



"مقاله پژوهشی"

تغییرات ترسیب کربن و برخی ویژگی‌های خاک در تیپ‌های جنگلی زاگرس میانی (مطالعه موردي: جنگل‌های استان لرستان)

حمزة جعفری سرابی^۱, بابک پیله‌ور^۲, کامبیز ابراری واجاری^۳ و سید محمد واعظ موسوی^۴

- ۱- دکترای جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران
۲- دانشیار، گروه جنگل‌داری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران (تویسته مسؤول: pilehvar.b@lu.ac.ir)
۳- دانشیار، گروه جنگل‌داری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران
۴- استادیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۶/۲۳
صفحه: ۱۴۲ تا ۱۵۱

چکیده

گونه‌های درختی از مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر ویژگی‌های خاک از طریق تولید لاستریزه بوده و نقش اساسی در چرخه کربن و آزادسازی عناصر غذایی خاک دارند. پژوهش حاضر به بررسی تغییرات ترسیب کربن و برخی ویژگی‌های خاک در تیپ‌های جنگلی زاگرس میانی، جنگل‌های استان لرستان، در ارتباط با گونه‌های درختی غالب منطقه می‌برد. در مطالعه حاضر برخی از ویژگی‌های زیستی درختان در تیپ‌های جنگلی بلوط ایرانی، دارمازو و گلابی وحشی با استفاده از ۲۴ قطعه‌نمونه ۵۰۰ متر مربعی تصادفی (۲۰×۲۵ متر) اندازه‌گیری شد. همچنین خاک زیراشکوب تیپ‌های مورد مطالعه با استفاده از ۴۸ نمونه ترکیبی از عمقدارهای ۱۰-۰ و ۱۰-۳۰ سانتی‌متری برداشت شد. پس از اندازه‌گیری متغیرهای مورد مطالعه، مقایسه آماری میانگین متغیرهای جنگل‌شناسی، خاکی و ترسیب کربن در تیپ‌های جنگلی با استفاده از تأثیرگذاری در پارامترهای ارتفاع تاج پوشش و تراکم بودند. تیپ‌های جنگلی ضمن اختلاف معنی دار در مقادیر ترسیب کربن، بافت، نیتروژن، کربن آلی، نسبت کربن به نیتروژن، pH و رطوبت اشباع عمق اول، فاقد اختلاف در مقادیر آهک، هدایت الکتریکی، کلسیم، وزن مخصوص ظاهری و رطوبت اشباع عمق دوم بودند. بدین معنی که بیشترین میزان رس، سیلت و pH خاک در تیپ‌های جنگلی گلابی وحشی و بلوط دارمازو و بیشترین مقادیر ترسیب کربن، شن، پتاسیم، نیتروژن، کربن آلی و رطوبت اشباع عمق اول در خاک جنگلی بلوط ایرانی مشاهده شد. در این رابطه ارتفاع تاج پوشش تیپ‌های جنگلی و ارتفاع تاج پوشش قرار می‌گیرد. لذا بیشنهاد می‌شود در مطالعات سنجهش از دور جهت برآورد ترسیب کربن خاک جنگل‌های زاگرس از داده‌های لیدار که قابلیت اندازه‌گیری ارتفاع تاج پوشش را دارند استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: بلوط، ترسیب کربن خاک، تیپ جنگلی، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

حدود ۷۰ درصد ذخیره کربن آلی خاک کلیه بوم‌سازگان‌های خشکی را در خود ذخیره کرده‌اند (۱۸،۴۲). در این رابطه افق‌های بالایی خاک معدنی بیش از نیمی از کربن بوم‌سازگان‌های جنگلی را در خود جای داده است (۴۱). شایان ذکر است این میزان کربن عمدتاً در لایه‌های سطحی خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متر انباسته شده است (۲۲). براساس تحقیقات، نوع و ترکیب گونه‌های موجود در آشکوب فوقانی جنگل از طریق تاثیر بر ورودی کربن خاک می‌تواند مقدار ترسیب کربن خاک را تغییر دهنده (۴۵). از طرفی هرگونه تغییر در فراوانی و ترکیب کربن خاک می‌تواند به طور قابل توجهی بر چرخه کربن جهانی، پارامترهای اقلیمی، میزان تولید زی توده‌های گیاهی و پویایی جنگل تاثیرگذار باشد (۴۳،۴۶). به طور مشابه، تغییرات در اقلیم و کاربری زمین فراوانی و ترکیب کربن آلی خاک را تغییر خواهند داد (۴۶). در کنار این عوامل اختلالاتی مانند دخالت‌های انسانی به همراه بعضی از عوامل طبیعی مثل آتش‌سوزی و سیل با تغییر در میکروکلیما، پوشش گیاهی و تعادل چرخه آب باعث کاهش ورود کربن آلی به خاک می‌شود (۵۰). مجموع این نتایج نشان می‌دهد که ترسیب کربن در لایه‌های زیستی زمین به ویژه در زی توده و خاک

مقدمه
امروزه ترسیب کربن از مهم‌ترین رویدادهای طبیعی است که با توجه به تغییرات اقلیمی و افزایش گرمایش جهانی از اهمیت بیشتری نسبت به دیگر رویدادهای اکولوژیکی برخوردار است (۵۳). براساس مطالعات انجام شده، میزان دی‌اکسیدکربن موجود در چرخه طبیعت حدود ۲۰۰ میلیارد تن در سال برآورد شده که نتیجه جذب آن توسط گیاهان و اقیانوس‌ها، تعادل چرخه گازکربنیک در طبیعت را به دنبال دارد (۵۱). متأسفانه افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای و به طور خاص دی‌اکسیدکربن با بهمنزدن تعادل این چرخه باعث ایجاد گرمایش زمین و به دنبال آن تغییر اقلیم شده است (۳۷). در این رابطه بوم‌سازگان‌های جنگلی با سطحی معادل ۳/۴ میلیارد هکتار به علت داشتن پتانسیل زیاد جذب کربن از طریق فتوستتر و ترسیب کربن اتمسفر در خاک به عنوان تنظیم‌کننده اصلی ذخیره کربن، نقش قابل توجهی در کنترل تغییرات اقلیمی ایفا می‌کنند (۱۶). چراکه پوشش گیاهی بوم‌سازگان‌های جنگلی حدود ۸۲ تا ۸۶ درصد کربن روی زمینی را به خود اختصاص داده است (۱۸). همچنین خاک بوم‌سازگان‌های جنگلی دو برابر کربن موجود در اتمسفر و

چم حصار دلخان در استان لرستان مورد بررسی قرار گرفت.
ذخیره‌گاه گلابی وحشی با مساحت ۱۰۰ هکتار دارای خاکی از
رده اینسپیسی سول، اقلیم نیمه مرطوب، ۴۶۸ میلی‌متر بارندگی
سالانه بوده و در عرض جغرافیایی "۴۳°.۰۲' - ۳۴°.۴۳'" تا
"۴۷°.۳۴' - ۳۴°.۰۳'" شمالی و طول جغرافیایی "۴۱°.۴۱' - ۴۷°.۳۴'" تا
"۴۷°.۳۵' - ۳۹'" شرقی واقع شده است. حداقل و حداکثر ارتفاع
از سطح دریای این منطقه ۱۷۰۰ تا ۲۰۰۰ متر است (۶).
ذخیره‌گاه دارمازو شینه قلایی نیز با مساحت ۱۱۳ هکتار، در
عرض جغرافیایی "۳۴°.۳۳' - ۳۳°.۵۱'" شمالی و طول
جغرافیایی "۴۲°.۴۸' - ۴۸°.۰۴'" شرقی دارای خاکی جوان از
رده‌های انتی سول و اینسپیتی سول و ۶۶۵ میلی‌متر بارندگی در
سال است. حداقل و حداکثر ارتفاع منطقه به ترتیب ۱۲۰۰ تا
۲۴۰۰ متر از سطح دریا است (۳۳). جنگلهای بلوط ایرانی
قلعه‌گل نیز با ۷۲۵ میلی‌متر بارندگی سالانه، ۹۴۹۱ هکتار
مساحت و خاکی از رده اینسپیتی سول در طول جغرافیایی
"۵۷°.۰۵' - ۵۷°.۲۰'" شرقی و عرض جغرافیایی
"۴۸°.۳۸' - ۴۸°.۲۲'" شمالی واقع شده است. این
منطقه با حداقل ۱۵۰۰ و حداکثر ۲۵۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا
دارای اقلیم نیمه مرطوب سرد است. (۱۵).

نمونه برداری از پوشش گیاهی و خاک:

در پژوهش حاضر ابتدا با استفاده از جنگل گردشی‌های گستردگی، مناطق رویشی همگن از نظر فیزیوگرافی در توده‌های معرف انتخاب گردید. سپس با استفاده از ۲۴ قطعه نمونه تصادفی ۵۰۰ مترمربعی (25×20 متر) مقادیر درصد تاجپوشش، تراکم درختی و ارتفاع تاج پوشش اشکوب درختی در سه تیپ جنگلی مورد بررسی اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری متغیرهای خاکی هر قطعه نمونه، با استفاده از مته اوگر یک نمونه خاک از عمق $0-10$ سانتی‌متری و یک نمونه از عمق $10-30$ سانتی‌متری برداشت شد^(۳). برای به حداقل رساندن خطاهای نمونه‌ها به صورت ترکیبی از چهارگوشه و مرکز قطعه نمونه برداشت شدند^(۴). نمونه‌های خاک پس از خشک شدن در هوای آزاد، خرد کردن کلوخه‌ها، جدا کردن ریشه‌ها، سنگ و دیگر ناخالصی‌ها از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. سپس بافت خاک به روش هیدرومتری بایکاس، pH خاک با pH متر الکتریکی، هدایت الکتریکی توسط هدایت‌سنج الکتریکی، درصد کربن آلی به روش والکی بلک و نیتروژن به‌وسیله دستگاه کجلال اندازه‌گیری شد. پتانسیم و کلسیم با دستگاه جذب آنمی، وزن مخصوص به روش تیتراسیون رطوبت اشباع به روش وزنی و درصد آهک به روش تیتراسیون برگشتی با استفاده از اسید کلریدریک اندازه‌گیری شد^(۵). مقدار ترسیب کربن خاک نیز در واحد سطح (تن در هکتار) براساس رابطه 1 محاسبه شد^(۶):

SOC= [SOC]×Bulk Density×Depth×Coarse Fragments×10

در این رابطه: SOC = مقدار ترسیب کربن آلی خاک
 $[SOC] = \frac{\text{غلظت کربن آلی خاک}}{\text{حجم خاک برداشت شده}} = \frac{\text{Bulk Density}}{\text{وزن مخصوص، ظاهری خاک}} = \frac{\text{Depth}}{(\text{Mg C})} \text{ ha}^{-1}$

بومسازگان‌های جنگلی از مهم‌ترین، بهترین، ساده‌ترین، اقتصادی‌ترین و کم‌هزینه‌ترین راه‌های کاهش خسارات بحران گرمایش زمین و تغییرات اقلیمی است (۳۷، ۴۹). از طرف دیگر شناخت ویژگی‌های خاک از مبانی اصولی مدیریت جنگل است (۱۱). چراکه برای ایجاد جنگلی پایدار حفظ عناصر غذایی خاک از اهمیت بسزایی برخوردار است (۳۸). در واقع خاک بومسازگان‌های جنگلی نه تنها نقش قابل توجهی در رابطه با ذخایر کربن و کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن دارد، بلکه نقش مستقیمی در رابطه با چرخه عناصر غذایی و بهدبال آن افزایش تولید ایقا می‌کند (۳۶). در این رابطه گونه‌های درختی بومسازگان‌های جنگلی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تغییر ویژگی‌های خاک بوده (۵۲) که از طریق ویژگی‌های مقاومتشان در تولید لاش‌بریزه و به تبع آن بازگرداندن عناصر غذایی و ترکیبات شیمیایی ویژه، نقش اساسی در چرخه کربن و عناصر غذایی بازی می‌کنند (۴، ۳۴). مطالعات فراوانی اثر گونه‌های درختی بر ویژگی‌های خاک جنگلی را مورد بررسی قرار داده‌اند که نتایج آنها نشان‌دهنده اثر قابل توجه نوع گونه درختی آشکوب فوقانی بر حاصلخیزی خاک است (۸). لوت و همکاران (۳۲) بیان داشتند گونه‌های درختی می‌توانند از طریق تاج‌پوشش، چرخه کربن، نیتروژن و دیگر عناصر غذایی، خاک را تحت تأثیر قرار دهند. جعفری و همکاران (۲۵) بیان داشتند که بالا بودن مقدار کربن لاشبرگ گونه بلوط ایرانی باعث افزایش مقدار کربن آلی خاک می‌شود. صالحی و همکاران (۴۴) افزایش درصد تاج‌پوشش درختی و بهدبال آن افزایش لاشبرگ را مهم‌ترین علت افزایش عناصر غذایی خاک مانند نیتروژن، فسفر و پیتاسیم بر Shermanden. وستردال و همکاران (۵۲) ترکیب گونه‌ای و تیپ جنگلی را دو عامل بسیار مهم بر فرآیند ورودی اندوخته کربن در افق‌های آلی و معدنی خاک عنوان کرده و بیان داشتند که با تغییر گونه‌های درختی می‌توان مقدار اندوخته کربن خاک را $50\text{--}40$ درصد افزایش داد. نادی و همکاران (۳۵) بیان داشتند که مدیریت حفاظتی با افزایش پوشش گیاهی و توان تولید لاشبرگ، تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات شیمیایی خاک می‌گذارد. از طر菲 نتایج باده‌یان و همکاران (۵۶) نشان داد که بین مقدار ترسیب کربن خاک موجود در تیپ‌های مختلف خالص، آمیخته و طبیعی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود دارد. بدین معنی که مقدار ترسیب کربن خاک در تیپ‌های طبیعی بیشتر از سایر تیپ‌ها است.

به طور کلی و با توجه به نقش و اهمیت متفاوت تیپ‌های جنگلی در تغییرات ترسیب کرین و ویژگی‌های خاک، هدف از پژوهش حاضر بررسی و مقایسه اثرات اشکوب فوچانی غالب تیپ‌های جنگلی زاگرس میانی بر مقادیر ترسیب کرین و برخی متغیرهای فیزیکو-شمیابی خاک زیراشکوب است.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر خاک تیپ‌های جنگلی مدیریت شده بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) در منطقه قلعه‌گل خرم‌آباد، دارمازو (*Quercus infectoria* Oliv.) منطقه شیشه قلایی، الشتر و گلایی، وحشی، (*Pyrus glabra* Boiss.)

نیتروژن، کربن آلی و نسبت کربن به نیتروژن) از طریق دانستگی تری بررسی شد. همبستگی داده‌ها نیز از طریق همبستگی پیرسون اندازه‌گیری شد. محاسبات آماری این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SPSS ver. 22 انجام شد.

نتائج و بحث

و ضعیت بافت خاک برداشت شده از عمق های اول و دوم مناطق مورد مطالعه نشان می دهد که بر اساس مثلث بافت خاک، بافت خاک تیپ های جنگلی گلابی و حشی و دارمازو عمدتاً بافت Clay-loam هستند. ضمن اینکه بافت خاک در تیپ جنگلی بلوط ایرانی Sandy-loam و یا Sandy-clay loam است (حدوا، ۱).

نمونه برداری (m)، ۱۰ ضریب تبدیل واحد به $Mg\text{C ha}^{-1}$ و $\text{Coarse Fragments} = \text{ناخالصی}$ و قطعات بزرگ ((۱۰۰-)/درصد حجم قطعات بزرگ)-۱ است.

تجزیه و تحلیل آماری:

در ابتدا بررسی نرمالیته داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف بررسی شد. سپس مقایسه میانگین متغیرهای خاکی تیپ‌های مختلف جنگلی با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) انجام گرفت. همچنین پس از آزمون همگنی واریانس داده‌ها (Levene)، در صورت همگنی واریانس (داده‌های تاج پوشش، تراکم، ارتفاع تاج پوشش، رس، شن، سیلت، پتانسیم، pH، هدایت الکتریکی، کلسیم، رطوبت اشباع و وزن مخصوص) مقایسات چندگانه با آزمون دانکن و در صورت ناهمگنی واریانس (داده‌های آهک،

جدول ۱- بافت خاک عمق اول (۰-۱۰ cm) و دوم (۱۰-۳۰ cm) در تیپ‌های جنگلی

Table 1. Texture soil of first depth (0-10 cm) and second depth (10-30 cm) in forest types

glabra در رویشگاه‌هایی با خاک لومی از رشد بهتری برخوردار است (۲۱). بر عکس نتایج این تحقیق، خان حسنی و همکاران (۲۸) بیان داشتند که در زاگرس شمالی خاک‌های سنگین با سرنشیت گونه برودارو و خاک‌های سبک با سرنشیت گونه دارند.

نتایج مقایسه میانگین و پیشگی های درختی آشکوب فوقانی نشان داد که تیپ های مورد نظر بدون اختلاف معنی دار در درصد تاچ پوشش دارای اختلاف معنی داری در مقادیر ارتفاع تاچ پوشش و میزان تراکم هستند (جدول ۲).

طبق نتایج، بیشترین میزان رس و سیلت دو عمق در خاک تیپ‌های جنگلی گلابی و حشی و بلوط دارمازو و بیشترین مقادیر شن در خاک تیپ جنگلی بلوط ایرانی ثبت گردید. این امر باعث شده که بافت خاک در تیپ‌های جنگلی گلابی و حشی و بلوط دارمازو از بافت متوسط تا سنگین و Sandy-loam و Clay-loam) به بافت سبک (loam) در تیپ جنگلی بلوط ایرانی تعییر کند (Sandy-clay-loam) در تیپ جنگلی بلوط ایرانی تعییر کند (جدول ۱). در این راستا نتایج دیگر مطالعات نیز بافت خاک را در رویشگاه‌های دارمازو متوسط تا سنگین گزارش کرده‌اند (۳۲). همچنین نتایج مطالعه‌ای نشان داد که گونه *Pyrus*

جدول ۲- مقایسه میانگین و اشتباہ معیار مشخصه‌های جنگل‌شناسی تیپ‌های جنگل‌گلی

Table 2. Comparison of mean and standard error of silvicultural characteristics of forest types

F آماره	تیپ جنگکی				متغیر
	بلوط ایرانی	بلوط دارمازو	گلابی وحشی	تاج پوشش (%)	
۲/۱**	۵۸/۸۱±۵/۱۹	۵۶/۸۴±۳/۶۶	۶۹/۰۶±۴/۵۷		
۱۵/۲**	۷۸±۱۰/۸۶ ^b	۷۰/۱۲±۹/۶۲ ^b	۱۴۲/۱۵±۹/۸۵ ^a		ترکیم (تعداد در قطعه نمونه)
۳۳/۴***	۶/۰۲±۰/۳۱ ^b	۲/۸۴±۰/۱۸ ^a	۳/۴۸±۰/۱۹ ^a		ارتفاع تاج پوشش (متر)

**: معنی دار در سطح ۱ درصد و ns: بدون اختلاف معنی دار. حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار می باشد.

نیتروژن، پتاسیم، pH دو عمق و رطوبت اشباع عمق اول
دارای اختلاف معنی‌داری هستند. بدین معنی که بیشترین مقادیر رس، سیلت و pH خاک در تیپ‌های جنگلی گلابی و حشی و بلوط دارمازو دیده می‌شود. ضمن اینکه بیشترین مقادیر شن، پتاسیم، نیتروژن، کربن آلی و رطوبت اشباع عمق

همچنین نتایج مقایسه میانگین متغیرهای خاکی نشان می‌دهد که تیپ‌های جنگلی مورد مطالعه فاقد اختلاف معنی داری در مقداری آهک، هدایت الکتریکی، کلسیم و وزن مخصوص ظاهری دو عمق و رطوبت اشیاع عمق دوم هستند. این در حالی است که تیپ‌های جنگلی مورد مطالعه از نظر مقداری رس، شن، سیلت، نیتروژن، کربن آلی، نسبت کربن به

اول نیز در خاک تیپ جنگلی بلوط ایرانی وجود دارد (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین و اشتباه معیار متغیرهای خاکی عمق اول (۰-۱۰ cm) و عمق دوم (۱۰-۳۰ cm) در تیپ‌های جنگلی
Table 3. Comparison of mean and standard error of edaphic factors of the first depth (0-10 cm) and second depth (10-30 cm) in forest types

آماره F	تیپ جنگل				متغیرهای عمق اول
	بلوط ایرانی	بلوط دارمازو	گلابی وحشی		
۷/۱۷**	۱۸/۴۲±۱/۲۷ ^b	۲۶/۸۱±۲/۰ ^a	۲۸/۴۳±۲/۳۹ ^a		Clay (%)
۹۱/۹۴**	۷/۸۱±۰/۱۸ ^b	۲۹/۵±۱/۲۲ ^a	۳۰/۵۶±۱/۷۹ ^a		Silt (%)
۵۲/۷۹**	۷۳/۷۵±۱/۱۴ ^a	۴۳/۶۸±۲/۴۸ ^b	۴۱/۰±۳/۰ ^b		Sand (%)
۱/۱۴ ns	۱۴/۸۷±۲/۷۹	۱۸/۲۵±۲/۷۵	۱۲/۴۳±۰/۶۱		T.N.V (%)
۲۲/۸**	۴۱۱/۵±۳۵/۴۹ ^a	۱۸۷/۷۵±۱/۱۵/۲۷ ^b	۱۷۴/۶۲±۲/۸۹ ^b		K (mg.kg ⁻¹)
۲۱/۸**	.۰/۴۵±۰/۰۴ ^a	.۰/۰۳۲±۰/۰۰۳ ^b	.۰/۰۳۹±۰/۰۰۷ ^b		N (%)
۱۱/۳۳**	۳/۳۶±۰/۱ ^a	۲/۱۸±۰/۰۹ ^b	۱/۸۸±۰/۲۵ ^b		O.C (%)
۸/۹**	۷/۳۸±۰/۰۷ ^b	۷/۷۷±۰/۰۲۸ ^a	۷/۶۳±۰/۰۵۹ ^a		pH
۰/۲۶ ns	.۰/۷۹۴±۰/۰۵۱	.۰/۷۴۴±۰/۰۷۵	.۰/۸۲۵±۰/۱۰۴		E.C (dS.m ⁻¹)
.۰/۹۴ ns	۴/۴۲±۰/۰۸۹	۵/۹±۰/۰۹۳	۴/۷۷±۰/۰۴۵		Ca (meq.lit ⁻¹)
۱۲/۰۶**	۵۹/۱۲±۴/۴۹ ^a	۴۰/۶۲±۱/۴۹ ^b	۴۲±۱/۹۹ ^b		SP (%)
۰/۳ ns	۱/۲۹±۰/۰۷۵	۱/۳۵±۰/۰۶۲	۱/۳۳±۰/۰۹		B. density (gr/cm ³)
۱۱/۹۷**	۷/۹۵±۰/۷۲ ^b	۷/۰/۴۲±۱/۰۶ ^a	۶۳/۴۱±۱۳/۴ ^a		C/N
آماره F	بلوط ایرانی	بلوط دارمازو	گلابی وحشی	متغیرهای عمق دوم	
۱۲/۴۵**	۲۵/۱۸±۱/۸۹ ^b	۳۶/۰±۲/۱۶ ^a	۳۶±۲/۱۳ ^a		Clay (%)
۵۱/۴۷**	۱۰/۰۵±۱/۵۷ ^b	۳۵/۲۵±۱/۹ ^a	۳۰/۱۸±۱/۹۶ ^a		Silt (%)
۴۴/۴۸**	۶۴/۳۱±۳/۲۲ ^a	۲۸/۶۸±۲/۷ ^b	۳۳/۸۱±۲/۷ ^b		Sand (%)
۱/۸۳ ns	۱۶/۸۱±۲/۷۲	۲/۰/۶۲±۲/۵۶	۱۳/۳۷±۱/۰۳		T.N.V (%)
۳۱/۱۴**	۳۷۷/۸۷±۲۹/۷ ^a	۱۴۶/۳۷±۲۵/۲۸ ^b	۱۵۲/۷۵±۱۲/۱۷ ^b		K (mg.kg ⁻¹)
۶۵/۹۵**	.۰/۲۷۳±۰/۰۲۹ ^a	.۰/۰۲۸±۰/۰۰۷ ^b	.۰/۰۲۲±۰/۰۰۲ ^b		N (%)
۶/۵۵**	۲/۵۷±۰/۲۶ ^a	۱/۶۲±۰/۱۹ ^b	۱/۵۹±۰/۱۸ ^b		O.C (%)
۷/۴۵**	۷/۷۳±۰/۰۳ ^b	۷/۸۸±۰/۱۰ ^a	۷/۷۵±۰/۱ ^a		pH
.۰/۴۶ ns	.۰/۶۶۴±۰/۰۳۵	.۰/۸۳۳±۰/۱۱۲	.۰/۷۸۱±۰/۱۵۸		E.C (dS.m ⁻¹)
.۰/۹۶ ns	۵/۰±۰/۰۸۲	۶/۳۴±۰/۰۶۸	۵/۰/۷۲±۰/۰۷۴		Ca (meq.lit ⁻¹)
.۰/۷۷ ns	۴۷/۶۲±۱/۹۱	۴۴/۶۲±۱/۶۸	۴۶/۸۷±۱/۱۲		SP (%)
.۰/۸ ns	۱/۷۹±۰/۰۷۷	۱/۴۴±۰/۰۹	۱/۷۹±۰/۰۷۴		B. density (gr/cm ³)
۱۶/۴۵**	۹/۶۱±۰/۴۵ ^a	۷/۱/۸±۱/۰۳ ^b	۷۳/۶۲±۸/۴۸ ^b		C/N

=B. density = وزن مخصوص، **: معنی دار در سطح ۱ درصد، ns: بدون اختلاف معنی دار، حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار می باشد.

تاج پوشش همبستگی معنی داری نشان داد. به عبارتی این متغیرها با ارتفاع تاج پوشش و به تبع آن با میزان لاشریزه تولیدی همبستگی دارند. این در حالی است که همبستگی معنی داری بین مقادیر تراکم و متغیرهای خاکی اندازه گیری شده مشاهده نگردید (جدول ۴).

نتایج همبستگی پرسون بین متغیرهای خاکی با مشخصه های جنگل شناسی آشکوب فوقانی نشان داد که مقادیر نیتروژن، کربن آلی و پتاسیم دو عمق و رطوبت اشیاع عمق اول با ارتفاع تاج پوشش همبستگی مثبت معنی داری نشان می دهد. حال آنکه مقادیر pH خاک دو عمق با ارتفاع

جدول ۴- همبستگی پرسون بین مشخصه های جنگل شناسی با برخی متغیرهای خاکی عمق اول (۰-۱۰ cm) و دوم (۱۰-۳۰ cm)
Table 4. Pearson correlation between silvicultural characteristics with some edaphic factors in first (0-10 cm) and second depths (10-30 cm)

متغیرهای خاکی عمق دوم	متغیرهای خاکی عمق اول												متغیر
	K (Mg.kg ⁻¹)	N (%)	O.C (%)	pH (-)	SP (%)	K (Mg.kg ⁻¹)	N (%)	O.C (%)	pH (-)	SP (%)			
-۰/۲۴	-۰/۳۳	-۰/۲۳	-۰/۲۳	.۰/۰۶	-۰/۱۶	-۰/۱۴	-۰/۳۷	-۰/۳۶	.۰/۲۲	-۰/۳۱	-۰/۳۱	-۰/۳۱	تراکم (تعداد در قطعه نمونه)
.۰/۷۸**	.۰/۸۵**	.۰/۶۷**	-۰/۴۷*	.۰/۱۱	.۰/۸	.۰/۸۱**	.۰/۶۴**	.۰/۵۶**	.۰/۶۴**	.۰/۶۴**	.۰/۶۴**	.۰/۶۴**	ارتفاع تاج پوشش (متر)

**: معنی دار در سطح ۱ درصد، *: معنی دار در سطح ۵ درصد

اکثر مناطق کوهستانی زاگرس روی تشکیلات آهکی شکل گرفته است، لذا دور از انتظار نبود که خاک تیپ‌های جنگلی مورد مطالعه ضمن داشتن pH بالا، فقد اختلاف معنی دار در مقادیر آهک و کلسیم خاک باشند (۵۵). در تائید این نتایج اولیایی و همکاران (۳۹) در بررسی تاثیر گونه بلوط بر اسیدیتۀ خاک بیان داشتند که حضور گونه بلوط ایرانی موجب کاهش معنی دار pH در افق‌های سطحی و زیرین خاک مناطق مورد مطالعه شده است. همچنین مهدی فر و همکاران (۳۳) در بررسی تاثیر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر

همان گونه که گفته شد تمامی قطعات نمونه در واحدهای رویشی نسبتاً همگنی برداشت شده‌اند لذا می توان گفت که نوع گونه آشکوب فوقانی و ویژگی‌های جنگل شناسی آن از مهمترین علل تغییرات در متغیرهای خاکی است (جدول ۲). بر این اساس و طبق نتایج اختلاف معنی داری در مقاییر pH خاک تیپ‌های جنگلی زاگرس میانی مشاهده شد. به طوری که بیشترین تغییرات در خاک تیپ‌های جنگلی گلابی وحشی و دارمازو و کمترین میزان pH دو عمق در خاک تیپ‌های جنگلی مشاهده شد. در واقع از آنجا که خاک‌های جنگلی بلوط ایرانی مشاهده شد. در واقع از آنجا که خاک‌های

به مراتب بیشتر از مقدار کربن آلی برگ دیگر گونه‌های زاگرس مرکزی است (۲۵). بدینهی است که این امر نیز نقش مهمی در بالا بودن کربن آلی خاک در تیپ بلوط ایرانی دارد. از طرفی دیگر غلظت نیتروژن خاک همیستگی مثبت بالایی با غلظت کربن آلی خاک داشته و الگوی غلظت آن به شدت تحت تاثیر غلظت ماده آلی ورودی به خاک قرار می‌گیرد (۹). به طوری که در اغلب بومسازگان‌های طبیعی، تجزیه مواد آلی، بیش از ۹۰٪ عناصر غذایی (مثل نیتروژن و فسفر) مورد نیاز گیاهان را تولید می‌کند (۳۱). بر این اساس می‌توان گفت که به‌واسطه ارتفاع بیشتر تاجپوشش در تیپ بلوط ایرانی ماده آلی ورودی به خاک بیشتر و به‌دبیال آن غلظت نیتروژن در خاک تیپ جنگلی بلوط ایرانی افزایش یافته است. بالا بودن میزان پتابسیم خاک در خاک تیپ‌های جنگلی بلوط ایرانی پیش از این نیز تائید شده بود. به طوری که اولیایی و همکاران (۳۹) در مطالعه تاثیر درختان بلوط ایرانی بر برخی ویژگی‌های خاک بیان داشتند پتابسیم خاک تحت تأثیر پوشش درخت بلوط ایرانی افزایش معنی‌داری را در تمامی مناطق و تقریباً همه اعماق نشان می‌دهد. ایشان دلایل افزایش قابل ملاحظه پتابسیم در خاک رویشگاه‌های بلوط ایرانی را به آزاد شدن پتابسیم از کانی‌های پتابسیم‌دار یا آزاد شدن آن طی فرایند تجزیه لاشبرگ ارتباط داد. در واقع از آنجا که گونه‌های درختی می‌توانند میزان ورودی و خروجی عناصر غذایی خاک را تحت تأثیر قرار دهند (۴۳)، لذا به‌نظر می‌رسد بالا بودن میزان ماده آلی ورودی به خاک تیپ جنگلی بلوط ایرانی (به‌واسطه ارتفاع تاجپوشش بیشتر) مهمترین علت افزایش پتابسیم خاک این تیپ جنگلی باشد (۱۰). زیرا اقلیم و سنگ بستر تقریباً مشابه باعث شده آزاد شدن پتابسیم از کانی‌های پتابسیم‌دار تحت تأثیر هوازدگی در تیپ‌های مورد مطالعه کمتر دست‌خوش تغییر باشد. وجود همیستگی مثبت معنی‌دار مقدار پتابسیم خاک با ارتفاع تاجپوشش می‌تواند دلیلی بر این موضوع باشد. بررسی نتایج رطوبت اشباع خاک تیپ‌های جنگلی نیز حاکی از بالا بودن میزان این متغیر در تیپ جنگلی بلوط ایرانی بود. میزان رطوبت اشباع خاک بیانگر توان خاک در نگهداری رطوبت خاک به‌مدت طولانی و در اختیار گیاه گذاشتن آن در موقع خشک است. بر اساس مطالعات، افزایش ماده آلی ورودی به خاک سبب افزایش رطوبت اشباع خاک می‌شود (۴۷). این امر نشان می‌دهد که بالا بودن میزان رطوبت اشباع خاک در تیپ جنگلی بلوط ایرانی در نتیجه بالا بودن ماده آلی ورودی به خاک این تیپ است.

در مطالعه حاضر تیپ‌های جنگلی مورد مطالعه از نظر ترسیب کربن خاک نیز اختلاف معنی‌داری را نشان دادند. بدین‌معنی که خاک تیپ جنگلی بلوط ایرانی نسبت به دو تیپ دیگر مقدار بیشتری از کربن را در عمق‌های صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک خود ترسیب کرده است (جدول ۵).

ویژگی‌های کمی دارمازو منطقه شینه قلائی بیان داشتند مهمترین جزء مواد خنثی شونده خاک‌های منطقه آهک است که مقدار آن در افق‌های سطحی کمتر از افق‌های زیرین است. جریان دی‌اکسیدکربن خاک یا به اصطلاح تنفس خاک از مهم‌ترین فرایندهای چرخه کربن اکوسیستم است که در نتیجه تجزیه مواد آلی (معدنی شدن)، تنفس ریشه و ریزوسفر یا تنفس میکروبی خاک ایجاد می‌گردد (۲). محققان گزارش کردند که حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد از گاز CO_2 رها شده در فرایند تنفس خاک از تنفس ریشه و بقیه آن از تنفس ریز جانداران خاکزی آزاد می‌شود (۱). بر این اساس به‌نظر می‌رسد که به‌واسطه بیشتر بودن ارتفاع تاجپوشش در تیپ جنگلی بلوط ایرانی، مقدار ماده آلی بیشتری به خاک بر می‌گردد. همچنین از آنجا که جمعیت میکرووارگانیسم‌های خاک شدیداً وابسته به مقفار کربن و ماده آلی خاک هستند (۱۸)، بنابراین در نتیجه این افزایش ماده آلی ورودی به خاک، فعالیت زی ترده میکروبی در بومسازگان‌های جنگلی افزایش و به‌دبیال آن میزان تولید دی‌اکسیدکربن و اسیدکربنیک (تنفس میکروبی) بیشتر شده است (۲۷). نهایتاً این امر با افزایش حلالیت کربنات کلسیم خاک می‌تواند منجر به کاهش pH خاک در تیپ جنگلی بلوط ایرانی شده باشد. وجود همیستگی منفی بالا بین میزان pH خاک و ارتفاع تاجپوشش از یک طرف و همیستگی مثبت منفی دار بین میزان کربن آلی خاک و ارتفاع تاجپوشش از طرف دیگر، می‌تواند این موضوع را تائید نماید. در این راستا هینسینگر و همکاران (۲۰) نیز بیان داشتند که تولید CO_2 در نتیجه تنفس ریشه می‌تواند اسیدیتیه یک خاک آهکی را از $8/3$ به $6/7$ کاهش دهد.

از نظر عناصر غذایی خاک بیشترین میزان کربن آلی، نیتروژن و پتابسیم در خاک تیپ جنگلی بلوط ایرانی و کمترین مقدار در خاک تیپ‌های گلابی وحشی و بلוט دارمازو مشاهده گردید. در تائید این نتایج محققان در مطالعه تاثیر درختان بلوط ایرانی بر برخی ویژگی‌های خاک بیان داشتند که درختان بلوط ایرانی در اکثر موارد موجب افزایش معنی‌داری در مقادیر کربن آلی، نیتروژن کل، پتابسیم تبادلی، هدایت الکتریکی، آهن، منگنز و روی خاک می‌شوند (۳۹). در این ارتباط واضح است که لاشبرگ و فرایند تجزیه آن مسیر اصلی انتقال عناصر غذایی و کربن آلی به خاک هستند (۷). از طرفی موردن تأثیر نشان می‌دهد تجمع ماده آلی در خاک تحت تأثیر نوع و ترکیب گونه‌های موجود در آشکوب فوقانی جنگل (۴۵) و یا به‌عبارتی تحت تأثیر تیپ جنگل قرار می‌گیرد (۴۸). بر این اساس و با توجه به وجود اختلاف معنی‌دار در مقادیر ارتفاع تاجپوشش و همچنین وجود همیستگی مثبت بین ارتفاع تاجپوشش و میزان کربن آلی خاک می‌توان گفت که بالا بودن کربن آلی در خاک تیپ‌های جنگلی بلوط ایرانی به‌واسطه ارتفاع بیشتر تاجپوشش بلوط ایرانی است. از طرفی مطالعات نشان داده که مقدار کربن آلی لاشبرگ بلوط ایرانی

جدول ۵- مقایسه میانگین و اشتیاه معیار ترسیب کربن در عمق اول (۰-۱۰ cm) و دوم (۱۰-۳۰ cm) خاک تیپ‌های جنگلی
Table 5. Comparison of mean and standard error of carbon sequestration in the first (0-10 cm) and second depth (10-30 cm) of forest types

آماره F	تیپ جنگلی		ترسیب کربن
	بلوط ایرانی	بلوط دارمازو	
۵/۳۰*	۳۷۳۰.۶±۱۸۴۴ ^a	۲۶۰.۳۸±۴۶۳۵ ^b	۲۰۸۹.۳±۳۸۶۹ ^b
۵/۱۳*	۵۴۶۷.۰±۷۶۷۶ ^a	۳۳۳۶۵±۴۴۱۳ ^b	۲۰۷۵۱±۴۷۰۷ ^b

**: معنی دار در سطح ۱ درصد. حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار می‌باشد.

و سیلت همبستگی منفی و با مقادیر شن، رطوبت اشباع خاک، کربن آلی، نیتروژن، پتاسیم و ارتفاع تاج پوشش همبستگی مثبت دارد (جدول ۶).

نتایج همبستگی پیرسون بین مقادیر ترسیب کربن با مشخصه‌های جنگل‌شناسی آشکوب فوکانی و متغیرهای خاکی نشان داد که ترسیب کربن عمق‌های اول و دوم با مقادیر رس

جدول ۶- همبستگی پیرسون بین ترسیب کربن عمق‌های اول (۰-۱۰ cm) و دوم (۱۰-۳۰ cm) با مشخصه‌های آشکوب فوکانی و متغیرهای خاکی
Table 6. Pearson correlation between carbon sequestration of first (0-10 cm) and second depths (10-30 cm) with silvicultural characteristics and edaphic factors

ترکیم (پلات/تعادل)	ارتفاع تاج پوشش (m)	(Mg.kg ⁻¹)K	N (%)	O.C (%)	(-) pH	SP (%)	(% Sand	Silt (%)	Clay (%)	ترسیب کربن
										عمق اول (۰-۱۰ cm)
۰.۴۷*	-۰/۲۰	.۰/۴۵*	.۰/۵۱*	.۰/۹۱**	-۰/۱۵	.۰/۴۵*	.۰/۴۵*	-۰/۴۹*	-۰/۲۷	ترسیب کربن
ارتفاع تاج پوشش (m)	ترکیم (پلات/تعادل)	K (Mg.kg ⁻¹)	N (%)	O.C (%)	pH (-)	SP (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	ترسیب کربن
	-۰/۵۸**	-۰/۲۹	.۰/۷۴**	.۰/۷۰**	.۰/۹۴**	-۰/۱۰	.۰/۴۲*	.۰/۶۲**	-۰/۶۳**	عمق دوم (۱۰-۳۰ cm)

**: معنی دار در سطح ۱ درصد، *: معنی دار در سطح ۵ درصد

تجزیه و در نتیجه باعث افزایش ذخیره کربن خاک می‌شود (۲۶). در این مطالعه نیز همانگونه که گفته شد بیشترین میزان همبستگی بین مقادیر ترسیب کربن با نیتروژن و کربن آلی خاک مشاهده گردید. همچنین در مور منابع مشاهده می‌شود که بین کربن آلی و رس خاک‌های جنگلی همبستگی مثبتی وجود دارد، بدین معنا که با افزایش درصد رس میزان کربن آلی و بهمنبال آن میزان ترسیب کربن خاک افزایش می‌باید (۱۷). بر عکس در این مطالعه ترسیب کربن با مقادیر رس و سیلت همبستگی منفی و با شن همبستگی مثبت داشت (جدول ۶). در تأیید این نتیجه مطالعه کوچ و همکاران (۲۹) نیز نشان دادند که با افزایش درصد شن بر مقدار ذخیره کربن خاک افزوده می‌شود (همبستگی مثبت) و با افزایش میزان رس و آهک میزان ترسیب کربن کاهش می‌باید (همبستگی منفی). در مطالعه دیگری بایرامزاده (۵) نیز نشان داد که در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری خاک رابطه مثبت و قوی بین ذخیره کربن خاک و درصد شن وجود دارد.

به طور کلی نتایج نشان داد در زاگرس میانی خاک تیپ جنگلی بلوط ایرانی نسبت به دو تیپ دیگر از بافت سپک‌تری برخوردار است. همچنین تیپ‌های جنگلی مورد مطالعه گرچه از نظر ارتفاع تاج پوشش آشکوب فوکانی و تراکم دارای اختلاف معنی‌داری بودند، اما ارتفاع تاج پوشش و نوع گونه اشکوب فوکانی مهمترین عواملی هستند که با تغییرات عناصر غذایی (نیتروژن، پتاسیم و کربن آلی)، رطوبت اشباع و ترسیب کربن خاک همبستگی مثبت و با pH خاک همبستگی منفی نشان می‌دهد. به طوری که در نتیجه ارتفاع تاج پوشش جست‌گروهها و بهمنبال آن لشه‌ریزی بیشتر، خاک تیپ‌های جنگلی بلوط ایرانی نسبت به خاک تیپ‌های جنگلی گلابی

همانند دیگر متغیرهای معنی دار میزان ترسیب کربن خاک در عمق‌های اول و دوم تیپ بلوط ایرانی بهطور معنی داری بیشتر از دو تیپ دیگر است. از آنجاکه تمامی قطعات نمونه در واحدهای رویشی نسبتاً همگنی برداشت شده‌اند لذا می‌توان گفت که نوع و ویژگی‌های جنگل‌شناسی گونه آشکوب فوکانی از مهمترین علل تغییرات در مقدار ترسیب کربن خاک است. بر اساس مطالعات تغییر در مقدار ترسیب کربن خاک، به مقدار ورودی کربن به خاک از راه بقایای گیاهی و هدررفت کربن از راه تجزیه بستگی دارد (۱۳). از آنجا که درصد تاج پوشش مناطق مورد مطالعه تقریباً یکسان بود لذا به‌نظر می‌رسد به‌واسطه ارتفاع تاج پوشش بیشتر در تیپ بلوط ایرانی مقدار ورودی ماده آلی به خاک افزایش یافته و این امر با افزایش کربن آلی خاک باعث افزایش ترسیب کربن خاک شده است. همبستگی مثبت بین ارتفاع تاج پوشش با مقادیر کربن آلی و ترسیب کربن می‌تواند گواهی بر این ادعا باشد (جدول ۴ و ۶). همچنین بالا بودن مقدار کربن آلی لاشبرگ بلوط ایرانی نسبت به لاشبرگ دیگر گونه‌های زاگرس مرکزی می‌تواند دیگر عامل توجیه‌کننده این امر باشد (۲۵). این موضوع به‌وضوح نشان می‌دهد که گونه بلوط ایرانی به‌واسطه داشتن ارتفاع تاج پوشش بیشتر و کربن آلی بیشتر لاشبرگ، گونه بهتری برای ترسیب کربن پایدار در خاک معدنی است. از طرف دیگر در مطالعه حاضر ترسیب کربن خاک بیشترین همبستگی مثبت معنی دار را با مقادیر شیمیایی کربن آلی، نیتروژن و پتاسیم نشان داد (جدول ۶). در این راستا هنگل و همکاران (۱۹) نیز مهمترین عامل مؤثر در نوسان ترسیب کربن خاک‌های جنگلی را میزان نیتروژن خاک بیان کرد. چرا که لاشبرگ‌هایی با میزان بالای نیتروژن سبب افزایش نرخ

درختان بلندتر در ایجاد چرخه بزرگتر از درخت-لاشبک-عناصر غذایی خاک تأثیر شده است (۲۳). بنابراین پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی جنگل‌های زاگرس میانی، نقش ارتفاع تاجپوشش آشکوب فوکانی در بررسی‌های چرخه عناصر غذایی و ترسیب کربن مورد توجه قرار گیرد. به عبارتی در مطالعات سنجش از دور به منظور برآورد دقیقترا مقدار ترسیب کربن خاک جنگل‌های زاگرس میانی از داده‌های لیدار که قابلیت اندازه‌گیری ارتفاع تاجپوشش را دارند استفاده شود.

وحشی و بلوط دارمازو از نظر عناصر غذایی حاصلخیزتر، از نظر ترسیب کربن و رطوبت اشباع خاک در سطح بالاتر و از نظر pH در سطح پایین‌تری است. به عبارتی با توجه به تاثیرات مشتبه تأثیرشده تیپ جنگلی بلوط ایرانی بر خاک می‌توان گفت که این گونه به‌واسطه ارتفاع تاجپوشش بیشتر و همچنین کربن بیشتر لاشبرگ گونه موثری برای تعییر در مقادیر ترسیب کربن خاک و بهبود ویژگی‌های کیفی خاک‌های جنگلی زاگرس میانی است. چنانچه قبل از توانایی

منابع

- Andrews, J.A., K.G. Harisson, R. Matamala and W.H. Schlesinger. 2000. Separation of root respiration from total soil respiration ^{13}C labeling during Free-Air CO_2 Enrichment (FACE). *Soil Science Society of America Journal*, 63(5): 1429-1435.
- Ball, B.C., A. Scott and J.P. Parker. 1999. Field N_2O , CO_2 and CH_4 fluxes in relation to tillage Compaction and soil quality in Scotland. *Soil and Tillage Research*, 53: 29-39.
- Barnes, B.V., D.R. Zak, S.R. Denton and S.H. Spurr. 1998. *Forest ecology*. John Wiley and Sons, Inc, New York, US, 774 pp.
- Batjes, N.H. 1996. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science*, 47(2): 151-163.
- .Bayramzadeh, V. 2014. Does tree species composition control the soil carbon stocks of the Hyrcanian forest in the Northern Iran? (A case study in Guilan province, Iran). *Journal of Forestry Research*, 25(1): 143-146.
- Beiranvand, R., B. Shirzad, A. Azizian and A. A. Bozorgi. 2004. Chmhsar reservoir project of Delfan. *Forest Rangeland and Watershed country*, 105 pp (In Persian).
- Berg, B. and C. McClaugherty. 2008. *Plant Litter: Decomposition, Humus Formation, Carbon Sequestration*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 338 pp.
- Boley, J.D., P. Allan, A.P. Drew, E. Richard and R.E. Andrus. 2009. Effects of active pasture. Teak (*Tectona grandis*) and mixed native plantations on soil chemistry in Costa Rica. *Forest Ecology and Management*, 257(11): 2254-2261.
- Breuer, L., J.A. Huisman, T. Keller and H.G. Frede. 2006. Impact of a conversion from cropland to grassland on C and N storage and related properties: analysis of a 60 year Chrono sequence. *Geoderma*, 133(2): 6-18.
- Camping, T.J., R.A. Dahlgren, K.W. Tate and W.R. Horwat. 2002. Changes in soil due to grazing and oak tree removal in California blue oak woodland. In: Sandiford, R.B., McCreary, D and Purcell, k.l. *Oaks in California Changing Landscape*. Berkeley, CA: USDA Forest Service General Technical Report, 184: 75-85.
- Chen, C.R., Z.H. Xu and N.J. Mathers. 2004. Soil carbon pools in adjacent natural and plantation forests of subtropical Australia. *Soil Science Society of America Journal*, 68(1): 282-291.
- Defen, K., D. Roobroeck, M.C. Wadu, P. Lootens and P. Boeckx. 2009. Microbial community composition and rhizodeposit-carbon assimilation in differently managed temperate grassland soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 41(1): 144-153.
- Dinakaran, J. and N.S. Krishnayya. 2008. Variations in type of vegetal cover and heterogeneity of soil organic carbon in affecting sink capacity of tropical soils. *Current Science*, 94(9): 1144-1150.
- Durak, T. 2012. Changes in diversity of the mountain beech forest herb layer as a function of the forest management method. *Forest Ecology and Management*, 276: 154-164.
- Farhadi, P., J. Soosani, K. Adeli and V. Alijani. 2014. Analysis of Zagros forest structure using neighborhood-based indices (Case study: Ghalehgol forest, Khorramabad). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 22(2): 294-306 (In Persian).
- Gelman, V., V. Hulkkonen, R. Kantola, M. Nousianen, V. Nousianen and M. Poku-Marboah. 2013. *Impact of Forest Management Practices on Forest Carbon, Interdisciplinary Approach to Forests and Climate Change*. University of Helsinki, Helsinki, 20 pp.
- Grüneberg, E., I. Schöning, D. Hessenmöller, E.D. Schulze and W.W. Weisser. 2013. Organic layer and clay content control soil organic carbon stocks in density fractions of differently managed German beech forests. *Forest Ecology and Management*, 303: 1-10.
- Han, G., X. Hao, M. Zhao, M. Wang, B.H. Ellert, W. Willms and M. Wang. 2008. Effects of grazing intensity on carbon and nitrogen in soil and vegetation in a meadow steppe in Inner Mongolia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 125(1): 21-32.
- Hengl, T., G.B.M. Heuvelink and D.G. Rossiter. 2007. About Regression-Kriging: From equations to case studies. *Computers and Geosciences*, 33(10): 1301-1315.
- Hinsinger, P., C. Plassard, C. Tang and B. Jaillard. 2003. Origins of root-mediated pH changes in the rhizosphere and their responses to environmental constraints: a review. *Plant and Soil*, 248: 43-59.

21. Huxley, A. 1992. The new RHS Dictionary of Gardening. MacMillan Press, 33-53.
22. IPCC. 2007. Climate Change 2007. Mitigation of Climate Change. Working Group III Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report.
23. Isichei, A.O. and J.I. Muoghalu. 1992. The Effects of Tree Canopy Cover on Soil Fertility in a Nigerian Savanna. *Journal of Tropical Ecology*, 8(3): 329-338.
24. Jafari Sarabi, H., B. Pilehvar, K. Abrari and S.M. Waez-Mousavi. 2018. Investigation on changes in vegetation by effects of environmental factors using conservatism species. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 25(4): 706-718 (In Persian).
25. Jafari Sarabi, H., B. Pilehvar, K. Abrari and S.M. Waez-Mousavi. 2019. Effects of tree species diversity on leaf litter decomposition and recognizing the humus forms in the central Zagros forests, Iran. Ph.D. thesis, Lorestan University, Khoramabad, IRAN, 230 pp (In Persian).
26. Jandl, R., M. Lindner, B. Bauwens, R. Baritz, F. Hageclorn, D.W. Johnson, K. Minkkinen and K.A. Byrne. 2007. How strongly can forest management influence soil carbon sequestration. *Geoderma*, 137(3): 253-268.
27. Kara, O. and I. Bolat. 2007. The effect of different land uses on soil microbial biomass carbon and nitrogen in Barton Province. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32(2): 281-288.
28. Khanhasani, M., Kh. Sagheb-Talebi, R. Akhavan and Z.h. Vardanyan. 2015. The effect of environmental factors on distribution of three oak species (*Q. brantii* Lindl. *Q. libani* Oliv and *Q. infectoria* Oliv.) In northern Zagros forests. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 23(3): 549-561 (In Persian).
29. Kooch, Y., S.M. Hosseini, C. Zaccione, H. Jalilvand and S.M. Hojjati. 2012. Soil organic carbon sequestration as affected by afforestation: The Darab Kola forest (north of Iran) case study. *Journal of Environmental Monitoring*, 14(9): 2438-2446 (In Persian).
30. Koorem, K. and M. Moora. 2010. Positive association between understory species richness and a dominant shrub species (*Corylus avellana*) in a boreonemoral spruce forest. *Forest Ecology and Management*, 260(8): 1407-1413.
31. Lambers, H., J.A. Raven, G.R. Shaver and S.E. Smith. 2008. Plant nutrient-acquisition strategies change with soil age. *Trends in Ecology & Evolution*, 23(2): 95-103.
32. Lovett, G.M., K.C. Weathers and M.A. Arthur. 2002. Control of nitrogen loss from forested watersheds by soil carbon: nitrogen ratio and tree species composition. *Ecosystems*, 5(7): 712-718.
33. Mehdifar, D., R. Karamian, Kh. Sagheb-Talebi and M. Sepahvand. 2015. Effects of some physical and chemical soil properties on quantitative characteristics of *Quercus infectoria* Oliv at Shine Forest of Lorestan Province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 23(2): 234-245 (In Persian).
34. Moslemi Seyed Mahalle, S.M., S.G. Jalali, S.M. Hojjati and Y. Kooch. 2020. The Effect of Different Forest Types on Soil Properties and Biodiversity of Grassland Cover and Regeneration in Central Hyrcanian Forests (Case Study: Seri-Alandan-Sari). *Ecology of Iranian Forests*, 7(14): 10-21 (In Persian).
35. Nadi, H., V. Hosseini and K. Mohammadi Samani. 2018. The Effect of pear tree vegetation of chamhesar, Lorestan on Some Chemical Soil Properties. *Journal of Wood & Forest Science and Technology*, 25(1): 167-179 (In Persian).
36. Nave, L.E., E.D. Vance, C.W. Swanston and P.S. Curtis. 2010. Harvest impacts on soil carbon storage in temperate forests. *Forest Ecology and Management*, 259: 857-866.
37. Nijnik, M., G. Pajot, A.J. Moffat and B. Slee. 2013. An economic analysis of the establishment of forest plantations in the United Kingdom to mitigate climatic change. *Forest Policy and Economics*, 26: 34-42.
38. Onyekwelu, J.C., R. Mosandl and B. Stimm. 2006. Productivity, site evaluation and state of nutrition of *Gmelina arborea* plantations in Oluwa and Omo forest reserves. *Nigeria Forest and Ecology and Management*, 229(3): 214-227.
39. Owliaie, H.R., E. Adhami, H. Faraji and P. Fayyaz. 2011. Influence of Oak (*Quercus brantii* Lindl.) on selected soil properties of oak forests in Yasouj Region. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources Water and Soil Science*, 15(56): 193-207 (In Persian).
40. Penman, J., M. Gytarsky, T. Hiraishi, Th. Krug, D. Kruger, R. Pipatti, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe and F. Wagner. 2003. Good practices guidance for land use, land-use change and forestry. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, Published by the Institute for Global Environmental Strategies (IGES) for the IPCC, Japan, 590 pp.
41. Powers, R.F., M.D. Busse, K.J. McFarlane, J. Zhang and D.H. Young. 2013. Long-term effects of silviculture on soil carbon storage: does vegetation control make a difference? *Journal of Forestry*, 86(1): 47-58.
42. Prentice, I.C. 2001. The Carbon Cycle and Atmospheric Carbon Dioxide, Climate Change 2001. The Scientific Basis IPCC, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
43. Quingkui, W., W. Silong and H. Yu. 2008. Comparisons of litterfall, litter decomposition and nutrient return in a monoculture Cunninghamia lanceolata and a mixed stand in southern China. *Forest Ecology and Management*, 255(3): 1210-1218.

44. Salehi, A., A. Mohammadi and A. Safari. 2011. Investigation and comparison of physical and chemical soil properties and quantitative characteristics of trees in less-damaged and damaged area of Zagross forests (Case study: Poldokhtar, Lorestan province). *Iranian Journal of Forest*, 3(1): 81-89 (In Persian).
45. Schulp, C.J.E., G.J. Naburis, P.H. Verburg and R.W. Waal. 2008. Effect of tree species on carbon stock in forest floor and mineral soil and implication for soil carbon inventories. *Forest Ecology and Management*, 256(3): 482-490.
46. Schulp, C.J.E., G. Nabuurs and P.H. Verburg. 2008. Future carbon sequestration in Europe -effects of land use change. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 127(2): 251-264.
47. Silveria, M.L., N.B. Comerford, K.R. Reddy, J. Prenger and W.F. DeBusk. 2010. Influence of military land uses on soil carbon dynamics in forest ecosystems of Georgia, USA. *Ecological Indicators*, 10(4): 905-909.
48. Thorn, M.S., C.W. Swanston, C.C. Castanha and S.E. Trumbore. 2009. Storage and turnover of natural organic matter in soil: 219-273. In: Senesi, N., Xing, B. and Ming Huang, P. (Eds.). *Biophysico-chemical Processes Involving Natural Nonliving Organic Matter in Environmental System*. Published by Lawrence Berkeley National Laboratory, USA, 784 pp.
49. Abedi, T., S. Mohammadi Limaei, A. Eslam Bonyad and J. Torkaman. 2020. Determination of Optimum Rotation Age of *Populus Deltoides* Plantation in Regard to Economic Value of Carbon Sequestration. *Ecology of Iranian Forests*, 8(15): 22-31 (In Persian).
50. Toriyama, J., M. Hak, A. Imayaa, K. Hiraia and Y. Kiyono. 2015. Effects of forest type and environmental factors on the soil organic carbon pool and its density fractions in a seasonally dry tropical forest. *Forest Ecology and Management*, 335: 147-155.
51. Turner, D.P., G.J. Koerper, M.E. Harmon and J.J. Lee. 1995. Carbon sequestration by forests of the United States-current status and projections to the year 2040. *Tellus*, 47(1): 232-239.
52. Vesterdal, L., N. Clarke, B.D. Sigurdsson and P. Gundersen. 2013. Do tree species influence soil carbon stocks in temperate and boreal forests? *Forest Ecology and Management*, 309: 4-18.
53. Wamelink, G.W.W., H.F. van Dobben, J.P. Mol- Dijkstra, E.P.A.G. Schouwenberg, J. Kros, W. de Vries and F. Berendse. 2009. Effect of nitrogen deposition reduction on biodiversity and carbon sequestration. *Forest Ecology and Management*, 258(8): 1774-1779.
54. Zarrinkafsh, M.K. 1993. Applied soil science, soil survey and soil-plant-water analysis. Tehran University Publication, Tehran, IRAN, 342 pp (In Persian).
55. Zarrinkafsh, M.K. 2002. Forestry Soil (Interaction of Soil and Plants Regarding Ecological Factors Forests Ecosystems), Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, IRAN, 361 pp (In Persian).
56. Badehian, Z., M. Mansoori, M. Foshat and S.M. Hosseini. 2016. Investigation on the soil carbon sequestration in natural forest and different plantation types (case study: Chamestan forest, Mazandaran). *Journal of Forest and Wood Products (Iranian Journal of Natural Resources)*, 69(3): 523-534 (In Persian).

Changes in Carbon Sequestration and some Edaphic Traits in Forest Types of CENtral Zagros (Case Study: The forests of Lorestan Province)

Hamzeh Jafari Sarabi¹, Babak Pilehvar², Kambiz Abrari³ and Seyed Mohammad Waez-Mousavi⁴

1- Ph.D. of silviculture and Forest Ecology, Agriculture Faculty, Lorestan University, Khorramabad, I.R. Iran

2- Associate Professor, Department of Forestry, Agriculture Faculty, Lorestan University, Khorramabad, I.R. Iran
(Corresponding author: pilehvar.b@lu.ac.ir)

3- Associate Professor, Department of Forestry, Agriculture Faculty, Lorestan University, Khorramabad, I.R. Iran

4- Assistant Professor, Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I.R. Iran

Received: 13 January, 2020

Accepted: 13 September, 2020

Abstract

Tree species through litter fall have the most important effect on soil properties and play a fundamental role in the carbon cycle and nutrient release. This study aimed to investigate the correlation between tree species and changes in carbon sequestration and some soil properties in the forest types of central Zagros. The tree species features in the Persian oak, Aleppo oak, and Wild pear forest types were measured by 24 plots of 500 m² (20×25 m) and soil properties were determined (at two depths of 0-10 & 10-30 cm) by 48 combined sample. Data on tree features, soil properties, and carbon sequestration variables were analyzed and compared by one-way ANOVA. Based on the results, unlike crown height and tree density, canopy area showed no significant difference. Significant differences among forest types were also observed in carbon sequestration, soil texture, N, OC, K, pH, and saturated humidity in the 1st sampling depth but the T.N.V, C/N ratio, EC, Ca, bulk density, and saturated humidity showed no significant differences in the 2nd sampling depth. The most values of clay, silt, and pH, were seen in both Wild Pear and Aleppo oak forest types while Persian oak forest type had the most values of carbon sequestration, sand, K, N, OC, and saturated humidity in the 1st sampling depth. The crown height was the most important variable that showed significant correlation with the changes of carbon sequestration, K, pH, and saturated humidity. It is concluded that the changes in carbon sequestration and soil nutrients in Zagros forest types is mostly affected by forest types and crown height. It is suggested that to estimate carbon sequestration by remote sensing in Zagros forest, the Lidar data that able to measure crown height be applied.

Keywords: Forest type, Oak, Soil carbon sequestration, Soil physiochemical properties