Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Ecology of Iranian Forests, Vol. 13, Issue 2, 2025 p: 102-115

OPEN ACCESS

Research Paper

Variation in Aboveground, Litter, and Soil Carbon Stock in Pure Standard and Standard-Coppice Persian Oak Stands (Case Study: Dalab Forests of Ilam)

Ahmad Hosseini[1] and Yaaghoub Iranmanesh[2]

1- Associate Professor, Department of Natural Resources, Ilam agricultural and natural resources Research and Education Center, AREEO, Ilam, Iran, (Corresponding Author: ahmad.phd@gmail.com)
2- Associate Professor, Department of Natural Resources, Charmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahrekord, Iran

Received: 27 January, 2025 Revised: 15 April, 2025 Accepted: 25 May, 2025

Extended Abstract

Background: Carbon sequestration in plant biomass and soils located under this biomass is the easiest way to reduce atmospheric carbon dioxide. Forests play a special role in atmospheric carbon deposition due to the production of large amounts of biomass, and are of great interest in terms of carbon storage. During the past years, the forest habitats of Zagros have been severely destroyed from quantitative and qualitative aspects, which consequently have affected the key role of these ecosystems in controlling climate change. Evaluating quantitative changes in above-ground and soil carbon reserves in Zagros forests can show the importance and value of this vital ecosystem from economic and environmental aspects and be useful in sustainable management programs of forest resources. In the present research, the carbon stock was measured and monitored in permanent sample plots, which have not been examined in the west of Iran so far. This research is the beginning of long-term monitoring and climate change modeling, and the results can be used in the modeling of carbon deposition and global warming changes. In this regard, the present study aimed to determine changes in the carbon stock of aboveground biomass, litter, and soil in the standard and standard-coppice Persian oak stands in the Dalab forests of Ilam Province from 2019 to 2022.

Methods: Two Persian oak forest stands with standard and standard-and-coppice forms were first selected in this research. A permanent square sample plot of one hectare (dimensions 100 × 100 m) was selected and established randomly in each forest stand. Quantitative characteristics of all trees in the sample plots were measured to determine the status of each stand and to calculate the biomass and aboveground carbon stock of the stands. In each sample plot, five soil samples were also regularly taken from a depth of 0-30 cm in the square and center of the sample plot to measure carbon, moisture, apparent specific gravity, and soil gravel percentage. To estimate the carbon stock of the litter, 10 micro plots of 0.5 square meters were planted randomly in each plot, and two groups of fine and coarse litter were collected separately. Fine litter included all leaves, humus layers, and all small pieces of wood (< 1 cm in diameter), and coarse litter included large pieces of wood (> 1 cm in diameter). Quantitative characteristics of trees were measured in the first year of research, and soil and litter were sampled during 4 years of research. Two-way analysis of variance was used to investigate the changes in quantitative traits related to litter and soil under the influence of the sampling year and stand form (sample plot). The independent t-test was used to compare the average of litter biomass and carbon stock between two forest stands. Duncan's test was used to compare the average characteristics of litter and soil between the research years. Data were analyzed statistically in SPSS version 16.

Results: The stand density and canopy cover were higher in the pure standard stand (72 trees/ha) than in the standard-coppice stand (55 trees/ha). The amounts of aboveground biomass and carbon stock (29.93 tons/ha and 14.46 tons/ha, respectively) in the standard-coppice stand were less than in the pure standard stand (60.17 tons/ha and 29.78 tons/ha, respectively). The average biomass and carbon stock of fine litter in the standard-coppice stand were lower than those of the pure standard stand. The average biomass values of fine and coarse litter in the standard-coppice stanwere 4.95 and 1.52 tons per hectare, respectively. The average dry weights of fine and coarse litter in the pure standard stand were 6.24 and 1.32 tons per hectare, respectively. The average carbon stock volumes of fine and coarse litter in the standard-coppice stand were estimated at 2.77 and 0.83 tons per hectare, and in the pure standard stand as 3.81 and 0.72 tons per hectare, respectively. The organic carbon percentages of fine and coarse litter in the standard-coppice

Copyright ©2025. Hosseini & Iranmanesh. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 Unported License, which allows users to read, copy, distribute, and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-06-21]

[DOI: 10.61882/ifej.2025.523]

stand were 45.20 and 38.79%, and in pure standard stand were 44.02 and 39.34%, respectively. The average percentages of organic carbon and soil carbon stock were lower in the standard-coppice stand (respectively 2.01 and 70.11 tons per hectare) than in the pure standard stand (respectively 2.09 and 79.67 tons per hectare). The soil moisture in each stand had annual changes, and its amount was lower in the standard-coppice stand than in the standard stand. The soil carbon stock was significantly affected by the year, and its values showed a significant difference between the research years. However, the amount of fine litter carbon stock in the research years and the sample plots showed a significant difference, and the coarse litter carbon stock did not show significant changes. In both studied forest stands, the largest share of the stored carbon belonged to the soil, followed by the aboveground carbon stock.
Conclusion: The obtained results indicate that the carbon stock of Persian oak stands in different biological parts is influenced by the quantitative and qualitative characteristics of oak stands, and its variations differ in different years depending on the stand characteristics. The standard forest stands, therefore, which are less degraded than the standard-coppice stands, have better ecological performance, and this efficiency is shown in the higher amount of aboveground, litter, and soil carbon stock. The results of quantifying the amount of carbon stock in different biological parts of oak forests show that oak forests play a significant role in carbon storage, which is effective in controlling atmospheric carbon dioxide.

Keywords: Biomass, Ilam, Litter oak forest, Soil organic carbon

How to Cite This Article: Hosseini, A., & Iranmanesh, Y. (2025). Variation in Aboveground, Litter, and Soil Carbon Stock in Pure Standard and Standard-Coppice Persian Oak Stands (Case Study: Dalab Forests of Ilam). *Ecol Iran For*, 13(2), 102-115. DOI: 10.61882/ifej.2025.523

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-06-21]

[DOI: 10.61882/ifej.2025.523]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقاله پژوهشی

تغییرات اندوخته کربن روزمینی، لاشریزه و خاک در توده‌های دانه‌زاد خالص و دانه و شاخه‌زاد بلوط ایرانی (مطالعه موردی: جنگل‌های دالاب ایلام)

احمد حسینی [۱] و یعقوب ایرانمنش [۲]

۱- دانشیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، ایران، (نویسنده مسوول: ahmad.phd@gmail.com)

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

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۰۸ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۱/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۴
صفحه ۱۰۲تا ۱۱۵

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: ترسیب کربن در زی‌توده گیاهی و خاک‌هایی که تحت این زی‌توده هستند، ساده‌ترین راهکار برای کاهش دی‌اکسیدکربن اتمسفری است. جنگل‌ها به‌دلیل تولید زی‌توده زیاد نقش ویژه‌ای در ترسیب کربن جو دارند و از جنبه اندوخته کربن بسیار مورد توجه هستند. رویشگاه‌های جنگلی زاگرس طی سالیان گذشته از جنبه‌های کمی و کیفی به‌شدت مورد تخریب قرار گرفته‌اند و به‌دنبال آن نقش کلیدی این بوم‌سازگان‌ها در کنترل تغییرات اقلیمی تحت تاثیر واقع شده است. ارزیابی تغییرات کمی ذخیرهٔ کربن روزمینی، لاشریزه و خاک درجنگل‌های زاگرس می‌تواند اهمیت و ارزش این بوم‌سازگان حیاتی را از جنبه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی نشان دهد و در برنامه‌های مدیریت پایدار منابع جنگلی مفید واقع شود. در پژوهش حاضر، اندوخته کربن در قطعات نمونه ثابت مورد سنجش و پایش قرار گرفت که تاکنون در غرب کشور انجام نشده است. این پژوهش آغازی برای پایش‌های بلندمدت و مدل‌سازی‌های تغییر اقلیم است و نتایج این بررسی‌ها را در بلندمدت می‌توان در مدل‌سازی ترسیب کربن و تغییرات گرمایش جهانی استفاده کرد. در این راستا، پژوهش حاضر با هدف تعیین تغییرات اندوخته کربن روی‌زمینی، لاشریزه و خاک توده‌های دانه‌زاد و دانه و شاخه‌زاد بلوط ایرانی در جنگل‌های دالاب استان ایلام طی سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۱ انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش ابتدا دو توده جنگلی بلوط ایرانی با فرم‌های دانه‌زاد و دانه و شاخه‌زاد انتخاب شدند. در هر توده جنگلی، یک قطعه نمونه مربعی شکل یک هکتاری (ابعاد ۱۰۰ × ۱۰۰ متر) دائمی به‌صورت تصادفی انتخاب و پیاده شد. مشخصه‌های کمی تمام درختان موجود در قطعات نمونه به‌منظور تعیین وضعیت هر توده و نیز انجام محاسبات زی‌توده و اندوخته کربن روزمینی توده‌ها اندازه‌گیری شدند. همچنین در هر قطعه‌نمونه، پنج نمونه خاک در چهارگوشه و مرکز قطعه نمونه به‌طور منظم از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری برداشت شد و مقادیر کربن، رطوبت، وزن مخصوص ظاهری و درصد سنگ‌ریزه خاک اندازه‌گیری شد. برای برآورد اندوخته کربن لاشریزه، ۱۰ میکروپلات ۰/۵ متر مربعی به‌طور تصادفی منظم در هر قطعه نمونه پیاده شد و دو گروه لاش‌ریزه‌های ریز و درشت موجود در آن‌ها به‌طور جداگانه جمع‌آوری شدند. لاشریزه‌های ریز شامل کلیه لاشبرگ‌ها، لایه‌های هوموس و کلیه قطعات چوبی کوچک (قطر کمتر از یک سانتی‌متر)، و لاشریزه‌های درشت شامل قطعات چوبی بزرگ (قطر بیشتر از یک سانتی‌متر) بودند. اندازه‌گیری مشخصه‌های کمی درختان در سال اول پژوهش و نمونه‌برداری خاک و لاشریزه طی ۴ سال از اجرای پروژه انجام شدند. برای بررسی تغییرات صفات کمی مربوط به لاشریزه و خاک تحت تأثیر سال نمونه‌برداری و فرم توده (قطعه نمونه)، از تجزیه واریانس دوطرفه استفاده شد. برای مقایسه میانگین زی‌توده و اندوخته کربن لاشریزه بین دو توده جنگلی از آزمون تی غیرجفتی استفاده شد. برای مقایسه میانگین صفات لاشریزه و نیز صفات خاک در بین سال‌های تحقیق از آزمون دانکن استفاده شد. تجزیه آماری داده‌ها در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام شد.

یافته‌ها: تراکم توده و انبوهی تاج‌پوشش در توده دانه‌زاد خالص (۷۲ درخت در هکتار) بیشتر از توده دانه و شاخه‌زاد (۵۷ اصله در هکتار) بودند. در توده دانه و شاخه‌زاد، میزان زی‌توده و اندوخته کربن روزمینی (به‌ترتیب ۲۹/۹۳ تن و ۱۴/۴۶ تن در هکتار) کمتر از توده دانه‌زاد خالص (به‌ترتیب ۶۰/۱۷ تن و ۲۹/۷۸ تن در هکتار) بود. میانگین زی‌توده و اندوخته کربن لاشبرگ ریز در توده دانه و شاخه‌زاد کمتر از توده دانه‌زاد بود. میانگین زی‌توده لاشبرگ ریز و درشت در توده دانه و شاخه‌زاد به‌ترتیب ۴/۹۵ و ۱/۵۲ تن در هکتار بود. میانگین وزن خشک لاشبرگ ریز و درشت در توده دانه‌زاد خالص به‌ترتیب ۶/۲۴ و ۱/۳۲ تن در هکتار به دست آمد. میانگین اندوخته کربن لاشبرگ ریز و درشت در توده دانه و شاخه‌زاد به‌ترتیب ۲/۷۷ و ۰/۸۳ تن در هکتار و در توده دانه‌زاد خالص به‌ترتیب ۳/۸۱ و ۰/۷۲ تن در هکتار برآورد گردید. درصد کربن آلی لاشبرگ ریز و درشت در توده دانه و شاخه‌زاد به ترتیب ۴۵/۲۰ و ۳۸/۷۹ درصد و در توده دانه‌زاد خالص به‌ترتیب ۴۴/۰۲ و ۳۹/۳۴ درصد به‌دست آمد. میانگین درصد کربن آلی و اندوخته کربن خاک در توده دانه و شاخه‌زاد (به‌ترتیب ۲/۰۱ و ۷۰/۱۱ تن در هکتار) کمتر از توده دانه‌زاد خالص (به‌ترتیب ۲/۰۹ و ۷۹/۶۷ تن در هکتار) بود. رطوبت خاک در هر توده تغییرات سالیانه داشت و میزان آن در توده دانه و شاخه‌زاد کمتر از توده دانه‌زاد خالص بود. اندوخته کربن خاک تحت تأثیر معنی‌دار سال قرار داشت و مقادیر آن بین سال‌های اجرای پروژه اختلاف معنی‌دار داشتند، درصورتی‌که مقدار اندوخته کربن لاشبرگ ریز در سال‌های پژوهش و قطعات نمونه تفاوت معنی‌دار نشان داد و مقدار اندوخته کربن لاشبرگ درشت تغییرات معنی‌داری نشان نداد. در هر دو توده جنگلی مورد مطالعه، بیشترین سهم میزان کربن اندوخته‌شده متعلق‌به خاک بود و پس از آن به اندوخته کربن روزمینی تعلق داشت.

نتیجه‌گیری: نتایج به‌دست آمده حاکی از آن هستند که اندوخته کربن توده‌های بلوط ایرانی در قسمت‌های مختلف زیستی آن تحت تأثیر ویژگی‌های کمی و کیفی توده‌های بلوط است و تغییرات آن در سال‌های مختلف بسته به ویژگی‌های توده فرق می‌کنند. بر این اساس، توده‌های جنگلی دانه‌زاد که کمتر از توده‌های دانه و شاخه‌زاد دچار تخریب شده‌اند، عملکرد بوم‌شناختی بهتری داشته‌اند و این کارایی خود را در میزان بیشتر اندوخته کربن روزمینی، لاشریزه و خاک نشان داده‌اند. نتایج حاصل از کمی‌سازی میزان ذخیره کربن در قسمت‌های زیستی مختلف جنگل‌های بلوط نشان می‌دهند که جنگل‌های بلوط نقش قابل توجهی در ذخیره کربن دارند که در کنترل دی‌اکسیدکربن جو موثر است.

واژه‌های کلیدی: ایلام، جنگل بلوط، زی‌توده، کربن آلی خاک، لاشبرگ

مقدمه

تغییر اقلیم از چالش‌های مهم در بحث توسعه پایدار است که بر اثر افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای اتفاق می‌افتد (Iranmanesh *et al.*, 2014). مهم‌ترین اثر تغییر اقلیم، افزایش دمای سطح کره زمین به‌دلیل افزایش سهم گازهای گلخانه‌ای از جمله دی‌اکسید کربن است. دی‌اکسید کربن

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-06-21]

[DOI: 10.61882/ifej.2025.523]

مهم‌ترین گاز گلخانه‌ای است که افزایش احتراق سوخت‌های فسیلی و جنگل‌زدایی در سراسر جهان از عوامل بسیار مؤثر در افزایش سطح آن است. برای کاهش دی‌اکسیدکربن اتمسفری و ایجاد تعادل در گازهای گلخانه‌ای، کربن اتمسفر باید جذب و در شکل‌های متعدد ترسیب شود (Naghipour Borj *et al*., 2008). ترسیب کربن در واقع به فرآیند تثبیت دی‌اکسیدکربن جو و ذخیره آن در بوم‌سازگان‌های خشکی در یک بازه زمانی طولانی‌مدت گفته می‌شود (Mahmoudi *et al*., 2023). در تعریفی دیگر، ترسیب کربن به معنی جذب مواد حاوی کربن، به‌خصوص CO_2، در مخازن گوناگون برای مدت زمان طولانی است (Solomon, 2007).

ترسیب کربن در زی‌توده گیاهی و خاک‌هایی که تحت این زی‌توده هستند، ساده‌ترین و از نظر اقتصادی عملی‌ترین راهکار ممکن به‌منظور کاهش دی‌اکسیدکربن اتمسفری است (Emmerich, 2002). پوشش گیاهی بوم‌سازگان‌ها و خاک به‌عنوان مهم‌ترین مخازن کربن در جهان محسوب می‌شوند (Zhao *et al*., 2019). خاک به‌عنوان بستر رویشگاه‌های جنگلی از اجزای مهم بوم‌سازگان جنگل به شمار می‌رود. ترسیب کربن خاک بخش مهمی از ترسیب کربن در بوم‌سازگان خشکی است و تأثیر شدیدی بر دی‌اکسیدکربن اتمسفری دارد، به‌طوری که تغییرات کم در تراکم کربن خاک در اثر تغییر کاربری اراضی ممکن است تغییرات زیادی در تراکم دی‌اکسیدکربن اتمسفری ایجاد کند (Lal, 2004). ترسیب کربن درخاک‌های جنگلی، برای حاصل‌خیزی رویشگاه و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای مفید است (Busse *et al*., 2009).

در سال‌های اخیر، پژوهش‌های متعددی در ارتباط با پوشش‌های مختلف جنگلی و ترسیب کربن خاک گزارش شده‌اند (Bu *et al*., 2012; Dar & Sundarapandian, 2013; Xavier *et al*., 2013; Zhao *et al*., 2019). نتایج این پژوهش‌ها حاکی از آن هستند که مقدار ذخیره کربن خاک همبستگی بالایی با نوع و فرم پوشش گیاهی دارند. تغییر در مقدار ترسیب کربن خاک، به مقدار ورودی کربن به خاک از راه بقایای گیاهی و هدررفت کربن از راه تجزیه بستگی دارد (Varamesh *et al*., 2010). در پوشش‌های غیر جنگلی نیز پژوهش‌ها نشان داده‌اند که تیپ‌های جنگل‌کاری مختلف توانایی متفاوتی در ذخیره کربن در زی‌توده و لاشبرگ دارند (Mahmoudi *et al*., 2023).

جنگل‌ها به‌دلیل تولید زی‌توده زیاد نقش ویژه‌ای در ترسیب کربن جو دارند و از جنبه اندوخته کربن بسیار مورد توجه هستند. بنابراین، داشتن اطلاعات مشخص و قابل اعتماد از اندوخته کربن رویشگاه‌های جنگلی و پایش آن، یکی از مهمترین فاکتورها جهت طراحی و تکمیل برنامه‌های مدیریت پایدار منابع جنگلی خواهد بود. رویشگاه‌های جنگلی زاگرس طی سالیان گذشته از جنبه‌های کمی و کیفی به‌شدت مورد تخریب قرار گرفته‌اند و به‌دنبال آن نقش کلیدی این بوم‌سازگان‌ها در کنترل تغییرات اقلیمی تحت تاثیر واقع شده است. زوال درختی ناشی از وقوع خشک‌سالی‌ها و تغییرات اقلیمی که در دهه اخیر به شدت جنگل‌های زاگرس را دچار بحران کرده‌اند، بر مشکلات زاگرس افزوده است و عملکرد این جنگل‌ها را برای ترسیب کربن تحت تأثیر قرار داده است. با وقوع مرگ‌ومیرهای درختی، تغییرات زیادی در عملکرد و ساختار جنگل‌ها و بوم‌سازگان‌های جنگلی رخ می‌دهند. از جمله می‌توان به مواردی چون کاهش تراکم توده، تغییر فراوانی گونه‌های درختی بسته به میزان حساسیت آنها به تنش خشکی، تغییر در ترکیب گونه‌ای، کاهش انبوهی تاج‌پوشش جنگل، تغییر ساختار جنگل‌ها، افزایش میزان خشکه‌دارها و حساس شدن جنگل به آتش‌سوزی، تغییرات تنوع زیستی و تأثیر در فرایندهای زیست‌شناختی جنگل، به هم خوردن توازن زیست‌شناختی و بوم‌شناختی در جنگل، کاهش کارایی و عملکرد جنگل و کاهش توان ذخیره نزولات در سال‌های ترسالی آتی اشاره نمود (Fierke *et al*., 2007; Franklin *et al*., 1987; Shaw *et al*., 2005).

بنا بر این، ارزیابی تغییرات کمی ذخیرهٔ کربن روزمینی و خاک در جنگل‌های زاگرس می‌تواند اهمیت این بوم‌سازگان حیاتی کشور را بهتر نشان دهد و در برنامه‌ریزی برای حفظ، احیاء و توسعه منابع جنگلی مفید واقع شود. اندازه‌گیری اندوخته کربن در قسمت‌های مختلف رویشگاه‌های جنگلی و مرتعی به‌طور متعدد صورت پذیرفته است اما این که وضعیت اندوخته کربن در قطعات نمونه ثابت مورد سنجش و پایش قرار گیرد، تاکنون در غرب کشور انجام نشده است و این مطالعات برای اولین بار شروع شده‌اند. این مطالعه آغازی برای پایش‌های بلندمدت و مدل‌سازی‌های تغییر اقلیم است. بررسی روند تغییرات اندوخته کربن در بلندمدت در مدل‌سازی ترسیب کربن و تغییرات گرمایش جهانی بسیار قابل استفاده است. از این‌رو، پژوهش حاضر در نظر دارد تا اندوخته کربن را در توده‌های جنگلی با فرم‌ها و ویژگی‌های کمی و کیفی مختلف در جنگل‌های بلوط دالاب ایلام مورد بررسی قرار دهد. لذا این پژوهش برای تحقق اهداف ۱- برآورد اندوخته کربن روی زمینی، خاک و لاش‌ریزه در جنگل‌های بلوط دالاب ایلام، ۲- مقایسه مقادیر اندوخته کربن در توده‌های جنگلی دانه‌زاد خالص و دانه و شاخه‌زاد بلوط ایرانی و ۳- تعیین روند تغییرات زمانی اندوخته کربن روزمینی، خاک و لاش‌ریزه در جنگل‌های دالاب ایلام، انجام شد.

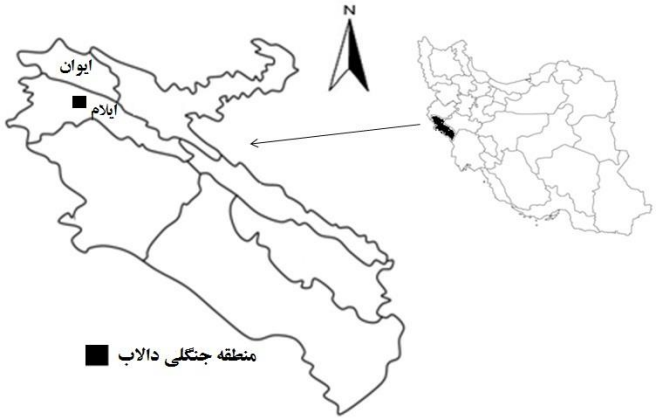
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

پژوهش پیش‌رو در منطقه جنگلی دالاب در حوزه شهرستان چوار، در نیمه شمالی استان ایلام انجام شد (شکل ۱). این جنگل‌ها در منطقه‌ای کوهستانی قرار دارند و از توده‌های جنگلی با آمیختگی بالای گونه بلوط ایرانی تشکیل شده‌اند. فرم توده‌ها به‌صورت دانه‌زاد یا دانه و شاخه‌زاد است. در این منطقه، دو توده جنگلی بلوط ایرانی با فرم‌های دانه‌زاد خالص و دانه و شاخه‌زاد با شرایط تقریبا مشابه از نظر ارتفاع از سطح دریا و شیب دامنه انتخاب شدند و در مرکز هر توده یک قطعه‌نمونه مربعی‌شکل یک هکتاری دائمی مشخص و پیاده شد (Askarii *et al*., 2021; Zarafshar *et al*., 2021; Iranmanesh *et al*., 2021). لازم به ذکر است که مساحت توده دانه‌زاد خالص حدود ۲۵ هکتار و مساحت توده دانه و شاخه‌زاد حدود ۴۵ هکتار بود. گونه‌های درختی بنه و کیکم و

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-06-21]
[DOI: 10.61882/ifej.2025.523]

گونه‌های درختچه‌ای زالزالک و آلبالوی وحشی در سطح منطقه وجود دارند.



شکل۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در نقشه استان ایلام
Figure 1. Geographical location of the study area in the Ilam Province map

روش تحقیق

در این پژوهش، دو توده جنگلی بلوط ایرانی با فرم‌های دانه‌زاد خالص و دانه و شاخه‌زاد انتخاب شدند و در مرکز هر توده جنگلی، یک قطعه‌نمونه مربعی‌شکل یک هکتاری (ابعاد ۱۰۰ × ۱۰۰ متر) دائمی انتخاب و پیاده شد (Askarii *et al*., 2021; Zarafshar *et al*., 2021; Iranmanesh *et al*., 2021). در هر قطعه‌نمونه، داده‌های توصیفی توده و داده‌های پایش توده برداشت شدند. داده‌های توصیفی توده شامل مشخصات کمی و کیفی توده مانند، قطر برابر سینه درخت، قطر در محل یقه، قطر در حد فاصل تنه و شروع تاج، ارتفاع درخت، ارتفاع تنه، قطر بزرگ و کوچک تاج و درصد تراکم تاج بودند. افزون بر این، داده‌های حاصل از اندازه‌گیری حجم تنه و حجم تاج به‌منظور انجام محاسبات زی‌توده و اندوخته کربن روزمینی گونه‌ها انجام شد. داده‌های توصیفی توده در سال اول پژوهش و در مردادماه برداشت شدند. داده‌های پایش توده شامل اندوخته کربن لاش‌ریزه، اندوخته کربن خاک و رطوبت خاک طی سه سال نمونه‌برداری و اندازه‌گیری شدند. برای برآورد زی‌توده و اندوخته کربن (تن در هکتار) گونه‌های درختی بلوط ایرانی و بنه که معادلات آلومتری آنها موجود بود، از معادلات مربوطه استفاده شد (Iranmanesh *et al*., 2013; Sohrabi & Shirvani, 2012) (جدول ۱). در مورد سایر گونه‌ها مانند زالزالک و ... نیز از معادلات تخصصی و عمومی موجود به‌منظور برآورد زی‌توده و اندوخته کربن استفاده گردید (Boiri Monji *et al*., 2020; Sohrabi & Shirvani, 2012) (جدول ۱). برای اندازه‌گیری کربن آلی خاک، در هر قطعه‌نمونه دائمی، پنج نمونه خاک در چهارگوشه و مرکز قطعه نمونه به‌طور منظم از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری برداشت شدند (Askarii *et al*., 2021; Zarafshar *et al*., 2021; Iranmanesh *et al*., 2021). به استناد منبع پنمان (Penman, 2003) که از معتبرترین منبع‌ها در این زمینه است، بیشترین مقدار کربن آلی اندوخته‌شده درخاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متری تجمع یافته است و استفاده از این عمق پیشنهاد شده است. ضمن این‌که در جنگل‌های زاگرس به‌دلیل شرایط رویشگاهی و سنگلاخی بودن عمق خاک معمولا کم است. همچنین، وزن مخصوص ظاهری خاک و درصد قطعات بزرگ (مانند سنگ‌ریزه) اندازه‌گیری و با استفاده از رابطه زیر مقدار کل ذخیره کربن آلی خاک (تن در هکتار) در منطقه مورد بررسی محاسبه شد (IPCC, 2003).

$$SOC = [SOC] \times Bulk\ Density \times Depth \times Coarse\ Fragments \times 10$$

در رابطه فوق: SOC ذخیره کربن آلی خاک (Mg C ha-1) (Ton/ha)، [SOC] غلظت کربن آلی خاک در حجم خاک برداشت‌شده ($gC\ (kg\ soil)^{-1}$)، 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 $Mg\ C\ ha^{-1}$ (تن در هکتار) است. رطوبت خاک با استفاده از روش وزنی و بر اساس دستورالعمل تجزیه‌های آزمایشگاهی نمونه‌های خاک و آب موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، نشریه شماره ۴۶۷، سنجیده شد.

همچنین در هر قطعه‌نمونه، ۱۰ قاب ۰/۵ متر مربعی به‌طور تصادفی پیاده و دو گروه لاش‌ریزه‌های ریز و درشت موجود در آن‌ها به‌طور جداگانه جمع‌آوری شدند. لاشریزه‌های ریز شامل کلیه لاشبرگ‌ها، لایه‌های هوموس و کلیه قطعات چوبی کوچک (قطر کمتر از یک سانتی‌متر) هستند و لاشریزه‌های درشت نیز قطعات چوبی بزرگ (قطر بیشتر از یک سانتی‌متر) را شامل می‌شوند (Palosuo *et al*., 2005). نمونه‌های لاشریزه بلافاصله توسط ترازو توزین و سپس برای اندازه‌گیری وزن خشک و مقدار کربن به آزمایشگاه منتقل شدند. به‌منظور اندازه‌گیری درصد کربن آلی لاش‌ریزه و نمونه‌های گیاهی از روش احتراق در کوره الکتریکی استفاده شد. کربن آلی خاک به‌روش والکلی- بلاک اندازه‌گیری و وزن مخصوص ظاهری خاک از روش کلوخه تعیین شدند (MacDicken, 1997).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-06-21]
[DOI: 10.61882/ifej.2025.523]

جدول ۱- مدل‌های برآورد زی‌توده و اندوخته کربن روزمینی در درختان تک‌پایه و شاخه‌زاد
Table 1. Models for estimating biomass and aboveground carbon stock in single-stemmed and coppice trees

گونه Species	متغیر مستقل Independent variable	متغیر وابسته Dependent variable	ضریب تبیین اصلاح شده Modified coefficient of determination	مدل Model
بلوط ایرانی تک پایه Single-stemmed Persian oak	قطر متوسط تاج Average crown diameter	زی‌توده Biomass	0.97	$Y = 0.881 * x^{3.228}$
بلوط ایرانی تک پایه Single-stemmed Persian oak	قطر برابرسینه DBH	زی‌توده Biomass	0.95	$Y = 0.615 * x^{1.865}$
بلوط ایرانی تک پایه Single-stemmed Persian oak	ارتفاع کل Total height	زی‌توده Biomass	0.89	$Y = 0.067 * x^{3.921}$
بلوط ایرانی تک پایه Single-stemmed Persian oak	قطر متوسط تاج Average crown diameter	اندوخته کربن Carbon stock	0.97	$Y = 0.425 * x^{3.230}$
بلوط ایرانی تک پایه Single-stemmed Persian oak	قطر برابرسینه DBH	اندوخته کربن Carbon stock	0.95	$Y = 0.296 * x^{1.866}$
بلوط ایرانی تک پایه Single-stemmed Persian oak	ارتفاع کل Total height	اندوخته کربن Carbon stock	0.89	$Y = 0.032 * x^{3.924}$
بلوط ایرانی شاخه‌زاد Coppice Persian oak	قطر متوسط تاج Average crown diameter	زی‌توده Biomass	0.97	$Y = 2.534 * x^{2.383}$
بلوط ایرانی شاخه‌زاد Coppice Persian oak	ارتفاع کل Total height	زی‌توده Biomass	0.91	$Y = 1.868 * x^{2.487}$
بلوط ایرانی شاخه‌زاد Coppice Persian oak	قطر متوسط تاج Average crown diameter	اندوخته کربن Carbon stock	0.97	$Y = 1.275 * x^{2.362}$
بلوط ایرانی شاخه‌زاد Coppice Persian oak	ارتفاع کل Total height	اندوخته کربن Carbon stock	0.91	$Y = 0.959 * x^{2.454}$
بلوط ایرانی تک پایه (قطر تاج بالای ۳ متر) Single-stemmed Persian oak	قطر متوسط تاج و قطربرابر سینه Average crown diameter-DBH	زی‌توده Biomass	0.88	$Y=86.491*X+ 11.507*Z- 426.55$
بلوط ایرانی شاخه‌زاد (قطر تاج بالای ۳ متر) Coppice Persian oak	قطر متوسط تاج و ارتفاع کل Average crown diameter-Total height	زی‌توده Biomass	0.96	$Y=60.659*X - 11.47*H - 88.527$
بنه Wild pistachio	قطر برابر سینه DBH	زی‌توده Biomass	0.87	$Y = 0.9754*X^{1.654}$
سایر گونه‌ها Other species	قطر برابر سینه DBH	زی‌توده Biomass	-	$Y = 0.3*X^{2.33}$

تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای انجام تجزیه آماری مشخصات کمی درختان و مقادیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی لاشریزه و خاک، خلاصه آماری متغیرهای فوق‌الذکر در هر یک از توده‌های جنگلی و به تفکیک سال‌های پژوهش به دست آمد. برای بررسی نرمال‌بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف اسمیرونوف استفاده گردید. برای بررسی تغییرات صفات کمی مربوط به لاشریزه و خاک تحت تأثیر سال نمونه‌برداری و فرم توده (قطعه‌نمونه) از تجزیه واریانس دوطرفه استفاده شد. همگنی واریانس‌ها با آزمون لون بررسی شد. همچنین، برای مقایسه میانگین زی‌توده و اندوخته کربن لاشریزه بین دو توده جنگلی از آزمون تی غیر جفتی استفاده شد. همچنین، برای مقایسه میانگین صفات لاشریزه و نیز صفات خاک در بین سال‌های تحقیق از آزمون دانکن استفاده شد. تجزیه آماری داده‌ها در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های کمی توده‌های جنگلی مورد بررسی

نتایج این بررسی نشان می‌دهند که تیپ اصلی جنگلی در قطعه نمونه توده دانه و شاخه‌زاد، بلوط ایرانی است. تعداد ۵۷ اصله درخت (شامل سه گونه درختی و درختچه‌ای) در این قطعه نمونه یک هکتاری شمارش شدند که شامل درختان تک‌پایه (۸۲/۴۶ درصد) و شاخه‌زاد (۱۷/۵۴ درصد) هستند. در قطعه نمونه توده دانه‌زاد خالص، تیپ اصلی جنگلی نیز بلوط ایرانی بود و تعداد ۷۲ اصله درخت (شامل ۱ گونه درختی) در این قطعه شمارش شد که شامل درختان تک‌پایه بودند (جدول ۲).

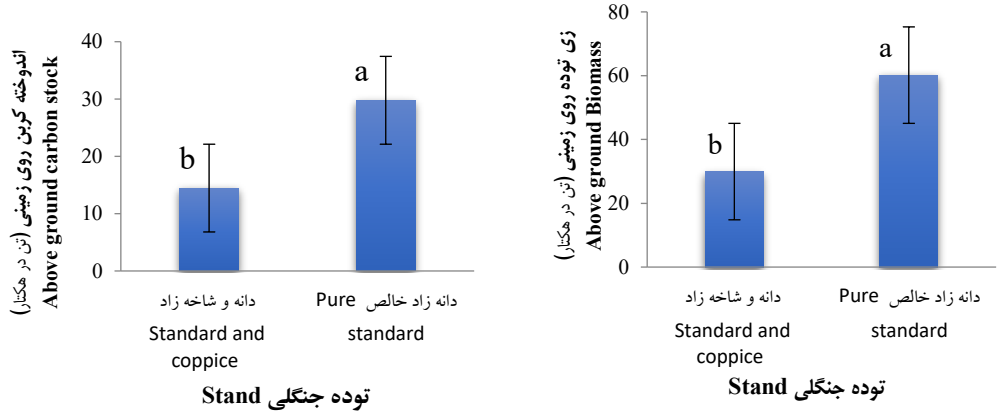
جدول ۲- آماره‌های توصیفی متغیرهای کمی درختان تک‌پایه و شاخه‌زاد در توده‌های جنگلی دالاب
Table 2. Descriptive statistics of quantitative variables of single-stemmed and coppice trees in Dalab forest stands

متغیر Variable	درختان تک‌پایه در توده دانه و شاخه‌زاد Single-stemmed trees in the standard-coppice stand	درختان تک‌پایه در توده دانه‌زاد خالص Single-stemmed trees in the standard stand
قطر درخت (سانتی‌متر) tree dbh (cm)	39.59	46.12
قطر متوسط تاج (متر) Mean crown diameter (m)	7.16	9.23
سطح تاج (متر مربع) crown area (m^2)	43.96	70.41
ارتفاع درخت (متر) tree height (m)	8.26	8.91
متغیر Variable	**درختان شاخه‌زاد در توده دانه و شاخه‌زاد Coppice trees in the standard-coppice stand**	**درختان شاخه‌زاد در توده دانه‌زاد خالص Coppice trees in the standard stand**
تعداد جست در جست‌گروه (Number of shoots in stool)	6.1	-
قطر جست (سانتی‌متر) Shoot diameter (cm)	11.4	-
قطر جست‌گروه (سانتی‌متر) Stool diameter (cm)	15.6	-
قطر متوسط تاج جست‌گروه (متر) Stool mean crown diameter (m)	1.83	-
سطح تاج جست‌گروه (متر مربع) Stool crown area (m^2)	2.85	-
ارتفاع جست (متر) ((Shoot height (m))	2.16	-

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-06-21]
[DOI: 10.61882/ifej.2025.523]

برآورد زی‌توده و اندوختهٔ کربن روزمینی

در این بررسی، مشخص شد که میزان زی‌توده برآوردی در جنگل‌های بلوط منطقه دالاب به‌طور متوسط ۴۵ تن در هکتار و متوسط میزان ذخیره کربن برآوردی آن‌ها حدود ۲۲ تن در هکتار بودند. مطابق با نتایج توریاما و همکاران (Toriyama *et al.*, 2015) که بیان کرده‌اند دخالت‌های انسانی همراه با عوامل طبیعی از طریق تغییر در خردااقلیم، پوشش گیاهی و تعادل چرخه آب، باعث کاهش ورود کربن آلی به خاک می‌شوند، مشخص است که میزان زی‌توده روزمینی در جنگل‌های دالاب، بر اثر دخالت‌های انسانی و قطع‌های بی‌رویه گذشته، خیلی کم شده است و کاهش زیاد زی‌توده این جنگل‌ها بر اثر تخریب‌های متوالی منجربه کاهش ذخیره کربن آن‌ها شده است که عملکرد آن‌ها را از یک جنگل طبیعی دور کرده است. پوکالا (Pukkala, 2016) نیز اثبات کرد که کاهش تراکم جنگل تأثیر معنی‌داری بر میزان ترسیب کربن داشت. البته در مقایسه با نتایج پژوهش ایرانمنش و همکاران (Iranmanesh *et al.*, 2023)، مشخص می‌شود که میزان لندوخته کربن روزمینی جنگل‌های دالاب از جنگل‌های اغلب استان‌های زاگرس‌نشین بیشتر است که نشان‌دهنده وضعیت بهتر جنگل‌های دالاب نسبت به جنگل‌های این استان‌ها است. در پژوهش حاضر، میزان زی‌توده و اندوخته کربن روزمینی در توده دانه‌زاد خالص بیشتر از توده دانه‌وشاخه‌زاد بود. مقادیر زی‌توده روزمینی در توده‌های جنگلی دلنه‌وشاخه‌زاد و دلنه‌زاد خالص به‌ترتیب ۲۹/۹۳ تن و ۶۰/۱۷ تن در هکتار محاسبه گردیدند (شکل ۲). همچنین، مقادیر لندوخته کربن روزمینی در توده‌های دلنه‌وشاخه‌زاد و دلنه‌زاد خالص به‌ترتیب ۱۴/۴۶ و ۲۹/۷۸ تن در هکتار به‌دست آمدند (شکل ۲). دلیل این امر به تراکم بیشتر توده جنگلی دانه‌زاد خالص برمی‌گردد. در توده دانه‌زاد خالص، تعداد درختان ۷۲ اصله در هکتار بود، اما در توده دانه و شاخه‌زاد تعداد درختان ۵۷ اصله در هکتار بود. به‌علاوه، تمامی درختان توده دانه‌زاد خالص، تک‌پایه بودند، در صورتی‌که برخی از درختان بلوط توده دانه و شاخه‌زاد به‌صورت چندپایه بودند. تحقیق پاتو و همکاران (Pato *et al.*, 2017) نیز نشان داد که تعداد در هکتار رابطه مستقیمی با زی‌تودهٔ جنگل داشت و به افزایش ذخیره کربن خاک کمک کرد. در پژوهش‌های ایرانمنش و همکاران (Iranmanesh *et al.*, 2014) و یوسفی و همکاران (Yousefi *et al.*, 2017) نیز اشاره شد که میزان زی‌توده و اندوخته کربن درختان تک‌پایه یا دانه‌زاد بلوط ایرانی بیشتر از جست‌گروه‌ها بود. افزون بر این، در توده دانه و شاخه‌زاد دالاب برخی از درختان تک‌پایه یا چندپایه از قطر تنه یا میانگین قطر پایینی برخوردار بودند و بالطبع میزان زی‌توده را کاهش می‌دهند. در واقع، نقش تفاوت تراکم و فرم توده‌های بلوط در میزان زی‌توده و لندوخته کربن روزمینی آن‌ها اهمیت حفظ و توسعه جنگل‌های بلوط را برای جذب کربن و تعادل دمایی و اقلیمی نشان می‌دهد. متأسفانه، جنگل‌های زاگرس از سالیان دور دچار تخریب‌های اساسی ناشی از فعالیت‌های انسانی و طبیعی شده‌اند، بوم‌سازگان‌های آن‌ها به‌شدت آسیب دیده‌اند و به‌طور گسترده دچار کاهش کمی و کیفی گردیده‌اند. افزون بر این، خشک‌سالی‌های شدید دهه اخیر و زوال گسترده توده‌ها و درختان بلوط بر وخامت اوضاع افزوده‌اند. در این شرایط، عملکرد جنگل‌ها و توده‌های بلوط در جذب دی‌اکسیدکربن و ترسیب کربن به‌شدت پایین خواهد آمد. در پژوهشی، ایرانمنش و همکاران (Iranmanesh *et al.*, 2021) در جنگل‌های چهارمحال و بختیاری، ضمن مقایسه زی‌توده و اندوخته کربن روزمینی، لاشریزه و خاک در توده‌های جنگلی سالم و دچار زوال بلوط ایرانی بیان کردند که زوال درختی در بلندمدت خسارات جبران‌ناپذیری را به بوم‌سازگان جنگلی غرب کشور وارد خواهد ساخت. در پژوهشی، یوسفی مفرد و همکاران (Yousofvand Mofrad, 2023) در جنگل‌های لرستان زیست‌توده جنگل را به‌میزان ۳۸۹/۹۹۴ تن برآورد کردند و گزارش کردند که ۳۹/۵۴ درصد آن به‌دلیل زوال از بین رفته است. در پژوهش‌های حسینی و همکاران (Hosseini *et al.*, 2017) و حسینی و جهانبازی (Hosseini & Jahanbazi, 2023) در جنگل‌های بلوط استان ایلام، مشخص شد که وقوع خشکیدگی‌های تاجی و درختی زیاد موجب تغییرات زیادی در ساختار جنگل شد.



شکل ۲- مقدار زی‌توده و اندوخته کربن روزمینی توده‌های جنگلی دانه‌زاد خالص و دانه و شاخه‌زاد
Figure 2. The amount of biomass and aboveground carbon stock of pure standard and standard-coppice forest stands

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-06-21]
[DOI: 10.61882/ifej.2025.523]

برآورد زی‌توده و اندوختهٔ کربن لاشریزه

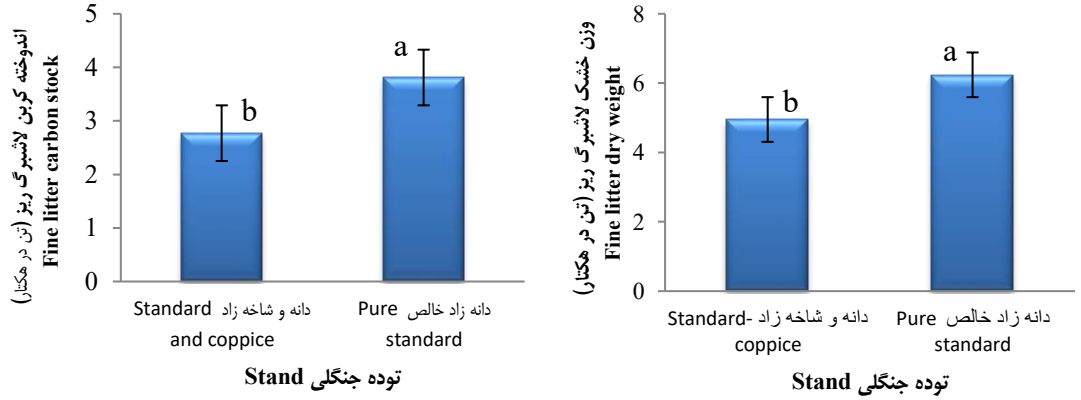
در پژوهش حاضر، مشخص شد که در جنگل‌های بلوط منطقه دالاب، میانگین زی‌توده لاشریزه ۷/۰۲ تن در هکتار و متوسط اندوخته کربن لاشریزه ۴/۲۲ تن در هکتار بودند. با نگاهی به نتایج پژوهش ایرانمنش و همکاران (Iranmanesh *et al.*, 2023)، مشخص می‌شود که مقادیر زی‌توده و اندوخته کربن لاشریزه جنگل‌های منطقه دالاب از جنگل‌های اغلب استان‌های زاگرس‌نشین بیشتر هستند که نشان‌دهنده وضعیت بهتر جنگل‌های دالاب نسبت به جنگل‌های این استان‌ها است. در پژوهش حاضر، مقادیر زی‌توده لاشبرگ ریز و درشت در قطعه‌نمونه توده دانه‌وشاخه‌زاد به‌ترتیب ۴/۹۵ و ۱/۵۲ تن در هکتار بودند. وزن‌های خشک لاشبرگ ریز و درشت در قطعه‌نمونه توده دانه‌زاد خالص به‌ترتیب ۶/۲۴ و ۱/۳۲ تن در هکتار به‌دست آمدند. مقادیر اندوخته کربن لاشبرگ ریز و درشت در توده دانه‌وشاخه‌زاد به‌ترتیب ۲/۷۷ و ۰/۸۳ تن در هکتار و در توده دانه‌زاد خالص به‌ترتیب ۳/۸۱ و ۰/۷۲ تن در هکتار برآورد گردیدند. درصدهای کربن آلی لاشبرگ ریز و درشت در توده دانه و شاخه‌زاد به‌ترتیب ۴۵/۲۰ و ۳۸/۷۹ درصد و در توده دانه‌زاد خالص به‌ترتیب ۴۴/۰۲ و ۳۹/۳۴ درصد به‌دست آمدند. در این پژوهش، میزان زی‌توده و اندوخته کربن لاشبرگ ریز در توده دانه‌وشاخه‌زاد کمتر از توده دانه‌زاد بود (شکل ۳) که دلیل آن به تراکم توده‌های جنگلی برمی‌گردد. در توده دانه‌زاد، تراکم درختی بیشتر از توده دانه‌وشاخه‌زاد بود و طبیعی است که با وجود تعداد بیشتر درخت در قطعه‌نمونه، لاشبرگ بیشتری نیز تولید می‌شود. این یافته با نتایج جعفری سرابی و همکاران (Jafari Sarabi *et al.*, 2019) همخوانی دارد. دلیل دیگر بیشتر بودن میزان زی‌توده و اندوخته کربن لاشبرگ در توده دانه‌زاد نسبت به توده دانه‌وشاخه‌زاد این است که تمام درختان توده دانه‌زاد به‌صورت تک‌پایه هستند و چون درختان تک‌پایه از سطح تاج بزرگ‌تری نسبت به درختان شاخه‌زاد برخوردارند، لذا مجموع سطح تاجی درختان در توده دانه‌زاد بیشتر از توده دانه‌وشاخه‌زاد است و این موجب تولید حجم لاشبرگ بیشتری نسبت به توده دانه‌وشاخه‌زاد می‌شود (Iranmanesh *et al.*, 2021).

بررسی تغییرات اندوخته کربن لاشریزه نشان داد که زی‌توده و اندوخته کربن لاشبرگ ریز تحت تأثیر معنی‌دار سال نمونه‌برداری بودند، اما اندوخته کربن لاشبرگ درشت تغییرات معنی‌داری در بین سال‌های نمونه‌برداری یا بین قطعات نمونه نداشت (جدول ۳، شکل ۴). تغییرات اندوخته کربن لاشبرگ ریز به تغییرات زی‌توده لاشبرگ ریز برمی‌گردد و این امری منطقی است چرا که در سال‌های مختلف تحت تأثیر تغییرات شاخص‌های آب و هوایی (میزان بارندگی و دما) یا تحت تأثیر ویژگی‌های کمی و کیفی و ساختاری توده، میزان برگ‌ریزی درختان و درختچه‌ها و نیز میزان تولید و پوشش گونه‌های علفی کف جنگل تغییر می‌کند و این تغییرات بر میزان زی‌توده لاشبرگ ریز و در نتیجه بر میزان اندوخته کربن لاشبرگ ریز تأثیر قابل‌توجه خواهند گذاشت. درصد کربن آلی لاشبرگ ریز و درشت تحت تأثیر معنی‌دار اثر سال قرار داشت (جدول ۳). بر این اساس، درصد کربن آلی لاشبرگ ریز و درشت در بین سال‌های نمونه‌برداری تفاوت نشان داد (شکل ۵).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر سال نمونه‌برداری و فرم توده بر مشخصه‌های لاشریزه در توده‌های جنگلی دالاب
Table 3. Analysis of variance for the effect of the sampling year and the stand form on litter characteristics in Dalab forest stands

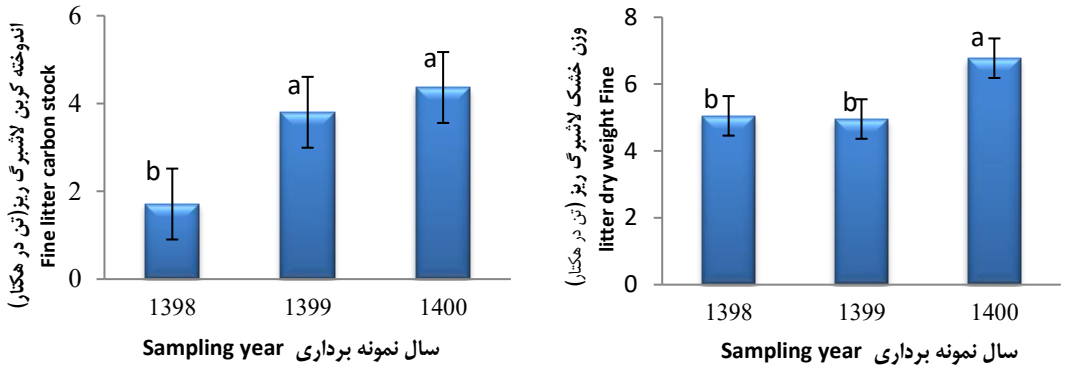
منابع تغییر Sources of variation		آماره F					
	درجه آزادی df	درصد کربن لاشبرگ درشت Coarse litter OC%	اندوخته کربن لاشبرگ درشت Coarse litter carbon stock	زی‌توده لاشبرگ درشت Coarse litter Biomass	درصد کربن لاشبرگ ریز fine litter OC%	اندوخته کربن لاشبرگ ریز Fine litter carbon stock	زی‌توده لاشبرگ ریز Fine litter Biomass
سال Year	2	3.924*	0.847	0.256	70.789**	23.372**	23.874**
توده Stand	1	1.321	0.079	0.154	0.850	7.747**	9.730**
سال × توده Year × stand	2	2.169	2.592	3.197*	2.976	2.078	3.893*

** معنی‌داری در سطح آماری ۹۹ درصد، * معنی‌داری در سطح آماری ۹۵ درصد

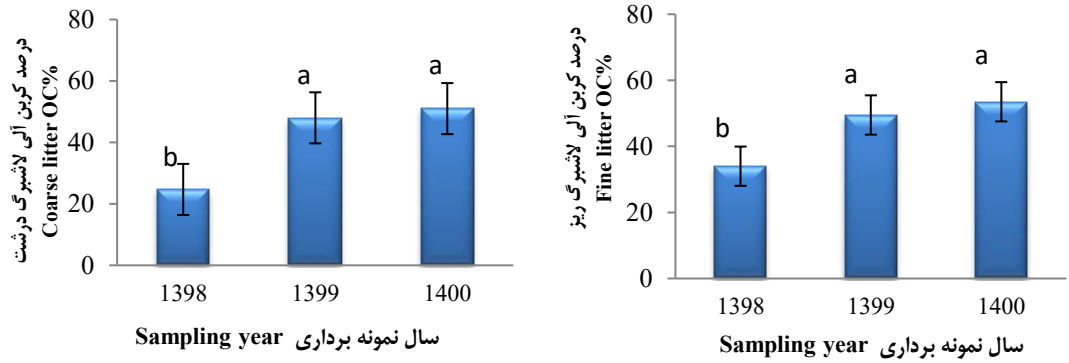


شکل ۳– میانگین زی‌توده و اندوخته کربن لاشبرگ ریز در توده‌های جنگلی دالاب
Figure 3. Mean biomass and carbon stock of fine litter in Dalab forest stands

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-06-21]
[DOI: 10.61882/ifej.2025.523]



شکل ۴– میانگین زی‌توده و اندوخته کربن لاشبرگ ریز در سال‌های نمونه‌برداری در منطقه دالاب
Figure 4. Mean biomass and carbon stock of fine litter in sampling years in the Dalab region



شکل ۵– میانگین درصد کربن آلی لاشبرگ ریز و درشت در سال‌های نمونه‌برداری در منطقه دالاب
Figure 5. Mean organic carbon of fine and coarse litter in sampling years in the Dalab region

برآورد اندوختهٔ کربن خاک

در این بررسی مشخص شد که میزان اندوخته کربن خاک در توده دانه‌وشاخه‌زاد ۷۰/۱۱ تن در هکتار و در توده دانه‌زاد ۷۹/۶۷ تن در هکتار است. با توجه به نتایج پژوهش Iranmanesh و همکاران (۲۰۲۳)، مشخص می‌شود که میزان اندوخته کربن روزمینی جنگل‌های دالاب در حد بینابین استان‌های زاگرس‌نشین است که نشان‌دهنده وضعیت بهتر جنگل‌های دالاب نسبت به برخی از جنگل‌ها در حوزه استان لرستان و در عین‌حال وضعیت بدتری نسبت به برخی استان‌ها مانند آذربایجان‌غربی و کردستان است. میانگین‌های درصد کربن آلی خاک در توده جنگلی دانه‌وشاخه‌زاد ۲/۰۱ و در توده جنگلی دانه‌زاد خالص ۲/۰۹ به دست آمدند. میانگین‌های وزن مخصوص ظاهری خاک در توده دانه‌زاد خالص ۱/۳۶ میلی‌گرم بر سانتی‌متر مکعب و در توده دانه و شاخه‌زاد ۱/۲۹۵ میلی‌گرم بر سانتی‌متر مکعب برآورد شدند. همچنین، میانگین‌های درصد سنگریزه خاک در توده دانه‌زادخالص ۲۴/۴ درصد و در توده دانه‌وشاخه‌زاد ۲۸/۵ درصد بودند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سال بر اندوخته کربن خاک و درصد کربن آلی از نظر آماری در سطح احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار بود، اما اثر توده جنگلی (قطعه نمونه) بر آن‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۴). بر این اساس، مقادیر اندوخته کربن و کربن آلی خاک تفاوت معنی‌داری را در بین سال‌های نمونه‌برداری نشان دادند (شکل ۶). هرچند که مقادیر اندوخته کربن خاک در بین توده‌های جنگلی دالاب از نظر آماری تفاوت معنی‌دار نشان ندادند، اما مقدار آن در توده دانه‌زاد خالص بیشتر بود. البته تغییرات اندوخته کربن بیشتر تحت تأثیر سال نمونه‌برداری بودند، به‌طوری‌که مقدار آن از سال ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۰ در هر دو توده جنگلی روند کاهشی داشت و سپس روند افزایشی نشان داد که البته مقدار این افزایش در سال‌های ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۱ در توده دانه‌زاد خالص بیشتر از توده دانه‌وشاخه‌زاد بود (شکل ۶). دلیل این تغییرات زمانی در مقدار اندوخته کربن و درصد کربن آلی به تغییرات سالیانه آب و هوایی و نیز تغییرات رطوبت خاک برمی‌گردد چرا که طی سال‌های نمونه‌برداری کاهش شدید بارندگی و به موازات آن افزایش دمای سالیانه اتفاق افتاد (جدول ۵). کرنر (Korner, 2007) نیز در پژوهش خود اقلیم را از عوامل اصلی کنترل‌کننده میزان کربن آلی خاک و سرعت چرخه آن در یک منطقه برشمرد. رطوبت خاک از پارامترهای مؤثر بر فعالیت‌های میکروبی خاک و نیز بر میزان انتشار گاز دی اکسیدکربن خاک است (Moldrup *et al*., 2001; Sjogersten *et al*., 2006). در خاک‌های با رطوبت بیشتر، میزان فعالیت‌های میکروبی خاک بیشتر است و در افزایش میزان کربن آلی خاک نقش دارد. میزان فعالیت زیستی خاک در مناطق با محتوای رطوبت خاک پایین کاهش می‌یابد و میزان کربن آلی خاک کم می‌شود (Liu *et al*., 2007). در پژوهش حاضر، میزان رطوبت خاک در منطقه دالاب کم بود، به‌طوری‌که در توده دانه‌زاد، ۶/۸ درصد و در توده دانه و شاخه‌زاد، ۵/۷۳ درصد بود که این خود در کاهش میزان کربن آلی و کاهش اندوخته کربن خاک دخیل است. البته، در این پژوهش رطوبت خاک تغییرات زمانی داشت و

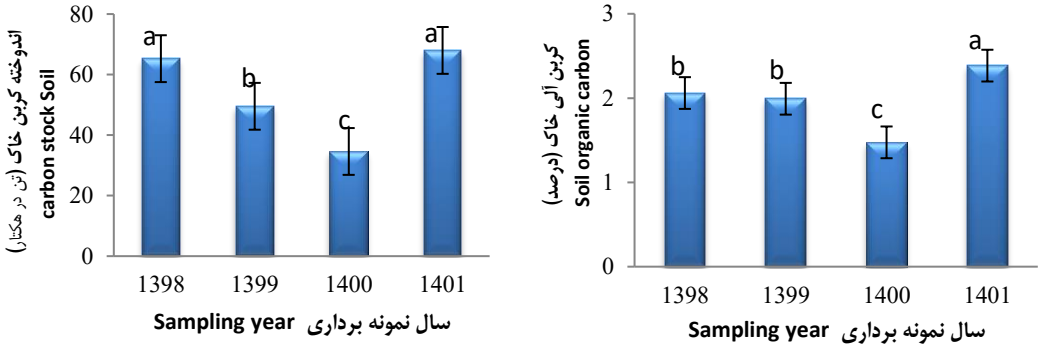
[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-06-21]
[DOI: 10.61882/ifej.2025.523]

تغییرات آن در سال‌های نمونه‌برداری از روند نزولی تا سال ۱۳۹۹ و سپس روند صعودی پیروی کرد، هر چند که در سال ۱۴۰۱ کاهش نسبتا مختصری نشان داد. اما رطوبت خاک تغییرات معنی‌داری بین توده‌های جنگلی دانه‌زاد خالص و دانه و شاخه‌زاد نشان نداد (جدول ۴، شکل ۷).

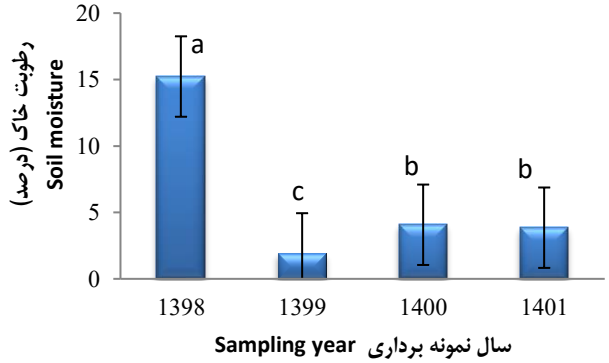
جدول ۴- تجزیه واریانس اثر سال نمونه‌برداری و فرم توده بر مشخصه‌های خاک در توده‌های جنگلی دالاب
Table 4. Analysis of variance for the effect of the sampling year and the stand form on soil characteristics in Dalab forest stands

منبع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی (df)	آماره F		
		رطوبت خاک Soil moisture	اندوخته کربن Carbon stock	کربن آلی Organic carbon
سال Year	3	105.141**	68.888**	211.106**
توده (قطعه‌نمونه) Stand	1	3.317	0.221	0.029
سال × توده Year × stand	3	0.138	0.375	0.327

** معنی‌داری در سطح آماری ۹۹ درصد



شکل ۶- میانگین کربن آلی و اندوخته کربن خاک در سال‌های نمونه‌برداری در منطقه دالاب
Figure 6. Mean organic carbon and soil carbon stock in sampling years in the Dalab region



شکل ۷- میانگین درصد رطوبت خاک در سال‌های نمونه‌برداری در منطقه دالاب
Figure 7. Mean soil moisture in sampling years in the Dalab region

وضعیت اقلیمی منطقه مورد مطالعه در سال‌های پژوهش

در این بررسی، وضعیت اقلیمی منطقه دالاب در سال‌های نمونه‌برداری از نظر بارندگی و دما با استفاده از آمار هواشناسی ایستگاه سینوپتیک ایلام مشخص شد. بر اساس داده‌های اقلیمی، مشخص شد که طی سال‌های۱۳۹۸ تا ۱۴۰۰ میانگین دمای سالانه از ۱۷/۳ درجه سانتی‌گراد به ۱۸/۲ درجه سانتی‌گراد رسید و دمای هوا به‌طور متوسط حدود ۰/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت. از طرف دیگر، طی سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۰ میانگین بارش سالانه از ۸۶۳/۳ میلی‌متر به ۱۹۱/۱ میلی‌متر رسید و طی این مدت بیش از ۶۰۰ میلی‌متر کاهش پیدا کرد. لذا مشخص شد که به موازات افزایش دمای سالانه، میزان بارندگی سالانه کاهش یافت (جدول۵). برخی پژوهش‌ها نشان داده‌اند که اقلیم از عوامل اصلی کنترل‌کننده میزان کربن آلی خاک و سرعت چرخه آن در یک منطقه است (Korner, 2007; Hoseinzadeh & Najafifar, 2016). از پارامترهای اقلیمی، میزان بارندگی سالانه و میانگین دمای خشک‌ترین فصل سال بیشترین سهم را در پراکنش گونه بلوط ایرانی به خود اختصاص داده‌اند (Heydarian Aghakhani *et al*., 2017). از طرف دیگر، بارش و دمای هوا بیشترین همبستگی را با زوال جنگل نشان داده‌اند (Attarod *et al*., 2015; Javanmiripour *et al*., 2023). در مدل‌سازی اثر تغییر اقلیم بر گستره رویشگاه بلوط ایرانی، مشخص شده است که تا سال ۲۰۵۰ حدود ۳۶ درصد از وسعت رویشگاه بلوط ایرانی کاهش می‌یابد و در عین‌حال برخی مناطق نیز مستعد حضور این گونه

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-06-21]
[DOI: 10.61882/ifej.2025.523]

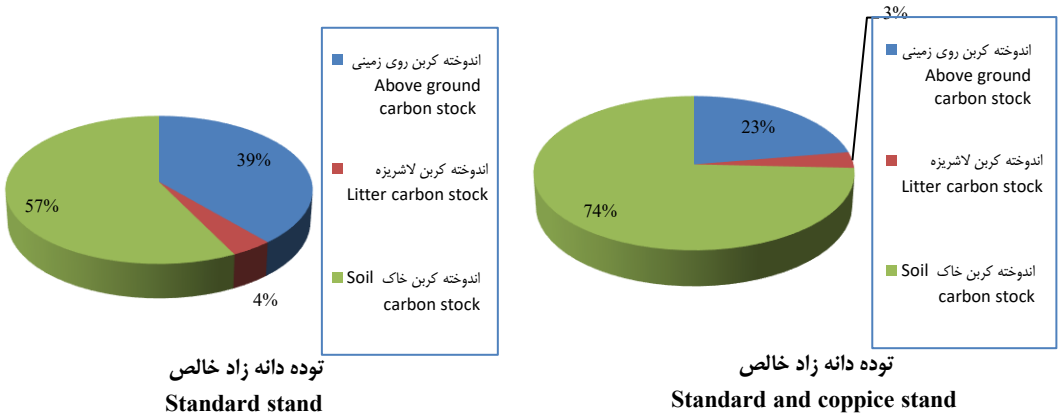
درختی خواهند شد (Heydarian Aghakhani *et al*., 2017). با توجه به مطالب فوق، مشخص است که اقلیم در استقرار گونه بلوط و گسترش آن در سطح جنگل و یا زوال آن نقش دارد که این اثرات اقلیم موجب تأثیر آن بر تولید زی‌توده جنگل و ذخیره کربن می‌شود. بر این اساس، در پژوهش حاضر تغییرات پارامترهای اقلیمی بارندگی و دمای سالانه بررسی و تعیین شدند.

جدول ۵- وضعیت بارندگی و درجه حرارت در سال‌های پژوهش در منطقه مورد مطالعه (ایستگاه سینوپتیک ایلام)
Table 5. Rainfall and temperature status in the research years in the study area (Ilam synoptic station)

متغیر اقلیمی Climate variable	(2019) ۱۳۹۸	(2020)۱۳۹۹	(2021) ۱۴۰۰
بارندگی (میلی‌متر) Rainfall	863.3	410.6	191.1
دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature	17.3	17.8	18.2

سهم اندوختهٔ کربن قسمت‌های زیستی مختلف

در این بررسی، سهم اندوخته کربن در قسمت‌های زیستی مختلف در قطعات نمونه مربوط به توده‌های دانه‌زاد خالص و دانه و شاخه‌زاد مشخص شد. در پژوهش پیلی (Pilli, 2012) به تخصیص کربن در اندام‌های مختلف به‌عنوان یک فرایند کلیدی در چرخه کربن اشاره شد. نتایج پژوهش حاضر نشان دادند که در هر دو قطعه‌نمونه مورد مطالعه در منطقه جنگلی دالاب، بیشترین سهم میزان کربن اندوخته‌شده مربوط به خاک بود و پس از آن به اندوخته کربن روی‌زمینی تعلق داشت (شکل ۸). این یافته با نتایج پژوهش بردبار (Bordbar, 2020) همخوانی دارد. بردبار (Bordbar, 2020) در پژوهش خود در جنگل‌های کامفیروز استان فارس نتیجه گرفتند که از مقدار ۲۷/۸ تن در هکتار اندوخته کربن در این جنگل‌ها، ۱۶ تن در خاک و ۱۱/۸ تن مربوط به اندام‌های مختلف درختان بلوط ایرانی بود. در پژوهش حاضر، سهم اندوخته کربن لاشریزه در هر دو توده جنگلی بین ۳ تا ۴ درصد کل اندوخته کربن بود (شکل ۸). پان و همکاران (Pan et al., 2011) در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که لاشریزه‌ها تنها ۵ درصد از ذخیره کربن در بوم‌سازگان جنگلی را به‌خود اختصاص دادند، اما به‌دلیل این که در چرخه کربن نقش اساسی دارند و رابط بین کربن گیاه و خاک محسوب می‌شوند، از اهمیت ویژه برخوردارند.



شکل ۸- سهم اندوخته کربن قسمت‌های زیستی مختلف در توده‌های جنگلی دالاب
Figure 8. Carbon stock contributions of different biological parts in Dalab forest stands

نتیجه‌گیری کلی

نتایج به‌دست آمده حاکی از آن هستند که اندوخته کربن توده‌های بلوط ایرانی در قسمت‌های مختلف زیستی آن تحت تأثیر ویژگی‌های کمی و کیفی توده‌های بلوط است و تغییرات آن در سال‌های مختلف بسته به ویژگی‌های توده فرق می‌کند. بر این اساس، توده‌های جنگلی دانه‌زاد که کمتر از توده‌های دانه‌وشاخه‌زاد تحت تأثیر بهره‌برداری‌های گذشته انسانی و مخاطرات طبیعی قرار گرفته‌اند و در نتیجه کمتر دچار تخریب شده‌اند، عملکرد بوم‌شناختی بهتری داشته‌اند و این کارایی خود را در میزان بیشتر اندوخته کربن روزمینی، لاشریزه و خاک نشان می‌دهند. تغییر اقلیم از چالش‌های مهم در بحث توسعه پایدار است که بر اثر افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای اتفاق می‌افتد. در دو دهه اخیر، تغییرات اقلیمی اثرات نامطلوبی بر وضعیت جنگل‌های بلوط گذاشته‌اند و موجب بروز خشک‌سالی‌ها و زوال درختی گسترده شده‌اند. این شرایط باعث شده‌اند که توانایی این جنگل‌ها در تولید زی‌توده روزمینی و ذخیره کربن تغییر پیدا کند و کاهش یابد چرا که یکی از نقش‌های مهم جنگل‌ها در ذخیره کربن و کمک به تعادلات بوم‌شناختی و اقلیمی در مقیاس‌های مکانی بزرگ و کوچک است. در پژوهش حاضر، میزان ذخیره کربن در قسمت‌های زیستی مختلف جنگل‌های بلوط کمی‌سازی شد و نتایج آن نشان می‌دهند که جنگل‌های بلوط نقش قابل‌توجهی در ذخیره کربن دارند که در کنترل دی‌اکسیدکربن جو موثر است. البته، فرم توده جنگلی تأثیر زیادی بر مقدار ذخیره کربن در جنگل

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-06-21]
[DOI: 10.61882/ifej.2025.523]

نشان داد و مشخص کرد که جنگل دانه‌زاد میزان تولید ذی‌توده و نیز ذخیره کربن بیشتری نسبت به جنگل دانه و شاخه‌زاد داشت. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود که با توجه به نقش جنگل در تولید زی‌توده و اندوخته کربن روزمینی، و مشکلات تخریب جنگل، حفاظت از جنگل‌های موجود در اولویت توجه قرار گیرد. همچنین، با توجه به کاهش کمی و کیفی شدید جنگل‌های بلوط در نتیجه تأثیر درازمدت عوامل مخرب و نیز تبعات تغییرات اقلیمی و زوال درختی، پیشنهاد می‌شود که از طریق غنی‌سازی و احیای جنگل‌ها به توسعه آنها اقدام شود تا عملکرد جنگل‌ها در ترسیب کربن کاهش شدید پیدا نکند.

References

Abrari Vajari, K. A. M. B. I. Z., & Shaabanian, N. (2023). Estimation of Biomass and Its Reduction in Forests Affected by Decline in DadAbad Region, Lorestan Province. *Ecology of Iranian Forest*, *11*(21), 170-178. [In Persian]

Askarii, 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. [In Persian]

Attarod, P., Sadeghi, S., Taheri Sartshanizi, F., Saroei, S., Abbasian, P., Masihpour, M., Kordastami, F., & Drikundi, A. (2015). The effect of climatic factors and evapotranspiration on the decline of Central Zagros forests in Lorestan province. *Research on Protection and Conservation of Forests and Rangelands of Iran*, 13(2), 97-112. [In Persian]

Boiri Monji, A., Iranmanesh, Y., Jafari, A., & Jahanbazi Goujani, H. (2020). Non-destructive derivation of biomass and carbon stock of wild pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, *28*(2), 204-216. doi: 10.22092/ijfpr.2020.121965. [In Persian]

Bordbar, S.K. (2020). Estimation of carbon sequestration potential oak coppice stand (Quercus brantii) in kamfirooz (Fars provience). *Journal of Plant Ecosystem Conservation,* 7(15), 141-154. [In Persian]

Bu, X., Ruan, H., Wang, L., Ma, W., Ding, J., & Yu, X. (2012). Soil organic matter in density fractions as related to vegetation changes along an altitude gradient in the Wuyi Mountains, southeastern China. *Applied Soil Ecology*, *52*, 42-47.

Busse, M. D., Sanchez, F. G., Ratcliff, A. W., Butnor, J. R., Carter, E. A., & Powers, R. F. (2009). Soil carbon sequestration and changes in fungal and bacterial biomass following incorporation of forest residues. *Soil Biology and Biochemistry*, *41*(2), 220-227.

Dar, J. A., & Sundarapandian, S. M. (2013). Soil organic carbon stock assessment in two temperate forest types of Western Himalaya of Jammu and Kashmir, India. *Forest Research*, *3*(114), 2.

Emmerich, W. E. (2003). Carbon dioxide fluxes in a semiarid environment with high carbonate soils. *Agricultural and Forest Meteorology*, *116*(1-2), 91-102.

Fierke, M. K., Kelley, M. B., & Stephen, F. M. (2007). Site and stand variables influencing red oak borer, Enaphalodes rufulus (Coleoptera: *Cerambycidae*), population densities and tree mortality. *Forest Ecology and Management*, *247*(1-3), 227-236.

Franklin, J. F., Shugart, H. H., & Harmon, M. E. (1987). Tree death as an ecological process. *BioScience*, *37*(8), 550-556.

Haidarian Aghakhani, M., Tamartash, R., Jafarian, Z., Tarkesh Esfahani, M., & Tatian, M. (2017). Predicting the impacts of climate change on Persian oak (Quercus brantii) using Species Distribution Modelling in Central Zagros for conservation planning. *Journal of Environmental Studies*, *43*(3), 497-511. [In Persian]

Hosseini, A., & Jahanbazy, H. (2023). Four-year monitoring of crown dieback to determine the characteristics of Persian oak trees susceptible to crown dieback. *Forest and Wood Products*, *76*(2), 91-101. [In Persian]

Hosseini, A., Hosseini, S. M., & Linares, J. C. (2017). Site factors and stand conditions associated with Persian oak decline in Zagros Mountain Forests. *Forest Systems*, *26*(3), e014-e014. [In Persian]

Hosseinzadeh, J., & Najafifar, A. (2016). Study of association between diameter and height of trees and decline distribution in oak forest stands of Ilam province. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, *23*(2), 75-88. [In Persian]

Iranmanesh, Y. G., Jalali, S. G. A., Sagheb-Talebi, K., Hosseini, S. M., & Sohrabi, H. (2012). Allometric equations of biomass and carbon stocks for Quercus brantti acorn and its nutrition elements in Lordegan, Chaharmahal Va Bakhtiari. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, *20*(4), 564-551. [In Persian]

Iranmanesh, Y., Pourhashemi, M., Jahanbazi, H., Bordbar, K., Askari, Y., Henareh Khalyani, J., ... & Ghasempour, S. (2023). An analysis of carbon storage status in Zagros Forest habitats. *Iran Nature*, 8(2), 15-20. [In Persian]

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-06-21]

[DOI: 10.61882/ifej.2025.523]

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. [In Persian]

Jafari, S. H., Pilehvar, B., Abrari, V. K., & Waez, M. S. M. (2021). Changes in carbon sequestration and some edaphic traits in forest types of central Zagros (Case Study: The forests of Lorestan Province). *Ecology of Iranian Forest,* 9(17), 142-151. [In Persian]

Jia, S., & Akiyama, T. (2005). A precise, unified method for estimating carbon storage in cool-temperate deciduous forest ecosystems. *Agricultural and Forest Meteorology*, *134*(1-4), 70-80.

Körner, C. (2007). The use of 'altitude'in ecological research. *Trends in ecology & evolution*, *22*(11), 569-574.

Liu, W., Xu, W., Han, Y., Wang, C., & Wan, S. (2007). Responses of microbial biomass and respiration of soil to topography, burning, and nitrogen fertilization in a temperate steppe. *Biology and Fertility of Soils*, *44*(2), 259-268.

MacDicken, K.G., 1997. A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Projects. Winrock Internationl Institute forAgricultural Development, Forest Carbon Monitoring Program. 87 p.

Mahmoudi, M., E. Ramezani Kakroudi, A. Banj Shafiei, A. Salehi, M. Pato and O. Hoseinzadeh. 2023. Estimation of Carbon Storage in Biomass and Litter in Plantations of Lavizan Forest Park in Tehran. *Ecology of Iranian Forests*, 10(2), 204-213. [In Persian]

Moldrup, P., Olesen, T., Komatsu, T., Schjønning, P., & Rolston, D. E. (2001). Tortuosity, diffusivity, and permeability in the soil liquid and gaseous phases. *Soil Science Society of America Journal*, *65*(3), 613-623.

Naghipour Borj, A. A., Haidarian Aghakhani, M., Dianati, G. A., & Tavakoli, H. (2008, June). Role of Iran's gangelands in gbsorption of greenhouse gasses. In *Abstracts* (pp. 219-220). [In Persian]

Palosuo, T., Liski, J., Trofymow, J. A., & Titus, B. D. (2005). Litter decomposition affected by climate and litter quality—Testing the Yasso model with litterbag data from the Canadian intersite decomposition experiment. *Ecological Modelling*, *189*(1-2), 183-198.

Pan, Y., Birdsey, R. A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P. E., Kurz, W. A., ... & Hayes, D. (2011). A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*, *333*(6045), 988-993.

Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Krug, T., Kruger, D., Pipatti, R., ... & Wagner, F. (2003). Good practices guidance for land use, land-use change and forestry. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Pro¬gramme. IGES, Institute for Global *Environmental Strategies, Hayama*, Japan.

Pilli, R. (2012). Calibrating CORINE Land Cover 2000 on forest inventories and climatic data: an example for Italy. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, *19*, 59-71.

Pour, M. J., Valipour, J., & Hasanzadeh, A. (2023). Study of climate change on the structure and decline of Persian oak (*Quercus brantii* Lindl.) in Zagros ecosystems (case study: forests of Gilan-e-Gharb County). *Ecology of Iranian Forests*, 11(21), 12-23. [In Persian]

Pukkala, T. (2016). Which type of forest management provides most ecosystem services? *Forest Ecosystems*, *3*(1), 9.

Sarabi, H. J., Pilehvar, B., Vajari, K. A., & Waez-Mousavi, S. M. (2021). Effects of tree species diversity on leaf litter decomposition process in semi-arid Mediterranean oak forests. *European Journal of Forest Research*, *140*(6), 1377-1390. [In Persian]

Shaw, J. D., Steed, B. E., & DeBlander, L. T. (2005). Forest inventory and analysis (FIA) annual inventory answers the question: what is happening to pinyon-juniper woodlands? *Journal of forestry*, *103*(6), 280-285.

Sjögersten, S., van der Wal, R., & Woodin, S. J. (2006). Small-scale hydrological variation determines landscape CO2 fluxes in the high Arctic. *Biogeochemistry*, *80*(3), 205-216.

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]

Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., ... & Miller, H. L. (2007). The physical science basis. *Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*, *996*, 2007.

Toriyama, J., Hak, M., Imaya, A., Hirai, K., & Kiyono, Y. (2015). Effects of forest type and environmental factors on the soil organic carbon pool and its density fractions in a seasonally dry tropical forest. *Forest Ecology and Management*, *335*, 147-155.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-06-21]

[DOI: 10.61882/ifej.2025.523]

Varamesh, S., Hosseini, S.M., & Abdi, N., & Akbarinia, M. (2010). Increment ofsoil carbon sequestration due to forestation and its relation with some physicaland chemical factors of soil. *Iranian Journal of Forest,* 2(1), 25-35. [In Persian]

Xavier, F. A. D. S., Maia, S. M. F., Ribeiro, K. A., de Sá Mendonça, E., & de Oliveira, T. S. (2013). Effect of cover plants on soil C and N dynamics in different soil management systems in dwarf cashew culture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *165*, 173-183.

Yousefi, M., Khoramivafa, M., Mahdavi Damghani, A., Mohammadi, G., & 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), 123-134. [In Persian]

Zarafshar, M., Iranmanesh, Y., Pourhashemi, M., Bordbar, S. K., Negahdarsaber, M., Rousta, M. J., ... & Abbasi, A. (2021). The impact of wild pear (Pyrus syriaca and P. globra) stand management on carbon storage of soil and litters and some soil characteristics (case study: Dehkohneh forest of Sepidan, Fars Province). *Forest Research and Development*, *7*(2), 313-325. [In Persian]

Zhao, M., Yang, J., Zhao, N., Liu, Y., Wang, Y., Wilson, J. P., & Yue, T. (2019). Estimation of China's forest stand biomass carbon sequestration based on the continuous biomass expansion factor model and seven forest inventories from 1977 to 2013. *Forest Ecology and Management*, *448*, 528-534.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-06-21]

[DOI: 10.61882/ifej.2025.523]