

Investigating the biomass and carbon stock of the tree layer in the Marivan forests (Case study: Garan and Dolah Naw forest stands)

Maziar Haidari^{1*}, Yaghoub Iranmanesh² and Mehdi Pourhashemi³

1* - Corresponding Author, Assistant Professor, Forests and Rangelands Research Department, Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sanandaj, Iran, E-mail: m.haidari@areeo.ac.ir

2-Associate Professor, Forests and Rangelands Research Department, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahrekord, Iran

3- Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: 09.10.2023

Accepted: 27.12.2023

Abstract

Background and objectives: The Zagros forests vegetation area, with an area of more than 5 million hectares and providing more than 40% of the country's water, is ecologically very important. The forest covers 256,000 hectares of Kurdistan province (8.8% of the province) and makes a significant contribution to carbon sequestration. Atmospheric carbon dioxide has increased significantly in recent decades. In reducing atmospheric carbon dioxide, vegetation and the soil beneath it play a very important role. The aerial parts of trees (the ground layer) contribute greatly to biomass production and carbon sequestration. The purpose of this research was to investigate the carbon sequestration of the tree layer in two sample plots: Garan (Gargh and protected stands) and Dolah Naw (typical forests of the province).

Methodology: In order to carry out this research, two samples from Garan and Dolah Naw in Marivan County were selected. In each region, a square sample plot of one hectare was established, and with 100% statistical inventory, quantitative characteristics, including tree species, breast diameter, tree height, crown height, and crown area, were recorded. In both sample plots, the trunks and top branches of the trees were sampled, and for this purpose, three trees were selected for each species in each plot. Samples were taken from the trunk, main branches, and secondary branches of the trees. In the laboratory, the wet weight, dry weight, and carbon percentage of wood samples were calculated by burning the dried samples in an electric furnace. Then, the above-ground biomass of trees was calculated using allometric equations, and finally, the carbon stock of all trees was estimated. The quantitative parameters and the average of the above-ground biomass and carbon stock were compared. An independent t-test was used to compare quantitative parameters and carbon storage in the two sample plots of Garan and Dolah Naw.

Results: The findings of the research showed that the amount of biomass on the ground in Dolah Naw and Garan sample plots was 45.3 and 41.4 tons per hectare, respectively. In the Dolah Naw sample plot, two species, *Quercus brantii* and *Q. infectoria*, with a total of 24.68 tons per hectare, accounted for 54.5% of the biomass of the tree layer. The carbon stock of the tree layer in Dolah Naw and Garan samples was calculated as 22.4 and 20.3 tons per hectare, respectively, and the results of the independent t-test showed a significant difference between the quantitative characteristics of diameter at breast height, total height, tree crown area,

biomass, and carbon storage in the two sample plots. The contribution of the *Q. infectoria* species to carbon sequestration in Dolah Naw and Garan samples was 6.48 and 9.13 tons per hectare, respectively. On the other hand, the averages of quantitative characteristics, including tree height (3.7 meters), diameter at breast height (15.79 cm), and crown area (6.77 square meters), in the Dolah Naw sample plot were greater than those in the Garan sample plot.

Conclusion: The general results showed that the carbon storage of Dolah Naw stands (wood biomass with slightly higher forest characteristics) was greater than that of Garan forest. To optimally manage these forests and increase carbon dioxide storage, it is essential to manage and control the factors of forest destruction (such as the development of agriculture under the forest canopy, intensive grazing, excess livestock capacity, fire management and control, coal mining, and other factors) and take action in degraded areas to promote reforestation and afforestation using native species (*Quercus brantii*, *Quercus infectoria*, *Quercus libani*, and *Pistacia atlantica*) in the destroyed stands

Keywords: Above-ground biomass, allometric equation, *Quercus infectoria*, tree layer.

بررسی ذخیره کربن لایه درختی در جنگل‌های شهرستان مریوان (مطالعه موردی: رویشگاه‌های گاران و دوله‌ناو)مازیار حیدری^{۱*}، یعقوب ایرانمنش^۲ و مهدی پورهاشمی^۳

*^۱ - نویسنده مسئول، استادیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران، پست الکترونیک: m.haidari@areeo.ac.ir

^۲ - دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران

^۳ - استاد پژوهش، بخش تحقیقات جنگل، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۰۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۱۷

چکیده

سابقه و هدف: جنگل‌های ناحیه رویشی زاگرس با مساحتی بیش از ۵ میلیون هکتار و تأمین بیش از ۴۰ درصد آب کشور، از نظر اکولوژیکی دارای اهمیت بالایی هستند. ۲۵۶ هزار هکتار از سطح استان کردستان را جنگل (۸/۸ درصد استان) پوشش داده است و سهم چشمگیری از ترسیب کربن استان را به خود اختصاص می‌دهد. دی‌اکسیدکربن اتمسفر در دهه‌های اخیر افزایش قابل توجهی داشته است. زی‌توده گیاهی و خاک تحت آن، در کاهش دی‌اکسیدکربن جو، نقش بسیار مهمی دارند. اندام‌های هوایی درختان (لایه روی زمینی) سهم زیادی را در تولید زی‌توده و ذخیره کربن دارد. هدف از این پژوهش، بررسی ذخیره کربن لایه درختی در دو منطقه گاران (توده قرق و حفاظت‌شده) و دوله‌ناو (تیبیک جنگل‌های استان) بود.

مواد و روش‌ها: برای اجرای این پژوهش، دو قطعه‌نمونه گاران و دوله‌ناو در شهرستان مریوان انتخاب شدند. در هر منطقه، یک قطعه‌نمونه مربعی شکل یک هکتاری پیاده شد و با روش آماربرداری صددرصد، مشخصه‌های کمی شامل گونه درختی، قطر برابر سینه، قطر یقه، ارتفاع کل درخت، ارتفاع تاج، قطر بزرگ تاج و قطر عمود بر آن اندازه‌گیری گردید. در هر دو قطعه‌نمونه از تنه و سرشاخه درختان نمونه‌برداری شد و برای این منظور، برای هر گونه درختی در هر قطعه‌نمونه سه درخت انتخاب و از تنه، سرشاخه‌های اصلی و فرعی درختان نمونه‌گیری شد. در آزمایشگاه وزن تر، وزن خشک و درصد کربن نمونه‌های چوب به روش سوزاندن نمونه‌های خشک‌شده در کوره الکتریکی محاسبه شد. سپس، زی‌توده روی زمینی درختان با استفاده معادلات آلومتریکی محاسبه و در نهایت اندوخته کربن تمام درختان برآورد شد و پارامترهای کمی و میانگین زی‌توده روی زمینی و ذخیره کربن مقایسه شدند. از آزمون تی مستقل برای مقایسه پارامترهای کمی و ذخیره کربن در دو قطعه‌نمونه گاران و دوله‌ناو استفاده شد.

نتایج و یافته‌ها: یافته‌های پژوهش نشان داد، مقدار زی‌توده روی زمینی در قطعه‌نمونه دوله‌ناو و گاران به ترتیب ۴۵/۳ و ۴۱/۴ تن در هکتار بود. در قطعه‌نمونه دوله‌ناو، دو گونه برودار و مازودار با مجموع ۲۴/۶۸ تن در هکتار، ۵۴/۵ درصد زی‌توده روی زمینی را به خود اختصاص داده بودند. اندوخته کربن روی زمینی در قطعه‌نمونه‌های دوله‌ناو و گاران به ترتیب ۲۲/۴ و ۲۰/۳ تن در هکتار محاسبه شد. نتایج آزمون تی مستقل نشان داد، بین مشخصه‌های کمی قطر برابر سینه، ارتفاع کل، سطح تاج درختان، زیر توده روی زمینی و ذخیره کربن در دو قطعه‌نمونه اختلاف معنی‌دار وجود داشت. از سویی، سهم گونه مازودار از ترسیب کربن در قطعه‌نمونه‌های دوله‌ناو و گاران به ترتیب ۶/۴۸ و ۹/۱۳ تن در هکتار به دست آمد. از سوی دیگر، میانگین مشخصه‌های کمی شامل ارتفاع درخت (۳/۷ متر)، قطر برابر سینه (۱۵/۷۹ سانتی‌متر) و سطح تاج (۶/۷۷ مترمربع) درختان قطعه‌نمونه دوله‌ناو، بیشتر از قطعه‌نمونه گاران بود.

نتیجه‌گیری: یافته‌های کلی پژوهش نشان داد، ذخیره کربن رویشگاه دوله‌ناو بیشتر از رویشگاه گاران بود. برای مدیریت بهینه این جنگل‌ها و افزایش ترسیب دی‌اکسیدکربن، پیشنهاد می‌گردد که عوامل تخریب جنگل (مانند توسعه زراعت زیراشکوب جنگل، چرای

شدید و مازاد ظرفیت دام، مدیریت و کنترل آتش‌سوزی، زغال‌گیری و دیگر موارد) مدیریت و کنترل شوند. همچنین پیشنهاد می‌گردد، در مناطق تخریب‌شده اقدام به احیا و توسعه جنگل با استفاده از گونه‌های بومی (مازودار، برودار، وی‌ول و بنه) و شمر دیم (بادام، سماق و سنجد) شود.

واژه‌های کلیدی: زی‌توده روی زمینی، معادله آلومتری، مازودار، لایه درختی

مقدمه

آنچه که مسلم است، در آینده تغییرات درجه حرارت کره زمین، قابل ملاحظه خواهد بود. این پدیده ناشی از تمرکز گازهای گلخانه‌ای در جو کره زمین است، بنابراین جلوگیری از وقوع آن ضروری به نظر می‌رسد. دی‌اکسیدکربن اتمسفر در دهه‌های اخیر افزایش قابل توجهی داشته است. در کاهش دی‌اکسیدکربن جو، زی‌توده گیاهی و خاک تحت آن نقش بسیار مهمی دارند (Alizadeh *et al.*, 2019). تجربیات نشان می‌دهند، با احیای پوشش گیاهی می‌توان کربن را در اندام‌های گیاهی تثبیت کرد، این فرایند را در اصطلاح ترسیب کربن می‌گویند (Iranmanesh *et al.*, 2023; Abdi & Gaygani, 2015). اثرهای جنگل در ذخیره کربن به‌عنوان یک روش مقرون‌به‌صرفه در کاهش گرمای کره زمین به اثبات رسیده است (Karami *et al.*, 2019).

جنگل‌های ناحیه رویشی زاگرس با مساحتی بیش از ۵ میلیون هکتار و تأمین بیش از ۴۰ درصد از آب کشور، از نظر اکولوژیکی دارای اهمیت زیادی است (Haidari *et al.*, 2023; Sagheb Talebi *et al.*, 2014; Fallah and Haidari, 2018; Jazirehi & Ebrahimi Rostaghi, 2004). جنگل‌های استان کردستان با مساحت ۲۵۶ هزار هکتار یکی از مهمترین رویشگاه‌های منطقه زاگرس است (Haidari *et al.*, 2022a) و سه گونه بلوط شامل برودار/ بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.)، مازودار (*Q. infectoria* Oliv.) و وی‌ول (*Q. libani* Oliv.) را در خود جای داده است. این جنگل‌ها به‌طور عمده در نوار مرزی ایران و عراق و در محدوده شهرستان‌های بانه، مریوان و سروآباد انتشار یافته‌اند (Haidari *et al.*, 2022b; Anonymous, 2020).

در این پژوهش، که در بخشی از جنگل‌های استان کردستان انجام شد، در انجام محاسبات و اندازه‌گیری‌های مربوط به زی‌توده و اندوخته کربن روی زمینی درختان در مناطق مورد مطالعه، از معادلات آلومتری موجود و مرتبط با جنگل‌های منطقه استفاده شد. تئوری آلومتری یک چهارچوب مهم به‌منظور تشریح الگوی تخصیص کربن در اندام‌های مختلف است که ارتباط درون‌گونه‌ای و بین‌گونه‌ای زی‌توده را پیش‌بینی می‌کند (Niklas & Enquist, 2003). پژوهشگران در اروپای مرکزی دقت معادلات آلومتری را برای گونه‌های مورد مطالعه با دقت حدود ۹۰ درصد ارزیابی کردند (Pajtik *et al.*, 2008). همچنین، نتایج پژوهش Iranmanesh (۲۰۱۳) در مورد مدل‌های رگرسیون به‌دست‌آمده برای برآورد زی‌توده و اندوخته کربن بلوط ایرانی نشان می‌دهد، امکان استقرار معادلات آلومتری مناسب برای برآورد زی‌توده روی زمینی این گونه به‌خوبی وجود دارد.

در زمینه ذخیره کربن در لایه درختی در جنگل‌های طبیعی و دست‌کاشت، پژوهش‌های متعددی انجام شده است که در اینجا به برخی از مهمترین آنها اشاره می‌شود. Panahi و همکاران (۲۰۱۴) آلومتری زی‌توده و ذخیره کربن برگ بلوط‌های باغ گیاه‌شناسی ملی ایران را بررسی کردند، نتایج آنان نشان داد، متوسط زی‌توده برگ برودار، مازودار و وی‌ول به ترتیب ۲۸۲/۱، ۲۱۶/۳ و ۱۵۲/۳ کیلوگرم در هکتار و متوسط اندوخته کربن برگ این سه گونه نیز به ترتیب ۱۴۰/۲، ۱۰۷/۳ و ۷۵/۶ کیلوگرم است. Askarii و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند، در رویشگاه خالص برودار (در منطقه باشت)، متوسط موجودی کربن روی زمینی و ریشه در سطح درخت در فرم تک‌پایه، به ترتیب ۱۲۳ و ۸۹ و برای

این درختان را نشان دهد.

در پژوهش‌های خارجی نیز اشاره شده است که زی‌توده، اساس برآورد ارزش اقتصادی کربن می‌باشد و اندازه‌گیری و برآورد زی‌توده در دو بخش زی‌توده هوایی و زیرزمینی انجام می‌شود (Macdicken, 1977). نتایج پژوهش Kirby (۲۰۰۷) نشان می‌دهد، زی‌توده گیاهان در جنگل‌های مدیریت‌شده ۳۵۵ تن در هکتار، در جنگل‌های مدیریت‌شده به روش سنتی ۱۶۵ تن در هکتار و در مراتع ۵۲ تن در هکتار است. Akselsson و همکاران (۲۰۰۵)، De Vries و همکاران (۲۰۰۶) و Jandl و همکاران (۲۰۰۷) تأثیر پوشش گیاهی مختلف را بر مقدار ذخیره کربن خاک و کاهش گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر مطالعه و بیان کردند، مقدار ذخیره کربن و نیتروژن آلی تحت تأثیر پوشش‌های گیاهی مختلف قرار می‌گیرد. ارزیابی ظرفیت گونه‌های مختلف درختی از جنبه ترسیب کربن در شمال‌شرق چین توسط Thomas و همکاران (۲۰۰۷) نیز نشان داد، تفاوت‌های زیادی بین گونه‌های مختلف از نظر ترسیب کربن وجود دارد، به طوری که پهن‌برگان به‌ویژه گونه‌های *Fraxinus mandshurica* و *Phellodendron amurense* دارای بیشترین قابلیت از جنبه ترسیب کربن هستند. Jhariya (۲۰۱۷) ظرفیت ترسیب کربن درختچه‌ها را در مناطق گرمسیری چاتیسگار (Chhattisgarh) در هند بررسی کرد و نشان داد، تراکم لایه درختچه‌ای بین ۳۷۵۰-۱۲۵۰ اصله در هکتار و رویه زمینی بین ۲/۷۹ تا ۴/۹۲ مترمربع در هکتار بود و زی‌توده لایه درختچه‌ای بین ۲/۹۳ تا ۶/۷۶ تن در هکتار بود. Thakur و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی ارزیابی تولید زی‌توده در منطقه حفاظت‌شده اکوسیستم جنگل‌های استوایی خشک هند پرداختند. نتایج آنان نشان داد، ذخیره کربن در درختان از ۱۶/۰۲ تا ۴۷/۱۵ میلی‌گرم در هکتار در انواع پوشش گیاهی بود و کل ذخیره کربن در چوب ساقه، شاخه‌ها و شاخ‌وبرگ به‌ترتیب در محدوده ۹/۴۹-۷۸/۳ درصد، ۲۲/۹۹-۹/۴۹ درصد و ۱۲/۸۹-۳/۳۱ درصد بود و کل زی‌توده روی زمینی از ۸۳/۷۷ تا ۱۱۱/۲۱ میلی‌گرم در هکتار متغیر بود.

فرم جست‌گروه ۱۰۶ و ۹۴ کیلوگرم بود. این مقادیر در سطح توده جنگلی در هر دو رویشگاه به‌تقریب ۱۴/۲۵ برای فرم تک‌پایه و ۱۲/۶۰ تن در هکتار برای فرم جست‌گروه برآورد شد که نشان‌دهنده بیشتر بودن میانگین زی‌توده و ترسیب کربن در درختان تک‌پایه نسبت به جست‌گروه بود. طبق نتایج، موجودی کربن در رویشگاه خالص برودار ۴۸ و در رویشگاه آمیخته ۵۹ تن در هکتار برآورد شد. Pato و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند، در استان آذربایجان غربی مقدار زی‌توده کل به‌ترتیب در کاربری‌های بکر، حفاظتی، بهره‌برداری و باغی ۱۲/۴۵۰، ۵۴/۹۵، ۱۲/۸۵ و ۵/۳۸ تن در هکتار است. Yousefi و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند، توان ترسیب کربن توسط زی‌توده درختان بلوط ایرانی شاخه‌زاد و تک‌پایه به‌ترتیب ۱۶۲۲/۲۷ و ۱۷۸۶/۴۷ کیلوگرم در هکتار در سال بود و در کل، دی‌اکسیدکربن ترسیب‌شده در بافت چوبی و بقایای آلی موجود در زیر اشکوب توسط این دو فرم درختی به‌ترتیب ۵۸۴۱۱/۶۱ و ۶۴۳۱/۲۹ کیلوگرم در هکتار در سال است. Bordbar (۲۰۲۰) نشان داد، کربن ترسیب‌شده در توده‌های شاخه‌زاد بلوط ایرانی (استان فارس) در هر هکتار ۲۷/۸ تن بوده که ۱۶ تن آن در خاک و ۱۱/۸ تن مربوط به اندام‌های مختلف درختان است که برابر ۱۰۲/۰۹ تن (۵۸/۹۵ تن در خاک و ۴۳/۱۴ تن در اندام‌های مختلف) دی‌اکسیدکربن جذب شده است. Soleimanipour و همکاران (۲۰۲۲) نشان دادند، ترسیب کربن هر هکتار رویشگاه جنگلی پهنوس در استان چهارمحال‌وبختیاری با استفاده از معادلات آلومتریکی و روش چگالی به‌ترتیب ۰/۸۳ و ۰/۷۴ تن در هکتار در سال است. Yousofvand Mofrad و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی و برآورد زی‌توده و کاهش آن در جنگل‌های متأثر از زوال در منطقه دادآباد استان لرستان پرداختند. نتایج آنان نشان داد، در توده مورد مطالعه (۳۲ هکتار)، مجموع زی‌توده ۳۸۹/۹۹۴ تن بود که ۳۹/۵۴ درصد (۱۵۴/۲۲۶ تن) از زی‌توده منطقه براساس زوال از بین رفته است. به‌طورکلی، استفاده از قطر متوسط تاج به‌عنوان متغیر برآوردکننده برای بلوط ایرانی، می‌تواند برآورد بهتر و مناسب‌تری از زی‌توده

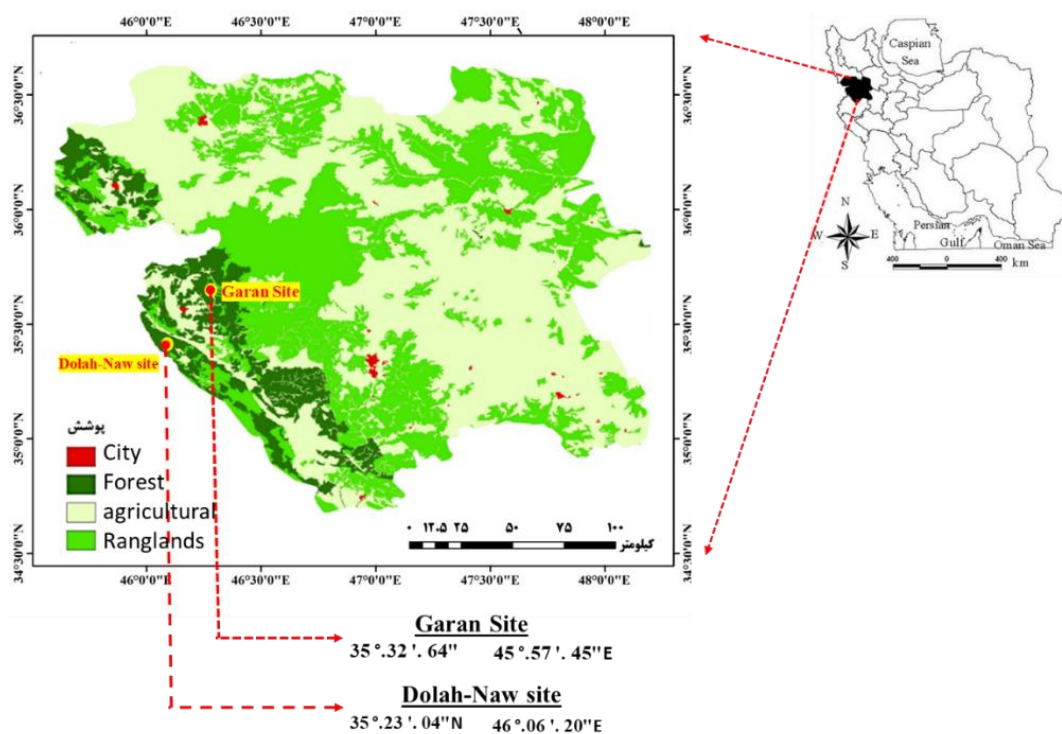
توده‌های کمتر دست‌خورده و مورد بهره‌برداری توسط جوامع محلی وجود دارد (Zabiholahi & Haidari, 2013;) و آگاهی از وضعیت ذخیره کربن توده‌های جنگلی قرق‌شده و تپیک استان کردستان، اطلاعات ارزشمندی را در اختیار مدیران منابع طبیعی استان کردستان و ناحیه رویشی زاگرس قرار می‌دهد، بنابراین، هدف از این پژوهش، بررسی زی‌توده و ذخیره کربن لایه درختی در توده‌های قرق و تپیک شهرستان مریوان است.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در مناطق گاران (توده قرق و حفاظت‌شده) و دوله‌ناو (تپیک جنگل‌های استان) شهرستان مریوان واقع در شمال‌غرب استان کردستان اجرا شد (شکل ۱).

Amelia و همکاران (۲۰۲۳) ظرفیت ذخیره کربن را در جنگل‌های احیاشده حرا در لوبوک کرتانگ (Amelia Lubuk Kertang) در سوماترای شمالی (اندونزی) بررسی و ارزیابی کردند. نتایج آنان نشان داد، ذخیره کربن زی‌توده درختی توسط گیاهان ۷ ساله ۵۱/۱۸ تن در هکتار و در کل ذخیره کربن روی زمین و خاک ۵۰۶/۸۹ تن در هکتار بود.

آگاهی از زی‌توده درختی به‌منظور ارزیابی مقدار کربن موجود در درخت نیز اهمیت دارد (Cienciala et al., 2008). تولید جنگل، ذخیره و جریان کربن بر مبنای اندازه‌گیری‌های زی‌توده محاسبه می‌شوند و ترسیب کربن در قسمت‌های مختلف گیاه مانند چوب، برگ و ریشه به‌عنوان شاخصی از تولید رویشگاه است (Clark et al., 2001). زی‌توده درختی با توجه به عملکردهای اکولوژیک، به اجزای مختلفی شامل ساقه، شاخه‌های زنده، شاخ‌وبرگ و ریشه تقسیم می‌شود (Saglant et al., 2008). در استان کردستان



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان کردستان

Figure 1- Location of the studied area in Kurdistan province



(B)



(A)

شکل ۲- موقعیت قطعه نمونه گاران (A) در منطقه گاران و دوله‌ناو در منطقه دزلی

Figure 2- The location of Garan sample plot (A) in Garan region and Dolah Naw region in Dezli region

رویشگاه گاران و دوله‌ناو به ترتیب دارای ساختار شاخه‌زاد ناهمسال کم‌قطر و شاخه‌زاد همسال کم‌قطر هستند و از لحاظ ارتفاع از سطح دریا در دامنه ارتفاعی ۱۴۱۰ تا ۱۴۵۰ واقع شده‌اند (جدول ۱).

جدول ۱- مشخصات تکمیلی رویشگاه‌های مورد پژوهش

Table 1. Additional characteristics of the research stands

Forest structure	Seedling origin	Coppice origin	Aspect	Above sea level	Location		Site
					Latitude	Longitude	
Young unaged coppice forest	9.9	90.1	N	1410	35 °.32 ' .64"N	45 °.57 ' .45"E	-Garan
Young aged coppice forest	17.4	82.6	W	1450	35 °.23 ' .04"N	46 °.06 ' .20"E	-Dolah Naw

براساس میانگین بلندمدت ۲۴ ساله (۱۳۷۸ تا ۱۴۰۱) داده‌های ایستگاه هواشناسی دریاچه زریوار، میانگین بارندگی، دما و تبخیر سالانه شهرستان مریوان به ترتیب ۸۲۴/۲ میلی‌متر، ۱۳/۵ سانتی‌گراد و ۱۶۳۹/۵ میلی‌متر در سال است (جدول ۲).

جدول ۲- میانگین پارامترهای هواشناسی در شهرستان مریوان

Table 2- Average of meteorological parameters in Marivan County

Total annual evaporation (millimeters per year)	Average temperature (centigrade)	Annual rainfall (millimeters per year)	Year
1740.1	13.7	790.1	1398 (2019)
1639.5	13.5	824.2	Long-term average (1999-2022)

در قطعات نمونه، مشخصه‌های گونه درختی، قطر برابر سینه (درختان تک‌پایه)، قطر یقه (درختان شاخه‌زاد)، ارتفاع کل درخت، ارتفاع تاج، قطر بزرگ تاج و قطر عمود بر آن و تراکم تاج اندازه‌گیری و ثبت گردید (در قطعه‌نمونه گاران و

در هر منطقه، یک قطعه‌نمونه مربعی شکل یک‌هکتاری (ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ متر) پیاده (شکل ۲) و به صورت صددرصد آماربرداری شد (یک قطعه‌نمونه یک هکتاری در رویشگاه گاران و یک قطعه‌نمونه در رویشگاه دوله‌ناو برداشت شدند).

تخصصی و عمومی آلومتریک، زی توده و اندوخته کربن گونه‌های درختی بلوط ایرانی، بنه، محلب و زالزالک محاسبه شد (جدول ۳) (Askarii et al., 2015; Sohrabi & Shirvani, 2012).

دوله‌ناو به ترتیب ۸۸۹ و ۵۵۳ درخت آماربرداری شد، در مجموع ۱۴۴۲ درخت). در این پژوهش از معادلات منطقه‌ای بلوط ایرانی برای برآورد زی توده و اندوخته کربن درختان در قطعات نمونه استفاده شد. با استفاده از معادلات

جدول ۳- معادلات برآورد زی توده و اندوخته کربن روی زمینی در درختان تک پایه و شاخه‌زاد

Table 3- Model for estimating biomass and carbon storage on land in single-stemmed tree and coppice forest

Model	The dependent variable	independent variable	species
$Y = 0.615 * x^{1.865}$	Biomass (kg)	Diameter at breast height (cm)	<i>Quercus brantii</i> Lindl (Seed origin)
$Y = 2.534 * x^{2.383}$	Biomass (kg)	Average crown diameter (m)	<i>Quercus brantii</i> Lindl (Coppice origin)
$Y = 1.868 * x^{2.487}$	Biomass (kg)	Total height (m)	Coppice <i>Quercus brantii</i> Lindl
$Y = 0.9754 * X^{1.654}$	Biomass (kg)	Diameter at breast height (cm)	<i>Pistacia atlantica</i> Desf
$Y = 0.3 * X^{2.33}$	Biomass (kg)	Diameter at breast height (cm)	Other species

اسمیرنوف برای بررسی نرمال بودن داده‌ها استفاده شد و با توجه به نرمال بودن داده‌ها از آزمون تی مستقل برای مقایسه پارامترهای کمی و ذخیره کربن در دو قطعه نمونه گاران و دوله‌ناو استفاده گردید.

نتایج

در قطعه نمونه گاران، بیشترین زی توده روی زمینی مربوط به مازودار و زالزالک (به ترتیب ۱۸/۶۴ و ۱۰/۵۵ تن در هکتار) بود و در قطعه نمونه دوله‌ناو بیشترین میانگین زی توده مربوط به مازودار و برودار (به ترتیب ۱۳/۳۱ و ۱۱/۳۷ تن در هکتار) بود (شکل ۳). مجموع زی توده چوبی در قطعه نمونه‌های دوله‌ناو و گاران به ترتیب ۴۵/۳ و ۴۱/۱ تن در هکتار و زی توده چوبی در قطعه نمونه دوله‌ناو بیشتر بود (شکل ۵).

یافته‌های پژوهش نشان داد، برای پارامترهای ارتفاع کل (با ۳/۷۰ متر)، قطر برابر سینه (۱۵/۷۹ سانتی متر)، سطح تاج درختان (با ۶/۷۷ متر برای هر درخت)، زی توده روی زمینی (با ۸۱/۹۹ کیلوگرم برای هر درخت) و ذخیره کربن (با ۴۰/۴۶ تن در هکتار)، قطعه نمونه دوله‌ناو دارای برتری و اختلاف معنی دار بود (جدول ۴). شکل ۴ نشان می‌دهد، در

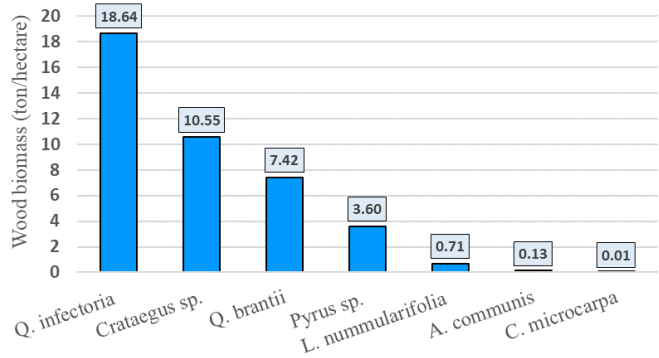
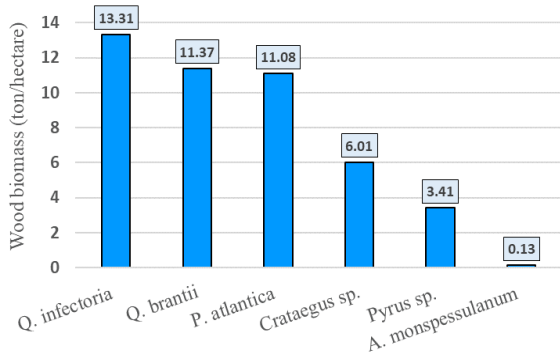
در هر دو قطعه نمونه از تنه و سرشاخه درختان نمونه برداری شد. برای این منظور، برای هر گونه درختی در هر قطعه نمونه سه درخت انتخاب و نمونه‌گیری شد و در آزمایشگاه، وزن تر و وزن خشک نمونه‌های چوب محاسبه شد. به منظور اندازه‌گیری درصد کربن آلی نمونه‌های چوب، از روش احتراق در کوره الکتریکی استفاده شد. به این منظور، نمونه‌ها به مدت ۴ ساعت در دمای ۶۰۰-۵۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و پس از اندازه‌گیری درصد خاکستر، با استفاده از رابطه (۱) ضریب کربن محاسباتی به دست آمد.

$$\text{رابطه (۱)} \quad C\% = (100 - \text{Ash}\%) * 0.58$$

در جدول ۳ اجزای مدل به طور دقیق معرفی شدند و برای محاسبه اندوخته کربن، میانگین ضریب کربن (Carbon Fraction) اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه (رابطه ۱) در بیوماس محاسبه شده توسط مدل‌های آلومتری ضرب شد و در نهایت، اندوخته کربن به دست آمد. پس از محاسبه زی توده روی زمینی درختان، اندوخته کربن تمام درختان محاسبه شد و پارامترهای کمی و میانگین زی توده روی زمینی و ذخیره کربن مقایسه شدند. از آزمون کولموگروف-

شد. از سویی در قطعه نمونه دوله ناو بیشترین میانگین ذخیره کربن در گونه های مازودار (۶/۴۸) و برودار (۵/۵۷) بود.

قطعه نمونه گاران، بیشترین ذخیره کربن درختان در گونه های مازودار (۹/۱۳ تن در هکتار) و زالزالک (۵/۲۷) مشاهده



Dolah-Naw site (B)

Garan Site (A)

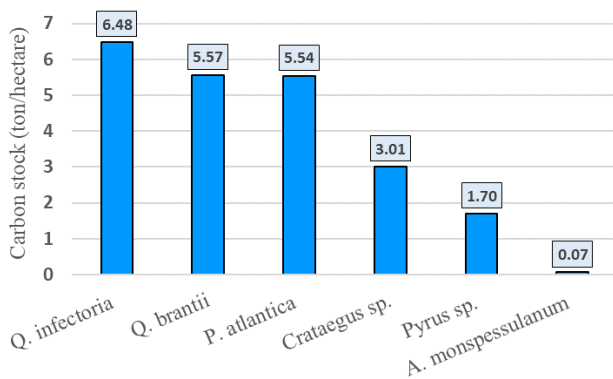
شکل ۳- زی توده درختان در قطعه نمونه های دوله ناو (B) و گاران (A)

Figure 3- Biomass of trees in Dolah Naw (B) and Garan (A) sample plots

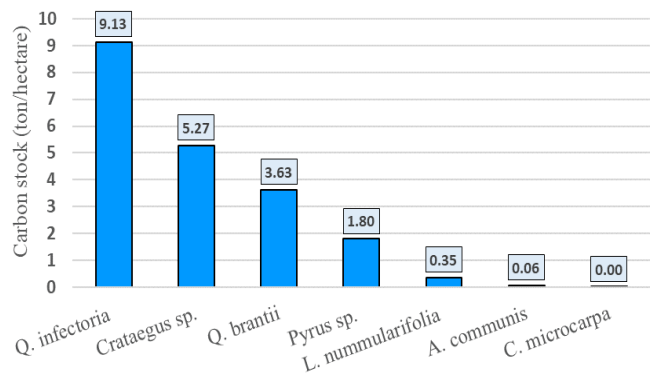
جدول ۴- میانگین متغیرهای مورد مطالعه در قطعه نمونه های گاران و دوله ناو

Table 4- The means of study variables in Garan and Dolah Naw sample plots

Parameters	Dolah-Naw site ± (Standard deviation)	Garan Site ± (Standard deviation)
Height (Meter)	3.70 ± (1.10)	3.12 ± (1.13)
Diameter at breast height (cm)	15.79 ± (5.45)	11.39 ± (5.02)
Crown area (Square meters)	6.77 ± (3.11)	5.89 ± (2.76)
Wood biomass (Kg/tree)	81.99 ± (14.5)	46.18 ± (10.72)
Carbon stock (Kg/tree)	40.46 ± (8.22)	22.78 ± (5.76)
Number of trees per hectare	553	889



Dolah-Naw site (B)



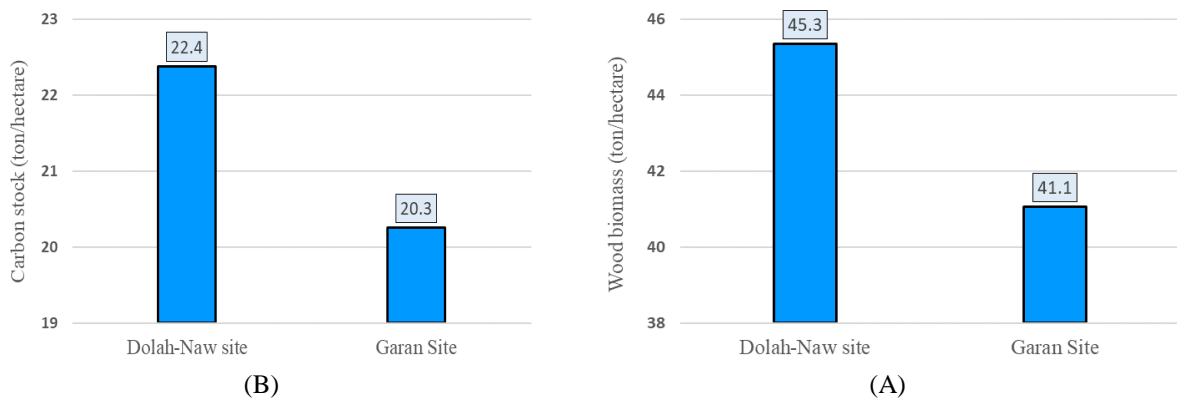
Garan Site (A)

شکل ۴- ذخیره کربن درختان در قطعه نمونه های دوله ناو (B) و گاران (A)

Figure 4- The Carbon stock of trees in Dolah Naw (B) and Garan (A) sample plots

هکتار بود و ذخیره کربن لایه درختی در قطعه نمونه دوله ناو بیشتر از گاران بود.

بر اساس شکل ۵، در مجموع ذخیره کربن لایه درختی در قطعه نمونه دوله ناو و گاران به ترتیب ۲۲/۴ و ۲۰/۳ تن در



شکل ۵- میانگین زی توده روی زمینی درختی و ذخیره کربن لایه چوبی قطعه‌نمونه‌های دوله‌ناو و گاران

Figure 5- The means of above-ground wood biomass and the carbon storage of the woody layer in Dolah Naw and Garan sample plots

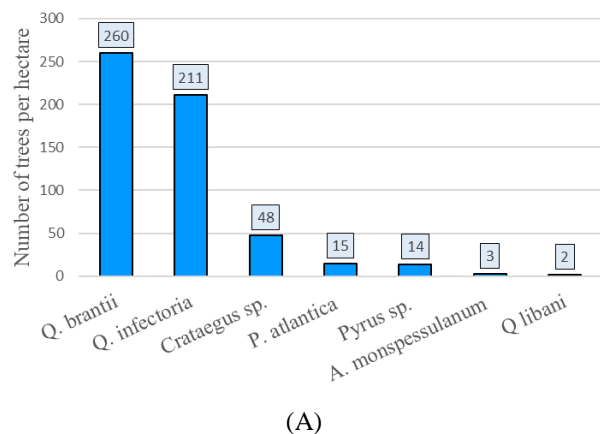
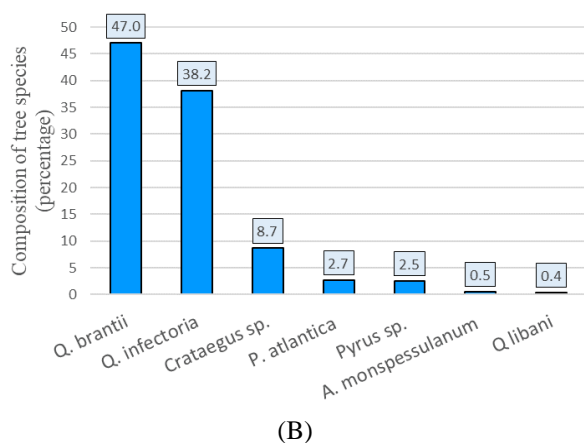
جدول ۵- نتایج آزمون تی مستقل برای معنی‌دار بودن اختلاف متغیرهای مورد مطالعه در مناطق ذکر شده

Table 5- The results of independent t-test for the significance of the difference of the study variables

	T	Degree of freedom	Sig.
Height	9.721	1440	0.000**
Diameter at breast height	11.288	1440	0.000**
Crown Area	2.961	1440	0.003**
Wood biomass	5.579	1440	0.000**
Carbon stock	5.521	1440	0.000**

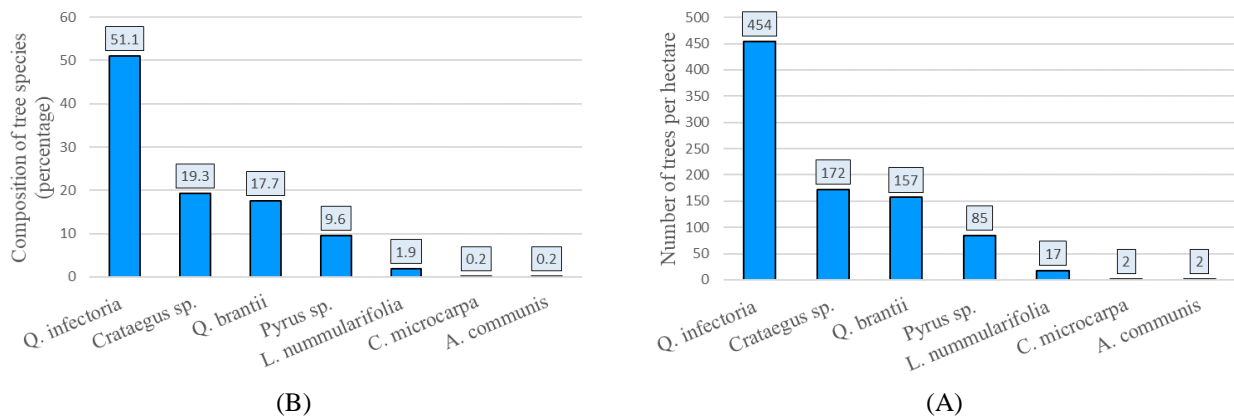
گونه بلوط ایرانی و مازودار ۸۵/۲ درصد ترکیب گونه‌ای قطعه‌نمونه دوله‌ناو را تشکیل می‌دادند (شکل ۶)، درحالی‌که این مقدار برای قطعه‌نمونه گاران ۶۸/۷ درصد بود (شکل ۷).

یافته‌های پژوهش نشان داد، بین مشخصه‌های ارتفاع کل، قطر برابر سینه، سطح تاج، زی توده و ذخیره کربن روی زمینی درختان در دو قطعه‌نمونه مورد مطالعه اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد مشاهده شد (جدول ۵).



شکل ۶- ترکیب گونه‌ای (فراوانی و درصد) درختان در قطعه‌نمونه دوله‌ناو

Figure 6- Species composition of trees in Dolah Naw sample plot

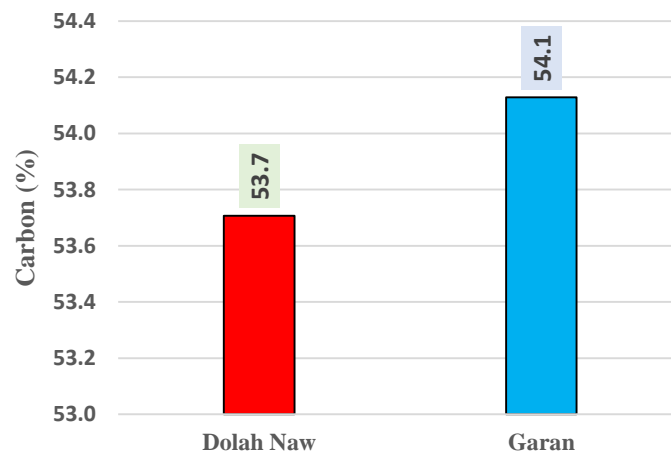


شکل ۷- ترکیب گونه‌ای (فراوانی و درصد) درختان در قطعه‌نمونه گاران

Figure 7- Species composition of trees in Garan sample plot

۵۳/۷ درصد بود.

براساس شکل ۸، میانگین درصد کربن نمونه‌های چوب درختان در قطعه‌نمونه گاران و دوله‌ناو به ترتیب ۵۴/۱ و



شکل ۸- میانگین درصد کربن در نمونه‌های چوب در قطعه‌نمونه‌های گاران و دوله‌ناو

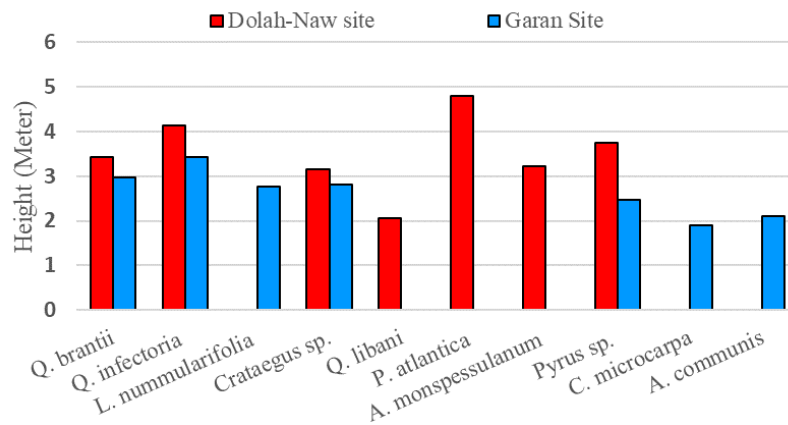
Figure 8- The means Carbon (%) in wood of trees in two sample plots of Garan and Dolah Naw

گونه‌های بنه و برودار دارای بیشترین میانگین قطر برابر سینه بودند (شکل ۱۰).

نتایج نشان داد، در قطعه‌نمونه گاران بیشترین میانگین سطح تاج مربوط به مازودار و برودار بود، درحالی‌که در قطعه‌نمونه دوله‌ناو گونه‌های بنه و برودار دارای بیشترین میانگین سطح تاج بودند (شکل ۱۱).

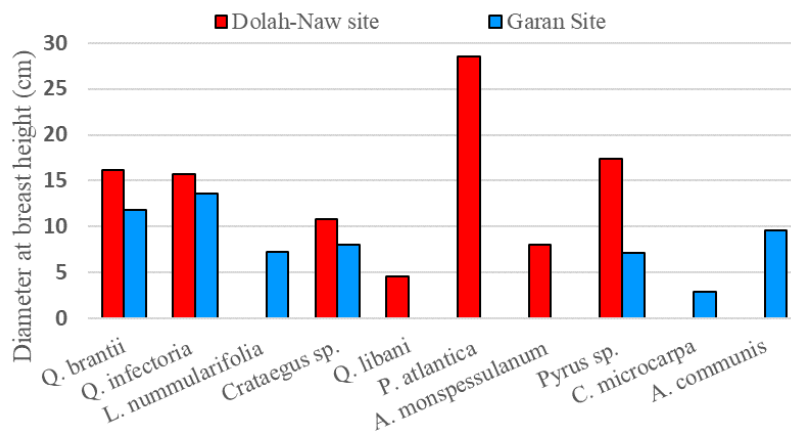
بیشترین میانگین ارتفاع در قطعه‌نمونه گاران مربوط به دو گونه مازودار و برودار بود، درحالی‌که در قطعه‌نمونه دوله‌ناو گونه‌های بنه و مازودار دارای بیشترین میانگین ارتفاعی بودند (شکل ۹).

در قطعه‌نمونه گاران، بیشترین میانگین قطر برابر سینه مربوط به مازودار و برودار بود، اما در قطعه‌نمونه دوله‌ناو



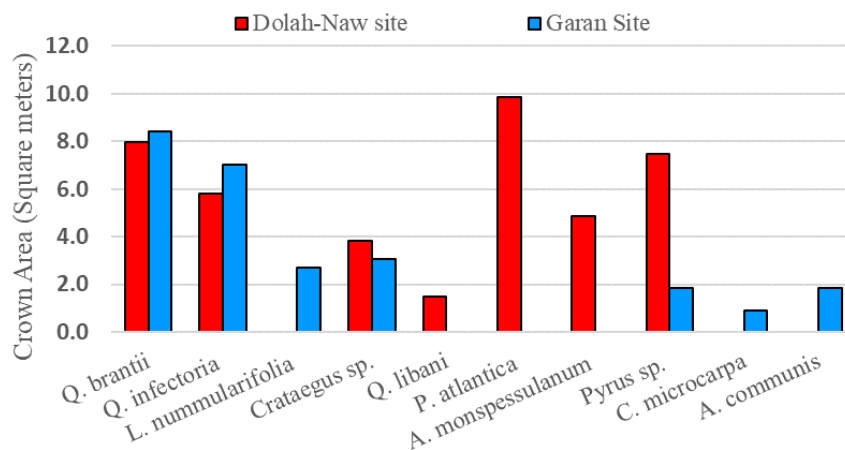
شکل ۹- میانگین ارتفاع کل درختان (به تفکیک گونه) در قطعه‌نمونه‌های گاران و دوله‌ناو

Figure 9- The mean height of all trees (by species) in two sample plots of Garan and Dolah Naw



شکل ۱۰- میانگین قطر برابر سینه درختان (به تفکیک گونه) در قطعه‌نمونه‌های گاران و دوله‌ناو

Figure 10- The mean diameter at breast height of all trees (by species) in two sample plots of Garan and Dolah Naw



شکل ۱۱- میانگین سطح تاج درختان (به تفکیک گونه) در دو قطعه‌نمونه گاران و دوله‌ناو

Figure 11- The mean crown area of all trees (by species) in two sample plots of Garan and Dolah Naw

بحث و نتیجه‌گیری

جنگل‌ها فراهم‌کننده خدمات اکوسیستمی مهمی هستند و در این میان جذب و ذخیره‌سازی دی‌اکسیدکربن (ترسیب کربن) از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Pashabadi, 2014)؛ بنابراین زی‌توده روی زمینی جزو اصلی ذخیره کربن بوم‌سازگان‌های خشکی محسوب می‌شود. دو گونه برودار و مازودار به ترتیب با ۸۵/۲ و ۶۸/۷ درصد، ترکیب گونه‌ای در دو قطعه‌نمونه دوله‌ناو و گاران را تشکیل می‌دادند (شکل‌های ۳ و ۴). در قطعه‌نمونه گاران بیشترین میانگین قطر برابر سینه و سطح تاج در درختان مازودار و برودار مشاهده شد، اما در قطعه‌نمونه دوله‌ناو گونه‌های درختی بنه و برودار دارای بیشترین میانگین مشخصه‌های ذکرشده بودند و گونه‌های مازودار، برودار و بنه دارای بیشترین سهم در مشخصه‌های کمی درختان در دو قطعه‌نمونه موردپژوهش بودند.

نتایج این پژوهش نشان داد، درصد کربن نمونه‌های درختان در قطعه‌نمونه گاران (با ۵۴/۱ درصد) بیشتر از دوله‌ناو (با ۵۳/۷ درصد) بود (شکل ۸) و مقدار زی‌توده روی زمینی در قطعه‌نمونه دوله‌ناو (۴۵/۳ تن در هکتار) بیشتر از قطعه‌نمونه گاران (۴۱/۴ تن در هکتار) بود (شکل ۵). در قطعه‌نمونه دوله‌ناو، دو گونه برودار و مازودار با ۲۴/۶۸ تن در هکتار، ۵۴/۵ درصد زی‌توده روی زمینی را شامل می‌شدند. نکته قابل تأمل در این رویشگاه، سهم ۲۴/۵ درصد رویه زمینی گونه بنه (۱۱/۰۸ تن در هکتار) بود، در صورتی‌که این گونه ۲/۷ درصد از ترکیب گونه‌ای را شامل می‌شد. علت را می‌توان به بیشتر بودن میانگین متغیرهای کمی این درخت نسبت به گونه‌های دیگر نسبت داد. از سویی، در رویشگاه گاران سه گونه بلوط ۳۶/۶۱ تن در هکتار زی‌توده داشتند و ۸۸/۵ درصد از زی‌توده روی زمینی این قطعه‌نمونه را شامل می‌شدند (شکل ۳). در نتیجه، به‌عنوان گونه‌های درختی اصلی در زمینه زی‌توده روی زمینی این توده شناخته شدند و گونه مازودار به‌تنهایی ۵۱/۱ درصد از زی‌توده روی زمینی را شامل می‌شد. همچنین، اندوخته کربن روی زمینی در قطعه‌نمونه دوله‌ناو و

گاران به ترتیب ۲۲/۴ و ۲۰/۳ تن در هکتار تأیید شد (شکل ۵). برای گونه مازودار در قطعه‌نمونه دوله‌ناو و گاران سهم این گونه‌ها از ترسیب کربن به ترتیب ۶/۴۸ و ۹/۱۳ تن در هکتار بود. مقدار این پارامتر برای گونه برودار به ترتیب ۵/۵۷ و ۵/۲۷ تن در هکتار تأیید شد. دو گونه مازودار و برودار ۵۳/۸ درصد از ذخیره کربن قطعه‌نمونه دوله‌ناو را شامل می‌شدند، در صورتی‌که در قطعه‌نمونه گاران این مقدار ۴۷/۵ درصد بود. گونه برودار و مازودار سهم زیادی را در جذب و ترسیب کربن دارند. Khademi و همکاران (۲۰۰۹) نیز بر اهمیت گونه برودار در جذب دی‌اکسیدکربن تأکید داشتند و اشاره کردند در سال ۱/۵۱ تن دی‌اکسیدکربن از طریق این گونه جذب می‌شود که تأییدکننده نتایج این پژوهش است. با توجه به اینکه قطعه‌نمونه دوله‌ناو تیبیک جنگل‌های استان کردستان است و میانگین مشخصه‌های کمی آن شامل ارتفاع درخت (۳/۷ متر)، قطر برابر سینه (۱۵/۷۹ سانتی‌متر) و سطح تاج (۶/۷۷ مترمربع) بیشتر از قطعه‌نمونه گاران با ارتفاع ۳/۱۱ متر، قطر برابر سینه ۱۱/۳۹ سانتی‌متر و سطح تاج ۵/۸۹ مترمربع بود (جدول ۴)، می‌توان گفت تفاوت مقدار متغیرهای کمی و ساختار توده‌های جنگلی، سبب تفاوت در ذخیره کربن شده است، بنابراین، برتری مشخصه‌های کمی درختان سبب بیشتر شدن زی‌توده روی زمینی درختان در این قطعه‌نمونه می‌شود. Afrozandeh و همکاران (۲۰۱۵) نیز بر اهمیت تأثیر متغیر قطر برابر سینه و ارتفاع درختان بر زی‌توده روی زمینی درختان و ذخیره کربن درختان تأکید کردند که با نتایج پژوهش پیش‌رو همسوست. این موضوع تأثیر مدیریت توده جنگلی و تنوع پوشش گیاهی را بر مقدار اندوخته کربن نشان می‌دهد. پژوهش Pato و همکاران (۲۰۱۷) نیز نشان داد، تعداد در هکتار، آمیختگی و تیپ جنگل، رابطه مستقیمی با زی‌توده جنگل دارد و با نتایج پژوهش پیش‌رو مطابقت دارد و بر اهمیت مشخصه‌های کمی درختان و تأثیر آن بر زی‌توده روی زمینی جنگل تأکید می‌کند. Li و همکاران (۲۰۱۹) اثر مثبت تنوع پوشش گیاهی را بر ذخیره کربن اثبات کردند. Behera و همکاران (۲۰۱۷) نیز ویژگی‌های

آتش‌سوزی و زغال‌گیری) مدیریت و کنترل شوند و در مناطق تخریب‌شده اقدام به احیا و توسعه جنگل با استفاده از گونه‌های بومی (مازودار، برودار، وی‌ول و بنه) و متمرکزم (بادام، سماق و سنجد) شود.

منابع مورد استفاده

- Abdi, N. and Gaygani, S., 2015. Efficiency comparison of planting and natural shrub and bush species in biomass carbon sequestration (Case study: northwest of Meyghan desert, Arak, Iran). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 22(1): 100-108 (In Persian).
- Afrozandeh, A., Kiani, B. and Attarod, P.M., 2015. Modeling the standing traits to estimate tree volume and biomass of *Acer monspessulanum* Subsp. *cinerascens* (Boiss.) using multiple regression. *Ecology of Iranian Forests*, 3(6):9-18 (In Persian).
- Akselsson, C., Berg, B., Meentemeyer, V. and Westling, O., 2005. Carbon sequestration rates in organic layers of boreal and temperate forest soils-Sweden as a case study. *Global Ecology and Biogeography*, 14: 77-84.
- Alinejadi, S., Basiri, R., Tahmasebi kohyani, P., Askari, Y. and 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).
- Alizadeh, M., Malekpour, B., Aria, H. and Vardian, S., 2019. Analysis of the effects of land use type on soil carbon sequestration (case study: Waz watershed, Noor county). *Iranian Journal of Natural Resources*, 72(1): 181-193 (In Persian).
- Amelia, R., Basyuni, M., Alfinsyahri, A., Sulistiyono, N., Slamet, B., Bimantara, Y., Salma Safrina, H.H., Harahap, M., Insar, M.H., Shofiyah Sabilah, A.M., Sigit, D.S. and Virni Budi, A., 2023. Evaluation of plant growth and potential of carbon storage in the restored Mangrove of an abandoned pond in Lubuk Kertang, North Sumatra, Indonesia. *Forests*, 14(1), 158: 1-18.
- Anonymous, 2020. The area of natural resource in Iran province (Based on 2020). *Natural Resources and Watershed Management Organization*, 1p (In Persian).
- Ardalan, F., Haidari, M., Janati, K., Tekyekha, J., Amiri, S. and Sajadi, A. 2013. The review of fire condition in Zagros forest and estimate carbon sequestration of plantation by endemic species in Northern Zagros forest (Marivan Region: West of Iran). *International Journal of Biosciences (IJB)*,

ساختاری و گونه‌های غالب درختی را مهمترین عوامل در تعیین مقدار زی‌توده و ذخیره‌سازی کربن می‌دانند. آنان جمعیت، قطر برابر سینه و ارتفاع درختان را اصلی‌ترین پارامترها در مقدار تولید زی‌توده و اندوخته کربن توده جنگلی بیان کردند. Mahmoudi Taleghani و همکاران (۲۰۰۷) 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. Askarii و همکاران (۲۰۲۱) ذخیره کربن را در رویشگاه‌های مختلف جنگلی استان کهگیلویه و بویراحمد که گونه غالب آن را بلوط ایرانی تشکیل می‌دهد، بررسی و مقایسه کردند و متوسط اندوخته کربن را در قطعات نمونه مورد بررسی، ۲۴ تن در هکتار گزارش کردند که با مقادیر قطعات نمونه دوله‌ناو و گاران (۲۲/۴ و ۲۰/۳ تن در هکتار) همخوانی دارد. Alinejadi و همکاران (۲۰۱۶) نیز مقدار زی‌توده و اندوخته کربن فرم‌های مختلف گونه برودار را در توده جنگلی بلوط بلند دهدز برآورد کردند که مقدار متوسط زی‌توده روی زمینی در توده جنگلی مورد مطالعه برای فرم رویشی تک‌پایه ۱۸/۲ و برای فرم جست‌گروه ۹/۳ تن در هکتار بود. در این پژوهش ۲۲/۴ تن در هکتار در قطعه‌نمونه دوله‌ناو تأیید شد و این میانگین با نتایج دو پژوهش ذکرشده همسوست.

در مجموع، یافته‌های کلی پژوهش نشان داد، قطعه‌نمونه دوله‌ناو دارای ترسیب کربن و زی‌توده روی زمینی بیشتری نسبت به قطعه‌نمونه گاران است و میانگین مشخصه‌های کمی درختان در این قطعه‌نمونه بیشتر از قطعه‌نمونه گاران است. همچنین، گونه‌های مازودار، برودار و بنه دارای بیشترین سهم در ترسیب کربن بودند. در دو قطعه‌نمونه دوله‌ناو و گاران به ترتیب ۲۲/۴ و ۲۰/۳ تن در هکتار کربن در لایه درختی ذخیره شده است و این مقدار ذخیره کربن نشان‌دهنده اهمیت جنگل‌های شهرستان مریوان در ترسیب کربن است. برای مدیریت بهینه این جنگل‌ها و افزایش ترسیب کربن، پیشنهاد می‌شود عوامل تخریب جنگل (مانند توسعه زراعت زیراشکوب جنگل، چرای شدید و مازاد ظرفیت دام،

- estimating biomass and carbon sequestration of Iranian *Quercus brantii* in the Chaharmahal and Bakhtiari forests. PhD Thesis in Forestry. Tarbiat Modares University, Noor, 106p (In Persian).
- Iranmanesh, Y., Pourhashemi, M., Jahanbazi, H., Bordbar, K., Askari, Y., Henareh Khalyani, J., Najafifar, A., Hosseini, A., Haidari, 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. and Ghasempour, S. 2023. An analysis of carbon storage status in Zagros forest habitats. *Iran Nature* 8(2):15-20 (In Persian).
 - Jandl, R., Lindner, M., Vesterdal, L., Bauwens, B., Baritz, R., Hagedorn, F., Johnson, D.W., Minkinen, K. and Byrne, K.A., 2007. How strongly can forest management influence soil carbon sequestration? *Geoderma*, 137: 253-268.
 - Jazirehi, M.H. and EbrahimiRostaghi, M., 2004. *Silviculture in Zagros*. University of Tehran Press, Tehran, 560 p (In Persian).
 - Jhariya, M.K., 2017. Vegetation ecology and carbon sequestration potential of shrubs in tropics of Chhattisgarh, India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(10): 518p.
 - Karami, M., Rostami, A. and Heydari, M., 2019. Carbon sequestration and its relation with some physical and chemical characteristics in soil of natural Oak forest and afforestations in Ilam County. *Journal of Environmental Science and Technology*, 21: 185-199 (In Persian).
 - Khademi, A., Babaei, S. and 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 (In Persian).
 - 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.
 - 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.
 - 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. 87 p.
 - Mahmoudi Taleghani, E., Zahedi Amiri, G., Adeli, E. and Sagheb-Talebi, K., 2007. Assessment of carbon sequestration in soil layers of managed forest. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 15(3): 241-252 (In Persian).
 - Askarii, Y., Iranmanesh, Y. and 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 (In Persian).
 - Askarii, Y., Soltani, A. and Akhwan, R., 2015. Measurement and estimation of carbon deposition in the forests of the Middle Zagros based on the biomass of *Quercus brantii* Lindl and *Amygdalus arabica* oliv. Ph.D thesis in Forestry, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, 133p (In Persian).
 - Behera, S., Sahu, K.N., Mishra, A.K., Bargali, S.S., Behera, M.D. and 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.
 - Bordbar, S.K., 2020. Estimation of carbon sequestration potential oak coppice stand (*Quercus brantii*) in kamfiroz (Fars province). *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, 7(15): 141-154 (In Persian).
 - Cienciala, E., Apltauer, J., Exnerová, Z. and Tatarinov, F., 2008. Biomass functions applicable to oak trees grown in Central-European forestry. *Journal of Forest Science*, 54(3): 109-120.
 - Clark, D.A., Brown, S., Kicklighter, D.W., Chambers, J.Q., Tomlison, J.R. and Ni, J., 2001. Measuring net primary production in forests: concepts and field methods. *Ecological Applications*, 11: 356-370.
 - De Vries, W., Reinds, G.J., Gundersen, P. and Sterba, H., 2006. The impact of nitrogen deposition on carbon sequestration in European forests and forest soils. *Global Change Biology*, 12: 1151-1173.
 - Fallah, A. and Haidari, M. 2018. Investigation of Oak decline in diameter classes in Sarab-Kazan forests of Ilam. *Iranian Journal of Forest*, 9(4): 499-510 (In Persian).
 - Haidari, M., Teimouri, M., Pourhashemi, M. and Alizadeh, T., 2022a. Study Changes in Biological Indicators in Forest Stands with Different Structure in Kurdistan Province. *Ecology of Iranian Forests*, 10(20): 64-72 (In Persian).
 - Haidari, M., Pourhashemi, M. and Jahanbazy Goujani, H., 2022b. Annual changes of oak decline in the forests of Kurdistan province. *Iranian Journal of Forests and Rangelands Protection Research*, 20(2): 235-247 (In Persian).
 - Haidari, M., Jahanbazy Goujani, H. and Pourhashemi, M. 2023. Investigating the oak trees dieback in the northern and southern aspect of Baneh forests, Iran. *Journal of Forest and Wood Products*, 76(3): 257-268 (In Persian).
 - Iranmanesh, Y., 2013. Evaluation of methods for

- Soleimanipour, S.S, Adeli, K., Mafi-Gholami, D. and Naghavi, H., 2022. Economic evaluation of carbon sequestration in Zagros Oak forests (Case study: The pahnus forest habitat, Chaharmahal and Bakhtiari Province). *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, 10(20): 185-206 (In Persian).
- Thakur, T.K., Patel, D.K., Thakur, A., Kumar, A., Bijalwan, A., Bhat, J.A., Kumar, A., Dobriyal, M.J., Kumar, M. and Kumar, M., 2021. Biomass Production Assessment in a Protected Area of Dry Tropical forest Ecosystem of India: A Field to Satellite Observation Approach. *Frontiers in Environmental Science*, 9: 1-17.
- Thomas, S.C., Malczewski, G. and Sapruff, M., 2007. Assessing the potential of native tree species for carbon sequestration forestry in Northeast China. *Journal of Environmental Management*, 85: 663-671.
- Yousefi, M., Khoramivafa, M., Mahdavi Damghani, A., Mohammadi, G. and Beheshti Alagha, A., 2017. Assessment of carbon sequestration and its economic value in Iranian oak forests: case study Bisetoon protected area. *Environmental Sciences*, 15(3): 123-133 (In Persian).
- Yousofvand Mofrad, M., Soosani, J., Naghavi, H., Abrari Vajari, K. and Shaabani, N., 2023. Estimation of biomass and its reduction in forests affected by decline in DadAbad region, Lorestan province. *Ecology of Iranian Forests*, 11(21): 170-178 (In Persian).
- Zabiholahi, S. and Haidari, M., 2013. Study of forest structure in pruned (Galazani) and undisturbed stand In the Northern Zagros forest (Case study: Baneh, Kurdistan province). *Advances in Environmental Biology*, 7(10S1): 3163-3170.
- Niklas, K.J. and Enquist, B.J., 2003. An allometric model for seed plant reproduction. *Evolutionary Ecology Research*, 5(1): 79-88.
- Pajtik, J, Konopka, B. and Lukac, M., 2008. Biomass functions and expansion factors in young Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst) trees. *Forest Ecology and Management*, 256: 1096-1103.
- Panahi, P., Pourhashemi, M. and Hasaninejad, M., 2014. Allometric equations of leaf biomass and carbon stocks of oaks in National Botanical Garden of Iran. *Journal of Plant Research*, 27(1): 12-22 (In Persian).
- Pashabadi, M., 2014. Economic valuation of carbon sequestration function in Zagros forests, case study: Shahprotected area. *Forestry Master's Thesis*, Lorestan University, 98p (In Persian).
- Pato, M., Salehi, A., Zahedi Amiri, G. and Banj shafiei, A., 2017. Estimating the amount of carbon storage in biomass of different land uses in Northern Zagros Forest. *Iranian Journal of Forest*, 9(2):159-170 (In Persian).
- Sagheb Talebi, Kh., Sajedi, T. and Pourhashemi, M., 2014. *Forests of Iran: A Treasure from the Past, A Hope for the Future*. Springer, 152p.
- Saglant, B., Kucuki, O., Bilgili, E., Durmaz, D. and Basal, I., 2008. Estimating fuel biomass of some shrub species (Maquis) in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32: 349-356.
- Sohrabi, H. and 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).