کاهش ترسیب کربن خاک در فواصل مختلف مشاهده شد. کاهش کربن خاک در اعماق پایین امری بدیهی است که دیگر محققان (Wang et al., 2010) نیز این موضوع را گزارش کرده‌اند.

نتایج حاصل از PCA نشان داد که در هر دو عمق مورد بررسی، کربن آلی خاک دارای تغییرپذیری در بین واریانس‌ها بوده است. در عمق ۱۵-۰ سانتی‌متر، کربن آلی خاک بیشترین همبستگی مثبت معنی‌دار را با هدایت الکتریکی، اسیدیتته و سیلت داشت. این نتایج با یافته‌های Kashi Zenouzi et al. (2016) و Ghasemi Aghbash et al. (2018) مطابقت دارد، به طوری که با قلیایی شدن و افزایش سیلت خاک، ذخیره کربن نیز افزایش یافت. همچنین Varamesh et al. (2011) و Ghasemi Nejad و Raelini et al. (2018) گزارش دادند که با اسیدی شدن خاک مقدار ماده آلی و کربن آلی کاهش می‌یابد. در تحقیق حاضر مشخص شد که خاک در اطراف کوره‌های زغال‌گیری از pH کمی برخوردار بود

مقدار ترسیب کربن آلی در خاک و پوشش گیاهی رابطه مستقیمی با کیفیت مدیریت خاک، زیست‌توده و لاشبرگ گیاهی بوم‌سازگان‌های جنگلی دارد (Feiza et al, 2008). از این‌رو دخالت در این بوم‌سازگان‌ها به کاهش ترسیب کربن منجر می‌شود. نتایج تحقیق نشان داد که منطقه شاهد از لحاظ مقدار کربن ذخیره‌شده خاک نسبت به منطقه زغال‌گیری وضعیت بهتری داشته است. در منطقه زغال‌گیری در عمق ۰ تا ۱۵ سانتی‌متری خاک، از فاصله ۲۰ تا ۶۰ متری ترسیب کربن روند کاهشی دارد و با افزایش فاصله مجدداً این روند به تدریج افزایش می‌یابد.

در این تحقیق، افزایش کربن و ماده آلی در لایه‌های سطحی اطراف مکان زغال‌گیری به اثبات رسید که با نتایج Criscuoli (2014) مطابقت دارد. به نظر می‌رسد در فاصله نزدیک به کوره به علت اجرای عملیات احتراق چوب و باقی گذاشتن بقایای درختان مقدار کربن موجود در خاک به طور معنی‌داری افزایش یافته است این در حالی است که افزایش مقدار کربن خاک از فاصله ۶۰ تا ۱۰۰ متری به علت افزایش زیست‌توده درختان بوده است. با این حال در گزارش‌های دیگر (Fontodji et al., 2009) نیز

جنگل دارد و به افزایش ذخیره کربن خاک کمک می‌کند. همچنین Eskandari Shahraki et al. (2015) با بررسی کاربری‌های مختلف بر ترسیب کربن خاک گزارش دادند که اگر بوم‌سازگان‌های جنگلی از دخالت‌های انسانی در امان بمانند تأثیر بسیار مهمی در ذخیره بلندمدت کربن خاک ایفا خواهند کرد. از طرفی هر گونه دخالت انسانی در این بوم‌سازگان‌ها به آثار منفی در ترسیب کربن خاک منجر خواهد شد. نتایج این تحقیق نشان داد که ترسیب کربن پوشش علفی و لاشریزه‌ها در منطقه شاهد و همچنین در فواصل مختلف از کوره اختلاف معنی‌داری نداشتند. به نظر می‌رسد با توجه به اینکه در جنگل‌های زاگرس فرم پرورشی درختان بیشتر به صورت شاخه‌زاد است، قطع جست‌ها به منظور تولید زغال تأثیری بر مقدار پوشش علفی و لاشریزه‌ها نداشته است.

در کل نتایج این تحقیق نیز نشان داد که هر گونه دخالت و دست‌اندازی در بوم‌سازگان‌های جنگلی طبیعی سبب تغییراتی در مقدار ترسیب کربن خاک و گیاهان می‌شود، به طوری که با افزایش فاصله از کوره‌های زغال‌گیری، ترسیب کربن خاک و درختان افزایش می‌یابد. از این رو هر گونه دخالت انسانی نظیر احداث کوره‌های زغال‌گیری سبب ایجاد سیر قهقرایی خاک و پوشش گیاهی منطقه می‌شود. بنابراین پیشنهاد می‌شود که فرایند زغال‌گیری در بوم‌سازگان‌های جنگلی، به خصوص جنگل‌های حساس و شکننده زاگرس، مدیریت و در صورت امکان کنترل شود.

که این یافته با نتایج (Chidumayo 1994)، (Fontodji et al. 2009) و (Oguntunde et al. 2008) مطابقت داشت. همچنین براساس نتایج PCA، مانند عمق اول، در عمق ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متر نیز شن و رس بیشترین تغییرپذیری را نشان دادند. به نظر می‌رسد که تغییر در مقدار ماده آلی ورودی در خاک سبب ایجاد تغییرات این‌چنینی در خاک شده است. در این عمق کربن آلی و جرم مخصوص ظاهری خاک حدود ۲۱ درصد تغییرات را به خود اختصاص داده بودند. همچنین در این عمق کربن آلی خاک بیشترین همبستگی منفی معنی‌دار را با اسیدیته، هدایت الکتریکی و جرم مخصوص ظاهری خاک داشت. جرم مخصوص ظاهری خاک در اثر تغییر نوع بهره‌برداری از جنگل افزایش می‌یابد و در پی آن کاهش تخلخل خاک و در نتیجه کاهش ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک مشاهده می‌شود که این موضوع به کاهش کیفیت پویای خاک منجر می‌شود. این مسئله کاملاً با یافته‌های (Dang et al. 2002) مطابقت داشت.

نتایج نشان داد که ترسیب کربن درختان در منطقه شاهد نسبت به منطقه زغال‌گیری بیشتر است که این مسئله به زیست‌توده زیاد درختان در منطقه شاهد مربوط است. تحقیقات مختلف نشان داده‌اند که مقدار کربن آلی خاک در پوشش‌های درختی متراکم زیاد است که این موضوع نشان‌دهنده پتانسیل زیاد ذخیره کربن توسط آنهاست (Rostami et al., 2019). تحقیق (Pato et al. 2017b) نیز نشان داد که تعداد در هکتار، آمیختگی و تیپ جنگل، رابطه مستقیمی با زی‌توده

References

- Alizadeh, S.M. (2013). Management of forest plantations for carbon sequestration purposes (needs today and tomorrow). *First National Conference on Sustainable Development Solutions, Tehran*, 20.
- Carrari, E., Ampoorter, E., Coppi, A., & Selvi, F. (2016). Diversity of secondary woody species in relation to species richness and cover of dominant trees in thermophilous deciduous forests. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 31(5), 484-494.
- Chidumayo, E.N. (1994). Effect softwood carbonization on soil an initial development of seedlings in miombo woodland, Zambia. *Forest Ecology Management*, 70, 353-7.

- Cloy, J.M., & Smith, K.A. (2018). Greenhouse Gas Sources and Sinks. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*, 2, 391-400.
- Coomes, O.T., & Miltner, B.C. (2016). Indigenous Charcoal and Biochar Production: Potential for Soil Improvement under Shifting Cultivation Systems. *Land Degradation & Development*, 28, 811-821
- Criscuoli, I., Alberti, G., Baronti, S., Martinez, C., Calzolari, C., Pusceddu, E., Rumpel, C., Viola, R., & Miglietta, F. (2014). Carbon sequestration and fertility after centennial time scale incorporation of charcoal into soil. *Plos One*, 9, 1-11.
- Dang, V.M., Anderson, D.W., & Farrell, R.E. (2002). Indicators for Assessing Soil Quality after Long-term Tea Cultivation in Northern Mountainous Vietnam. *17th WCSS, Thailand*. pp:14-21.
- Doostkami, S., Khosro pour, N., & Mirzaei, J. (2014). Importance and role of Zagros forests in sustainable development. Zagros National Environmental Hazards Conference, Khorramabad, Lorestan. *Governor General's Office of Crisis Management, Zagros Environmental Engineering Association*, https://www.civilica.com/Paper-CEZ01-CEZ01_109.html.
- E, S.V., Ding, N.P., Li, L.L., Yuan, J.H., Che, Z.X., Zhou, H.Y., & Shang, L.G. (2018). Relationship of crop yield and soil organic carbon and nitrogen under long term fertilization in black loessial soil region on the Loess Plateau in China. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*, 29(12), 4047-4055.
- Eskandari Shahraki, A., Kiani, B., & Iranmanesh, Y. (2015). Effects of different land use types on soil organic carbon storage. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 24(3), 379-389.
- Feiza, V., Feizien, D., Jankauskas, B., & Jankauskien, G. (2008). The impact of soil management on surface runoff, soil organic matter content and soil hydrological properties on the undulating landscape of Western Lithuania. *Zemdirbyste*, 95(1), 3-21.
- Fontodji, F., Mawussi, G., Nuto, Y., & Kokou, K. (2009). Effects of Charcoal Production on Soil Biodiversity and Soil Physical and Chemical Properties in Togo, West Africa. *International Journal of Biology and Chemistry Science*, 3(5), 870-879.
- Froozeh, M.R., Heshmati, Gh., & Mesbah, S.H. (2008). Comparing Carbon Sequestration Potential of Three Shrub Species *Heliantemum lippii*, *Dendrostellera lessertii* and *Artemisia sieberi* (Case study: Gareh Bygone, Fasa). *Journal of Environmental Studies*, 34(46), 65-72.
- Ghanbari, S. (2015). Investigation of Rural Firewood Consumption in Arasbaran Forests. *Second National Conference on Conservation of Natural Resources and Environment, Ardabil, Mohaghegh Ardabili University*. https://www.civilica.com/Paper-CNRE02-CNRE02_212.html.
- Ghasemi Aghbash, F., Heidarian, Sh., & Solgi, E. (2018). The amount of carbon sequestration capability of tree cover and roadside soil (Case study: Khorramabad-Andimeshk Highway). *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, 5(11), 115-129.
- Ghasemi Nejad Raeini, M., & Sadeghi, H. (2018). The evaluation of carbon sequestration at plant's organs and soil characteristics in understory of *Zygophyllum atriplicoides* and *Gymnocarpus decander* (Case study: Saleh-Abad, Hormozgan). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 24(4), 699-707.
- Heiri, O., Lotter, A.F., & Lemcke, G. (2001). Loss on Ignition as a method for Estimating Organic and Carbonate content in sediment: Reproducibility and comparability of Results. *Journal of paleolimnology*, 25(1), 101-110.
- IPCC, Climate change. (2007). The physical science basis. *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Available from <http://www.ipcc.ch>.
- Jafari, K., Ali Khah Asl, M., Kooch, Y., & Rezvani, M. (2017). Investigating the role of land use on soil carbon sequestration (Case study: Urban basin, Behshahr County). *M.Sc. thesis of Forestry, Payame Noor University of Tehran*, 80.

- Kammen, D., & Lew, D. (2005). Review of Technologies for the Production and Use of Charcoal. *Renewable and Appropriate Energy Laboratory Report*, 19.
- Kashi Zenouzi, L., Banej Shafiee, S., & Jafari, A.A. (2016). Investigating the Effect of Some Environmental Factors on Organic Carbon in Zilber Chay Watershed. *Journal of Water and Soil Science*, 20(76), 207-218.
- Knicker, H. (2007). Vegetation fires and burnings, how does char input affect the nature and stability of soil organic nitrogen and carbon? -a review. *Biogeochemistry*, 85, 91-118.
- Lemma, B., Kleja, D.B., Nilsson, I., & Olsson, M. (2006). Soil carbon sequestration under different exotic tree species in the South Western Highlands of Ethiopia. *Geoderma*, 136, 886-898.
- Naghipour Borj, A.A., Haidarian, M., & Nasri Aghakhani, M. (2012). An investigation of carbon sequestration and plant biomass in modified rangeland communities (Case study: Sisab rangeland of Bojnord). *Watershed Management Research*, 94, 19-25.
- Oguntunde, P.G., Abiodun, B. J., Ajayi, A.E., & Van de Giesen, N. (2008). Effects of Charcoal production on soil physical properties in Ghana. *Journal of plant Nutrition and Soil Science*, 171, 591-596.
- Oriola, E., & Olayiwola, O. (2013). Impact of Charcoal Production on Nutrients of Soils under Woodland Savanna Part of Oyo State. *Nigeria*, 3(3), 2225-0948.
- Pato, M., Salehi, A., Zahedi Amiri, Q., & Banj Shafiee, A. (2017a). Estimating the amount of carbon storage in biomass of different land uses in Northern Zagros Forest. *Iranian Journal of Forest*, 9(2), 159-170.
- Pato, M., Salehi, A., Zahedi Amiri, Q., & Banj Shafiee, A. (2017b). The economic value of carbon storage functions in different land uses of northern Zagros forests. *Journal of Forest Research and Development*, 2(4), 367-377.
- Pourhashemi, M., Zandebasiri, M., & Panahi, P. (2015). Structural characteristics of oak coppice stands of Marivan Forests. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 27(5): 766-776.
- Rasouli-Sadaghiani, M.H., Karimi, S., Khodaverdiloo, H., Barin, M., & Banj-Shafiee, A. (2016). Impact of forest ecosystem land use on soil physico-chemical and biological indices. *Iranian Journal of Forest*, 8(2), 167-178.
- Rossi, A.M., Hirmas, D.R., Graham, R.C., & Sternberg, P.D. (2006). Bulk Density Determinate ion by Automated Three-Dimensional Laser Scanning. *Science Society of America Journal*, 72(6), 1591-1593.
- Rostami, Z., Ghasemi Aghbash, F., & Pazhouhan, I. (2019). Assessment of carbon sequestration rate in biomass and soil of Iranian oak stands under charcoal production (Case study: Bastam area of Al-shater city). *M.Sc. thesis of Forestry, Malayer University*, 100.
- Subedi, B.P., Pandey, S.S., Pandey, A., Bahadur Rana, E., Bhattarai, S., Banskota, T.R., Charma-kar, S., & Tamrakar, R. (2010). Asia Network for Sustainable agriculture and bio resources. Federation of community forest users, Nepal, international center for integrated mountain development, Norwegian agency for development cooperation. *Guidelines for measuring carbon stocks in community- managed forests*, 16.
- Varamesh, S., Hosseini, S.M., & Abdi, N. (2011). Estimating potential of urban forests for atmospheric carbon sequestration. *Journal of Environmental Studies*, 37(57), 1-8.
- Wan, Ji-Zh., Wang, Ch-J., Qu, H., Liu, R., & Xi-Zh, Zh. (2018). Vulnerability of forest vegetation to anthropogenic climate change in China. *Science of the Total Environment*, 621, 1633-1641.
- Wang, Y., Fu, B., Lü, Y., Song, C., & Luan, Y. (2010). Local-scale spatial variability of soil organic carbon and its stock in the hilly area of the Loess Plateau, China. *Quaternary Research*, 73, 70-76.

Yousefi, M., Mahdavi Damghani, A., & Khoramivafa, M. (2016). Comparison greenhouse gas (GHG) emissions and global warming potential (GWP) effect of energy use in different wheat agroecosystems in Iran. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(8), 7390-7397.

Zhang, J., Xu, M., & Wu, F. (2015). Difference analysis of different land use types on soil organic carbon in loess Gullied-Hilly region of China. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 7(4), 274-280.



Research Article

Assessment of carbon sequestration rate in biomass and soil of Iranian oak stands under charcoal production (Case study: Bastam area of Al-shater city)

Z. Rostami¹, F. Ghasemi Aghbash^{2*} and I. Pazhouhan²

¹ MSc Candidate of Forestry, Dept. of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, I. R. Iran

² Assistant Prof., Dept. of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, I. R. Iran

(Received: 23 January 2020, Accepted: 29 February 2020)

Abstract

Charcoal production and wood burning are some of the causes of increasing carbon concentration in the atmosphere. This activity by cutting trees reduces the density and volume of forest stands per hectare and leads to changing carbon sequestration in a forest stand. Given the importance of this issue and the challenges associated with increased atmospheric carbon, the role of soil and forest biomass in carbon sequestration is important. In order to investigate the effect of charcoal production on carbon sequestration, four kilns were selected in Bastam district of Al-shater city and five sample plots 10 × 10 m measuring at 20, 40, 60, 80 and 100 m intervals were established from four main directions of each kiln. In both control (outside of the charcoal area) and sample area, above- and under-ground biomass of trees, carbon sequestration, grass cover, and soil were measured. The results showed that the highest and lowest amounts of soil carbon sequestrations were in the 0-15 cm depth of control (2762.0221 ton /ha) and 60 m distance from the kilns (1663.601 ton/ha), respectively. Also, the highest amount of carbon sequestration was observed in the control area (3.515 ton/ha) and the lowest was in the distance of 20 meters from the kilns (2.116 ton/ha). Results of carbon sequestration of herbal vegetation and litters also showed that there was no significant difference between distances and the control area. Overall, the results of this study showed that the carbon sequestration of the soil and the tree increases with increasing the distance from the charcoal kilns. Therefore, it is necessary to control and manage the charcoal production process in the Zagros forest.

Keywords: Charcoal production influences, Persian oak, Kiln, Organic carbon.