Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Ecology of Iranian Forests, Vol. 11, Issue 2, 2023 p: 142-150

OPEN ACCESS

Research Paper

Investigation the Effect of Dead Trees on the Trend of Changes in Soil Carbon Storage Across an Altitudinal Gradient of Western Quercus Forests (Case study: Qalajeh Forest)

Ali Sarvazad[1], Asghar Fallah[2] and Ali asghar Vahedi[3]

1- Ph.D. Student, Sari Agriculture Science and Natural Resources University, Sari, Iran
2- Professor, Sari Agriculture Science and Natural Resources University, Sari, Iran,
(Corresponding author: Fallaha2007@yahoo.com)
3- Assistant Professor, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Training Center, Sari, Iran

Received: 22 November, 2022 Accepted: 9 February, 2023

Extended Abstract

Background: Dead trees serve as significant carbon pools within terrestrial ecosystems and are essential components of forest areas. The measurement of carbon storage in forest soil is a critical criterion for assessing the sustainability of an ecosystem. Understanding the dynamics of carbon storage is vital for forest management and conservation efforts. The aim of this study was to investigate the effect of dead trees on changes in soil carbon storage across an altitudinal gradient in the Qalajeh forest located in Kermanshah Province. This research seeks to highlight the ecological importance of dead trees and their role in carbon sequestration, thereby contributing to broader discussions about forest health and sustainability.

Methods: To achieve the objectives of this study, an area of the Qalajeh forest with an altitude range of 1400 to 2100 meters above sea level was selected for analysis. The selected area was divided into seven altitude classes, each differing by 100 meters. This stratification allowed for a comprehensive examination of how altitude influences soil carbon storage in relation to dead trees. At each elevation class, one-hectare sample plots were established, with three replications conducted in order to ensure the reliability of the data collected. These plots were specifically designed to estimate the amount of soil carbon storage in areas that contained both standing and fallen dead trees. In each sample plot, soil samples were collected from different locations: beneath the standing dead trees, beneath fallen dead trees, at the base of healthy living trees, and in open areas devoid of tree cover. Soil samples were taken from a depth of 0-20 cm to capture the most relevant data regarding carbon storage. This sampling depth was chosen because it is where most root activity and organic matter accumulation occur, making it a critical zone for assessing soil carbon levels.

Results: The results of the study indicated that the amount of soil carbon storage in areas with dead trees, both standing and fallen, was significantly higher than in soils under healthy tree foundations and in open areas. This finding underscores the ecological value of dead trees in enhancing soil carbon content. Furthermore, the data revealed a general trend of increasing soil carbon storage with rising altitude. Specifically, the lowest recorded amount of carbon storage was 124 tons per hectare, found in the altitude class of 1400-1500 meters. In contrast, the highest carbon storage, measured at 197 tons per hectare, was located in the altitude class of 2000-2100 meters. Additionally, the results of the correlation tests demonstrated a significant positive correlation between the amount of soil carbon storage beneath both standing and fallen dead trees and altitude. This correlation suggests that as altitude increases, the contribution of dead trees to soil carbon storage also rises, highlighting the importance of these trees in carbon sequestration processes across different elevations.

Conclusion: In conclusion, the findings of this study suggest that dead trees play a crucial role in soil carbon storage, in addition to their well-documented ecological functions. The data clearly indicate that areas with dead trees contribute significantly more to soil carbon

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.7.5]

[DOI: 10.61186/ifej.11.22.130]

Copyright ©2023 Sarvazad et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 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.

reservoirs compared to areas without them. Therefore, it is imperative to recognize the importance of dead trees in relation to carbon storage and their role in the overall health of forest ecosystems. Given these findings, the harvesting and removal of dead trees in forested areas should be reconsidered. Effective forest management practices must prioritize the preservation of dead trees to enhance carbon sequestration efforts and maintain ecosystem sustainability. Furthermore, additional research is needed to explore the long-term impacts of dead trees on soil carbon dynamics and to develop strategies that incorporate the ecological benefits of these trees into forest management policies. By doing so, we can ensure that forest ecosystems continue to thrive and contribute to global carbon cycling and climate change mitigation efforts.

Keywords: Altitude, Carbon Pool, Carbon storage, Dead trees, *Quercus brantii*

How to Cite This Article: Sarvazad, A., Fallah, A., & Vadedi, A. a. (2023). Investigation the Effect of Dead Trees on the Trend of Changes in Soil Carbon Storage Across an Altitudinal Gradient of Western Quercus Forests (Case study: Qalajeh Forest). *Ecol Iran For*, 11(2), 142-150. https://doi.org/10.61186/ifej.11.22.130

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-22]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.7.5]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.130]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقاله پژوهشی

بررسی اثر خشکه‌دارها بر روند تغییرات ذخیره کربن خاک در امتداد گرادیان ارتفاعی جنگل‌های بلوط غرب (مطالعه موردی: جنگل قلاجه)

علی سروآزاد[۱]، اصغر فلاح[۲] و علی اصغر واحدی[۳]

۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲- استاد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، (نویسنده مسوول: Fallaha2007@yahoo.com)
۳- استادیار، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۹/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۲۰
صفحه: ۱۴۲ تا ۱۵۰

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: خشکه‌دارها یکی از حوضچه‌های کربن در بوم‌سازگان‌های زمینی هستند که از مهم‌ترین مؤلفه‌های سازنده در عرصه‌های جنگلی می‌باشند. اندازه‌گیری میزان ذخیره کربن در خاک جنگلی می‌تواند معیار و شاخص مهمی در سنجش پایداری یک زیست‌بوم باشد. پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر خشکه‌دارها بر تغییرات میزان ذخیره کربن خاک در امتداد گرادیان ارتفاعی جنگل قلاجه استان کرمانشاه انجام شد.

مواد و روش‌ها: بدین‌منظور، محدوده‌ای از جنگل قلاجه با دامنه ارتفاعی ۲۱۰۰-۱۴۰۰ متر از سطح دریا انتخاب، و منطقه به هفت طبقه ارتفاعی با اختلاف ۱۰۰ متر تقسیم‌بندی شد. سپس در سطح هر طبقه ارتفاعی قطعات نمونه یک هکتاری جهت برآورد میزان ذخیره کربن خاک در قسمت‌هایی که خشکه‌دارهای سرپا و افتاده واقع شده بودند با سه تکرار پیاده‌سازی شد. در هر قطعه نمونه، در زیر پایه خشکه‌دار سرپا، خشکه‌دار افتاده، پایه درختی سالم و در قسمت فضای فاقد پوشش درختی (فضای باز) هر کدام یک نمونه خاک از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر برداشت شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که میزان ذخیره کربن خاک در مکان‌هایی که خشکه‌دارها (سرپا و افتاده) واقع شده بودند در مقایسه با خاک زیر پایه‌های درختی سالم و همچنین ناحیه فضای باز، بیشتر بود و در مجموع با افزایش ارتفاع از سطح دریا بر میزان ذخیره کربن خاک افزوده می‌شد. بطوری‌که کمترین میزان ذخیره کربن (۱۲۴ تن در هکتار) در طبقه ارتفاعی ۱۵۰۰ – ۱۴۰۰ متر و بیشترین (۱۹۷ تن در هکتار) در طبقه ارتفاعی ۲۱۰۰ – ۲۰۰۰ متر واقع شده بود. همچنین نتایج آزمون همبستگی نشان داد که بین میزان ذخیره کربن خاک در زیر خشکه‌دار سرپا و خشکه‌دار افتاده با ارتفاع از سطح دریا همبستگی معنی‌دار مثبت وجود دارد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان بیان کرد که خشکه‌دارها علاوه بر کارکردهای اکولوژیک خود، نقش مهمی در میزان ذخیره کربن خاک دارند. بنابراین با در نظر گرفتن اهمیت و نقش خشکه‌دارها در رابطه با مقادیر موجودی ذخایر کربن و روند انتقال آن به لایه‌های خاک، روند برداشت و حذف حوضچه‌های مذکور در جنگل‌های مورد اشاره الزاماً باید متوقف شده و تمهیداتی برای این امر نیز در نظر گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع از سطح دریا، بلوط ایرانی، ذخیره کربن، حوضچه کربن، خشکه‌دار

مقدمه

یکی از مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای دی‌اکسیدکربن است. در این میان بوم‌سازگان‌های جنگلی نقش حیاتی را در چرخه کربن در زیست‌بوم‌های زمینی بر عهده دارند. علاوه بر این، اجزای مختلف زیست‌بوم‌های جنگلی واکنش‌های متفاوتی را نسبت به فاکتورهای تاثیرگذار در ذخیره کربن بوم‌سازگان‌های جنگلی نشان می‌دهند. بنابراین جهت پیش‌بینی آثار تغییرات اقلیمی بر روی توازن کربن و مدیریت جنگل، تعیین موجودی کربن جنگل و سهم اجزای مختلف بوم‌سازگان جنگلی مهم است (Zhu et al., 2010). تغییر اقلیم و افزایش گرمایش جهانی از مهم‌ترین چالش‌هایی است که توجه پژوهشگران را به‌خود جلب کرده است. به‌همین دلیل افزایش روز افزون نگرانی‌ها در زمینه این دو عامل موجب توجه ویژه و نگرش جهانی به خاک و توانایی آن در ذخیره کربن شده است (Lal, 2004). اندازه‌گیری میزان ذخیره کربن در خاک جنگلی می‌تواند معیار و شاخص مهمی در سنجش پایداری یک زیست‌بوم باشد (Mahmoudi Taleghani et al., 2006). در سال‌های اخیر افزایش ذخیره جهانی کربن زمینی از طریق ذخیره کربن در خاک‌ها به‌عنوان یک روش بهینه در جهت کاهش دی‌اکسیدکربن جو، در نظر گرفته شده است (Lzaurralde et al., 2006). ذخیره کربن آلی خاک به عوامل مختلف محیطی و مدیریتی بستگی دارد. افزایش مواد آلی خاک و ذخیره کربن، بر حاصل‌خیزی، تخلخل، نفوذپذیری، ذخیره رطوبت خاک و حفاظت از آن در برابر فرسایش آبی و بادی تاثیر مثبت دارد (Morgan & Allen, 2010). در بسیاری از زیست‌بوم‌ها، به‌دلیل طولانی بودن چرخه مواد آلی در درون خاک‌ها، در مقایسه با بافت‌های گیاهی و همچنین به‌دلیل کاهش میزان تغییرات سالیانه و کاهش رژیم‌های آشفتگی درونی، خاک‌ها یکی از بزرگ‌ترین ذخایر کربن محسوب می‌شوند (Zhu et al., 2010). مخازن کربن آلی خاک در جنگل نه‌تنها نقش مهمی را در چرخه جهانی کربن و کاهش اثر تغییر پارامترهای اقلیمی ایفا می‌کنند، بلکه نقش بسیار مهمی در رابطه با میزان تولید زی‌توده‌های گیاهی و پویایی جنگل بر عهده دارند (Nave et al., 2010). بنابراین، شناخت تغییرپذیری کربن آلی خاک در ارتباط با پدیده گرمایش جهانی همواره در زیست‌بوم‌های جنگلی برای مدیریت کربن آلی حائز اهمیت است. تغییر در مقدار ذخیره کربن خاک، به مقدار ورودی کربن به خاک از راه بقایای گیاهی و هدر رفت کربن از راه تجزیه، فرسایش و آب‌شویی بستگی دارد (Varamesh et al., 2011). از دیگر حوضچه‌های کربن در بوم‌سازگان‌های زمینی خشکه‌دارها هستند که یکی از مهمترین مؤلفه‌های سازنده در عرصه‌های جنگلی می‌باشند (Persson, 2012). اگرچه

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-22]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.7.5]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.130]

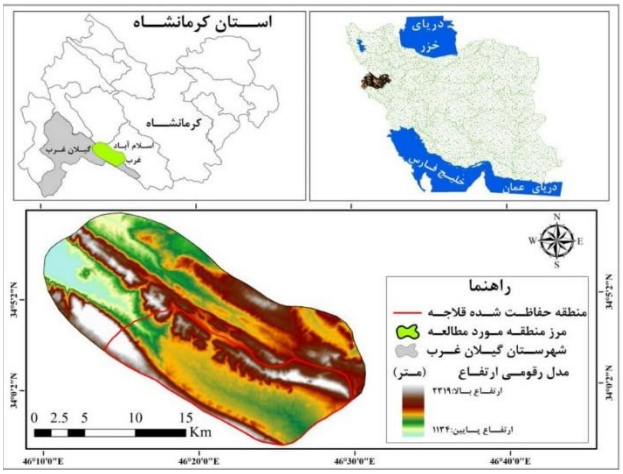
خشکه‌دارها به‌طور معمول سطح کمی از جنگل‌ها را در بر می‌گیرند، اما نقش ارزنده‌ای در ادامه حیات و پویایی بر عهده دارند، تا آن‌جا که حتی می‌توان بیان کرد ادامه توالی در زیست‌بوم‌های جنگلی بدون وجود این مؤلفه تقریباً غیرممکن است (Magnusson et al., 2016). مطالعات متعددی بر روی نقش خشکه‌دارها در جنگل‌ها صورت گرفته است و قریب به اتفاق در تمامی این مطالعات تأثیر مثبت خشکه‌دار بر روی پوشش گیاهی و تداوم حیات آن به‌خوبی نمایان شده است. یکی از این نقش‌ها اهمیت خشکه‌دار در برگشت مواد آلی به خاک است (Fallah Chai et al., 2018). با این‌که پژوهش‌هایی در زمینه تأثیرپذیری ویژگی‌های شیمیایی خاک در ارتباط با خشکه‌دارها صورت گرفته، اما تأثیر خشکه‌دارها بر روی ذخیره کربن خاک کمتر مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به اهمیت موضوع، مطالعات متعددی انجام شده است به‌عنوان مثال میرزایی و همکاران (Mirzaei et al., 2013) طی پژوهشی میزان ذخیره کربن خاک در مناطق خشک زاگرس را مورد بررسی قرار دادند. برای این منظور پارک جنگلی آبگرم دهلران (با گونه‌های اکالیپتوس، کهور و کنار) و یک منطقه شاهد هم‌جوار (غیرجنگلی) را انتخاب کردند. پس از بررسی نتایج مشخص شد که میزان ذخیره کربن خاک در منطقه جنگلی تقریباً پنج برابر منطقه غیرجنگلی بود. همچنین طی پژوهشی دیگر پور رستمی و همکاران (Poor Rostami et al., 2020) تغییرات مکانی ذخیره کربن خاک در منطقه پارک جنگلی جهان‌نما مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که درصد کربن در عمق‌های ۱۵-۰ و ۱۵-۳۰ سانتی‌متر دارای مدل تغییر نمای گوسی شکل و در عمق ۵۰-۳۰ سانتی‌متر مدل تغییر به‌صورت نمایی است. نور محمدی و همکاران (Noormohammadi& Esmailzadeh, 2015) طی پژوهشی تغییرپذیری ذخیره کربن خاک در شیب تغییرات ارتفاعی جنگل‌های صلاح‌الدین کلا نوشهر را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که عامل ارتفاع از سطح دریا بر میزان ذخیره کربن خاک اثرگذار است و با افزایش ارتفاع از سطح دریا بر میزان ذخیره کربن خاک تیپ‌های جنگلی افزوده می‌شود. دوو و همکاران (Du et al., 2014) طی پژوهشی دیگر تحت عنوان بررسی الگوی تغییرات ذخیره کربن خاک در جنگل‌های معتدله کوهستانی Changhbi در امتداد شیب تغییرات ارتفاعی نشان دادند که ارتفاع از سطح دریا و تیپ جنگل دو عامل تعیین کننده در میزان متوسط ذخیره کربن خاک هستند و نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که با افزایش گرادیان ارتفاعی بر میزان ذخیره کربن خاک افزوده می‌شود. ماگنوسن و همکاران (Magnusson et al., 2016) اثر خشکه‌دارها بر روی ذخیره کربن خاک جنگل را بررسی کردند. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که انتشارکربن حاصل از تجزیه خشکه‌دارها به‌دلیل تفاوت‌های ترکیب بین گونه‌ای و درون گونه‌ای و شرایط محیطی می‌تواند به‌طور قابل ملاحظه‌ای متغییر باشد. همچنین حضور خشکه‌دارها فراوانی و تنوع جوامع میکروبی را افزایش می‌دهد که به‌تبع باعث افزایش میزان ذخیره کربن خاک جنگل می‌شود. وی جان فو و همکاران (WeijunFu et al., 2018)، الگوی‌های مکانی موجودی کربن در بوم‌سازگان جنگل ناحیه نیمه‌گرمسیری جنوب شرقی چین را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که در بین اجزای مختلف بوم‌سازگان‌های جنگل در استان ژیجیانگ لایه معدنی خاک نسبت به دیگر اجزا بیشترین مشارکت را در جهت ذخیره کربن در بوم‌سازگان‌های جنگل‌های نیمه‌گرمسیری دارد. با توجه به پژوهش‌های انجام گرفته، اهمیت خشکه‌دارها و افق معدنی خاک در میزان ذخیره کربن بوم‌سازگان‌های جنگلی و نقش اساسی آن‌ها در تعادل چرخه کربن را نشان می‌دهد. جنگل‌های زاگرس که در غرب ایران واقع شده‌اند ناحیه‌ای به وسعت بیش از ۵ میلیون هکتار را شامل می‌شوند. علاوه بر چرای مفرط، آتش‌سوزی و تهیه چوب سوخت برای جنگل‌نشینان، یکی از مهم‌ترین دلایل تخریب جنگل‌های این منطقه در سال‌های اخیر می‌تواند آثار تغییرات اقلیمی باشد که در نتیجه آن باعث خشک‌سالی و کاهش آب‌های زیرزمینی و گسترش آفات و بیماری‌ها خواهد شد (Parma & Shatai, 2010). بنابراین یکی از دلایلی که اهمیت ذخیره کربن در جنگل‌های زاگرس را دو چندان می‌کند مبحث آثار تغییرات اقلیمی و راه‌های پیشگیری از وقوع آن می‌باشد (Soheili & Noormohammadi, 2017). با توجه به اطلاعات موجود، تاکنون مطالعه‌ای در خصوص اثر ارتفاع از سطح دریا روی ذخیره کربن خاک در جنگل‌های زاگرس انجام نشده است. بنابراین، سعی بر این است تا در پژوهش حاضر میزان تغییرات موجودی کربن خاک در راستای گرادیان ارتفاعی در رویشگاه جنگلی قلاجه را مورد بررسی قرار داده و با کمک نتایج به‌دست آمده میزان اثرگذاری خشکه‌دارها بر روی میزان ذخیره کربن خاک منطقه مورد پژوهش را ارزیابی نمائیم. همچنین با کمک یک برنامه‌ریزی اصولی، بتوان گام مهمی را در جهت توسعه پایدار و بهبود وضعیت پوشش جنگلی منطقه مورد مطالعه برداشت. هدف اصلی پژوهش حاضر تعیین ارتباط بین تغییرات ذخایر موجودی کربن خاک در راستای گرادیان ارتفاع از سطح دریا در رویشگاه جنگلی قلاجه بود.

مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش

این پژوهش در جنگل‌های منطقه قلاجه انجام شد. رویشگاه جنگلی قلاجه با مساحتی بالغ بر ۴۲۶۰۵ هکتار در حد فاصل شهرستان‌های گیلانغرب و اسلام آبادغرب در جنوب غربی استان کرمانشاه بین طول جغرافیایی ″ ۰۵ ′ ۱۸ °۴۶ شمالی و عرض جغرافیایی ″۲۶ ′ ۰۱ °۳۴ شرقی واقع شده است (شکل ۱).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-22]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.7.5]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.130]



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان کرمانشاه
Figure 1. Location of the study area in Iran and Kermanshah province

بر اساس طبقه‌بندی دومارتن، منطقه دارای اقلیم سرد و نیمه‌مرطوب می‌باشد. جهت غالب منطقه شمالی، حداقل شیب منطقه ۱۵ درصد و حداکثر شیب منطقه در برخی از نقاط به بیش از ۶۰ درصد نیز می‌رسد. همچنین نوع بافت خاک آن رسی- لومی است. دمای متوسط منطقه ۱۲/۸ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارش سالیانه ۵۱۶/۷ میلی‌متر است (Parma & Shatai, 2010). گونه‌های درختی و درختچه‌ای این منطقه شامل بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lind l.)، کیکم (*Acer monspesulanum* cinerascens.)، پسته وحشی (*Pistacia atlantica* subsp. mutica)، زالزالک (*Crataegus pontica*)، ارژن (*Amygdalus scoparia* spach)، انجیر (*Ficus carica*) و پلاخور (*Lonicera nommularifolia*) می‌باشد که گونه بلوط ایرانی با ۷۹ درصد گونه غالب منطقه بوده و پسته وحشی و کیکم هرکدام ۵ درصد و گونه‌های دیگر ۱۱ درصد گونه‌های چوبی منطقه را تشکیل می‌دهند (Parma & Shatai, 2010).

شیوهٔ اجرای پژوهش

جهت بررسی تغییرات ذخیره کربن خاک، محدوده‌ای از جنگل‌های قلاجه که از لحاظ موقعیت مکانی از کمترین میزان دست‌خوردگی برخوردار بود انتخاب گردید. محدوده انتخاب شده از ارتفاع ۱۴۰۰متر تا ارتفاع ۲۱۰۰ متر بالاتر از سطح دریا امتداد داشت و تقریباً نیمرخ کاملی از جنگل‌های منطقه را پوشش داد. با توجه به دامنه ارتفاعی رویشگاه جنگلی قلاجه، منطقه مورد مطالعه به طبقات ارتفاعی (۱۵۰۰-۱۴۰۰، ۱۶۰۰-۱۵۰۰، ۱۷۰۰-۱۶۰۰، ۱۸۰۰-۱۷۰۰، ۱۹۰۰-۱۸۰۰، ۲۰۰۰-۱۹۰۰، ۲۱۰۰-۲۰۰۰) تقسیم‌بندی شد. سپس در سطح هر طبقه ارتفاعی جهت برآورد میزان ذخایر کربن خاک زیر پایه‌های خشکه‌دار سرپا و خشکه‌دار افتاده، قطعات نمونه‌ای با ابعاد ۱۰۰×۱۰۰مترمربع با سه تکرار پیاده‌سازی شدند. در هر قطعه نمونه، پس از کنار زدن پوشش گیاهی کف جنگل و لایه لاشبرگی نمونه‌های خاک از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر تهیه شد. در زیر پایه خشکه‌دار سرپا، و از زیر قسمت میانی تنه خشکه‌دار افتاده، پایه درختی سالم و در قسمت فضای عاری از پوشش درختی (فضای باز) هرکدام یک نمونه خاک برداشت شد. نمونه‌ها بدون قرار گرفتن در معرض نور خورشید، در هوای آزاد خشک و سپس به آزمایشگاه منتقل شدند. جهت برآورد میزان کربن در واحد سطح و در نتیجه تخمین ذخیره کربن در واحد مورد مطالعه برحسب عمق خاک، جرم مخصوص ظاهری خاک به‌روش کلوخه پس از نمونه‌گیری محاسبه شد (Rossi et al., 2008). پس از اندازه‌گیری درصد کربن خاک با استفاده از روش والکلی – بلاک، میزان ذخیره کربن خاک با استفاده از رابطهٔ ۱ محاسبه شد (Lemma et al., 2006).

رابطهٔ ۱- $C_{storage}= 10^2\times C\ \% \times Bd \times E$

$C_{storage}$ = ذخیره کربن خاک (ton/ha)، C % = درصد کربن آلی خاک، Bd = جرم مخصوص ظاهری خاک (gr/cm^3)، E = عمق نمونه‌برداری (m).

تحلیل داده‌ها

جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها و همگن بودن آن‌ها به‌ترتیب از آزمون‌های کولموگروف – اسمیرنوف و لون استفاده شد که نتایج حاکی از نرمال بودن داده‌ها و همگنی آن‌ها بود. از ضریب همبستگی پیرسون برای تعیین همبستگی بین میزان ذخیره کربن خاک در محل‌های مختلف نمونه‌برداری با ارتفاع از سطح دریا استفاده شد. جهت بررسی وجود اختلاف معنی‌داری میزان ذخیره کربن خاک در بین طبقات ارتفاعی مختلف و محل نمونه‌برداری خاک از آزمون تجزیه واریانس دوطرفه استفاده شد. در صورت وجود اختلاف معنی‌دار، جهت بررسی معنی‌داری بین گروه‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد. تحلیل‌های مزبور در محیط نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۲۵ انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج آنالیز واریانس دوطرفه نشان داد که بین میانگین ذخیره کربن خاک در محل‌های نمونه‌برداری (ناحیه زیر خشکه‌دار سرپا، زیر خشکه‌دار افتاده، زیر پایه درختی سالم، فضای فاقد پوشش درختی (فضای باز) در طبقات ارتفاعی مختلف اختلاف معنی‌دار آماری وجود دارد ($p < ۰/۰۵$) (جدول ۱).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-22]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.7.5]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.130]

جدول ۱- تجزیه واریانس میزان ذخیره کربن خاک با توجه به طبقات ارتفاع از سطح دریا و محل نمونه‌برداری
Table 1. Analysis of variance soil carbon storage according to altitude classes and sampling location

منبع تغییرات source of changes	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares	F	P
طبقات ارتفاعی altitude classes	6	7569.873	276.345	0.000
محل نمونه‌برداری Sampling location	3	116273.238	4244.655	0.000
طبقات ارتفاعی × محل نمونه‌برداری altitude classes× Sampling location	18	1853.683	67.670	0.000
خطا error	56	27.393		

مقایسه میزان ذخیره کربن خاک در طبقات ارتفاعی مختلف

طبق نتایج به‌دست آمده کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار ذخیره کربن خاک در عمق ۲۰ – ۰ سانتی‌متر در زیر پایه‌های خشکه‌دار سرپا به‌ترتیب به طبقات ارتفاعی ۱۷۰۰ – ۱۶۰۰ و ۲۱۰۰ – ۲۰۰۰ متر، در خاک ناحیه خشکه‌دار افتاده کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار ذخیره کربن خاک به‌ترتیب به طبقات ارتفاعی ۱۵۰۰ – ۱۴۰۰ و ۲۱۰۰ – ۲۰۰۰ متر، در خاک زیر پایه درختی سالم کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار ذخیره کربن خاک به‌ترتیب به طبقات ارتفاعی ۱۵۰۰ – ۱۴۰۰ و ۲۱۰۰ – ۲۰۰۰ متر، و در خاک ناحیه بدون پوشش درختی (فضای باز) کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار ذخیره کربن خاک به‌ترتیب به طبقات ارتفاعی ۱۹۰۰ – ۱۸۰۰ و ۲۰۰۰ – ۱۹۰۰ متر اختصاص داشت. بدین ترتیب مشاهده می‌شود که در مجموع با افزایش ارتفاع از سطح دریا بر میزان ذخیره کربن خاک افزوده می‌شود. همچنین با توجه به نتایج به‌دست آمده میزان ذخیره کربن خاک در مکان‌هایی که خشکه‌دارها (سرپا و افتاده) واقع شده بودند نسبت به ذخیره کربن خاک زیر پایه‌های درختی سالم و همچنین ناحیه فضای باز، بیشتر بود (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین و اشتباه معیار ذخیره کربن خاک در راستای طبقات ارتفاع از سطح دریا در منطقه مورد مطالعه
Table 2. Comparison of mean and standard error of soil carbon storage in the direction of altitude classes in the study area

طبقات ارتفاعی (متر) altitude classes	خشکه‌دار سرپا (تن در هکتار) Standing dead trees (ton/ha)	خشکه‌دار افتاده (تن در هکتار) fallen dead trees (ton/ha)	پایه سالم (تن در هکتار) healthy tree (ton/ha)	فضای باز (تن در هکتار) open space (ton/ha)	مجموع (تن در هکتار) total (ton/ha)
1400-1500	155±5.7^{ed}	209±2.6^{c}	74±1.7^{e}	56±3.38^{c}	124±3.34^{d}
1500-1600	144±5.03^{e}	228±2.02^{b}	117±1.4^{b}	68±1.4^{b}	139±2.46^{c}
1600-1700	123 ±1.76^{f}	213±2.6^{c}	106±2.02^{c}	71±0.57^{b}	128±1.73^{d}
1700-1800	179 ±20.03^{c}	231±5.5^{b}	96±2.6^{d}	57±3.1^{c}	141±7.8^{c}
1800-1900	161±5.7^{d}	241±2.5^{a}	81±1.7^{e}	18±0.57^{d}	125±2.61^{d}
1900-2000	196±1.7^{b}	223±2.8^{b}	108±3.7^{c}	85±1.4^{a}	153±2.4^{b}
2000-2100	295±2.3^{a}	260±2.3^{a}	149±4.3^{a}	84±1.7^{a}	197±2.65^{a}

* در هر ستون حروف مشابه نشان‌دهندهٔ نبود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵ درصد است

جدول ۳- مقایسه میانگین و اشتباه معیار ذخیره کربن خاک در محل‌های مختلف نمونه‌برداری در منطقه مورد مطالعه
Table 3. Comparison of mean and standard error of soil carbon storage in different sampling sites in the study area

محل نمونه‌برداری Sampling location	ذخیره کربن (تن در هکتار) Carbon storage(ton/ha)
زیر پایه خشکه‌دار سرپا Under the standing dead trees	178±11.27^{b}
زیر خشکه‌دار افتاده Under the fallen dead trees	229 ± 3.72^{a}
زیر پایه سالم Under the healthy tree	104±5.22^{c}
فضای باز open space	63 ± 4.79^{d}

* در هر ستون حروف مشابه نشان‌دهندهٔ نبود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵ درصد است

نتایج بررسی همبستگی بین میزان ذخیره کربن خاک در محل‌های مختلف نمونه‌برداری با تغییرات ارتفاع از سطح دریا نشان داد که میزان ذخیره کربن خاک در قسمت‌هایی که خشکه‌دار سرپا و افتاده وجود داشت با عامل ارتفاع از سطح دریا همبستگی معنی‌دار مثبت وجود دارد (جدول ۴).

جدول ۴- همبستگی پیرسون بین میزان ذخیره کربن خاک در محل‌های مختلف نمونه‌برداری با عامل ارتفاع از سطح دریا
Table 4. Pearson correlation between soil carbon storage in different sampling sites with altitude factor

	Altitude gradient (گرادیان ارتفاع)
زیر پایه خشکه‌دار سرپا Under the standing dead trees	0.77 *
زیر خشکه‌دار افتاده Under the fallen dead trees	0.76 *
زیر پایه سالم Under the healthy tree	0.56
فضای باز open space	0.22

همبستگی در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-22]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.7.5]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.130]

در این پژوهش اثر خشکه‌دارها بر ذخیره کربن خاک در امتداد گرادیان ارتفاع از سطح دریا در جنگل قلاجه واقع در استان کرمانشاه بررسی شد. به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که میزان ذخیره کربن در امتداد گرادیان ارتفاع از سطح دریا افزایش پیدا می‌کند. از دلایل مهم افزایش ذخیره کربن در خاک، می‌توان به تجزیهٔ لاشبرگ ورودی به کف توده، افزایش فعالیت‌های بیولوژیکی در خاک، تغییر در خرد اقلیم، افزایش فعالیت‌های ریشه، در گردش عناصر و همچنین تأثیر مثبت تاج‌پوشش درختان در کاهش آبشویی عناصر و فرسایش اشاره کرد (Zhu et al., 2010). عامل ارتفاع از سطح دریا از طریق کاهش دما و افزایش میزان بارندگی، سبب کند شدن سرعت تجزیهٔ ماده آلی خاک شده و باعث می‌شود تا شرایط مناسب برای تجمع کربن آلی خاک فراهم شود که در نتیجه آن باعث افزایش میزان ذخیره کربن خاک می‌شود (Zhang et al., 2011). نتایج محققین پیشین نیز تأیید کننده این مطلب است که بین میزان ذخیره کربن خاک با بارش رابطه مثبت و با دمای هوا رابطه منفی وجود دارد (WeijunFu et al., 2018; Sheikh et al., 2009). همچنین کاوه و همکاران (Kaveh et al., 2014) بر ارتباط مثبت و معنی‌دار بارش و ارتباط منفی و معنی‌دار دما با ذخیره کربن خاک در دیم‌زارهای استان کرمانشاه تأکید کردند. دادگر (Dadgar, 2012)، بر اساس نتایج حاصل از پژوهشی که روی ویژگی‌های فیزیوگرافی و ذخیره کربن آلی خاک در دماوند صورت گرفت همبستگی منفی بین میزان ذخیره کربن خاک و ارتفاع از سطح دریا به‌دست آورد که با نتایج پژوهش حاضر تفاوت دارد که دلیل آن‌را می‌توان نوع مدیریت اراضی و پوشش گیاهی دانست که می‌توانند به‌طور غیرمستقیم بر مقدار ذخیره کربن تأثیرگذار باشند. بر اساس نتایج به‌دست آمده میزان ذخیره کربن در قسمت‌هایی که خشکه‌دار سرپا و افتاده وجود داشت نسبت به نواحی فضای باز و پایه‌های سالم بیشتر بود. این نتیجه مشابه نتایج پژوهش‌های ماگنوسن و همکاران و فلاح چای و همکاران (Fallah Chai et al., 2018; Magnusson et al., 2016) است که نشان دادند خشکه‌دارها در افزایش و ورود کربن به خاک جنگل تاثیر مثبتی دارند و حضور آن‌ها فراوانی و تنوع جوامع میکروبی را افزایش می‌دهد که در نتیجه باعث افزایش میزان ذخیره کربن خاک جنگل می‌شود. هر اندازه که تنوع و فراوانی جوامع میکروبی بیشتر باشد به‌تبع فعالیت بالقوه میکروبی نیز بیشتر خواهد بود و همین امر بر روی تجزیه بقایای آلی تاثیرگذار خواهد بود. در نتیجه باعث افزایش ذخیره کربن خاک می‌شود. همچنین یکی از مهم‌ترین نقش خشکه‌دارها مشارکت در برگشت مواد آلی به خاک است. خشکه‌دارها در دراز مدت محتوای کربن را به‌طور معناداری در زیست‌بوم‌ها افزایش می‌دهند. پژوهش‌های پیشین نشان داد که خشکه‌دارها به‌طور مستقیم و غیرمستقیم از طریق تغییر در ماده آلی، تأثیرات مهمی بر روی خصوصیات خاک دارند (Fallah Chai et al., 2018; Magnusson et al., 2016). پرسون (Persson, 2012)، طی پژوهشی که در تیپ‌های جنگلی مختلف جنگل‌های سوئد داشت به این نتیجه رسید که مقدار مواد آلی در خاک زیر خشکه‌دارها نسبت به مناطق دیگر به‌واسطه مشارکت خشکه‌دارها در حفظ تنوع‌زیستی، افزایش ذخیره مواد غذایی جنگل، فراوانی و تنوع جوامع میکروبی بیشتر است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با افزایش ارتفاع از سطح دریا حجم خشکه‌دار نیز افزایش می‌یابد. این نتایج همسو با نتایج گونزالز و همکاران بود (González and Luce., 2013). یکی از دلایل افزایش مقدار حجم خشکه‌دار با افزایش ارتفاع می‌تواند ناشی از چگالی بالای چوب بلوط باشد (Saeedi et al., 2017) چراکه با افزایش مقدار چگالی، سرعت تجزیه چوب کاهش می‌یابد (Mori et al., 2014). به‌طورکلی مقدار تولید و تجزیه در جنگل‌ها تحت‌تأثیر گرادیان ارتفاعی و اثر متقابل شرایط آب و هوایی متفاوت است و می‌تواند شرایط رشد کمابیش مناسبی را برای تولیدکنندگان و تجزیه‌کنندگان فراهم آورد. رطوبت بالا و فراوانی کم ریزجانداران ساکن چوب می‌تواند تجزیه در جنگل‌ها را به تأخیر بیاندازد (Torres & González, 2005). گونزالز و همکاران (González & Luce, 2013) رطوبت محیط را عامل بسیار مهم اثرگذار در تجزیه چوب در امتداد گرادیان ارتفاعی بیان کردند. همچنین حضور برخی از موجودات خاص (مانند موریانه) می‌تواند میزان پوسیدگی چوب را بیش از آنچه که صرفاً بر اساس عوامل اقلیمی پیش‌بینی می‌شود، تغییر دهد. به‌طور کلی مطالعات کمی در ارتباط با اثر ارتفاع از سطح دریا بر روی حجم خشکه‌دار در جنگل‌های زاگرس انجام شده است. در این خصوص می‌توان به پژوهش پرنیان و همکاران (Parnian et al., 2020) در جنگل‌های بلوط زاگرس اشاره کرد که بیان کردند ارتفاع از سطح دریا اثر معنی‌داری روی حجم خشکه‌دار ندارد.

نتایج همبستگی بین میزان ذخیره کربن خاک با عامل ارتفاع از سطح دریا در قسمت‌هایی که خشکه‌دار سرپا و خشکه‌دار افتاده وجود داشت حاکی از نقش و تاثیر مثبت ارتفاع از سطح دریا بر افزایش میزان ذخیره کربن خاک بود که این نتیجه مشابه نتایج پژوهش ژوو و همکاران (Zhu et al., 2010) در جنگل‌های معتدله شمال چین است که نشان دادند با افزایش ارتفاع، میزان ذخیره کربن خاک افزایش می‌یابد و عامل ارتفاع از سطح دریا نقش مؤثری بر میزان ذخیره کربن خاک دارد. همچنین مشابه نتایج پژوهش دوو و همکاران (Du et al., 2014) در جنگل‌های نیمه گرمسیری لوشان چین است که نشان دادند با افزایش ارتفاع از سطح دریا بر میزان ذخیره کربن خاک افزوده می‌شود. فرجی و همکاران (Faraji et al., 2019)، نیز طبق تحقیقات خود نشان دادند که رابطه مثبت و خطی بین مقدار ذخیره کربن خاک و ارتفاع از سطح دریا در مناطق مورد مطالعه وجود دارد و عامل ارتفاع از سطح دریا را به‌عنوان یکی از مهم‌ترین فاکتورهای تاثیرگذار بر میزان ذخیره کربن معرفی کردند که هم‌راستا با نتایج تحقیق حاضر می‌باشد. در تحقیق حاضر میزان ذخیره کربن خاک در زیر پایه‌های درختی سالم در مقایسه با قسمت‌هایی که پایه درختی وجود نداشت (فضای باز) بیشتر بود که با نتایج تحقیقات روستایی و همکاران (Rostayee et al ., 2019) در جنگل‌های طبیعی و دست کاشت شمال ایران و صالحی و همکاران (Salehi et al., 2011)، در جنگل‌های زاگرس هم‌خوانی دارد. رابطه بین پوشش گیاهی و خاک یک رابطه دو سویه است. بدین‌ترتیب

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-22]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.7.5]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.130]

که گیاهان از طریق بهره‌مندی از بستر خاکی که بر روی آن روییده‌اند سبب ارتقای کیفی و حاصل‌خیزی خاک‌ها می‌شوند. برای مثال درختان در زیست‌بوم‌های جنگلی باعث حاصل‌خیزی خاک‌ها و افزایش کربن آلی خاک در زیر تاج‌پوشش خود می‌شوند (Pardon et al., 2017). به‌طورکلی بررسی ذخیره کربن و فاکتورهای تأثیرگذار بر میزان آن می‌تواند به‌عنوان راهنمایی برای مدیران و سیاست‌گذاران مربوطه در جهت اصلاح الگوهای مدیریتی فعلی و انتخاب روش‌های کارآمدتر و بهینه در آینده باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش ارتفاع از سطح دریا بر میزان ذخیره کربن خاک به‌ویژه در قسمت‌هایی که خشکه‌دارهای سرپا و افتاده وجود داشت افزوده می‌شود که به‌نوبه خود میزان اهمیت و نقش خشکه‌دارها، به‌عنوان یکی از حوضچه‌های کربن را نشان می‌دهد. بنابراین، مطابق با سایر پژوهش‌های انجام شده در ارتباط با اثرات خشکه‌دار، می‌توان بیان کرد که حضور خشکه‌دارها در پایداری زیست‌بوم‌های جنگلی و ذخیره کربن خاک نقش سازنده و مهمی را ایفا می‌کنند. از این نظر، امروزه جنگل‌داری نوین توجه بیشتری به حفظ و نگه‌داری خشکه‌دارها در زیست‌بوم‌های جنگلی و اثرات اکولوژیکی آن‌ها دارند. این تحقیق نشان داد که خشکه‌دارها علاوه بر کارکردهای اکولوژیک خودشان نقش مهمی در میزان ذخیره کربن خاک دارند. بنابراین در الگوهای مدیریتی زیست‌بوم‌های جنگلی باید نقش خشکه‌دارها را نیز لحاظ کرد و توجه ویژه‌ای به آن‌ها شود. در جنگل‌های زاگرس اولین گام مدیریتی ارتقای حفاظت و صیانت از جنگل‌های طبیعی است. با این وجود با توجه به اهمیت و نقش خشکه‌دارها و ریز چوب‌های کف جنگل در رابطه با مقادیر موجودی ذخایر کربن و روند انتقال آن به لایه‌های خاک، روند برداشت و حذف حوضچه‌های مذکور در جنگل‌های مورد اشاره الزاماً باید متوقف شده و تمهیداتی برای این امر نیز در نظر گرفته شود. همچنین با توجه به اثرات مثبت گونه بلوط در ذخیره کربن خاک، می‌توان بیان کرد که جنگل‌کاری با استفاده از گونه مذکور، می‌تواند اولاً راهکار مناسبی به‌منظور احیای اراضی تخریب شده در منطقه باشد، همچنین می‌تواند راهکاری جهت کاهش میزان گاز دی‌اکسیدکربن از جو باشد.

References

Dadgar, M. (2012). Investigating the effect of managerial characteristics, soil properties and effective physiography on soil carbon storage and its spatial distribution in different land uses. (Case study: part of Damavand region), PhD Thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran, Tehran, Iran, 154 (In Persian).

Dai, W., & Huang, Y. (2006). Relation of soil organic matter concentration to climate and altitude in zonal soils of China. *Catena*, 65, 87-94. https://doi.org/10.1016/j.catena.2005.10.006

Du, B., Kang, H., Pumpanen, J., Zhu, P.,Yin, S., Zou, Q., & Liu ,C. (2014). Soil organic carbon stock and chemical composition along an altitude gradient in the Lushan Mountain, subtropical China. *Ecological Research*, 29, 433-439. https://doi.org/10.1007/s11284-014-1135-4

Esmailzadeh, O., Hosseini, M., Mesdaghi, M., Tabari, M., & Mohammadi, J. (2010). Can Soil Seed Bank Floristic Data Describe Above Ground Vegetation Plant Communities? *Environmental Sciences*, 17(2), 41-62 (In Persian).

Fallah Chai, M., Salehi, A., Shahmaghsoud, M., Ghorbanzadeh, N., & Hemati,V. (2018). Effect of distance and degree of decacy of *populus capsica Bornm* on some soil chemical properties. *Ecology of Iranian Forests*, 10(2), 197-205 (In Persian).

Faraji, A., Junaidi Jafari, H., & Omidipour, R. (2019). Investigation of carbon storage in different climatic regions and the factors affecting it in Kurdistan province. *Journal of Plant Ecology*, 6(13), 215-232 (In Persian).

González, G., & Luce, M.M. (2013). Woody debris characterization along an elevation gradient in northeastern Puerto Rico. *Ecological Bulletins*, 54, 181-194. https://www.jstor.org/stable/26796813

Kaveh, A., Mahdian, M., Parvizi, Y., Sokooti, R., & Masihabadi, M. (2014). The role of topographic, soil and climatic features on soil organic carbon storage of rainforests in Kermanshah province. *Journal of Desert Management*, 4, 51-65 (In Persian).

Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, 123, 1 -22. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.01.032

Lemma, B., Kleja, D.B., Nilsson, L., & Nilsson, M. (2006). Soil carbon sequestration under different exotic tree species in the South Western Highlands of Ethiopia. *Geoderma*, 136, 886-898. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2006.06.008

Lzaurralde, R., Williams, J.R., Williams, W.B., Rosenberg, N.J., & Rosenberg, M. (2006). Simulating soil C dynamics with EPIC: Model description and testing against long-term data. *Ecological Modelling*, 192, 362-384. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.07.010

Magnusson, R., Tietema, A., Cornelissen, J., Hefting, M., & Klbitz, K. (2016). Sequestration of carbon from coarse woody debris in forest soil. *forest ecology and management*, 377, 1-15. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.06.033

Mahmoudi Taleghani, E., Zahedi, GH., Adeli, E., & Sagheb Talebi, KH. (2006). Estimates of carbon sequestration in forests under management (C.ase study: Gonbad forest). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 15(3), 241-252 (In Persian).

Mirzaei, j., Seidi, F., Sobhan Ardakani, S., & Bazgir, M. (2013). Effects of afforestation with native and non-native species on soil carbon sequestration in dry areas of Zagros (Case study: Dehloran Spa Forest Park), *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(3), 506-516 (In Persian). https:// doi.org/ 10.22092/ijfpr.2014.4729

Morgan, J., Follet, R., & Allen, L. (2010). Carbon sequestration in agricultural lands of the United States. *Journal of Soil and Water Conservation*, 65, 1-17. https://doi.org/10.2489/jswc.65.1.6A

Mori, S., Itoh, A., Nanami, S., Tan, S., Chong, L., & Yamakura, T. (2014). Effect of wood density and water permeability on wood decomposition rates of 32 Bornean rainforest trees. *Journal of Plant Ecology*, 7(4), 356-363. https://doi.org/10.1093/jpe/rtt041

Nave, L., Vance, E., Swanston, CH., & Curtis, P. (2010). Harvest impact on soil carbon storage in temperate forests. *Forest Ecology and management*, 259(5), 857-866. https://doi.org/ 10.1016/ jforeco. 2009.12.009

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-22]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.7.5]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.130]

Noormohammadi, K., & Esmailzadeh, O. (2015). Variability of soil carbon stock along an altitudinal gradient in Salahodinkola Forest, Nowshahr. *Journal of Wood & Forest Science and Technology*, 22 (3), 109-125 (In Persian).

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

Pardon, P., Reubens, B., Reheul, D., Mertens, J., Frenne, P., Coussement, T., Janssens, P., & Verheyen K. (2017). Trees increase soil organic carbon and nutrient availability in temperate agroforestry systems. Agriculture, *Ecosystems and Environment*, 247, 98-111. https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.06.018

Parma, R., & Shatai, SH. (2010). Investigating the possibility of preparing maps of diversity and canopy density of Zagros forests using sensor images ETM^{+}. (Case study: Qalajeh forests of Kermanshah province). *Iranian Forest Magazine*, 2(3), 231-242 (In Persian).

Parnian Kalayeh, S., Moradi, M., Sefidi, K., & Basiri, R. (2020). Coarse and Fine Woody debris and mortality rate of Persian Oak estimation in relation to some environmental factors in Zagros Oak Forest (Case study: Tange Alamdar, Behbahan). *Iranian Forest Journal*, 11(4), 519-532 (In Persian).

Persson, H. (2012). The high input of soil organic matter from dead tree fine roots into the forest soil. *International Journal of Forestry Research*, 3, 1-9. https://doi.org/10.1155/2012/217402

Poor Rostami, P., Zahedi Amiri, GH., & Etemad, V. (2020). Spatial variations in the storage and deposition of litter carbon and soil layers in the forest area of Jahan Nama Park. *Iranian Journal of Forest*, 12(3), 317-330 (In Persian).

Rahimi, N. (2004). Climate change and its environmental effects.1st edn, Tehran Akhavan Publications, Iran, Tehran, 262 (In Persian).

Rossi, A.M., Hirmas, D.R., Graham, R.C., & Sternberg, P.D. (2008). Bulk Density Determinate ion by Automated Three-Dimensional Laser Scanning. *Science Society of America Journal*, 72(6), 1591-1593. https://doi.org/10.2136/sssaj2008.0072N

Rostayee, F., Kooch, Y., & Hosseini, S.M. (2019). Study of soil quality changes in different forests covers. *Water and Soil Science*, 28(4), 169-181 (In Persian).

Saeedi, S., Bahmani, M., Kool, F., Iranmanesh, Y., & Abbasi, M. (2017). Investigation on physical, chemical and biometrical properties of Persian oak (Quercus brantii Lindl.) (Case study: Lordegan Township). *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 24(3), 171-182. https://doi.org/10.22069/jwfst.2017.13170.1676

Salehi, A., Mohammadi, A., & Safari, A. (2011). Investigation and comparison of physical and chemical soil properties and quantitative characteristics of trees in less-damaged and damaged area of Zagross forests (Case study: Poldokhtar, Lorestan province). *Iranian Journal of Forest*, 3(1), 81-89 (In Persian).

Sheikh, M.A., Kumar, M., & Bussmann, R.W. (2009). Altitudinal variation in soil organic carbon stock in coniferous subtropical and broadleaf temperate forests in Garhwal Himalaya. *Carbon Balance and Management*, 4,1-6. doi:10.1186/1750-0680-4-6

Singh, S.K., Pande, C.B., Sidhu, G.S., & Sidhu, R.S. (2011). Concentration and stock of carbon in the soils affected by land uses and climates in the western Himalaya, India. *Catena*, 87(1),78-89. https://doi.org/10.1016/j.catena.2011.05.008

Soheili, A., & Noormohammadi, E. (2017). Effect of grazed and surface scrafication on soil properties and regeneration in central Zagross forests (Case study: Aleshtar city forests). *Journal of forests and wood products*, 65(3), 315-325 (In Persian).

Torres, J.A., & González,G. (2005).Wood decomposition of Cyrilla racemiflora (Cyrillaceae) in Puertorican dry and wet forests, a 13-year case study-Biotropica. 37(3), 452-456. https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2005.00059.x

Varamesh, S., Hoseini, S.M., & Abdi, N. (2011). Effects of reforestation with broad-leafed species on soil Carbon sequestration in Chitgar forest park. *Journal of soil research*, 25(3), 187-196 (In Persian) https://doi.org/10.22092/ijsr.2011.126482

Walkley, A., & Black, I.A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*, 37(1), 29-38.

WeijunFu, P., KeliZhao, Y., & Jixing, T. (2018). Spatial pattern of carbon stocks in forest ecosystems of typical subtropical region of southeastern china. *forest Ecology and Management*, 409, 288-297. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.11.036

Xiong, X., Grunwald, S., Brenton Meyres, D., Wade Ross, C., Harris, W.G., & Comerford N.B. (2014). Interaction effects of climate and land use/land cover change on soil organic carbon sequestration. *Science of the Total Environment*, 493, 974-982. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.06.088

Zhang, M., Zhang, X.K., Liang, W.J., Jiang, Y., Dai, G.H., Wang, X.G., & Han, S.J. (2011). Distribution of soil organic carbon fractions along the altitudinal gradient in Changbai Mountain, China. *Pedosphere*, 21(5), 615-620. https://doi.org/10.1016/S1002-0160(11)60163-X

Zhu, B., Wang, X., Fang, J., Piao, S., Shen, H., Zhao, S., & Peng, C. (2010). Altitudinal changes in carbon storage of temperate forestson Mt Changbai, Northeast China. *Journal of Plant Research*, 123, 439-452. https://doi.org/10.1007/s10265-009-0301-1

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-22]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.7.5]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.130]