



مقایسه اثر دو توده متفاوت بلوط (*Quercus infectoria* Oliv.) بر اندوخته کربن روی زمینی، خاک و لاشریزه در جنگل‌های آذربایجان غربی (مطالعه موردی: پیرانشهر و سردشت)

جلال هناره^{۱*}، یعقوب ایران‌منش^۲، مهدی پورهایمی^۳ و صابر قاسم‌پور^۴

^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.
^۲ دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران.
^۳ استاد پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
^۴ محقق، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۰۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۲۲)

چکیده

مقدمه: جنگل‌ها از مهم‌ترین مخازن کربن در جهان هستند و نقش مهمی در کاهش تغییرات آب‌وهوایی دارند. جنگل‌های زاگرس به لحاظ ویژگی‌های پوشش توده‌های بلوط و گونه‌های دیگر، ارائه‌دهنده گستره وسیعی از کارکردهای محیط زیستی مهم از جمله جذب و ذخیره‌سازی کربن هستند. در این پژوهش، اندوخته کربن در زی‌توده روی زمینی، لاشریزه و خاک دو قطعه نمونه یک هکتاری در دو توده با شرایط متفاوت شامل دارساروین سردشت (توده دانه و شاخه‌زاد، تاج‌پوشش ۳۰ درصد) و پردانان پیرانشهر (توده شاخه‌زاد متراکم، تاج‌پوشش ۹۰ درصد) در جنگل‌های زاگرسی استان آذربایجان غربی مقایسه شد.

مواد و روش‌ها: در اجرای این پژوهش، در هر یک از مناطق، یک قطعه نمونه مربع‌شکل یک هکتاری (ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ متر) تعیین و مشخصه‌های کمی و کیفی همه پایه‌ها در داخل قطعه نمونه برداشت شد. برای محاسبه ذخیره کربن روی زمینی، متغیرهای قطر متوسط تاج، قطر برابرسینه، ارتفاع کل، ارتفاع تنه، ارتفاع تاج، قطر یقه، قطر محل شروع تاج و تراکم تاج برای همه درختان موجود در قطعه نمونه اندازه‌گیری و ثبت شد. به‌منظور برآورد زی‌توده و اندوخته کربن از معادلات آلومتری بلوط ایرانی برای درختان تک‌پایه و شاخه‌زاد استفاده شد. همچنین در هر قطعه نمونه، پنج نمونه خاک به‌طور منظم از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری برداشت شد. ۱۰ میکروپلات ۰/۵ متر مربعی نیز به‌طور تصادفی منظم در هر قطعه نمونه پیاده و لاشریزه موجود در آنها به تفکیک لاشریزه‌های کوچک و بزرگ، جمع‌آوری و وزن خشک و مقدار کربن آنها اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری درصد کربن آلی لاشریزه و نمونه‌های گیاهی از روش احتراق در کوره الکتریکی استفاده شد. اندازه‌گیری کربن آلی خاک به روش والکلی-بلاک و وزن مخصوص ظاهری خاک به روش کلوخه تعیین شد.

یافته‌ها: در قطعه نمونه دارساروین سردشت ۲۷۷ پایه در هکتار برداشت شد که از پایه‌های فوق ۲۱۲ پایه دانه‌زاد و ۶۵ پایه شاخه‌زاد است. در قطعه نمونه پردانان پیرانشهر، ۷۴۷ پایه جست‌گروه در هکتار ثبت شد و همه پایه‌های برداشت‌شده در این قطعه نمونه شاخه‌زادند. مقدار زی‌توده روی زمینی در درختان در قطعه‌های نمونه پردانان و دارساروین به ترتیب ۵۲/۳۵ و ۳۶/۹۳ تن در هکتار محاسبه شد. همچنین مقدار اندوخته کربن روی زمینی در قطعه‌های نمونه پردانان و دارساروین به ترتیب ۲۵/۹۹ و ۱۷/۹۳ تن در هکتار به دست آمد. مقایسه اندوخته کربن خاک بین قطعات نمونه پردانان و دارساروین نشان داد که میانگین اندوخته کربن خاک در قطعه نمونه پردانان ۱۵۴/۲۴ و در قطعه نمونه دارساروین ۱۲۱/۹۶ تن در هکتار است. از نظر اندوخته کربن لاشریزه نیز مقدار اندوخته کربن لاشریزه بزرگ و کوچک در قطعه نمونه پردانان به ترتیب ۰/۶۶ و ۳/۷۵ تن در هکتار است. اندوخته کربن لاشریزه بزرگ و کوچک در قطعه نمونه دارساروین نیز به ترتیب ۰/۲۳ و ۲/۸۳ تن در هکتار به دست آمد.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان می‌دهد که دو توده تحت بررسی با شرایط رویشگاهی، ساختار، تراکم پوشش گیاهی و مدیریت توده متفاوت در مقدار اندوخته کربن اکوسیستم جنگلی متفاوت عمل کرده‌اند. بر همین مبنا حدود ۴۱ تن در هکتار تفاوت در اندوخته کربن کل در قطعه نمونه پردانان (۱۸۴/۶۴ تن در هکتار) نسبت به قطعه نمونه دارساروین (۱۴۲/۹۶ تن در هکتار) مشاهده شد. براساس نتایج این پژوهش، پیشنهاد می‌شود که برای افزایش ذخیره کربن روی زمینی، خاک و لاشریزه‌ها، با توجه به تأثیر تاج‌پوشش درختی و حذف و جمع‌آوری لاشریزه‌ها، نرخ حفاظت در این توده‌های تخریب‌یافته افزایش یابد و مدیریت قرق اعمال شود.

واژه‌های کلیدی: آذربایجان غربی، آلومتری، زی‌توده، لاشریزه، مخزن کربن.

مقدمه

کربن اکوسیستم‌های جنگلی در چین بیان داشتند که بیشتر تحقیقات در زمینه روش‌های برآورد اندوخته کربن در اکوسیستم‌های جنگلی این کشور بر سه موضوع اصلی ذخیره کربن پوشش گیاهی، خاک و لاشریزه متمرکز شده‌اند. (Li et al., 2019). اثر مثبت تنوع پوشش گیاهی را بر ذخیره کربن اثبات کرده‌اند. خاک عمده‌ترین مخزن ذخیره کربن در بوم‌سازگان‌های طبیعی به حساب می‌آید، به طوری که در حدود ۷۵ درصد ذخایر کربن در خشکی (حدود سه برابر ذخیره کربن در گیاهان و جانوران) را داراست؛ از این رو خاک‌ها بزرگ‌ترین مخزن چرخه کربن در خشکی هستند (Ruijun, 2010). مقدار کربن آلی موجود در خاک‌ها حدود دوبرابر موجودی کربن اتمسفر است. از این رو تغییر در کربن خاک اثرهای چشمگیری بر تغییر اقلیم بر جا می‌گذارد. Lal (2004) خاک‌های جهان را سومین ذخیره‌گاه اصلی کربن (آلی و معدنی) و حدود ۴ برابر کربن موجود در زی توده و ۳/۳ برابر مقدار کربن موجود در جو می‌داند. متغیر دیگری که ذخیره کربن اکوسیستم به آن وابسته است، لاشریزه موجود در پوشش کف جنگل است. اجزای لاشبرگ، ریشه و متابولیسم میکروبی از راه‌های اصلی ورود کربن به ماده آلی خاک است. به خصوص کف جنگل‌ها و افق‌های خاک معدنی در اکوسیستم‌های جنگلی شامل مقادیر زیاد کربن است. مقدار لاشریزه بر فرایندهای مهم بوم‌سازگان جنگلی مانند چرخه کربن و عناصر غذایی مؤثر است و بر تنوع زیستی و رفتار آتش‌سوزی در جنگل نیز تأثیر اساسی دارد (Bigler & Veblen, 2011). لاشریزه‌ها تنها ۵ درصد از ذخیره کربن در بوم‌سازگان جنگلی را به خود اختصاص می‌دهند؛ اما به دلیل اینکه در چرخه کربن نقش اساسی دارند و رابط بین کربن گیاه و خاک محسوب می‌شوند از اهمیتی ویژه برخوردارند (Pan et al., 2011). در اکوسیستم‌های جنگلی، تولید لاشبرگ و فرایند تجزیه آن بسیار مهم است. لاشبرگ اثر معنی‌داری بر مواد غذایی و چرخه زیست

جنگل‌ها بزرگ‌ترین مخزن کربن زمین محسوب می‌شوند که حدود ۸۰ درصد از کل زی توده روی زمین را در خود ذخیره کرده‌اند. هیأت بین‌دولتی تغییر اقلیم (IPCC)، پنج مخزن اصلی کربن را برای جنگل معرفی کرده است که عبارت‌اند از زی توده روی زمینی (Above-ground Biomass)، زی توده زیرزمینی (Below-ground Biomass)، لاشریزه (Litter)، چوب‌های مرده (Dead Wood) و کربن آلی خاک (Soil Organic Carbon) (IPCC, 2003). فعالیت‌های مخرب بشر در دهه‌های اخیر، سبب آزادسازی گاز کربنیک بیشتر در طبیعت و از این طریق سبب آشفته‌گی در تعادل و چرخه طبیعی کربن و تغییرات اقلیمی شده است. جنگل‌ها از طریق جذب کربن اتمسفر و ذخیره آن در زی توده درختان، تأثیر مهمی در کاهش تغییرات اقلیمی دارند (Zhu et al., 2020).

در بوم‌سازگان‌های جنگلی ذخیره کربن اغلب شامل ذخیره کربن پوشش گیاهی، ذخیره کربن خاک و ذخیره کربن لاشریزه است. بیشترین مقدار کربن در جنگل‌ها در زی توده زنده (۴۴ درصد) و خاک جنگل (۴۵ درصد) یافت می‌شود. باقی‌مانده کربن نیز در لاشریزه‌ها و چوب خشک جنگل ذخیره می‌شود (Lafleur et al., 2018; Lee et al., 2014). مقدار زی توده در بوم‌سازگان‌های جنگلی افزون‌بر اینکه بیانگر توان تولید در واحد سطح یا زمان (مقدار ذخایر کربن موجود در جنگل) است، بر چرخه‌های بیوژئوشیمیایی جنگل نیز تأثیر می‌گذارد (Husch et al., 2003). از این رو در بوم‌سازگان‌هایی با پوشش گیاهی و زی توده بیشتر که از توان بیولوژیک بیشتری برخوردارند، مقدار ترسیب کربن افزایش می‌یابد.

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 زمینه برآورد اندوخته

تن برآورد شد. (Saeidi et al., 2023) در پژوهشی تغییرات ذخیره کربن خاک برحسب سن در توده‌های جنگلکاری شده افرا پلت را بررسی کردند. نتایج این پژوهش، سن بهینه ذخیره کربن (۳۰-۴۰ سال) را به منظور جنگلکاری افراپلت برای اهداف مدیریتی مختلف معرفی کرد. پژوهش‌های (Iranmanesh et al., 2023) درباره وضعیت اندوخته کربن در رویشگاه‌های جنگلی زاگرس نشان داد که تأثیر شرایط رویشگاهی، ساختار و تراکم پوشش گیاهی در اندوخته کربن اکوسیستم جنگلی بسیار مهم بوده و بر همین اساس، تفاوت مقدار اندوخته کربن کل در رویشگاه‌های زاگرسی بررسی شده کاملاً مشهود است. در پژوهش یادشده، اندوخته کربن خاک، بیشترین سهم اندوخته کربن را در اکوسیستم‌های تحت بررسی به خود اختصاص داد. این موضوع بر اهمیت خاک در اکوسیستم‌های طبیعی به‌عنوان اندوخته طبیعی برای جذب و نگهداشت کربن اتمسفری تأکید دارد. همچنین در پژوهشی دیگر موجودی کربن خاک در زمینه ویژگی‌های خشک‌دار و خاک بستر زیرین آن در توده‌های پهن‌برگ در استان گلستان نشان داد که خشک‌دارها به‌ویژه در بوم‌سازگان‌های جنگلی کهن، پتانسیل بسیار زیادی برای ذخیره کربن خاک فراهم می‌کنند (Shabani et al., 2023).

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 به دلیل برخورداری از تنوع در پوشش گیاهی، ارائه‌دهنده گستره وسیعی از کارکردهای محیط زیستی مهم و کلیدی از جمله جذب و ذخیره‌سازی کربن هستند. این جنگل‌ها به دلیل تولید کالاهای و خدمات مختلف به اشکال مستقیم یا غیرمستقیم در اقتصاد جوامع محلی تأثیرگذارند (Henareh Khalyani et al., 2012). تحقیقات (Henareh Khalyani et al., 2021) نشان داد که ارزش خدمات اکوسیستمی جنگل‌های زاگرس شمالی از جمله کارکرد حفاظت آب و خاک در اثر

زمین‌شیمیایی و عملکرد سالم در اکوسیستم جنگلی مناطق استوایی دارد (Giweta, 2020). از وزن لاشریزه به‌منزله شاخص سلامت و حاصلخیزی بوم‌سازگان جنگل استفاده می‌شود (Pedersen & Bille-Hansen, 1999). افزون‌بر این، درک عوامل مختلف تأثیرگذار بر تجزیه لاشبرگ برای عملکرد اکوسیستم بسیار مهم است. در مقیاس جهانی، لاشبرگ حدود ۶۰ تا ۷۵ درصد از وزن لاشریزه در اکوسیستم‌های جنگلی را تشکیل می‌دهد و باقی‌مانده شامل مواد چوبی (حدود ۳۰ درصد) و دیگر اندام‌های گیاهی (حدود ۱ تا ۲ درصد) است (Barnes et al., 1997). در پژوهشی دیگر در جنگل‌های همیشه‌سبز بارانی میانگین اندوخته کربن روی زمینی و زیرزمینی به ترتیب ۲۰۳/۸ و ۴۰/۷۶ تن در هکتار برآورد شد. همچنین اندوخته کربن خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری در این جنگل‌ها بین ۵۸/۹۷ تا ۱۹۸/۳۳ تن در هکتار متغیر بود (Daba et al., 2022).

در ایران پژوهش‌های مختلفی در زمینه توان اکوسیستم‌های جنگلی و مرتعی در ترسیب کربن انجام گرفته است. (Panahi et al., 2011) در بررسی زی‌توده و ذخیره کربن برگ گونه بانه در باغ گیاهشناسی ملی ایران، به این نتیجه رسیدند که متوسط زی‌توده، ذخیره کربن برگ و متوسط مقدار جذب دی‌اکسید کربن از جو در هکتار به ترتیب ۶۹/۴، ۲۹/۲ و ۹۶/۳ کیلوگرم است. 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 به ترتیب بیشترین و کمترین اندوخته کربن خاک را داشتند (Eskandari Shahraki et al., 2016). (Pato et al., 2017) در زاگرس شمالی نشان دادند که مقدار ترسیب کربن در توده‌های حفاظت‌شده بیشتر از توده‌های تحت بهره‌برداری است. در پژوهش (Askari et al., 2021) در رویشگاه‌های بلوط کهگیلویه و بویراحمد، ذخیره کربن روی زمینی درختان ۱۷ تا ۳۱ تن در هکتار و میانگین ذخیره کربن در هکتار مناطق تحت بررسی بیش از ۱۵۹

این استان را شامل می‌شود. در این پژوهش دو قطعه نمونه بررسی شد (شکل ۱). جنگل‌های زاگرسی استان آذربایجان غربی دارای دو تیپ متمایز است، تیپ شاخه‌زاد متراکم که بیشتر در شهرستان پیرانشهر پراکنش دارد و تیپ دانه و شاخه‌زاد بلوط که بیشتر در شهرستان سردشت پراکنش دارد.

قطعه نمونه دارساروین سردشت، در ۱۰ کیلومتری جاده سردشت به بانه واقع شده است. این توده جنگلی از سال ۱۳۹۴ به‌عنوان منطقه قرق تحت مدیریت اداره منابع طبیعی شهرستان سردشت قرار دارد. قطعه نمونه پردانان نیز در جنوب شهرستان پیرانشهر و در نزدیکی روستای قبرحسین واقع شده است. این توده به‌عنوان یک نمونه (الگو) از جنگل‌های شاخه‌زاد در استان آذربایجان غربی است که حاصل دخالت شدید در ساختار جنگل و قطع یکسره در دهه‌های ۳۰ و ۴۰ خورشیدی است. اطلاعات قطعات نمونه بررسی شده در جدول ۱ آمده است. متوسط بلندمدت بارندگی در ایستگاه سردشت ۷۵۵/۲ میلی‌متر و در ایستگاه پیرانشهر ۴۹۱/۸ میلی‌متر است.

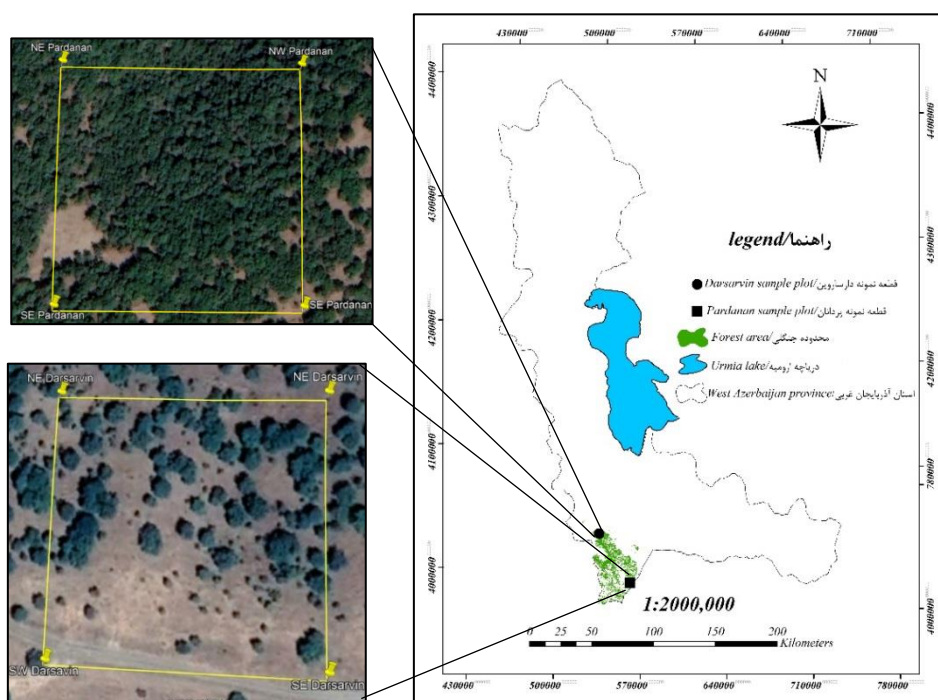
کاهش تاج‌پوشش جنگلی کاهش چشمگیری دارد. به‌طور کلی هر گونه دخالت در توده‌های جنگلی از قبیل بهره‌برداری چوب و تنک کردن درختان بر پویایی کربن اکوسیستم جنگلی تأثیرگذار است.

بررسی مقدار ذخیره کربن در اکوسیستم‌های طبیعی جنگلی، از راهکارهای مناسب برای مدیریت، توسعه و حفاظت از منابع طبیعی است. با توجه به اهمیت اکولوژیک جنگل‌های زاگرس شمالی در استان آذربایجان غربی، بررسی مقدار ذخیره کربن در این جنگل‌ها بسیار مفید خواهد بود. هدف کلی این پژوهش، سنجش، پایش و مقایسه اندوخته کربن روی‌زمینی، خاک و لاشریزه در دو توده مختلف شاخه‌زاد و دانه و شاخه‌زاد بلوط در استان آذربایجان غربی است.

مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش

محدوده تحت پژوهش، رویشگاه‌های جنگلی زاگرس در جنوب استان آذربایجان غربی است. رویشگاه‌های زاگرسی استان آذربایجان غربی، بخش‌هایی از شهرستان‌های پیرانشهر و سردشت در



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی قطعات نمونه در استان آذربایجان غربی
Figure 1. Geographical location of the sample plots in West Azerbaijan, Iran

جدول ۱- مشخصات عمومی دو قطعه نمونه در استان آذربایجان غربی

Table 1. General characteristics of the two studied sample plots in West Azerbaijan province

شرایط رویشگاهی							
Habitat conditions							
مختصات مرکز Coordinates of the center of the plots	مبدأ Origin	تاج پوشش Canopy cover	تراکم در هکتار (پایه) Density per hectare	ارتفاع از سطح دریا Height above sea level	جهت جغرافیایی Geographical aspect	متوسط شیب Average slope	قطعه نمونه Sample plot
555496 4000661	دانه و شاخه‌زاد Coppice with standards	%30	277	1400	شمال غربی Northwest	%50	دارساروین (سردشت) Darsarvin (Sardasht)
527329 4038064	شاخه‌زاد Coppice	%90	747	1450	شمالی Northern	%10	پردانان (پیرانشهر) Pardanan (Piranshahr)

شاخه‌زاد استفاده شد (Iranmanesh et al., 2014). در مورد گونه‌های دیگر نیز از معادله‌های تخصصی و عمومی موجود به منظور برآورد زی‌توده و اندوخته کربن استفاده شد. (Sohrabi & Shirvani, 2012).

تئوری آلومتری چارچوبی مهم به منظور تشریح الگوی تخصیص کربن در اندام‌های مختلف است که ارتباط درون‌گونه‌ای و بین‌گونه‌ای میان زی‌توده را پیش‌بینی می‌کند (Niklas & Enquist, 2003). محققان در اروپای مرکزی دقت معادلات آلومتری را برای گونه‌های تحت بررسی با دقت حدود ۹۰ درصد ارزیابی کردند (Pajtik et al., 2008). نتایج تحقیق Iranmanesh (2013) درباره مدلهای رگرسیون به‌دست‌آمده در خصوص برآورد زی‌توده و اندوخته کربن بلوط ایرانی نیز نشان می‌دهد که امکان استقرار معادلات آلومتری مناسب برای برآورد زی‌توده روی زمینی این گونه به‌خوبی وجود دارد. بنابراین استفاده از معادلات آلومتری یک منطقه‌ای جزء روش‌های معتبر و قابل قبول برای برآورد زی‌توده و اندوخته کربن گیاهان محسوب می‌شود که در این تحقیق نیز از معادلات منطقه‌ای بلوط برای برآورد زی‌توده و اندوخته کربن درختان در قطعات نمونه استفاده شد.

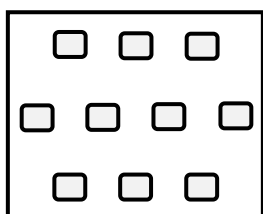
شیوه اجرای پژوهش

در این پژوهش به منظور درک اثر رویشگاه و نوع توده‌های جنگلی بلوط بر اندوخته کربن روی زمینی، خاک و لاشریزه، دو توده متفاوت شاخه‌زاد و دانه و شاخه‌زاد در استان آذربایجان غربی مقایسه شد. در هر یک از مناطق انتخابی، یک قطعه نمونه مربع‌شکل یک هکتاری (ابعاد ۱۰۰ × ۱۰۰ متر) تعیین و مشخصه‌های کمی و کیفی تمام پایه‌ها در داخل قطعه نمونه برداشت شد. برای محاسبه زی‌توده و ذخیره کربن روی زمینی متغیرهای قطر متوسط تاج (متوسط قطر بزرگ تاج و قطر عمود بر آن، توسط متر نواری)، قطر برابرسینه، قطر یقه و قطر محل شروع تاج (توسط دستگاه خط‌کش دوبازو و نوار قطرسنج)، ارتفاع کل، ارتفاع تنه و ارتفاع تاج (توسط دستگاه ورتکس لیزری) و تراکم تاج برای همه درختان موجود در قطعه نمونه اندازه‌گیری و ثبت شد.

برآورد زی‌توده و اندوخته کربن روی زمینی

تولید جنگل، ذخیره و جریان کربن برمبنای اندازه‌گیری‌های زی‌توده محاسبه می‌شوند و ترسیب کربن در قسمت‌های مختلف گیاه مانند چوب، برگ و ریشه شاخسی از تولید رویشگاه است (Clark et al., 2001). به‌منظور برآورد زی‌توده و اندوخته کربن از معادلات آلومتری بلوط ایرانی برای درختان تک‌پایه و

پایان فصل رویش (آذرماه) انجام گرفت. در هر قطعه نمونه یک هکتاری، ۱۰ قاب ۰/۵ متر مربعی به‌طور تصادفی پیاده شده و هر دو گروه لاشریزه بزرگ و کوچک موجود در آنها، جداگانه (براساس قطر کمتر و با بیشتر از ۱ سانتی‌متر) جمع‌آوری شد، محل‌های برداشت لاشریزه‌ها داخل قطعه نمونه یک هکتاری در شکل ۳ نشان داده شده است. نمونه‌های لاشریزه بلافاصله در عرصه توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم توزین شده و در بسته‌بندی‌های جداگانه، به‌منظور اندازه‌گیری وزن خشک و مقدار کربن به آزمایشگاه منتقل شدند.



شکل ۳- شمایی از موقعیت محل‌های نمونه‌برداری لاشریزه در قطعه نمونه

Figure 3. litter sampling designs from Oak stands at sample plots

بررسی‌های آزمایشگاهی

به‌منظور اندازه‌گیری درصد کربن آلی لاشریزه و نمونه‌های گیاهی موجود در لاشریزه‌ها از روش احتراق در کوره الکتریکی استفاده شد. به این منظور از روابط Allen et al. (1986) استفاده شد (رابطه‌های ۲ و ۳).

$$\text{Ash\%} = (W3 - W1) / (W2 - W1) * 100 \quad \text{رابطه ۲}$$

$$\text{C\%} = (100 - \text{Ash\%}) * 0.58 \quad \text{رابطه ۳}$$

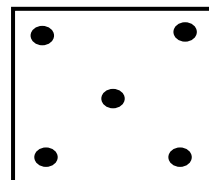
Ash% = درصد خاکستر به‌دست‌آمده پس از

فرایند احتراق

W1 وزن بوتله چینی، W2 وزن خشک نمونه و بوتله چینی، W3 مجموع وزن خاکستر و بوتله چینی و C% ضریب کربن محاسباتی است. اندازه‌گیری کربن آلی خاک به روش والکلی-بلاک و وزن مخصوص ظاهری خاک به روش کلوخه تعیین شد (MacDicken, 1997).

اندازه‌گیری اندوخته کربن خاک

برای اندازه‌گیری کربن آلی خاک، در هر دو قطعه نمونه یک هکتاری، پنج نمونه خاک به‌طور منظم و از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری برداشت شد (شکل ۲).



شکل ۲- محل‌های نمونه‌برداری خاک در قطعه نمونه
Figure 2. Soil sampling designs from Oak stands at sample plots

وزن مخصوص ظاهری خاک و درصد قطعات بزرگ (مانند سنگریزه) اندازه‌گیری و با استفاده از رابطه ۱ مقدار کل کربن آلی خاک در منطقه محاسبه شد (IPCC, 2003).

$$\text{SOC} = [\text{SOC}] * \text{Bulk Density} * \text{Depth} * \text{Coarse Fragments} * 10 \quad \text{رابطه ۱}$$

در رابطه ۱، SOC ذخیره کربن آلی خاک (Mg C ha-1)، [SOC] غلظت کربن آلی خاک در حجم خاک برداشت‌شده Bulk Density (g C (kg soil)-1)، Coarse Fragments بزرگ (متر)، Depth عمق نمونه‌برداری (متر)، Coarse Fragments بزرگ (۱۰۰/درصد حجم قطعات بزرگ) و ۱۰ ضریب تبدیل واحد به Mg C ha-1 است.

برآورد زی‌توده و اندوخته کربن لاشریزه‌ها

لاشریزه‌ها شامل دو دسته Fine woody litter و Coarse woody litter هستند. Fine woody litter یا لاشریزه‌های کوچک شامل همه لاشبرگ‌ها، لایه‌های هوموس و همه قطعات چوبی کوچک (قطر کمتر از ۱ سانتی‌متر) است. Coarse woody litter یا لاشریزه‌های بزرگ نیز قطعات چوبی بزرگ (قطر بیشتر از ۱ سانتی‌متر) را شامل می‌شود (Palosuo, 2008). اندازه‌گیری لاشریزه توسط یک قاب کوچک ۰/۵ متر مربعی انجام گرفت. برداشت لاشریزه‌ها در

است. همه پایه‌های برداشت شده در قطعه نمونه پردانان شاخه‌زاد هستند. ترکیب گونه‌ای در توده‌های بررسی شده در جدول ۲ آمده است.

زی توده و اندوخته کربن روی زمینی

مقدار زی توده روی زمینی درختان در قطعه نمونه پردانان و دارساروین به ترتیب ۵۳/۳۵ و ۳۶/۹۳ تن در هکتار محاسبه شد. همچنین مقدار اندوخته کربن روی زمینی در قطعه نمونه پردانان و دارساروین به ترتیب ۲۵/۹۹ و ۱۷/۹۳ تن در هکتار به دست آمد (شکل ۴).

در قطعه نمونه دارساروین سردشت بیشترین مقدار زی توده مربوط به گونه بلوط دارمازو (۲۰/۱) تن در هکتار) و پس از آن بلوط ویول (۹/۴۸) تن در هکتار) است. گونه‌های زالزالک و بلوط ایرانی هم به ترتیب سهم کمتری از زی توده روی زمینی را در این توده به خود اختصاص داده‌اند. وضعیت اندوخته کربن روی زمینی گونه‌های مختلف نیز روندی مشابه با زی توده روی زمینی دارد. در قطعه نمونه پردانان پیرانشهر نیز بیشترین مقدار زی توده مربوط به گونه بلوط دارمازو (۲۴/۷۶) تن در هکتار) و پس از آن ویول (۲۰/۷۱) تن در هکتار) است، بعد از آن هم زالزالک و گلابی وحشی به ترتیب سهم کمتری از زی توده دارند. همچنین مقدار اندوخته کربن روی زمینی گونه دارمازو و ویول در این قطعه به ترتیب ۱۲/۰۵ و ۱۰/۰۸ است (شکل ۵).

اطلاعات جمع‌آوری شده پس از ساماندهی در نرم‌افزار اکسل ذخیره و نمودارهای مورد نظر ترسیم شد. تجزیه و تحلیل آماری در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام گرفت. به منظور بررسی اطلاعات برداشت شده، ابتدا تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. برای مقایسه زی توده و اندوخته کربن توده‌ها (دو قطعه نمونه) از آزمون تی مستقل استفاده شد.

نتایج

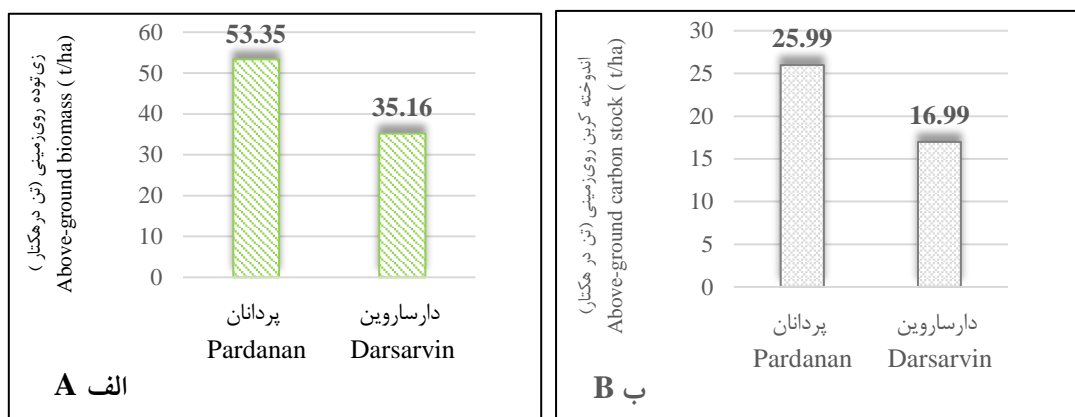
نتایج توصیفی قطعات نمونه

در قطعه نمونه دارساروین سردشت ۲۷۷ پایه در هکتار برداشت شد که شامل چهار گونه درختی بلوط دارمازو (*Quercus infectoria* Oliv.) با تراکم ۲۰/۸ درصد، بلوط ویول (*Quercus libani* Oliv.) با تراکم ۹/۳ درصد، بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) با تراکم ۱/۸ درصد و زالزالک (*Crataegus* spp.) با تراکم ۶۸ درصد است. از پایه‌های فوق ۲۱۲ پایه دانه‌زاد و ۶۵ پایه شاخه‌زاد هستند. در قطعه نمونه پردانان پیرانشهر، ۷۴۷ پایه جست گروه در هکتار ثبت شد که شامل چهار گونه درختی بلوط دارمازو (*Quercus Infectoria*) با تراکم ۴۰/۸۸ درصد، بلوط ویول (*Quercus libani*) با تراکم ۳۲/۷۱ درصد، گلابی وحشی (*Pyrus glabra*) با تراکم ۰/۴ درصد و زالزالک (*Crataegus* spp.) با تراکم ۲۶/۰۱ درصد

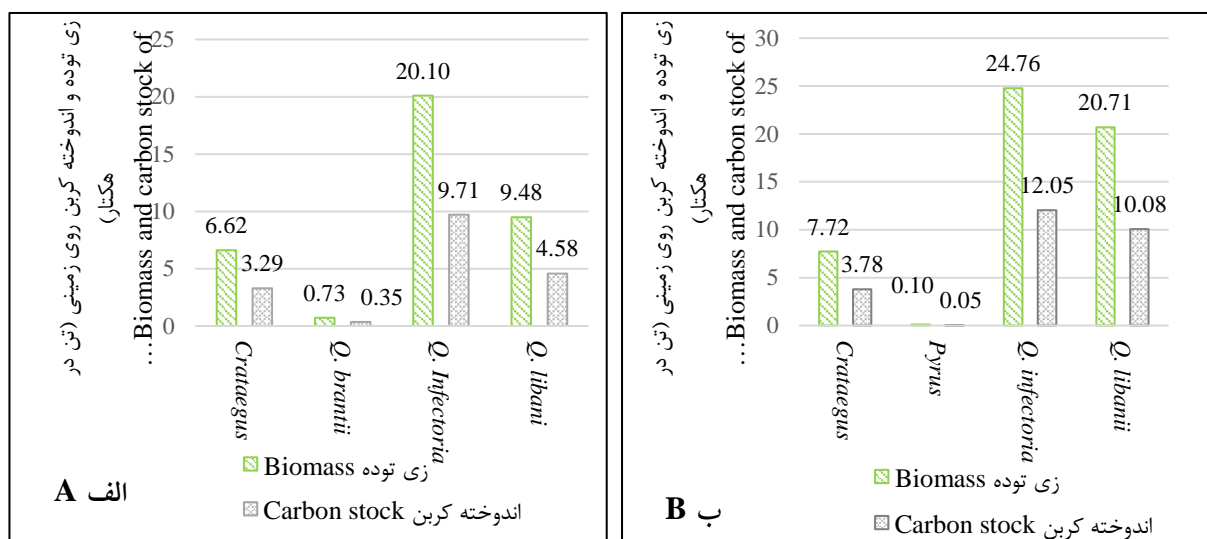
جدول ۲- ترکیب گونه‌ای در توده‌های بررسی شده

Table 2. Species composition in the investigated stands

مجموع Total	گونه Species					متغیر Variable	پردانان Pardaman
	زالزالک <i>Crataegus</i> spp.	گلابی <i>Pirus glabra</i>	برودار <i>Quercus brantii</i>	ویول <i>Quercus libani</i>	مازودار <i>Quercus infectoria</i>		
747	194	3	0	244	306	تراکم در هکتار Density per hectare	
100	26.01	0.4	0	32.71	40.88	درصد Percent	
277	200	0	4	26	57	تراکم در هکتار Density per hectare	دارساروین Darsarvin
100	68	0	1.8	9.3	۲۰.۸	درصد Percent	



شکل ۴- (الف) مقایسه مقدار زی توده روی زمینی؛ (ب) اندوخته کربن روی زمینی در توده های پردانان و دارساروین
 Figure 4. (A) Comparison of the amount of above-ground biomass and (B) above-ground carbon stock on the Pardanan and Darsarvin stands



شکل ۵- مقایسه مقدار زی توده و اندوخته کربن روی زمینی گونه های مختلف در توده های دارساروین (الف) و پردانان (ب)
 Figure 5. Comparison of above-ground biomass and carbon stock of different species in Darsarvin (A) and Pardanan (B) stands

زی توده) لاشریزه در قطعه نمونه پردانان نشان داد که وزن خشک لاشریزه بزرگ و کوچک در این قطعه نمونه به ترتیب ۱/۳۲ و ۷/۵۱ تن در هکتار است. وزن خشک لاشریزه بزرگ و کوچک در قطعه نمونه دارساروین نیز به ترتیب ۰/۵۷ و ۵/۶۵ تن در هکتار به دست آمد. از نظر اندوخته کربن لاشریزه نیز مقدار اندوخته کربن لاشریزه بزرگ و کوچک در قطعه نمونه پردانان به ترتیب ۰/۶۶ و ۳/۷۵ تن در هکتار است. اندوخته کربن لاشریزه بزرگ و کوچک در قطعه نمونه دارساروین نیز به ترتیب ۰/۲۳ و ۲/۸۳ تن در هکتار به

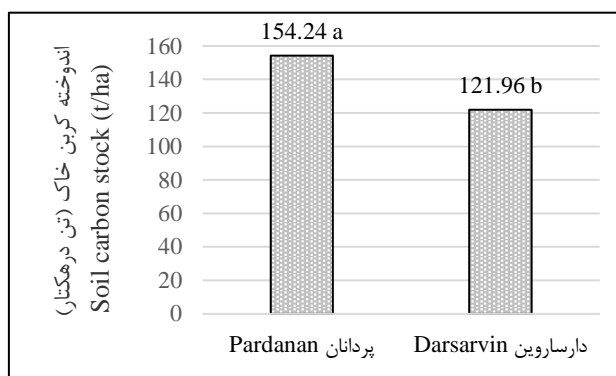
اندوخته کربن خاک

مقایسه میانگین اندوخته کربن خاک بین قطعات نمونه پردانان و دارساروین نشان داد که میانگین اندوخته کربن آلی خاک در قطعه نمونه پردانان ۱۵۴/۲۴ و در قطعه نمونه دارساروین ۱۲۱/۹۶ تن در هکتار است (شکل ۶). این اختلاف از نظر آماری تفاوت معنی داری را در سطح احتمال ۹۵ درصد نشان داد.

زی توده و اندوخته کربن لاشریزه

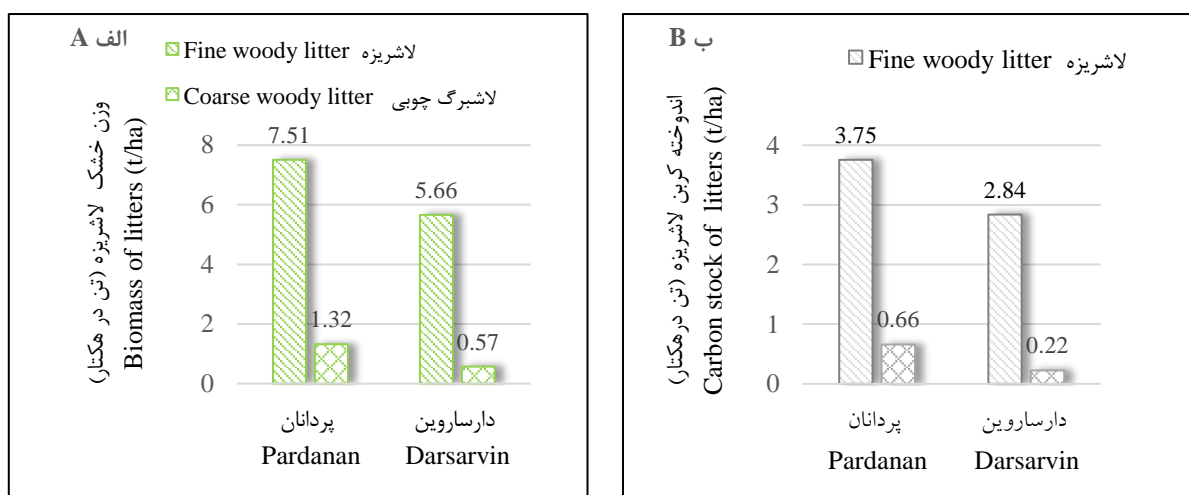
نتایج حاصل از اندازه گیری مقدار وزن خشک

دست آمد (شکل ۷). مقدار اندوخته کربن لاشریزه کل بین دو قطعه نمونه پردانان و دارساروین از نظر آماری در سطح احتمال ۹۵ درصد تفاوت معنی داری را نشان داد (جدول ۳).



شکل ۶- مقایسه مقدار اندوخته کربن خاک در توده های پردانان و دارساروین

Figure 6. Comparison of the amount of soil carbon stock on the Pardanan and Darsarvin stands



شکل ۷- مقایسه وزن خشک (الف) و ذخیره کربن (ب) لاشریزه بزرگ و کوچک در توده های پردانان و دارساروین

Figure 7. Comparison of biomass and carbon stock of Coarse Woody Litters and Fine Woody Litters on the Pardanan and Darsarvin stands

جدول ۳- آزمون تی مستقل وزن خشک زی توده و اندوخته کربن لاشریزه بزرگ و کوچک در دو قطعه نمونه بررسی شده

Table 3. T-test of the biomass and carbon stock of fine woody litter and coarse woody litter in the investigated stands

sig.	درجه آزادی	آماره t	
0.041*	18	-2.195	وزن خشک لاشریزه بزرگ Dry weight of coarse woody litter
0.031*	18	-2.291	وزن خشک لاشریزه کوچک Dry weight of fine woody litter
0.018*	18	-2.512	ذخیره کربن لاشریزه بزرگ Carbon stock of coarse woody litter
0.026*	18	-2.435	ذخیره کربن لاشریزه کوچک Carbon stock of fine woody litter

قطعه نمونه) میانگین کربن آلی لاشریزه بزرگ (۶/۳۸ درصد) و کمتر از لاشریزه کوچک (۹۳/۶۲ درصد)

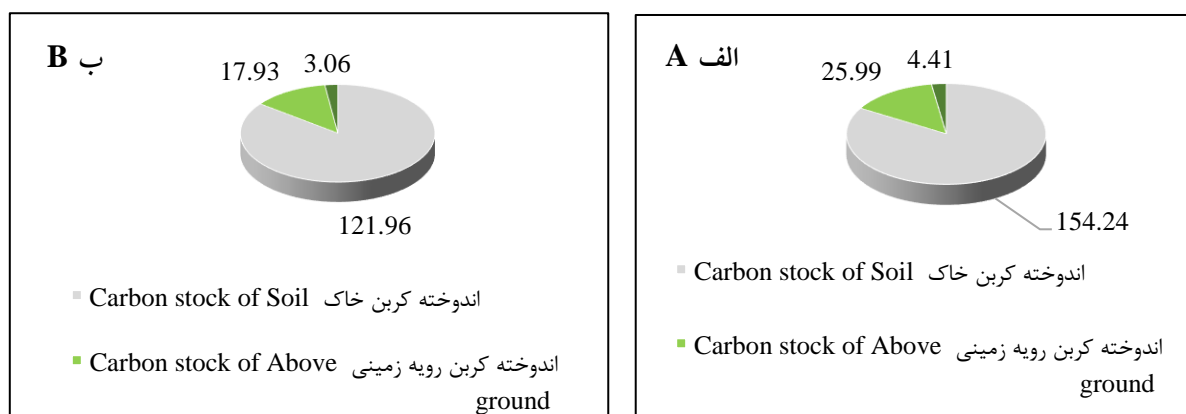
مقایسه درصد کربن آلی لاشریزه بین لاشریزه بزرگ و کوچک نشان داد که در مجموع (میانگین دو

سهام اندوخته کربن مربوط به خاک و پس از آن اندوخته کربن روی زمینی گونه‌های درختی و درختچه‌ای است. سهم اندوخته کربن لاشریزه در قطعه نمونه پردانان ۲/۳۹ درصد و در قطعه نمونه دارساروین ۲/۱۴ درصد از کل اندوخته کربن است (شکل ۸).

است. تفاوت موجود بین این دو نوع از لاشریزه از نظر آماری در هر دو قطعه نمونه معنی دار است.

سهم اندوخته کربن قسمت‌های مختلف

مقایسه سهم اندوخته کربن در قسمت‌های مختلف در توده‌های پردانان و دارساروین نشان داد که بیشترین



شکل ۸- سهم اندوخته کربن قسمت‌های مختلف در توده‌های (الف) پردانان؛ (ب) دارساروین

Figure 8. The contribution of carbon stock of different parts in the stands of (A) Pardanan and (B) Darsarvin

کمترا بودن تراکم و موجودی حجمی توده درختان در دارساروین را می‌توان در این زمینه مؤثر دانست. (Pato et al., 2017) در زاگرس شمالی و منطقه سردشت نشان داده است که مقدار ترسیب کربن در توده‌های حفاظت‌شده از توده‌های تحت بهره‌برداری بیشتر است. تراکم بیشتر درختان در توده کمتر دخالت‌شده سبب بازگشت باقی‌مانده گیاهی (شاخ‌وبرگ و لاشبرگ) بیشتر به خاک شده و در ادامه مواد آلی بیشتری به خاک جنگل بازگشت داده می‌شود (Laik et al., 2009)، این موضوع نیز در پژوهش پیش رو رد شد، چراکه توده کاملاً تخریب‌شده پردانان علی‌رغم سطح مقطع کمتر در جست اصلی (بلندترین جست) نسبت به توده دارساروین، به دلیل تعداد زیاد جست‌های جانبی و انبوهی شاخه‌ها در طول چند دهه، تراکم و تاج‌پوشش بیشتری پیدا کرده است. نتایج این تحقیق نشان داد که مقدار زی‌توده روی زمینی در قطعه نمونه پردانان (۵۳/۳۵ تن در هکتار) بیشتر از قطعه نمونه دارساروین (۳۶/۹۳ تن در هکتار) است. براساس نتایج موجودی حجمی، شرایط

بحث

یافته‌های پژوهش نشان داد که مقدار متوسط اندوخته کربن در توده کاملاً شاخه‌زاد پردانان بیشتر از توده دانه و شاخه‌زاد دارساروین است. نتایج کلی پژوهش بیانگر این موضوع است که دو توده با شرایط رویشگاهی، تنوع و تراکم پوشش گیاهی متفاوت در اندوخته کربن اکوسیستم جنگلی تفاوت نشان داده‌اند و بر همین مبنا تفاوت حدود ۴۱ تن در هکتار اندوخته کربن کل در قطعه نمونه پردانان (۱۸۴/۶۴ تن در هکتار) نسبت به قطعه نمونه دارساروین (۱۴۲/۹۶ تن در هکتار) مشاهده شد. این موضوع ممکن است به دلیل افزایش تراکم و تاج‌پوشش پایه‌های شاخه‌زاد در توده پردانان باشد. در شرایط قرق، تراکم درختان و درختچه‌های توده بیشتر است و به دلیل مصون بودن نسبی توده جنگلی از تخریب، شرایط برای بهبود کربن آلی خاک و پیرو آن اندوخته کربن فراهم‌تر خواهد بود؛ ولی در این پژوهش با اینکه توده دارساروین قرق است، نتایج پژوهش با یافته‌های (Eskandari Shahraki et al., 2016) همخوانی ندارد.

زی توده و اندوخته کربن فرم‌های مختلف گونه برودار در توده جنگلی بلوط دهدز متوسط زی توده روی زمینی در توده جنگلی تحت بررسی برای فرم رویشی تک‌پایه را ۱۸/۲ و برای فرم جست‌گروه ۹/۳ تن در هکتار برآورد کردند که بسیار کمتر از نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش است.

تحقیقات مختلف نشان داده‌اند که مقدار کربن آلی خاک در شرایط پوشش‌های درختی متراکم، بیشتر است که این موضوع نشان‌دهنده پتانسیل زیاد ذخیره کربن توسط پوشش گیاهی است. ترسیب کربن خاک بخش مهمی از ترسیب کربن در اکوسیستم خشکی است، نتایج به‌دست‌آمده از مقدار اندوخته کربن خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متری در قطعه نمونه پردانان و دارساروین به ترتیب ۱۵۴/۲۴ و ۱۲۱/۹۶ تن در هکتار به‌دست آمد.

موجودی کربن لاشریزه بزرگ و کوچک در قطعه نمونه پردانان (۴/۴۱ تن در هکتار) حدود ۱۸ درصد بیشتر از قطعه نمونه دارساروین (۳/۰۶ تن در هکتار) است. Khademi et al. (2009) متوسط لاشریزه موجود در جنگل‌های شاخه‌زاد گونه بلوط اوری در منطقه اندبیل خلخال را ۱۳۱۲ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند. تخریب شدید رویشگاه، چرای بی‌رویه دام و استفاده از برگ درختان بلوط برای گوسفندان، کم بودن تراکم درختان در منطقه و انواع فرسایش از مهم‌ترین دلایل ضعف لایه لاشریزه در منطقه تحت بررسی بیان شده است. Askari et al. (2021) نیز متوسط ذخیره کربن لاشریزه را در قطعات نمونه مورد بررسی در جنگل‌های بلوط استان کهگیلویه و بویراحمد ۰/۷۳ تن در هکتار گزارش کردند که کمتر از نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش برای دو توده پردانان و دارساروین است. در تحقیق حاضر نسبت لاشریزه چوبی به کل لاشریزه در قطعه نمونه پردانان حدود ۱۵ درصد و در قطعه نمونه دارساروین حدود ۹ درصد است. یکی از دلایل کمتر بودن آن از میانگین جهانی را می‌توان جمع‌آوری چوب‌های هیز می توسط روستاییان و جنگل‌نشینان ذکر کرد.

رویشگاهی و اثرات تاج‌پوشش بر مقدار اندوخته کربن خاک یا مقادیر کربن زی توده تأثیر گذاشته‌اند. Li et al. (2019) نیز اثر مثبت تنوع پوشش گیاهی را بر ذخیره کربن اثبات کردند. Behera et al. (2017) نیز ویژگی‌های ساختاری و گونه‌های غالب درختی را مهم‌ترین عوامل در تعیین مقدار زی توده و ذخیره‌سازی کربن می‌دانند. آنها تراکم، قطر برابر سینه و ارتفاع درختان را اصلی‌ترین پارامترها در مقدار تولید زی توده و اندوخته کربن توده جنگلی بیان کردند. میانگین پارامترهای کمی درختان در قطعه نمونه پردانان کمتر از قطعه نمونه دارساروین است، اما به دلیل اینکه تراکم درختان در این قطعه نمونه (۷۴۷ پایه) به مراتب بیشتر از قطعه نمونه دارساروین (۲۷۷ پایه) است، مقدار اندوخته کربن در قطعه نمونه پردانان حدود ۴۱ تن در هکتار بیشتر از قطعه نمونه دارساروین به‌دست آمد. Mahmoudi Taleghani et al. (2007) در برآورد ترسیب کربن جنگل‌های تحت مدیریت در شمال کشور، حجم در هکتار جنگل، تنوع در ترکیب و آمیختگی گونه‌ها را از عوامل مؤثر بر ترسیب کربن دانستند. Kirby (2007) نیز مقدار زی توده جنگل‌های مدیریت‌شده را دوبرابر جنگل‌های با شرایط مدیریت سنتی گزارش کرد. تحقیق Pato et al. (2017) نیز نشان داد که تعداد در هکتار، آمیختگی و تیپ جنگل، رابطه مستقیمی با زی توده جنگل دارد و به افزایش ذخیره کربن خاک کمک می‌کند.

Askari et al. (2021) در بررسی و مقایسه ذخیره کربن در رویشگاه‌های مختلف جنگلی استان کهگیلویه و بویراحمد که گونه غالب آن را بلوط ایرانی تشکیل می‌دهد، اندوخته کربن در این رویشگاه‌ها را از ۱۲۶ تا ۱۴۶ تن در هکتار گزارش کردند که بیشترین مقدار مربوط به منطقه جنگلی قرق بوده است که با نتایج تحقیق حاضر در منطقه سردشت مطابقت دارد، ولی با اندوخته کربن توده پردانان پیرانشهر که از تنوع و تراکم پوشش گیاهی بهتری برخوردار است تناقض دارد. Alinejadi et al. (2016) نیز در برآورد مقدار

و جمع‌آوری لاشریزه‌ها، نرخ حفاظت در این توده‌های تخریب‌یافته افزایش یابد و مدیریت قرق اعمال شود.

سپاسگزاری

این پژوهش با استفاده از اعتبارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور و همکاری مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی انجام گرفته است که بدین‌وسیله از مسئولان محترم سپاسگزاری می‌شود.

در نهایت نتایج کلی این پژوهش بیانگر این موضوع است که تأثیر شرایط رویشگاهی، تنوع و تراکم پوشش گیاهی در اندوخته کربن اکوسیستم جنگلی بسیار حائز اهمیت است و بر همین مبنا تفاوت حدود ۴۱ تن در هکتار اندوخته کربن کل در دو قطعه نمونه مدنظر مشاهده شد. براساس نتایج این پژوهش، برای مدیریت پایدار توده‌های جنگلی شاخه‌زاد و دانه و شاخه‌زاد در استان آذربایجان غربی، پیشنهاد می‌شود به‌منظور افزایش ذخیره کربن روی‌زمینی، خاک و لاشریزه‌ها، با توجه به تأثیر تاج‌پوشش درختی و حذف

References

- Alinejadi, S., Basiri, R., Tahmasebi Kohyani, P., Askari, Y., & Moradi, M. (2016). Estimation of biomass and carbon sequestration in various forms of *Quercus brantii* Lindl. stands in Balout Boland, Dehdez. *Iranian Journal of Forest*, 8(2), 129-139. (In persian)
- Allen, S.E., Grimshaw, H.M., & Rowland, A.P. (1986). Chemical analysis: 285-344. In: Moore, P.D. and Chapman, S.B. (Eds.). *Method in Plant Ecology*. Blackwell Scientific Press, Oxford, London.
- Askari, Y., Iranmanesh, Y., & Pourhashemi, M. (2021). The economic value and comparison of carbon storage in different forest areas in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad province. *Iranian Journal of Forest*, 13(2), 169-182. [https:// doi: 10.22034/ijf.2021.276293.1767](https://doi.org/10.22034/ijf.2021.276293.1767). (In persian)
- Barnes, B.V., Zak, D.R., Denton, S.R., & Spurr, S.H. (1997). *Forest ecology*, 4th Edition. John Wiley and Sons, 774p.
- Behera, S., Sahu, K.N., Mishra, A.K., Bargali, S.S., Behera, M.D., & Tuli, R. (2017). Aboveground biomass and carbon stock assessment in Indian tropical deciduous forest and relationship with stand structural attributes. *Ecological Engineering*, 99, 513-524. [https:// doi:10.1016/j.ecoleng.2016.11.046](https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.11.046)
- Bigler, C., & Veblen, T.T. (2011). Changes in litter and dead wood loads following tree death beneath subalpine conifer species in northern Colorado. *Canadian Journal of Forest Research*, 41, 331-340.
- Clark, D.A., Brown, S., Kicklighter, D.W., Chambers, J.Q., Tomlison, J.R., & Ni, J. (2001). Measuring net primary production in forests: concepts and field methods. *Ecological Applications*, 11, 356-370.
- Daba, D.E., Dullo, B.W., & Soromessa, T. (2022). Effect of forest management on carbon stock of tropical moist afro-montane forest. *International Journal of Forestry Research*, 1, 1-14. <https://doi.org/10.1155/2022/3691638>
- Eskandari Shahraki, A., Kiani, B., & Iranmanesh, Y. (2016). Effects of different landuse types on soil organic carbon storage. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 24(3), 379-389. (In persian). [https://doi: 10.22092/ijfpr.2016.107354](https://doi.org/10.22092/ijfpr.2016.107354)
- FAO (2020). *Global Forest Resources Assessment 2020 – Key findings*. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca8753en>.
- Giweta, M. (2020). Role of litter production and its decomposition, and factors affecting the processes in a tropical forest ecosystem: a review. *Journal of Ecology and Environment*, 44(11), 1-9. <https://doi.org/10.1186/s41610-020-0151-2>.
- 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](https://doi.org/10.22092/ijfpr.2021.355511.2013). (In persian)

Henareh Khalyani, J., Namiranian, M., Heshmatolvaezin, S.M., & Fegghi, 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](https://doi.org/10.1007/s11676-013-0399-9)

Husch, B., Beers, T.W., & Kershaw, J.A. (2003). Forest mensuration. 4th Edition. *John Wiley and Sons Inc*, 443p.

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

Iranmanesh, Y. (2013). Assessment on biomass estimation methods and carbon sequestration of *Quercus brantii* Lindl. in Chaharmahal & Bakhtiari forests. Ph.D Thesis. *University of Tarbiat Modares*, 106p. (In persian)

Iranmanesh, Y., Sagheb Talebi, K., Sohrabi, H., Jalali, S. G., Hosseini, S. M. (2014). Biomass and carbon Stocks of Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.) in two vegetation forms in Lordegan, Chaharmahal & Bakhtiari Forests. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 22(4), 749-762. [https://doi: 10.22092/ijfpr.2014.13197](https://doi.org/10.22092/ijfpr.2014.13197). (In persian)

Iranmanesh, Y., Pourhashemi, M., Jahanbazi, H., Bordbar, K., Askari, Y., Henareh Khalyani, J., Najafifar, A., Hosseini, A., Heidari, M., Fani, B., Derik, A., Jahan Pour, F., Zar Afshar, M., Negahdar Saber, M.R., Safari, H., Parvizi, Y., Dargahian, F., Jaafari, A., Ali Mahmoodi Sarab, S., & Ghasempour, S. (2023). An analysis of carbon storage status in Zagros forest habitats. *Iran Nature*, 8(2), 15-20. [https://doi: 10.22092/irn.2023.129210](https://doi.org/10.22092/irn.2023.129210). (In persian)

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.

Khademi, A., Babaei, S., & Mataji, A. (2009). Investigation on the amount of biomass and its relationship with physiographic and edaphic factors in oak coppice stand (Case study Khalkhal, Iran). *Iranian Journal of Forest*, 1(1), 57-67.

Kirby, R. (2007). Variation in carbon storage among tree species; implications for the management of a small-scale carbon sink project, *Forest Ecology and Management*, 247, 84-92.

Lafleur, B., Fenton, N.J., Simard, M., Leduc, A., Paré, D., Valeria, O., & Bergeron, Y. (2018). Ecosystem management in paludified boreal forests: enhancing wood production, biodiversity, and carbon sequestration at the landscape level. *For Ecosystems*, 27(5), 1-14. <https://doi.org/10.1186/s40663-018-0145-z>.

Laik, R., Kumar, K., Das, D., & Chaturvedi, O. (2009). Labile soil organic matter pools in a calciorthent after 18 years of afforestation by different plantations. *Applied Soil Ecology*, 42(2), 71-78.

Lal, R. (2003). Global potential of soil carbon sequestration to mitigate the greenhouse effect. *Critical Review in Plant Sciences*, 22(2), 151-184.

Lee, J., Yoon, T.K., Han, S., Kim, S., Yi, M.J., Park, G.S., Kim, C., Son, Y.M., Kim, R., & Son, Y. (2014). Estimating the carbon dynamics of South Korean forests from 1954 to 2012. *Biogeosciences*, 11, 4637-4650. <https://doi.org/10.5194/bg-11-4637-2014>, 2014.

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>.

MacDicken, K.G. (1997). A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Projects. Winrock International Institute for Agricultural Development, Forest Carbon Monitoring Program. 87p.

Mahmoudi Taleghani, E., Zahedi Amiri, G., Adeli, E., & Sagheb-Talebi, K. (2007). Assessment of carbon sequestration in soil layers of managed forest. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 15(3), 252-241. (In persian)

Niklas, K.J., & Enquist, B.J. (2003). An allometric model for seed plant reproduction. *Evolutionary Ecology Research*, 5, 79–88.

Pajtik, J., Konopka, B., & Lukac, M. (2008). Biomass functions and expansion factors in young Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst) trees. *Forest Ecology and Management*, 256, 1096 - 1103.

Palosuo, T. (2008). Soil carbon modelling as a tool for carbon balance studies in forestry. Department of Forest Ecology Faculty of Agriculture and Forestry University of Helsinki, Dissertations Forestales. 61-60 p.

Pan, Y., Birdsey, R.A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P.E., Kurz, W.A., Phillips, O.L., Shvidenko, A., Lewis, S.L., Canadell, J.G., Ciais, P., Jackson, R.B., Pacala, S., McGuire, A.D., Piao, S., Rautiainen, A., Sitch, S., & Hayes, D. (2011). A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*, 333(6045), 988 –993. <https://doi.org/10.1126/science.1201609>.

Panahi, P., Pourhashemi M., & Hassani Nejad, M. (2011). 'Estimation of leaf biomass and leaf carbon sequestration of *Pistacia atlantica* in National Botanical Garden of Iran. *Iranian Journal of Forest*, 3(1), 1-12. (In persian)

Pato, M., Salehi, A., Zahedi G., & Banj, S.A. (2017). The economic value of carbon storage functions in different land uses of northern Zagros forests. *Forest Research and Development*, 2(4), 367-377. (In persian)

Pedersen, L.B., & Bille-Hansen, J. (1999). A comparison of litterfall and element fluxes in even aged Norway spruce, Sitka spruce and beech stands in Denmark. *Forest Ecology and Management*, 114(1), 55-70.

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.org/10.1007/978-90-481-9622-7_7.

Saeidi, M., Hojjati, S., & Fallah, A. (2023). Variations of soil carbon storage according to age in reforested stands of *Acer velutinum* Boiss. (case study: Neka-Zhalmroud forests). *Iranian Journal of Forest*, 15(4), 293-311. <https://doi.org/10.22034/ijf.2023.357277.1885>. (In persian)

Shabani, S., Vahedi, A., Ahmadi, A., & Faramarzi, H. (2023). Modeling changes in soil carbon stock concerning the soil beneath dead tree, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 31(1), 41-56. <https://doi.org/10.22092/ijfpr.2023.361666.2094>. (In persian)

Sohrabi, H., & Shirvani, A. (2012). Allometric equations for estimating standing biomass of Atlantic Pistache (*Pistacia atlantica* var. *mutica*) in Khojir National Park. *Iranian Journal of Forest*, 4(1), 55-64. (In persian)

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>.

Zhu, Y., Feng, Z., Lu, J., & Liu, J. (2020). Estimation of forest biomass in Beijing (China) using multisource remote sensing and forest inventory data. *Forests*, 11, 163. <https://doi.org/10.3390/f11020163>.



Comparison of the effect of two different oak (*Quercus infectoria* Oliv.) stands on carbon stocks of above ground, soil and litter in the forests of West Azerbaijan (case study: Piranshahr and Sardasht)

J. Henareh^{1*}, Y. Iranmanesh², M. Pourhashemi³, and S. Ghasempour⁴

¹Assistant Prof., Forests and Rangelands Research Dept. West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Urmia, I.R. Iran.

²Associate Prof., Natural Resources Dept. Chaharmahl-Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Shahrkord, I.R. Iran.

³Prof., Forest Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agriculture, Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

⁴Research Expert, Forests and Rangelands Research Dept. West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Urmia, Iran.

(Received: 26 November 2023; Accepted: 11 February 2024)

Abstract

Introduction: Forests are one of the most important carbon sinks in the world and play an important role in mitigating climate change. The Zagros forests due to the coverage of oak and other species stands provide a wide range of important and key environmental functions, including carbon sequestration and storage. In this research, the carbon storage in the forest above-ground, litter and soil of two one-hectare sample plots in two stands with different conditions, including Darsarvin Sardasht (30% canopy cover, coppice with standard) and Piranshahr Pardanan (90% canopy cover and all of trees were of coppice), in the Zagros forests of West Azarbaijan Province was compared.

Material and Methods: After expert investigations and forest survey, a square sample plot of one hectare (dimensions 100 x 100 meters), using 100% inventory the research was carried out. To calculate above-ground carbon stock, the variables of average crown diameter, diameter at breast height, total height, trunk height, crown height, collar diameter, crown starting diameter and crown density were measured and recorded for all the trees in the sample plot. In order to estimate the biomass and carbon storage, the allometric equations of oak were used for single-stem and coppice trees. Furthermore, five soil samples were systematically taken from a depth of 0-30 cm in each sample plot. Ten microplots of 0.5 square meters were also randomly and regularly measured in each sample plot. Then, the litter in them was separated into Coarse Woody Litters and Fine Woody Litters, and their dry weight and carbon content were measured. In order to measure the percentage of organic carbon in litter and plant samples, the method of combustion in an electric furnace was used. Soil organic carbon was measured by Black-Walkley method and soil Bulk density was determined by Clod Method.

Results: In the Darsarvin sample plot, Sardasht, 277 trees per hectare were recorded, of which 212 trees were seed-origin and 65 trees were coppice-origin. In the Pardanan sample plot, Piranshahr, 747 trees were recorded per hectare, and all the them in this sample plot are coppice-origin. The biomass and carbon stock of the trees in the sample plots were determined. The amount of above-ground biomass of trees in Pardanan and Darsarvin sample plots was calculated as 53.35 and 36.93 tons per hectare, respectively. Also, the amount of above-ground carbon stock was obtained in Pardanan and Darsarvin plots, 25.99 and 17.93 tons per hectare, respectively. The comparison of soil carbon stock between the Pardanan and Darsarvin sample plots showed that the average soil organic carbon stock in the Pardanan sample plot is 154.24 and in the Darsarvin sample plot is 121.96 tons per hectare. In terms of litter carbon stock, the amount of Coarse Woody Litters and Fine Woody Litters carbon stock in Pardanan sample plot is 0.66 and 3.75 tons per hectare, respectively. Coarse Woody Litters and Fine Woody Litters carbon stock in the Darsarvin sample plot was 0.23 and 2.83 tons per hectare, respectively.

Conclusion: The results show that the effect of stands conditions, diversity and density of vegetation canopy cover and forest management is very important in the carbon stock of the forest ecosystem, and on this basis, the difference of about 41 tons per hectare of the total carbon stock in the Pardanan sample plot (184.64 tons per hectare) compared to the Darsarvin sample plot (142.96 tons per hectare) was observed in this study. Based on the results of this research, it is suggested to prevent the cutting and collection of litter and branches, in order to increase the storage of carbon stock of above ground, soil and litter.

Keywords: Allometry, Biomass, Carbon sink, Litter, West Azerbaijan.