مطالعه تغییرات برخی از ویژگی‌های خاک در جنگل‌های استان آذربایجان غربی

جلال هناره[1*]، عزیز مجیدی[2]، مجید پاتو[1]

۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران. (j.henareh@areeo.ac.ir)

۲- دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران.

چکیده

با رشد روز افزون جمعیت فشار بر عرصه‌های طبیعی از جمله خاک افزایش یافته و بهره‌برداری غیراصولی سبب تخریب اکوسیستم‌ها در محدوده رویشی زاگرس شده است. هدف کلی این پژوهش، مطالعه و پایش کوتاه‌مدت برخی از خصوصیات خاک در دو تودهٔ مختلف شاخه‌زاد و دانه و شاخه‌زاد بلوط در استان آذربایجان غربی است. برای اندازه‌گیری کربن آلی و سایر مشخصه‌های خاک، در هر رویشگاه، پنج نمونه خاک به‌طور منظم و از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری برداشت شد. جهت استخراج روند تغییر متغیرها و پایش آنها اندازه‌گیری‌ها طی چهار سال ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۱ انجام گرفت. تفاوت میانگین درصد کربن آلی خاک در دو رویشگاه مورد بررسی و در سال‌های مختلف پایش، در سطح احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار است. نیتروژن کل و فسفر قابل جذب خاک نیز اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹ درصد بین دو توده و در سال‌های مختلف نشان دادند. میزان رطوبت خاک در دو رویشگاه مورد بررسی در سطح احتمال ۹۹ درصد اختلاف معنی‌دار نشان دادند ولی در سال‌های پایش تفاوت معنی‌داری نشان نداد. در یک نتیجه‌گیری کلی، نتایج در دو رویشگاه با تراکم و مبدا متفاوت نشان از اختلاف در ویژگی‌های خاک دارد که ناشی از تاثیر مدیریت توده و تخریب جنگل در دو توده می‌باشد.

واژگان کلیدی: آذربایجان غربی، بلوط، زاگرس، کربن آلی، مدیریت توده.

مقدمه

خاک عمده‌ترین مخزن ذخیرهٔ کربن در بوم‌سازگان‌های طبیعی به حساب می‌آید، به‌طوری که در حدود ۷۵ درصد ذخایر کربن در خشکی (حدود سه برابر ذخیرهٔ کربن در گیاهان و جانوران) را داراست؛ از این‌رو خاک‌ها بزرگ‌ترین مخزن چرخهٔ کربن در خشکی هستند (Ruijun, 2010).

پژوهش‌های زیادی اثر تنوع پوشش گیاهی را بر تغییرات ویژگی‌های خاک به اثبات رسانده‌اند (Li et al., 2019). مقدار اندوخته کربن آلی خاک با ویژگی‌های مهم توده‌های جنگلی از قبیل مقدار لاش‌ریزه، عمق ریشه‌دوانی و نرخ تجزیه مواد آلی تعیین می‌گردد (Andivia et al., 2016). در اکوسیستم‌هایی که دارای پوشش گیاهی و بیوماس بیشتری هستند و از توان بیولوژیک بالاتری برخوردارند، مقدار ترسیب کربن افزایش می‌یابد. تحقیقات زیادی بیانگر رابطه ترسیب کربن در واحد سطح (به ویژه کربن آلی خاک) با نوع گونه‌های گیاهی، نوع اقلیم و عوامل خاک و توپوگرافی بوده‌اند (Dernerand Schuman, 2007). بررسی میزان ترسیب کربن خاک در اکوسیستم‌های طبیعی جنگلی، از جمله راهکارهای مناسب جهت مدیریت، توسعه و حفاظت از منابع طبیعی است و این امر نیز تنها در صورت کمی‌سازی اهمیت خاک و تأثیر گونه‌های مختلف جنگلی به واسطه اندازه‌گیری خصوصیات خاک قابل دستیابی می‌باشد (جعفری و همکاران، ۱۴۰۳).

پژوهش‌های متعددی در جهان نقش و اهمیت جنگل‌ها در ترسیب کربن و چرخه انرژی را تأیید می‌کنند (Kaipainen et al., 2004; Keles & Baskent, 2007). Sun و Liu (2020) در بررسی پژوهش‌های انجام‌گرفته در زمینهٔ برآورد اندوختهٔ کربن اکوسیستم‌های جنگلی در چین بیان داشتند که بیشتر تحقیقات در زمینهٔ روش‌های برآورد اندوختهٔ کربن در اکوسیستم‌های

جنگلی این کشور بر سه موضوع اصلی ذخیرهٔ کربن پوشش گیاهی، خاک و لاشریزه متمرکز شده‌اند. Li et al. (2019) اثر مثبت تنوع پوشش گیاهی را بر ذخیرهٔ کربن اثبات کرده‌اند.

در مقیاسی کلی، موجودی کربن در جنگل‌های جهان از ۶۶۸ گیگاتن در سال ۱۹۹۰ به ۶۶۲ گیگاتن در سال ۲۰۲۰ کاهش یافته است (FAO, 2020). در این بین جنگل‌های زاگرس به‌دلیل برخورداری از تنوع در پوشش گیاهی، ارائه‌دهندهٔ گسترهٔ وسیعی از کارکردهای محیط زیستی مهم و کلیدی از جمله جذب و ذخیره‌سازی کربن هستند. این جنگل‌ها به‌دلیل تولید کالاها و خدمات مختلف به اشکال مستقیم یا غیرمستقیم در اقتصاد جوامع محلی تأثیرگذارند (Henareh Khalyani et al., 2012). تحقیقات هناره خلیانی و همکاران (۱۴۰۰) نشان داد که ارزش خدمات اکوسیستمی جنگل‌های زاگرس شمالی از جمله کارکرد حفاظت آب و خاک در اثر کاهش تاج‌پوشش جنگلی، کاهش چشمگیری دارد. لذا انتظار می‌رود ساختار و نوع توده‌های جنگلی نیز در کیفیت خاک تاثیرگذار باشند. تأثیر انواع مختلف کاربری اراضی روی کیفیت خاک و تفسیر تغییرات مشاهده شده را می‌توان به واسطه اندازه‌گیری ویژگی‌های خاک ارزیابی کرد. از سویی، درک سازوکار اثر کاربری‌های مختلف روی کیفیت خاک، می‌تواند راهکاری مناسب برای تصمیم‌گیری در مدیریت کاربری اراضی در مناطق مشابه باشد.

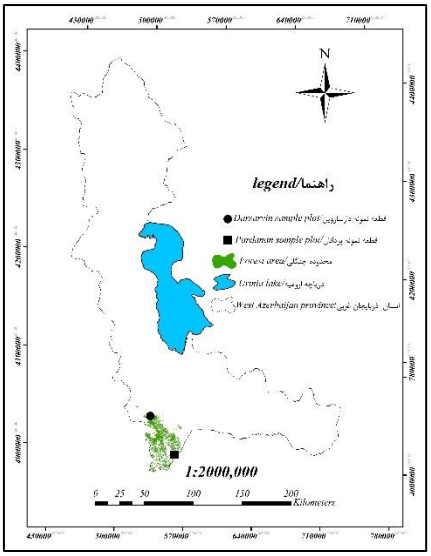
پژوهش ایرانمنش و همکاران (۱۳۹۳) دربارهٔ وضعیت اندوختهٔ کربن در رویشگاه‌های جنگلی زاگرس نشان داد که تأثیر شرایط رویشگاهی، ساختار و تراکم پوشش گیاهی در اندوختهٔ کربن اکوسیستم جنگلی بسیار مهم بوده و بر همین اساس، تفاوت مقدار اندوختهٔ کربن کل در رویشگاه‌های بررسی‌شده زاگرسی کاملاً مشهود است. در پژوهش یادشده، اندوختهٔ کربن خاک، بیشترین سهم اندوختهٔ کربن را در اکوسیستم‌های تحت بررسی به خود اختصاص داد. بررسی ترسیب کربن خاک در استان چهارمحال و بختیاری نشان داد که در بین کاربری‌های مختلف اراضی، جنگل قرق با ۴۷ و جنگل تخریب‌شده با ۱۳ تن در هکتار به‌ترتیب بیشترین و کمترین اندوختهٔ کربن خاک را داشتند. Haidari و همکاران (۲۰۲۵) نیز با بررسی وضعیت ذخیرهٔ کربن خاک توده‌های جنگلی شاخه‌زاد در جنگل‌های شهرستان مریوان بیان کردند که اعمال مدیریت قرق و حفاظت جنگل سبب افزایش درصد کربن آلی و مقدار ذخیره کربن خاک می‌شود.

با رشد روز افزون جمعیت فشار بر عرصه‌های طبیعی از جمله خاک افزایش یافته و بهره‌برداری غیراصولی و تغییر کاربری‌های اراضی سبب تخریب اکوسیستم‌ها در محدوده رویشی زاگرس شده است. بررسی خواص شیمیایی و زیستی خاک توده‌های مختلف در این جنگل‌ها بسیار مفید خواهد بود. هدف کلی این پژوهش، مطالعه، پایش کوتاه‌مدت و مقایسهٔ ذخیره کربن و برخی از خصوصیات خاک در دو تودهٔ مختلف شاخه‌زاد و دانه و شاخه‌زاد بلوط در استان آذربایجان غربی است.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ مورد مطالعه

محدوده مورد بررسی در این پژوهش رویشگاه‌های جنگلی زاگرس در جنوب استان آذربایجان‌غربی است. جنگل‌های زاگرسی استان آذربایجان غربی دارای دو تیپ متمایز است، تیپ شاخه و دانه‌زاد بلوط که بیشتر در شهرستان سردشت پراکنش دارد و تیپ شاخه‌زاد متراکم که بیشتر در شهرستان پیرانشهر پراکنش دارد. برای اجرای این پژوهش دو رویشگاه شامل، رویشگاه شاخه‌زاد (پردانان پیرانشهر) با تاج پوشش ۹۰ درصد و دانه و شاخه‌زاد (دارساروین سردشت) با تاج پوشش ۳۰ درصد انتخاب شدند. (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی رویشگاه‌های مورد مطالعه در استان آذربایجان‌غربی

روش پژوهش

به‌منظور بررسی اثر تاج پوشش بر ذخیره کربن و تغییرات برخی از ویژگی‌های خاک در هر یک از رویشگاه‌های انتخابی، یک قطعه نمونهٔ مربع‌شکل یک هکتاری (ابعاد ۱۰۰ × ۱۰۰ متر) تعیین و مشخصه‌های کمی و کیفی تمام پایه‌ها در داخل قطعات‌نمونه به صورت صددرصد برداشت شد. از آنجایی که بیشترین مقدار کربن آلی خاک در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری تجمع دارد، برای اندازه‌گیری کربن آلی و سایر مشخصه‌های خاک، در هر رویشگاه، پنج نمونه خاک به‌طور منظم و از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری برداشت شد. وزن مخصوص ظاهری خاک به روش کلوخه تعیین شد. مقدار کل کربن آلی خاک در هر رویشگاه با استفاده از رابطهٔ (SOC = [SOC] * Bulk Density * Depth * Coarse Fragments * 10)، که توسط (IPCC) ارائه شده محاسبه شد (IPCC, 2013).

در این رابطه، SOC ذخیرهٔ کربن آلی خاک (Mg C ha-1)، [SOC] غلظت کربن آلی خاک در حجم خاک برداشت‌شده، (g C kg soil)-1)، Bulk Density جرم خاک بر حجم نمونه یا وزن مخصوص ظاهری خاک (Mg m-3)، Depth عمق نمونه‌برداری (متر)، Coarse Fragments قطعات بزرگ (۱۰۰/درصد حجم قطعات بزرگ)-۱ و ۱۰ ضریب تبدیل واحد به Mg C ha-1 است.

همچنین فاکتورهای فسفر، کربن آلی، نیتروژن، تنفس میکروبی و رطوبت خاک جهت بررسی تغییرات اندازه‌گیری شد. به منظور اندازه گیری تنفس میکروبی و رطوبت خاک، نمونه‌های برداشت شده را در یخدان قرار داده و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند.

نیتروژن کل با روش کجلدال، فسفر قابل جذب به روش اولسن (Olsen et al, 1954)، با دستگاه اسپکتوفتومتری اندازه‌گیری شد. جهت استخراج روند تغییر متغیرها و پایش آنها اندازه‌گیری‌ها طی چهار سال ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۱ در مهر ماه انجام گرفت.

اطلاعات جمع‌آوری‌شده پس از ساماندهی در نرم‌افزار اکسل ذخیره و نمودارهای مورد نظر ترسیم شد. تجزیه‌وتحلیل آماری در نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۲۰ انجام گرفت. برای مقایسهٔ اندوختهٔ کربن توده‌ها (دو قطعه نمونه) از آزمون تی مستقل استفاده شد. به‌منظور بررسی اطلاعات برداشت‌شده، تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف بررسی شد.

نتایج و بحث

بررسی مشخصه‌های کمی دو قطعه‌نمونه مورد بررسی نشان داد که هر دو قطعه‌نمونه، با حضور چهار گونه تنوع همسانی از نظر تعداد گونه دارند. تراکم در هکتار قطعه‌نمونه دارساروین ۲۷۷ و در قطعه‌نمونه پردانان پیرانشهر ۷۴۷ پایه (جست‌گروه) در هکتار برداشت شد. ترکیب گونه‌ای در توده‌های مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده است. تیپ‌بندی توده‌های مورد بررسی برمبنای متغیر سطح تاج نشان داد که هر دو توده شامل تیپ دارمازو، وی‌ول همراه زالزالک می‌باشند. سطح تاج پوششش

توده‌های مورد بررسی از موارد بسیار مهم در پایش زوال توده‌ها می‌باشد که در دو رویشگاه مورد بررسی سطح تاج پوشش توده دارساروین سردشت معادل ۹۰ درصد و در توده پردانان پیرانشهر معادل ۳۰ درصد می‌باشد.

جدول ۱. اطلاعات توصیفی رویشگاه‌های مورد بررسی

مشخصه	توده دارساروین	توده پردانان
گونه‌های درختی و درختچه‌ای	دارمازو، وی‌ول، بلوط ایرانی، زالزالک	دارمازو، وی‌ول، زالزالک، گلابی وحشی
تعداد شاخه‌زاد	۶۵	۷۴۷
تعداد تک پایه (دانه‌زاد)	۲۱۲	۰
میانگین تعداد جست	۳/۲۷±۱/۵۴	۴/۶۷±۴/۶۳
میانگین قطر در ارتفاع ۰/۵ متری (سانتی‌متر)	۱۵/۶۰±۱۰/۹۸	۹/۸۱±۳/۸۵
میانگین ارتفاع (متر)*	۴/۹۹±۲/۶۴	۴/۹۱±۱/۵۰
میانگین سطح تاج (مترمربع)	۱۱/۹۰±۱۵/۶۴	۱۲/۱۵±۸/۶۳
میانگین رویه‌زمینی (سانتی‌متر مربع)	۲۸۷/۵۶±۴۱۵/۱۹	۸۷/۱۵±۶۴/۶۰

*در پایه‌های شاخه‌زاد ارتفاع قطورترین جست محاسبه شد.

بررسی متغیرهای خاک در دو رویشگاه

بررسی اندوخته کربن خاک در دو رویشگاه مورد بررسی نشان می‌دهد رویشگاه پردانان با ۱۵۴/۲۴ تن در هکتار اختلاف معنی‌داری با رویشگاه دارساروین با ۱۲۱/۹۶ تن درهکتار است. میانگین درصد کربن آلی خاک نیز در توده پردانان ۳/۷۰ و در توده دارساروین ۲/۹۱ به دست آمد (جدول ۲). این اختلاف میان دو رویشگاه و همچنین در سال‌های مختلف پایش از نظر آماری در سطح احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار است. نیتروژن کل و فسفر قابل جذب خاک نیز اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹ درصد بین توده‌های پردانان و دارساروین و در سال‌های مختلف نشان دادند. مقدار فسفر قابل جذب خاک در توده دارساروین (۲۶/۰۷ میلی گرم بر کیلوگرم) بیشتر از قطعه نمونه پردانان (۱۱/۴۲ میلی گرم بر کیلوگرم) بود. میزان رطوبت خاک در دو رویشگاه مورد بررسی در سطح احتمال ۹۹ درصد اختلاف نشان دادند ولی در سال‌های پایش تفاوت معنی‌داری نشان نداد. میزان تنفس میکروبی نیز علی‌رغم عدم اختلاف معنی‌دار در سطح دو رویشگاه، ولی در سال‌های مختلف در سطح ۹۹ درصد اختلاف معنی‌دار نشان داد (جدول ۳).

جدول ۲. مقایسه میانگین متغیرهای خاک در توده‌های پردانان و دارساروین

	میانگین	
	توده پردانان	توده دارساروین
اندوخته کربن آلی خاک (ton/ha)	۱۵۴/۲۴ (±۴۸/۹۶)	۱۲۱/۹۶ (±۲۷/۸۳)
درصد کربن آلی خاک (٪)	۳/۷۰ (±۱/۰۷)	۲/۹۱ (±۰/۵۵)
فسفر (mg/kg)	۱۱/۴۲ (±۷/۹۴)	۲۶/۰۷ (±۱۲/۱۵)
نیتروژن (٪)	۰/۵۱ (±۰/۱۸)	۰/۳۵ (±۰/۰۶)
رطوبت (٪)	۱۲/۳۱ (±۴/۶۸)	۱۱/۶۶ (±۷/۷۲)
تنفس میکروبی (mg/kg)	۶۳۴/۸۸ (±۴۵/۹۴)	۴۷۷/۶۸ (±۱۰۰/۶۸)
سنگریزه (٪)	۱۰/۲۶ (±۰/۶۵)	۱۰/۵۱ (±۰/۲۸)
وزن مخصوص ظاهری (mg/cm3)	۱/۵۳ (±۰/۰۶)	۱/۶۵ (±۰/۰۳)

اعداد داخل پرانتز نشاندهنده اشتباه معیار (standard error) است.

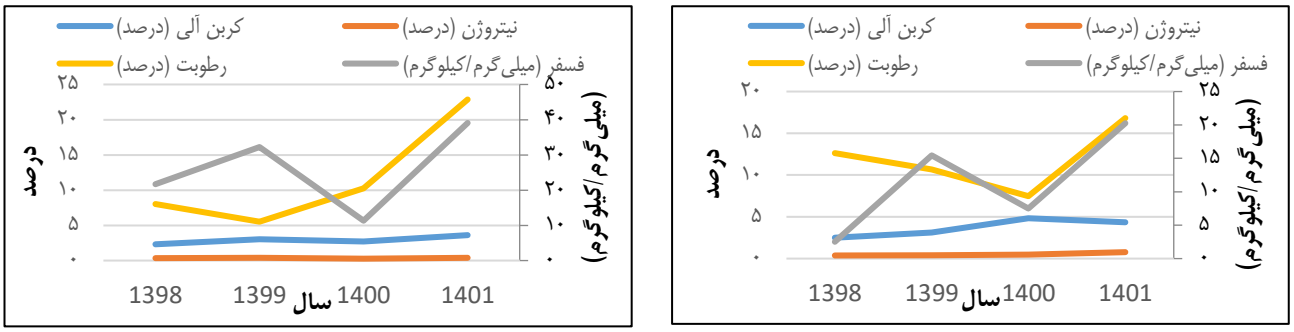
جدول ۳. تجزیه واریانس مقایسه شاخص‌های خاک در دو رویشگاه پردانان و دارساروین

		میانگین مربعات (M.S)					
منبع تغییرات	درجه آزادی	ذخیره کربن	کربن آلی خاک	فسفر قابل جذب	نیتروژن کل	رطوبت	تنفس میکروبی
سال	۳	۸۱۱۳/۷۹۴	۵/۲۱۵**	۹۸۴/۸۹۸**	۰/۰۹۵ **	۱۵۳۳۲/۵۷۹ ns	۳۰۷/۵۹۱**
رویشگاه	۱	۱۵۳۵۳/۰۶۹*	۹/۱۵۰**	۲۲۳۳/۴۲۸**	۰/۱۹۶ **	۲۶۳۴۸۴/۳۵۹**	۰/۳۰۵ ns

سال * رویشگاه	۳	۶۸۲۲/۷۴۱	۱/۶۷۹ ns	۱۳۹/۱۱۱ ns	۰/۱۰۰ **	۴۰۲۶۴/۷۳۹ *	۷۳/۷۶۸ **
خطا	۳۲	۲۴۲۱/۳۸۴	۰/۹۸۱	۱۲۶/۶۷۱	۰/۰۱۶	۱۱۵۸۴/۸۲۳	۱۳/۵۸۸

** دارای اختلاف معنی دار در سطح ۹۹ درصد، * دارای اختلاف معنی دار در سطح ۹۹ درصد و ns فاقد اختلاف معنی دار

روند تغییرات مقدار کربن آلی، نیتروژن، رطوبت و فسفر خاک در سال‌های مختلف در توده‌های مورد بررسی نشان می‌دهد در هر دو توده تغییرات کربن و نیتروژن خاک در سال‌های مختلف روند نسبتا یکنواختی را نشان می‌دهد. اما تغییرات درصد رطوبت و میزان فسفر خاک در هر دو توده علی‌رغم اینکه روند منظمی ندارند، از الگوی مشابهی پیروی می‌کنند (شکل ۲). در بررسی روند تغییرات در رویشگاه پردانان مشاهده می‌شود که در سال ۹۸ فسفر خاک با نیتروزن دارای همبستگی می‌باشد و در سال ۱۴۰۰ همبستگی نیتروژن با کربن الی خاک مشاهده می‌گردد. در رویشگاه دارساروین نیز میان نیتروژن و کربن الی خاک در ۹۸ همبستگی منفی و در سال‌های ۹۹ و ۱۴۰۰ همبستگی مثبت مشاهده شد. (جدول ۴) کربن آلی خاک علاوه بر نقش خود در موضوع گرمایش زمین و تغییر اقلیم، ذخیره رطوبتی خاک را افزایش داده (Huntington, 2003)، و نفوذپذیری و تصفیه آب را بهبود می‌بخشد.



شکل ۲- تغییرات کربن آلی، نیتروژن کل، رطوبت و فسفر قابل جذب در سال‌های مختلف در (الف): توده پردانان و (ب): توده دارساروین

جدول ۴. ضریب همبستگی پیرسون بین چهار پارامتر خاک در دو رویشگاه مورد پژوهش (به تفکیک سال)

سال	پارامتر	پردانان				دارساوین			
		کربن آلی	نیتروژن	فسفر	رطوبت	کربن آلی	نیتروژن	فسفر	رطوبت
۱۳۹۸	کربن آلی	۱				۱	۰.۴۰۱	−۰.۵۳۸	۰.۷۴۲
	نیتروژن	−۰.۴۲۵	۱				۱	−۰.۷۸	−۰.۳۱۳
	فسفر	−۰.۵۷	۰.۹۴۶*	۱				۱	۰.۰۴۱
	رطوبت	۰.۶۶	−۰.۰۹۸	−۰.۰۸۴	۱				۱
۱۳۹۹	کربن آلی	۱				۱	−۰.۹۶۷**	−۰.۴۹۸	۰.۳۶۷
	نیتروژن	۰.۳۷۵	۱				۱	۰.۴۳۴	−۰.۲۶۹
	فسفر	−۰.۵۱۳	−۰.۵۲۷	۱				۱	۰.۴۳
	رطوبت	−۰.۱۳۴	−۰.۵۱۳	۰.۸۲۴	۱				۱
۱۴۰۰	کربن آلی	۱				۱	۰.۹۹۹**	−۰.۵۱۴	۰.۰۴۸
	نیتروژن	۰.۹۵۵**	۱				۱	−۰.۵۰۶	۰.۰۴۳
	فسفر	۰.۳۱۱	۰.۳۱	۱				۱	۰.۵۵۳
	رطوبت	−۰.۷۱۲	−۰.۷۰۴	۰.۳۴۳	۱				۱
۱۴۰۱	کربن آلی	۱				۱	۰.۹۸۷**	۰.۲۲۸	−۰.۶۳۲
	نیتروژن	−۰.۷۹۲	۱				۱	۰.۳۳۹	−۰.۵۵۴
	فسفر	−۰.۳۶۵	−۰.۰۶۶	۱				۱	۰.۳۳۸

رطوبت	-۰.۵۲۱	۰.۵۵۱	-۰.۰۹۳	۱		۱

** دارای همبستگی معنی دار در سطح ۹۹ درصد، * دارای همبستگی معنی دار در سطح ۹۹ درصد و ns فاقد همبستگی معنی دار

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش اثر تاج پوشش و مدیریت توده‌ها را علاوه بر تغییر در اندوخته‌کربن در اختلاف سایر مشخصه‌های خاک چون کربن آلی، نیتروژن کل، فسفر قابل جذب، رطوبت و تنفس میکروبی نیز تایید کرد. علاوه بر این، نتایج پایش چهارساله مشخصه‌های خاک نشان داد که کربن آلی قوی‌ترین رابطه را با نیتروژن کل داشته و بالاترین همبستگی را دارد. نتایج Haidari و همکاران (۲۰۲۵) نیز در سه استان زاگرسی تایید کننده نتایج این پژوهش است. با توجه به اهمیت خاک در بازسازی و احیاء اکوسیستم، استراتژی‌های مدیریت جنگل باید با ویژگی‌های خاص هر منطقه تنظیم شود تا ترسیب کربن را به حداکثر برساند. با توجه به جنبه‌های اقلیمی اهمیت ترسیب کربن در جنگل‌ها، نتایج این پژوهش می‌تواند در خدمت تصمیم‌گیران برای استراتژی‌های کاهش تغییرات آب و هوایی قرار گیرد.

فهرست منابع

ایران منش, یعقوب , ثاقب طالبی, خسرو , سهرابی, هرمز , جلالی, سیدغلامعلی و حسینی, سیدمحسن . (۱۳۹۳). زی‌توده و اندوخته کربن روی زمینی در دو فرم رویشی بلوط ایرانی (Quercus brantii Lindl) در جنگل‌های لردگان استان چهارمحال و بختیاری. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران, ۲۲(۴), ۷۴۹-۷۶۲. doi: 10.22092/ijfpr.2014.13197

جعفری، ک.، علی خواه اصل، م. و کوچ، ی. (۱۴۰۳). مقایسه میزان ترسیب کربن خاک در کاربری‌های مختلف (مطالعه موردی: حوزه شهری شهرستان بهشهر). نشریه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۶ (۱)، ۱۰۰-۸۵.

هناره خلیانی, جلال , مخدوم, مجید و نمیرانیان, منوچهر . (۱۴۰۰). برآورد تغییر ارزش خدمات حفاظت خاک و آب در بوم‌سازگان جنگلی زاگرس تحت سناریوهای تغییر تاج‌پوشش درختی. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران, ۲۹(۳), ۲۵۹-۲۷۲. doi: 10.22092/ijfpr.2021.355511.2013

Andivia, E., Rolo, V., Jonard, M., Formánek, P., and Ponette, Q. (2016). Tree species identity mediates mechanisms of top soil carbon sequestration in a Norway spruce and European beech mixed forest. Ann. For. Sci. 73, 437–447.

Derner, J.D. and Schuman, G.E. (2007). Carbonsequestration and rangelands: A synthesis of landmanagement and precipitation effects. Journal ofSoil and Water Conservation, 62(2): 77-85.

FAO (2020). Global Forest Resources Assessment 2020 – Key findings. Rome. https://doi.org/10.4060/ca8753en.

Haidari, M., Iranmanesh, Y., Jaafari, A., Pourhashemi, M., Henarah, J., Jahanpour, F., Derikvandi, A., Fani, B. (2025). The multidimensional influences of environmental factors on carbon storage: Evidence from Zagros Forests of Iran, Ecological Engineering, Volume 212, ISSN 0925-8574, https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2025.107523.

Henareh Khalyani, J., Makhdoum, M., Namiranian, M. (2021). Assessing value changes of soil and water conservation services of Zagros Forests under canopy cover change scenarios. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 29(3), 259-272. https://doi: 10.22092/ijfpr.2021.355511.2013. (In persian)

Henareh Khalyani, J., Namiranian, M., Heshmatolvaezin, S.M., & Feghhi, J. (2012). Development and evaluation of local communities incentive programs for improving the traditional forest management: A case study of Northern Zagros forests, Iran. Journal of Forestry Research, 25(1), 205−210. https://doi: 10.1007/s11676-013-0399-9

Huntington, T.G. (2003). Climate warming could reduce runoff significantly in New England. Agricultural and Forest Meteorology, Volume 117, Issues 3–4, 193-201. ISSN 0168-1923, https://doi.org/10.1016/S0168-1923(03)0006

IPCC. (2003). Good practices guidance for land use, land-use change and forestry. Penman, J. et al. (eds.). IPCC National Greenhouse Gas Inventories Pro¬gramme. IGES, Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Japan.

Kaipainen, T., Liski, J., Pussiner, A., & Karjalainen, T. (2004). Managing Carbon Sinks by Changing Rotation Length in European Forests. Environmental Science and Policy, 205-209.

Keles, S., & Baskent, E.Z. (2007). Modeling and analyzing timber production and carbon sequestration values of forest ecosystem. A case study. Polish Journal of environmental studies, 10(3), 473-479.
Li, Q., Yang, D., Jia, Z., Zhang, L., Zhang, Y., Feng, L., He, L, Yang, K., Dai, J., Chen, J., & Zhao, X. (2019). Changes in soil organic carbon and total nitrogen stocks along a chronosequence of Caragana intermedia plantations in alpine sandy land. Ecological engineering, 133, 53 – 59. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.03.003.
Li, Q., Yang, D., Jia, Z., Zhang, L.., Zhang, Y., Feng, L., He, L, Yang, K., Dai, J., Chen, J. and Zhao, X. (2019). Changes in soil organic carbon and total nitrogen stocks along a chronosequence of Caragana intermedia plantations in alpine sandy land. Ecological engineering 133, 53 – 59.
Olsen, S.R., Cole, C.V., Watenabe, F.S. and Dean, L.A., 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Department of Agriculture Circular, 939 p
Ruijun, L., Zhanhuan, S., Xiaogan, L., Ping-an, J., Hong-tao, J., & Squires, V. (2010). Carbon Sequestration and the Implications for Rangeland Management. Towards Sustainable Use of Rangelands in North-West China, Part. 3, 127-145. https:// doi:10.1007/978-90-481-9622-7_7.
Sun, W., & Liu, X. (2020). Review on carbon storage estimation of forest ecosystem and applications in China. Forest Ecosystems, 7(4), 1-14. https://doi.org/10.1186/s40663-019-0210-2.

Study of Changes in Some Soil Properties in the Forests of West Azerbaijan Province

J. Henareh[1*], A. Majidi[2] and M. Pato[1]

1- Corresponding author, Assistant Prof., Forests and Rangelands Research Department, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Urmia, Iran.
2- Associate Prof., Forests and Rangelands Research Department, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Urmia, Iran.

Abstract
With the increasing population growth, pressure on natural areas, including soil, has intensified, and unsustainable exploitation has led to the degradation of ecosystems in the Zagros vegetation zone. The main objective of this research is to study and conduct short-term monitoring of some soil properties in two different stands of oak: seed-origin and coppice stands in West Azerbaijan province. To measure organic carbon and other soil characteristics, five soil samples were systematically collected from each stand at a depth of 0–30 cm. Measurements were taken over four years (2019–2022) to track changes in variables. The difference in the mean percentage of soil organic carbon between the two stands and across different monitoring years was significant ($p < 0.01$). Total nitrogen and available phosphorus in the soil also showed significant differences ($p < 0.01$) between the two stands and across different years. Soil moisture content significantly differed ($p < 0.01$) between the two stands but showed no significant variation across the monitoring years. In conclusion, the results from the two stands with different densities and origins indicate differences in soil properties, which are attributed to the effects of stand management and forest degradation in these areas.

Keywords: West Azerbaijan, Oak, Zagros, Organic Carbon, Stand Management.