تاریخ دریافت ۱۴۰۳/۰۲/۳۱
تاریخ پذیرش ۱۴۰۳/۰۴/۱۹

DOI: 10.22092/irn.2024.131637

نامه‌علمی

ویژگی‌های بوم‌شناختی، اقلیمی و تاریخی بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.)، با گاه‌شناسی درختی

(مطالعه موردی شهرستان لردگان، استان چهارمحال‌وبختیاری)

یعقوب ایران‌منش[۱*]، فاطمه درگاهیان[۲]، محمود طالبی[۳] و تورج مختارپور[۴]

چکیده

بررسی ویژگی‌های رویشی و بوم‌شناختی درختان از طریق گاه‌شناسی، پیام‌های کاربردی مهمی را برای بازسازی مدل‌های اقلیمی در گذشته‌های دور و آینده فراهم خواهد ساخت. این پژوهش با هدف بررسی ویژگی‌های بوم‌شناختی، اقلیمی و تاریخی درمورد گونه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) در استان چهارمحال‌وبختیاری انجام شد. یک درخت شاخص با فرم رویشی تک‌تنه، انتخاب و پس از اندازه‌گیری صفات کمی قطع شد. سپس، یک نمونه دیسک از محل قطر برابر سینه تهیه و خشک شد. پس از نمونه‌برداری و اندازه‌گیری وزن خشک نمونه‌ها، مقدار کربن به روش احتراق اندازه‌گیری شد. تعداد و پهنای دوایر سالانه دیسک، پس از پردازش سطح اندازه‌گیری شد. در مطالعات اقلیمی نیز از آنومالی‌های دما و بارش (دوره ۶۴ ساله) استفاده شد. نتایج علاوه‌بر استخراج کلیه ویژگی‌های ریخت‌شناسی درخت، نشان داد، مقدار اندوخته کربن در اندام‌های مختلف با چوبی‌تر شدن بافت گیاه افزایش و مقدار رطوبت موجود در اندام گیاهی کاهش می‌یابد. اندازه‌گیری فواصل دوایر سالانه نشان داد، متوسط رویش قطری سالانه درخت بلوط موردمطالعه ۳/۹ میلی‌متر است. بررسی ارتباط بین آنومالی با دما و داده‌های رویش قطری درخت نشان داد، متغیر دما، کنترل گسترده‌ای بر توزیع جغرافیایی بلوط ایرانی دارد و بلوط ایرانی به‌جای متغیرهای بارش، پاسخ قوی‌تری به دما دارد.

واژه‌های کلیدی: تغییرات اقلیمی، الگوی رویشی، بلوط غرب، زاگرس جنوبی.

Ecological, Climatic, and Historical characteristics of Brant`s oak (*Quercus brantii* Lindl.) with dendrochronology (Case study: Lordegan city of Chaharmahal and Bakhtiari province)

Y. Iranmanesh[1*], F. Dargahian[2], M. Talebi[3] and T. Mokhtarpour[4]

Abstract

Investigating the growth and ecological characteristics of trees through dendrochronology will provide essential messages for reconstructing climate models for the past and future. This research investigated the historical, ecological, and climatic characteristics of the Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.) in Chaharmahal and Bakhtiari provinces. A typical single-stem *Q. brantii* was selected and cut. Then, a disk sample was prepared. Dry weight and carbon content were measured using the combustion method. The number and width of the disc's annual rings were measured. In climate studies, temperature and precipitation anomalies were used. In addition to extracting all the morphological characteristics, this research showed that the amount of carbon stored in different organs increases with the woody tissue of the plant, and the amount of moisture in the plant organ decreases. The measurement of annual rings showed that the average growth diameter of the studied oak tree is 3.9 mm. The relationship between temperature anomaly and tree diameter growth data showed that the temperature variable has comprehensive control over the geographical distribution of the oak, and the *Q. brantii* has a more robust response to temperature instead of precipitation variables.

Keywords: Climate changes, Growth pattern, Western oak, South Zagros.

۱*- دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال‌وبختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران
پست الکترونیک: y_iranmanesh@yahoo.com
۲- دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۳- مربی پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال‌وبختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران
۴- کارشناس ارشد، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال‌وبختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران

1*-Corresponding author, Associate Prof., Research Division of Natural Resources, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahrekord, Iran (y_iranmanesh@yahoo.com)
2- Associate Prof., Research Institute of Forest and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
3- Senior Research Expert, Research Division of Natural Resources, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahrekord, Iran
4- Senior Expert, Research Division of Natural Resources, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahrekord, Iran

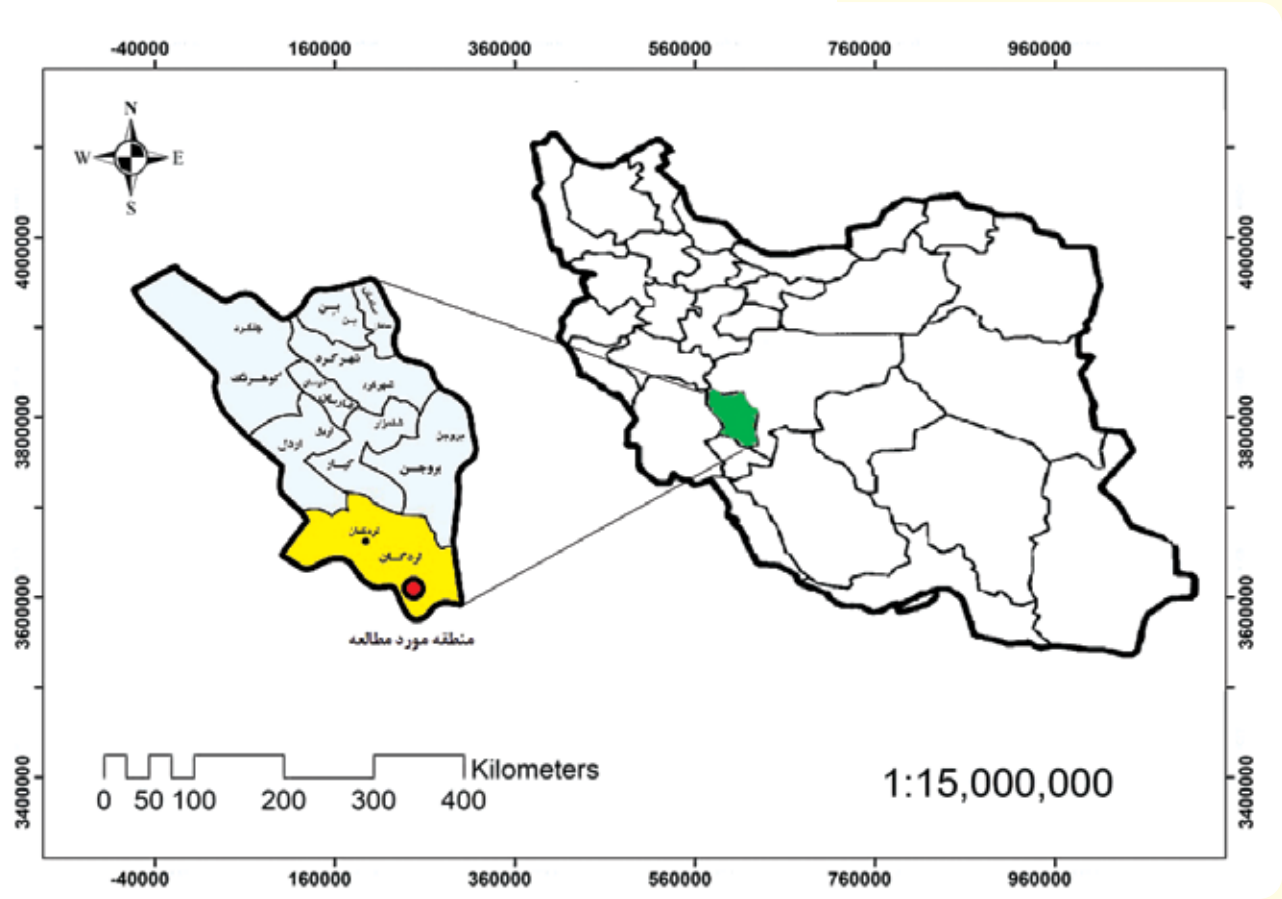
مقدمه

رویش درخت به مقدار زیادی متأثر از شرایط محیط است. تغییرات شرایط اقلیمی مانند بارندگی، دما و خشک‌سالی از عوامل مهم تعیین‌کننده میزان رویش سالانه در درختان مناطق معتدله به‌شمار می‌رود. ارتباط بین پهنای حلقه‌های رویشی و مؤلفه‌های اقلیمی می‌تواند اطلاعات زیادی ارائه دهد که برای بازسازی مدل‌های اقلیمی در گذشته‌های دور و آینده استفاده شود (پورسرتیپ و همکاران، ۱۳۹۲). گاه‌شناسی درختی، تاریخ‌گذاری اجسام چوبی براساس حلقه‌های رویشی درخت است که در اوایل قرن بیستم توسط اندروداگلاس، ستاره‌شناس آمریکایی از دانشگاه آریزونا پایه‌گذاری شد. داگلاس با استفاده از روش تاریخ‌گذاری متقاطع توانست سن نمونه‌های درختان مرده و پوسیده را تعیین کند (Tegel *et al.*, 2022). درختان دربردارنده شواهد دقیقی از رویدادهای گذشته‌اند. لایه‌های رشد درختان که به‌صورت حلقه‌های رویشی در مقطع عرضی درختان نمایان می‌شوند، مدارکی از سیل، خشک‌سالی، طغیان حشرات، صاعقه و حتی زمین‌لرزه را ثبت می‌کنند. از مهم‌ترین کاربردهای گاه‌شناسی درختی و اطلاعات حلقه‌های رویشی درختان، درک آثار اقلیمی خشک‌سالی‌ها و ترسالی‌ها در دوره‌های مختلف زمانی است. پیام‌هایی که به رایگان در بایگانی حلقه‌های رویشی درختان ضبط و ثبت شده است، حاوی اطلاعات بسیار باارزشی از تغییرات بارش‌ها و دما در زمان‌های بسیار دور هستند. گاه‌شناسی درختی دقیق‌ترین روش تاریخ‌گذاری است که در مطالعات تاریخی قابل‌استفاده است و بی‌شک در آینده نیز این موقعیت را حفظ خواهد کرد (Haneca *et al.*, 2009). روش‌های گاه‌شناسی درختی، روش‌هایی ارزشمندند که برای شناسایی آشفتگی‌ها در گذشته به‌ویژه از طریق تشخیص ناگهانی در روند رویش شعاعی درختان توسعه یافته‌اند و برای درک فرایندهای بوم‌سازگان اهمیت دارند (وزیریان و همکاران، ۱۴۰۰).

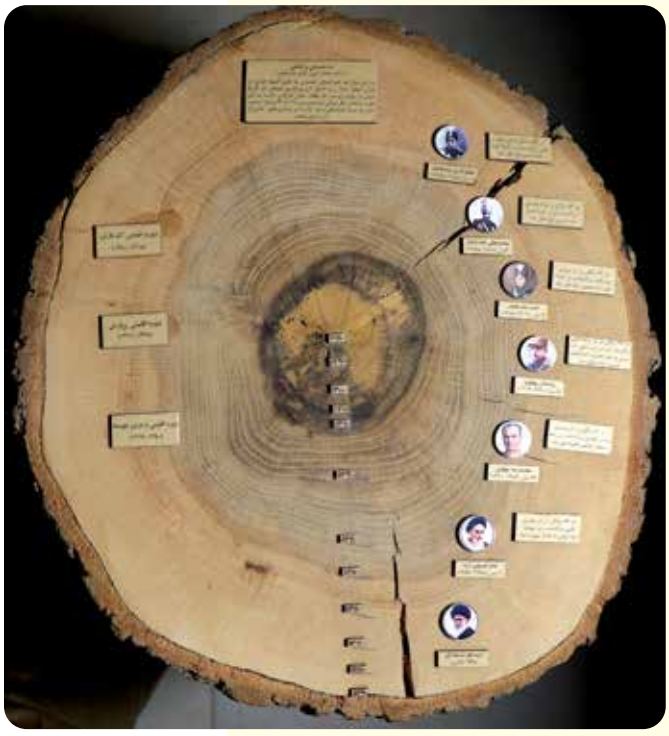
مطالعات گاه‌شناسی درمورد درختان بلوط در کشورهای مختلف با اهداف گوناگون انجام شده است. عده‌ای از پژوهشگران از آن برای درک عوامل اقلیمی مؤثر بر رویش درختان بلوط بهره جسته‌اند (Roza, 2005؛ Sheng *et al.*, 2007؛ Cedro, 2007) و برخی در مطالعات خود به بازسازی شرایط اقلیمی برای گذشته پرداخته‌اند (Diaz *et al.*, 2002؛ Cufar *et al.*, 2007). سوسنی و همکاران (۱۳۹۴) در بررسی اثر متغیرهای اقلیمی بر پهنای حلقه‌های رویشی درختان شاخه‌زاد بلوط ایرانی در استان لرستان بیان کردند، به علت گرم و خشک بودن منطقه، بارندگی و دما به‌ترتیب تأثیری مثبت و منفی بر رویش شعاعی درختان داشتند. ویژگی‌های درخت بلوط به گونه‌ای است که این گونه را برای انجام این پژوهش‌ها مناسب می‌کند، چراکه به‌طور معمول دارای دیرزیستی زیادی بوده و یافتن درختان کهن‌سال بلوط به‌آسانی امکان‌پذیر است، از سوی دیگر دارای حلقه‌های رویشی بسیار روشن و مشخص است و به‌طور معمول حلقه‌های کاذب یا گمشده در آن بسیار کم دیده می‌شود. همچنین، نسبت به تغییرات محیطی حساس است و در طول یک دوره رویش تغییرات قابل‌توجهی در ساختار چوب آنها به وجود می‌آید. رویش این گونه بسیار متأثر از مقدار بارندگی و دما در طول فصل رویش و پیش از آن است، به‌عنوان نمونه بارندگی در طول فصل رویش تأثیر مثبتی بر افزایش پهنای حلقه‌های رویشی آن دارد. همچنین، نتایج نشان می‌دهد، بلوط‌ها در طول تابستان گرم زودرس یا پس از زمستانی با بارندگی زیاد اما گرم، بهترین رشد را دارند. سن درخت، نقش کلیدی در پویایی کربن جنگل ایفا می‌کند، به‌طوری‌که ذخیره کربن روی‌زمینی درختان با افزایش سن زیاد شده، اما میانگین مقدار تغییرات کربن با افزایش سن کاهش می‌یابد (Hoover and Smith, 2023). در مطالعه انجام‌شده توسط Bor و همکاران (۲۰۲۳) در اسپانیا به دست آمد که جنگل‌های طبیعی بلوط گزینه مناسبی برای ذخیره بلندمدت کربن محسوب می‌شوند، زیرا بخش زیرزمینی این گونه شامل ریشه و خاک، ظرفیت بسیار زیادی در نگهداری کربن دارد. شاخص سطح برگ در اکوسیستم‌های جنگلی عاملی مهم و کلیدی است که با بسیاری از فرایندهای فیزیکی، بیولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاهان ارتباط دارد و همبستگی زیادی با حاصلخیزی رویشگاه، رویش گیاه و مقدار زی‌توده درخت دارد (Arias, 2007). سطح برگ درخت نیز عاملی تعیین‌کننده در بسیاری از فرایندهای زیستی جنگل مانند تبادلات گازی، عبور نور از تاج‌پوشش، تبخیر و تعرق، فتوسنتز، چرخه کربن و نیتروژن است (مقدم، ۱۳۸۴). گاه‌شناسی درختی ارتباط مستقیمی با نرخ رویش درخت و تجمع زی‌توده دارد. علاوه‌براین، تخمین ترسیب کربن با تجزیه‌وتحلیل گاه‌شماری حلقه‌های درختی امکان بررسی الگوهای مکانی- زمانی گذشته پویایی ترسیب کربن در جنگل و احتمالاً استنتاج الگوهای ترسیب کربن را در آینده فراهم می‌کند (Giberti *et al.*, 2022). Zheng و همکاران (۲۰۲۳) در بررسی مدل‌های مختلف رویش درختان سوزنی‌برگ با گاه‌شناسی درختی بهترین مدل‌ها را برای برآورد مقدار اندوخته کربن درخت بر مبنای سن درخت ارائه کردند. این پژوهش با هدف بررسی کارکردهای بوم‌شناختی، اقلیمی و تاریخی بلوط ایرانی به‌عنوان گونه غالب جنگل‌های زاگرس جنوبی با بهره‌گیری از گاه‌شناسی درختی در استان چهارمحال‌وبختیاری انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در استان چهارمحال‌وبختیاری و در جنگل‌های روستای آتشگاه در ۵۵ کیلومتری جنوب غربی شهرستان لردگان، واقع در حوزه آبگیر سد خرسان ۳ انجام شد (شکل ۱). یک درخت شاخص بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) با فرم رویشی تک‌تنه، انتخاب و صفات کمی آن شامل ارتفاع کل، ارتفاع تنه، قطر برابر سینه و قطر متوسط تاج اندازه‌گیری شد (شکل ۲). با هماهنگی کمیته فنی اداره‌کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان چهارمحال‌وبختیاری و با توجه به قرارگیری منطقه موردمطالعه در حوزه آبگیر سد خرسان ۳ و زیر آب رفتن درختان آن، مجوز رسمی قطع، صادر و درخت موردنظر در



شکل ۱- موقعیت منطقه موردمطالعه در شهرستان لردگان



شکل ۲- درخت موردبررسی و دیسک تهیه‌شده از محل قطر برابر سینه آن

سال ۱۳۹۰ قطع شد. سپس، یک نمونه دیسک به ضخامت ۵ سانتی‌متر از محل قطر برابر سینه تهیه و به‌طور استاندارد و در محیط طبیعی خشک شد (شکل ۲). پس از عملیات قطع، بلافاصله عملیات جداسازی قسمت‌های مختلف درخت شامل میوه، برگ، سرشاخه (شاخه‌های با قطر کمتر از یک سانتی‌متر)، شاخه فرعی (شاخه‌های با قطر ۵-۱ سانتی‌متر)، شاخه اصلی (شاخه‌های منشعب از تنه تا قطر ۵ سانتی‌متر) و تنه انجام و سپس به کمک ترازوی رقومی توزین شد. همچنین، کلیه چوب‌های مرده درخت (شامل چوب‌های خشک روی درخت و چوب‌های خشک افتاده) جمع‌آوری و به‌صورت جداگانه وزن شدند. پس از وزن کردن قسمت‌های مختلف درخت، به‌منظور اندازه‌گیری وزن خشک و اندوخته کربن، از هر یک از اندام‌های مختلف درخت ۱۰ نمونه تصادفی تهیه شد (Losi *et al.*, 2003). اندازه‌گیری مقدار کربن به روش احتراق در کوره الکتریکی انجام شد. سطح برگ و تعداد برگ‌ها به روش وزنی محاسبه شد. تعداد و پهنای دوایر سالیانه دیسک، پس از سمباده‌کشی و پردازش سطح، به‌وسیله لوپ چشمی اندازه‌گیری شد.

در مطالعات اقلیمی، از آنومالی‌های دما و بارش و با روش استانداردشده استفاده شد. در این روش تفاوت بین دوره جاری و دوره مرجع به کار می‌رود و سپس با تقسیم انحراف استاندارد دوره مرجع آن مقایسه می‌شود. در این تحقیق به‌منظور بررسی ارتباط بین میزان رویش قطری درخت بلوط با آنومالی دما و بارش از داده‌های بازتولید شبکه‌ای استفاده شده است. محصولات داده شبکه‌ای، مشاهدات نقطه‌ای یا ناپیوسته مکانی از آب‌وهوای زمین (مانند دما، بارش، باد و دمای سطح دریا) را در شبکه‌های ثبت‌شده در زمان قرار می‌دهند و با استفاده از روش‌های درون‌یابی، شکاف‌های داده را پر می‌کنند. این داده‌ها برای مطالعه آب‌وهوا در مناطقی که ممکن است مشاهدات مستقیم نداشته باشند، مفید هستند (حیدری و همکاران، ۱۳۹۸). داده مورداستفاده در این تحقیق داده‌های مربوط به آنومالی بارش و دمای ۲ متری سطح زمین است که از مرکز پیش‌بینی میان‌مدت اروپایی (ECMWF) گرفته شده است. این داده‌ها توسط مرکز تغییر اقلیم دانشگاه ماین پردازش شده‌اند، به‌طوری که تغییرات آنومالی داده‌های بارش و دما در سری زمانی ۲۰۲۳-۱۹۴۸ با توجه به دوره پایه ۲۰۰۰-۱۹۷۹ برآورد شده است. روند تغییرات این داده‌ها برای بیش از ۷ دهه و با قدرت تفکیک مکانی ۰/۵×۰/۵ موجود است که با توجه به موقعیت منطقه موردبررسی، داده‌ها استخراج و ارتباط آن با میزان تغییرات رویش قطری درخت بلوط تجزیه‌وتحلیل شد.

● نتایج

ویژگی‌های ریخت‌شناسی درخت نمونه

نتایج حاصل از اندازه‌گیری دقیق متغیرهای کمی درخت در جدول ۱ مشاهده می‌شود. بلوط موردمطالعه، درختی تک‌تنه با ارتفاع کل ۱۲ متر، قطر برابر سینه ۴۵ سانتی‌متر و قطر متوسط تاج ۸/۴ متر بود. سطح تاج درخت ۵۵/۴ مترمربع و تعداد برگ آن ۳۷۶۴۴ عدد برآورد شد که درمجموع سطحی معادل ۱۱۲/۹ مترمربع را دربرمی‌گیرند. شاخص سطح برگ درخت ۱/۶۳ و سطح برگ ویژه آن ۷۷/۲ سانتی‌مترمربع بر گرم به دست آمد. ۱۱/۳درصد از تنه درخت را پوست آن تشکیل می‌داد. میانگین رطوبت و کربن در قسمت‌های مختلف درخت به‌ترتیب ۳۶/۵ و ۴۴/۵ درصد به دست آمد (جدول ۱).

شکل ۳ مقدار رطوبت موجود در قسمت‌های مختلف درخت را نشان می‌دهد. بیشترین مقدار رطوبت در میوه بلوط (۵۴/۶درصد) و کمترین آن در پوسته درخت (۱۶/۹درصد) بود. چنانچه در شکل ۳ مشاهده می‌شود، هرقدر بافت اندام گیاهی چوبی‌تر می‌شود، مقدار رطوبت کاهش می‌یابد.

شکل ۴ مقدار کربن موجود در قسمت‌های مختلف درخت را نشان می‌دهد. بیشترین مقدار کربن در تنه و کنده درخت (۴۸/۶درصد) و کمترین آن در میوه بلوط (۴۰/۶درصد) است. برخلاف روند تغییرات رطوبت در قسمت‌های مختلف درخت، مقدار کربن در قسمت‌های چوبی‌تر بیشتر است.

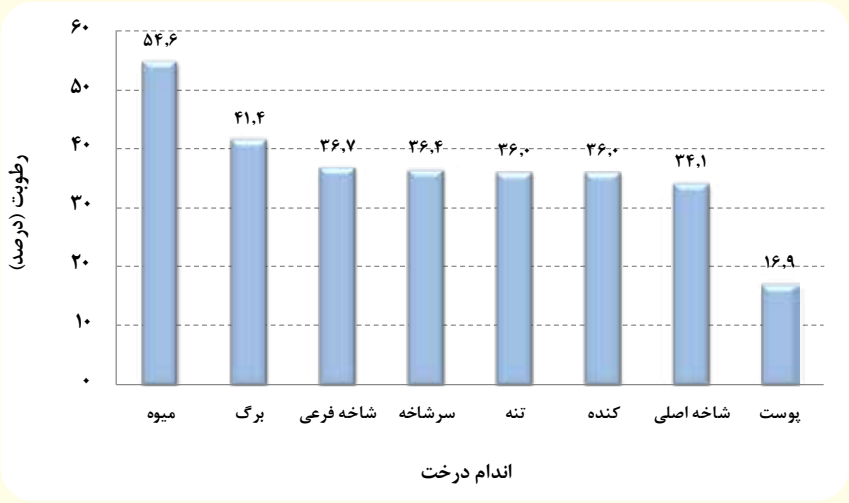
● کارکرد فیزیولوژیک درخت در جذب کربن

براساس نتایج، درخت موردمطالعه با برخورداری از زی‌توده‌ای بیش از ۱/۲ تن توانسته بود، حدود ۰/۶ تن کربن را در اندام‌های مختلف خود ترسیب کند. هر تن کربن ذخیره‌شده در درختان، حاصل حذف ۳/۶۷ تن دی‌اکسیدکربن از اتمسفر

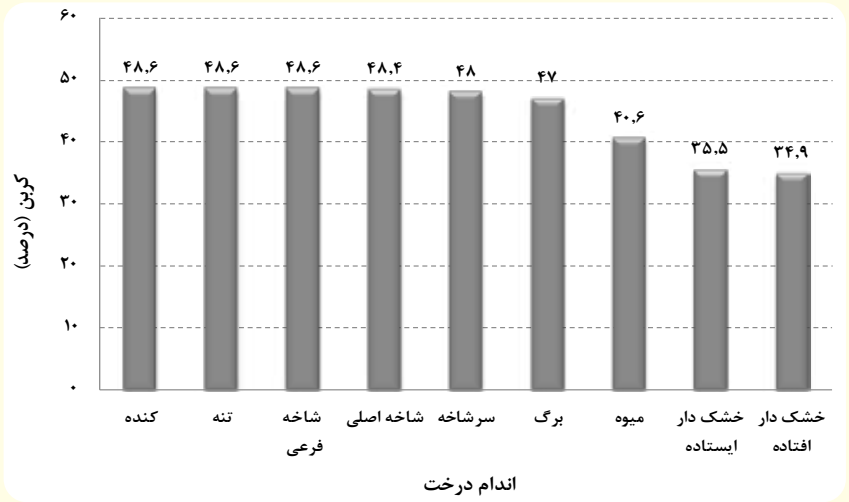
جدول ۱- متغیرهای کمی درخت بلوط موردبررسی

متغیر	مقدار	متغیر	مقدار	متغیر	مقدار
ارتفاع کل (cm)	۱۲	تعداد برگ	۳۷۶۴۴	سطح برگ ویژه	۷۷/۲
ارتفاع تنه (cm)	۲/۵	سطح تاج (m^2)	۵۵/۴	درصد پوست تنه	۱۱/۳
قطر برابر سینه (cm)	۴۵	حجم تاج (m^3)	۴۳۹/۳	میانگین رطوبت اندام‌های مختلف (درصد)	۳۶/۵
قطر متوسط تاج (cm)	۹/۴	سطح کل برگ‌ها (m^2)	۱۱۲/۹	میانگین کربن اندام‌های مختلف (درصد)	۴۴/۵
رویه زمینی (cm^2)	۱۵۸۹/۶	شاخص سطح برگ	۱/۶۳		

است (Brooks, 1998). بنابراین، مقدار دی‌اکسیدکربنی که توسط این درخت از اتمسفر حذف شده است، بیش از ۲/۱ تن برآورد شد. بیشترین مقدار زی‌توده در شاخه‌های اصلی و کمترین آن در چوب مرده افتاده به دست آمد (جدول ۲). نتایج حاصل از بررسی روند تغییرات مقدار زی‌توده تنه درخت موردمطالعه در بازه‌های زمانی مختلف نشان داد، با افزایش سن درخت مقدار زی‌توده روند افزایشی داشته و پس از رسیدن درخت به میان‌سالی روند کاهشی پیدا کرده است (شکل ۵).



شکل ۳- مقدار رطوبت در قسمت‌های مختلف درخت



شکل ۴- درصد کربن در قسمت‌های مختلف درخت

● تعیین سن و رویش قطری

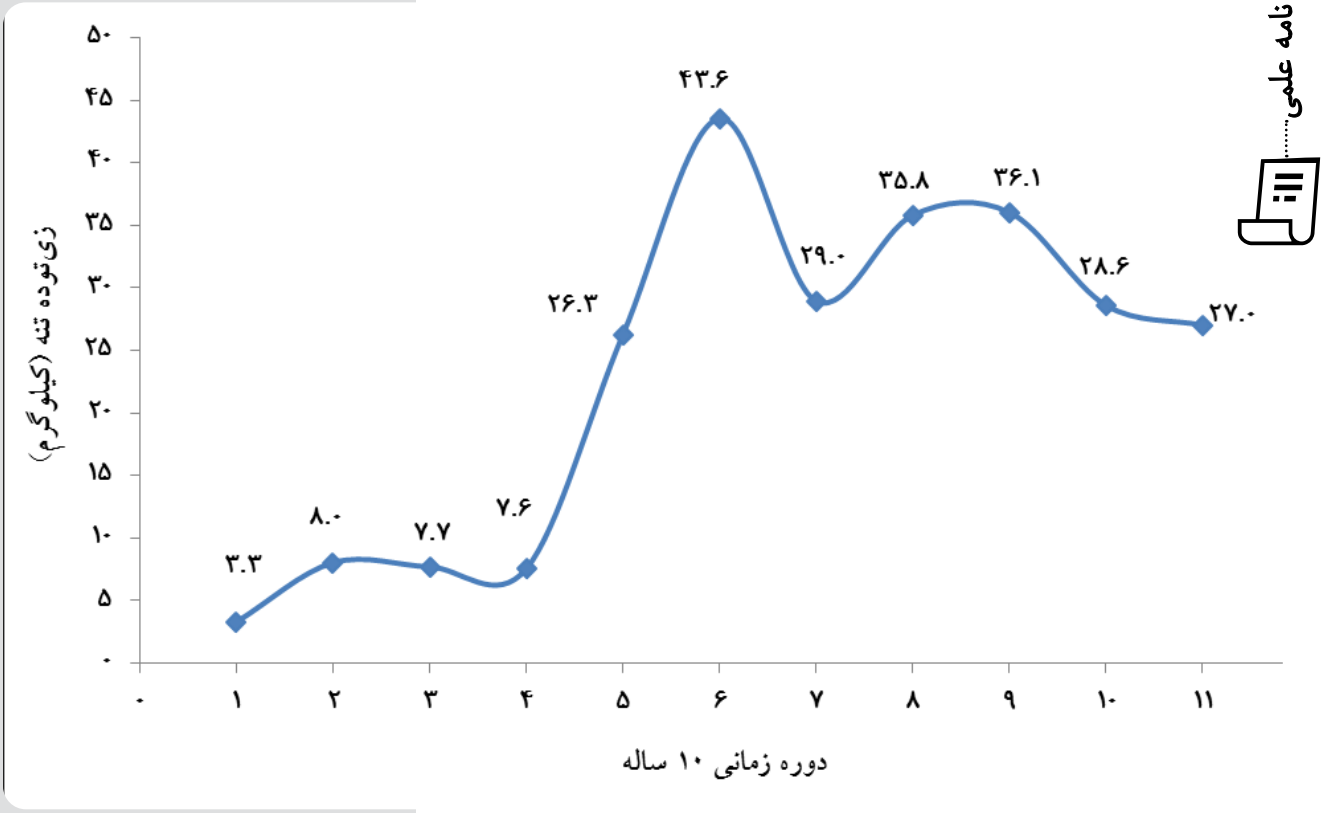
شمارش دوایر سالانه در دیسک تهیه‌شده نشان داد، درخت بلوط موردمطالعه ۱۱۰ سال داشته و نهال این درخت در سال ۱۲۸۰ رویش طبیعی خود را آغاز کرده است. همچنین، متوسط رویش قطری سالانه درخت بلوط موردمطالعه ۳/۹ میلی‌متر بود. کمترین مقدار رویش قطری ۲ میلی‌متر مربوط به سال‌های ۱۳۲۰-۱۳۱۱ و بیشترین آن ۱۴ میلی‌متر مربوط به سال‌های ۱۳۳۰ و ۱۳۳۱ بود (شکل ۶).

● بررسی اقلیمی

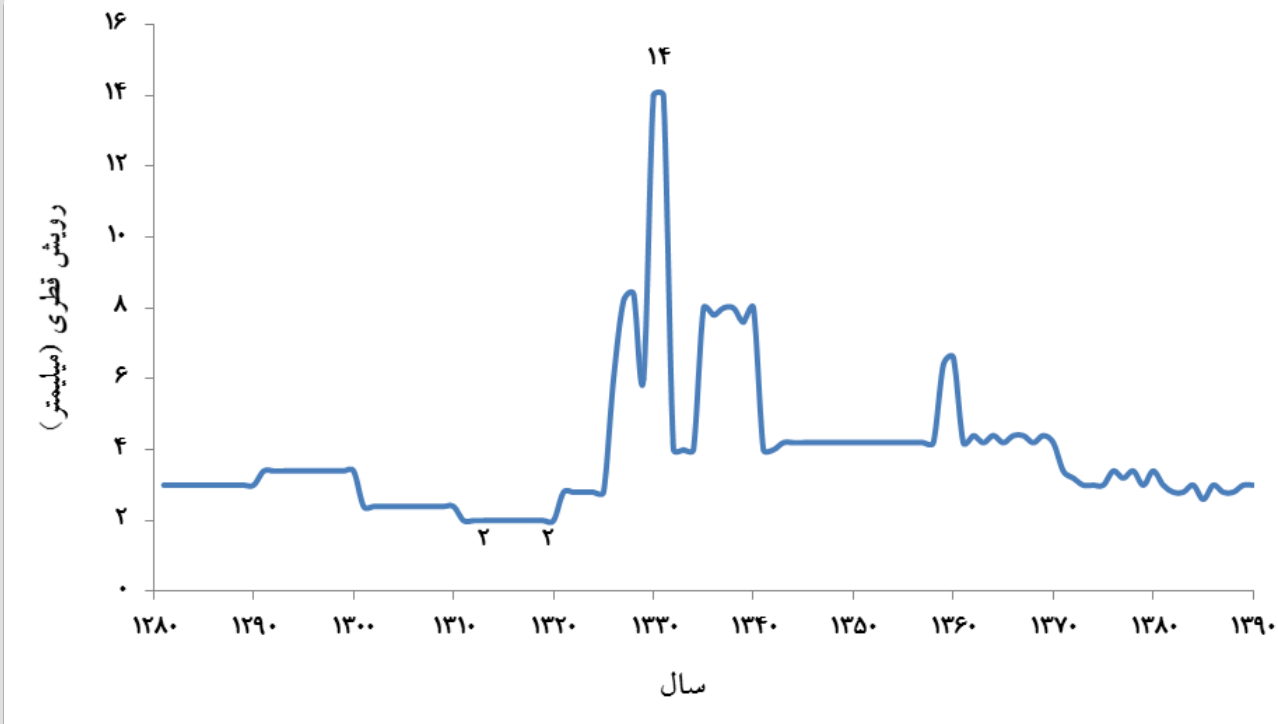
با توجه به اینکه آمار بلندمدت مربوط به مؤلفه‌های بارش و دما در منطقه موردمطالعه در

جدول ۲- مقدار زی‌توده، موجودی کربن و جذب CO_2 در قسمت‌های مختلف درخت موردمطالعه

اندام	وزن تر (کیلوگرم)	زی‌توده (کیلوگرم)	موجودی کربن (کیلوگرم)	مقدار جذب CO_2 (کیلوگرم)
میوه	۵۳/۸	۲۹/۴	۹/۸	۳۵/۹
برگ	۲۴/۹	۱۴/۶	۶/۸	۲۴/۹
سرشاخه	۳۴/۵	۲۱/۹	۱۰/۵	۳۸/۵
شاخه فرعی	۳۲۷/۹	۲۰۷/۶	۱۰۰/۹	۳۷۰/۳
شاخه اصلی	۹۲۸/۹	۶۱۱/۹	۲۹۶/۲	۱۰۸۷/۱
تنه	۳۹۵	۲۵۲/۹	۱۲۲/۹	۴۵۱
کنده	۱۳۵/۲	۸۶/۶	۴۲/۱	۱۵۴/۵
چوب مرده ایستاده	۱۲/۸	۱۲/۸	۴/۵	۱۶/۵
چوب مرده افتاده	۰/۷۶	۰/۷۶	۰/۲۶	۱
مجموع	۱۹۱۳/۸	۱۲۳۸/۵	۵۹۳/۹	۲۱۷۹/۷

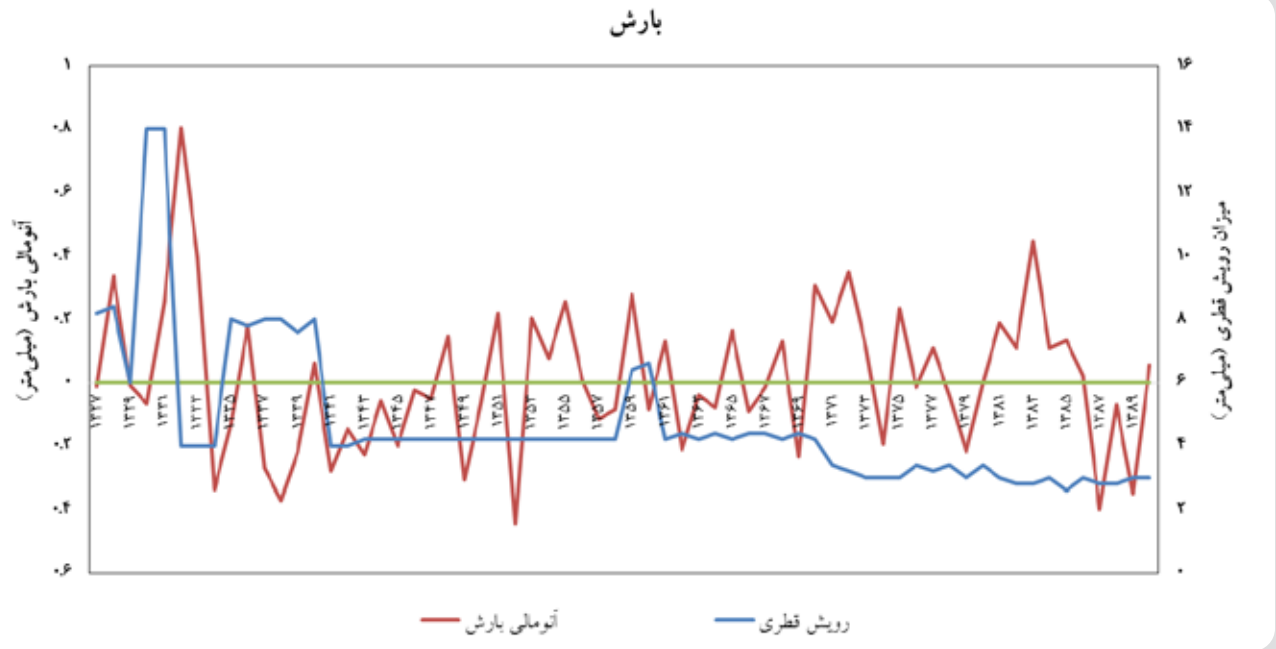


شکل ۵- روند تغییرات زی‌توده تنه درخت بلوط در دوره‌های زمانی مختلف

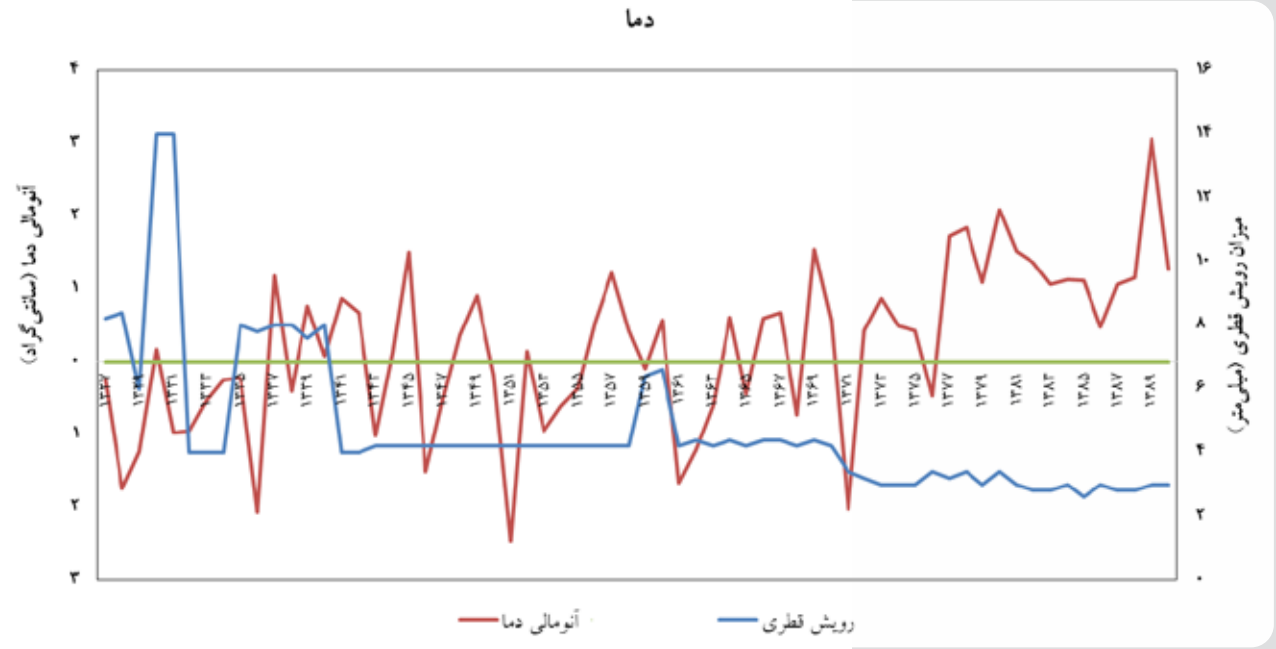


شکل ۶- رویش قطری درخت موردمطالعه در سال‌های مختلف

دسترس نبود، از داده‌های آنومالی دما و بارش با طول دوره آماری بیشتر استفاده شد. داده‌های بارش ماهیت بی‌نظم و نوسانات زیادی دارند که روند مشخص و معنی‌داری را نشان نمی‌دهند. داده‌های بارش نسبت به خط پایه در برخی سال‌ها مثبت و در برخی سال‌ها منفی است. بررسی ارتباط بین آنومالی بارش و داده‌های رویش قطری درخت رابطه معنی‌داری را نشان نداد (شکل ۷). برخلاف داده‌های بارش، داده‌های دما از نظم بیشتری برخوردارند و معمولاً دارای روند تغییرات معنی‌دار هستند. بررسی ارتباط بین آنومالی دما و داده‌های رویش قطری درخت نشان داد، اگرچه نمی‌توان یک رابطه قوی و معنی‌دار را در کل دوره نشان داد، اما همان‌طور که در شکل ۸ نشان داده شده است، از سالی که آنومالی دما به‌طور مداوم مثبت شده است، رویش قطری درخت نیز در محدوده کمتر از سه میلی‌متر حرکت کرده که نشان می‌دهد متغیر دما کنترل گسترده‌ای بر توزیع جغرافیایی بلوط ایرانی دارد و بلوط ایرانی به‌جای متغیرهای بارش، پاسخ قوی‌تری به دما دارد (شکل ۸).



شکل ۷- رابطه بین آنومالی بارش و رویش قطری درخت موردمطالعه در سال‌های مختلف



شکل ۸- رابطه بین آنومالی دما و رویش قطری درخت موردمطالعه در سال‌های مختلف

● بررسی تاریخی

سال ۱۲۸۰، مصادف با پنجمین سال حکومت مظفرالدین‌شاه قاجار، زمان شکفتن این نهال بلوط در روستای آتشگاه لردگان بوده است. این نهال ۵ سال را در دوره این پادشاه قاجار سپری کرده است، با درگذشت مظفرالدین‌شاه در ۵۳ سالگی در اثر حمله قلبی، دوران حکومت ۳ ساله محمدعلی‌شاه قاجار و پس از آن دوره سلطنت ۱۶ ساله احمدشاه قاجار سپری شده و به‌این‌ترتیب، ۲۴ سال از سن این درخت در دوران حکومت پادشاهان قاجار با متوسط رویش قطری ۳/۱ میلی‌متر ثبت شد. در سال‌های ۱۲۹۸-۱۲۹۶ و در دوران پادشاهی احمدشاه قاجار به‌دلیل کمبود بارش در ایران، خشک‌سالی شدیدی اتفاق افتاد و به‌دنبال آن بزرگ‌ترین قحطی در تاریخ ایران به وقوع پیوست که تلفات جانی فراوانی داشت. در این دوره، براساس نظر برخی مورخین، بین ۲۵ تا ۴۰ درصد جمعیت ایران به‌دلیل گرسنگی و سوءتغذیه و بیماری‌های ناشی از آن از بین رفتند. رویش قطری بسیار اندک درخت موردمطالعه در این زمان نیز مؤید این موضوع است. با روی کار آمدن رضاخان پهلوی در سال ۱۳۰۴ و پس از آن شروع پادشاهی محمدرضا پهلوی در سال ۱۳۲۰ و گذشت بیش از نیم قرن حکمرانی پهلوی، شاهد سپری‌شدن حدود ۵۳ سال از عمر این درخت، در دوران حکومت این خاندان هستیم. در این دوران رویش قطری این درخت ۴/۴ میلی‌متر بوده است. یازده سال از حیات حضرت امام خمینی (ره) در دوران انقلاب اسلامی و ۲۲ سال از زمان زعامت رهبر معظم انقلاب حضرت آیت‌الله خامنه‌ای، سال‌های پایانی عمر این درخت بلوط را تشکیل می‌دهند که در این دوران درخت موردمطالعه، متوسط رویش قطری ۳/۷ میلی‌متر را تجربه کرده است. با پایان یافتن حیات این درخت در سال ۱۳۹۰، عمر ۱۱۰ ساله این درخت به انتها می‌رسد. نکته جالب توجه اینکه، درختی با ابعاد متوسط در جنگل‌های زاگرس که شاید در نگاه اول قدمتی نداشته باشد، ۷ دوره حکمرانی را سپری کرده است که نشان از پیشینه تاریخی آن دارد. همچنین، این گونه جنگلی خودرو، احتمالاً در سال‌های اولیه رویش خود، دوره‌های سخت اقلیمی را سپری کرده است که نشان از مقاومت و پایداری آن دارد.

● بحث

الگوهای رویشی درختان دربردارنده اطلاعات ارزشمندی از وقایع گذشته از قبیل بوم‌شناسی، باستان‌شناسی، مردم‌شناسی، زمین‌شناسی و دیرینه‌شناسی است که موجب درک بهتر فرایندهای محیطی و شرایط گذشته و کنونی و پیش‌بینی رویدادهای محیطی آینده می‌شود (طغرایی، ۱۳۹۲). کاربرد بوم‌شناختی گاه‌شناسی درختی درواقع به‌کارگیری دوایر رویشی درخت و تجزیه‌وتحلیل آنها به‌منظور پاسخ دادن به پرسش‌های محیط‌زیستی و شرایط بوم‌شناسی مناطق و بازسازی ساختارهای اقلیمی است (جعفری، ۱۳۹۱). در پژوهش پیش‌رو، ارتباط بین رویش درخت و تغییرات پهنای دوایر سالانه آن با شرایط اقلیمی بررسی شد. در مطالعات اقلیمی، استفاده از آنومالی‌های دما و بارش، مهم‌تر و بهتر از میانگین هستند. آنومالی دما، یا بارش تفاوت با دما و بارش متوسط یا پایه است. بررسی ارتباط بین آنومالی بارش و داده‌های رویش قطری درخت بلوط موردمطالعه رابطه معنی‌داری را نمایش نداد، این موضوع نشان می‌دهد، تغییرات رویش درخت به‌تنهایی تابعی از مقدار بارش نیست و ممکن است عوامل اقلیمی مهم‌تری در رویش قطری درخت مؤثر باشند. بررسی ارتباط بین آنومالی با دما و داده‌های رویش قطری درخت بلوط موردبررسی نشان داد، اگرچه نمی‌توان یک رابطه قوی و معنی‌دار را در کل دوره مشاهده کرد، اما همان‌طور که در شکل ۸ ملاحظه می‌شود، از سال ۱۳۷۷ که آنومالی دما به‌طور مداوم روند مثبتی یافته است، رویش قطری درخت نیز در محدوده کمتر از سه میلی‌متر حرکت کرده است. این امر نشان می‌دهد، رویش قطری درخت، در مقایسه با تغییرات بارش، پاسخ قوی‌تری به دما نشان داده است که این مسئله با نتایج یافته‌های Valavi و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت دارد، همچنین با پژوهش‌های انجام‌شده درمورد کنترل متغیر دما بر توزیع جغرافیایی بلوط ایرانی همخوانی دارد و بلوط ایرانی به‌جای متغیرهای بارش، پاسخ قوی‌تری به دما می‌دهد (Ostakh *et al*, 2019). پورسرتیپ و همکاران (۱۳۹۵) نیز در بررسی رویشگاه‌های بلوط ایرانی دچار زوال به این نتیجه رسیدند که این گونه حساسیت بیشتری به متوسط درجه حرارت نسبت به متوسط بارندگی دارد که می‌تواند در مدیریت جنگل‌های بلوط کمک شایانی کند. در پژوهش دیگری درمورد گونه *Q. liaotungensis* نیز اثر منفی دما و تنش‌های خشکی در فصول بهار و تابستان بر پهنای دوایر سالانه گزارش شده است (Sheng *et al*., 2007). با توجه به اینکه پیش‌بینی روند تغییرات دما در سال‌های آینده افزایشی است، انتظار می‌رود، روند رویش قطری این گونه در سال‌های پیش‌رو کاهشی باشد، چراکه با توجه به تغییرات اقلیمی، بارش‌ها در آینده رگباری، کوتاه‌مدت و بی‌نظم‌تر خواهند شد، ولی دما به روند افزایشی خود ادامه خواهد داد. افزایش دما به‌دلیل گرم‌شدن کره زمین سبب افزایش فرکانس و شدت امواج گرما در سراسر جهان شده است. فراوانی، شدت و مدت موج گرم، طی دو دهه اخیر یکی از پیامدهای تغییر اقلیم در اکوسیستم زاگرس به‌ویژه در محدوده سایت‌های پایش زوال بلوط است (درگاهیان و رضوی‌زاده، ۱۴۰۱).

در این پژوهش، متوسط رویش قطری سالانه درخت بلوط ایرانی ۳/۹ میلی‌متر به دست آمد که با نتایج پژوهش فلاحی و همکاران (۱۳۹۱) درمورد رویش قطری گونه دارمازو (*Q. infectoria*) در جنگل‌های زاگرس شمالی (سردشت)، که ۳/۴۷ میلی‌متر گزارش شده است، مطابقت دارد. جهانبازی و همکاران (۱۳۸۰) نیز رویش قطری بلوط ایرانی را ۵/۶ میلی‌متر در سال گزارش کردند. رنجبر و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی مشخصه‌های زیست‌سنجی وی‌ول (*Q. libani*) در جنگل‌های بانه، متوسط رویش قطری در توده گلازنی‌شده را ۳/۴۱ و در توده کمتردخالت‌شده را ۲/۲۳ میلی‌متر به دست آوردند. در بررسی نمایه‌های ساختاری توده‌های بلوط گلازنی‌شده در استان کردستان نیز، متوسط رویش قطری بلوط، ۲/۴۱ میلی‌متر در سال گزارش شد (مرادی و همکاران، ۱۴۰۱). در پژوهش پیش‌رو، رویش قطری بلوط در سال‌های مختلف بین

۲ تا ۱۴ میلی‌متر در نوسان بوده است که این موضوع می‌تواند به‌دلیل نوسانات اقلیمی در سال‌های مختلف رشد باشد. شواهد تاریخی نیز تا حدودی مؤید این موضوع است، به‌طوری‌که در سه دهه ابتدایی رشد این درخت، متوسط رویش قطری نزدیک به سه میلی‌متر بود. در همین دوران نیز شاهد قحطی بزرگ ایران معروف به قحطی زمان احمدشاه قاجار هستیم که در منابع تاریخی دلیل آن را خشک‌سالی و سوءمدیریت حکومت وقت ذکر کرده‌اند. ازجمله نکات قابل‌توجه در این پژوهش، مصادف بودن آغاز رویش نهال بلوط موردمطالعه با شرایط به‌نسبت سخت اقلیمی است که نشان می‌دهد بلوط ایرانی، گونه‌ای مقاوم و سازگار به شرایط سخت و تنش‌های اقلیمی است و یکی از دلایل بقای جنگل‌های زاگرس نیز همین موضوع است. به‌عبارت‌دیگر، اگر فشار دخالت‌های انسانی از قبیل چرای بی‌رویه دام، شخم و شیار و زراعت زیراشکوب، کوبیدگی خاک و بهره‌برداری بی‌رویه از اکوسیستم طبیعی زاگرس حذف شود، بازهم این بوم‌سازگان مقاوم زاگرس می‌تواند شرایط سخت اقلیمی و پدیده زوال اکوسیستم را پشت سر بگذارد و خود را همچون گذشته احیا کند.

بررسی ویژگی‌های ریخت‌شناسی و کارکردهای فیزیولوژیک درخت موردمطالعه، نشان از ظرفیت و قابلیت بی‌نظیر هر پایه درخت به‌ویژه گونه بلوط ایرانی در طبیعت دارد. در پژوهش پیش‌رو، بیشترین مقدار کربن در قسمت‌های چوبی درخت (تقریباً ۴۸/۶درصد) به دست آمد که با مقدار به‌دست‌آمده در پژوهش Losi و همکاران (۲۰۰۳) از نمونه‌های تهیه‌شده از تنه (۴۸درصد) مطابقت دارد. کمترین درصد کربن نیز مربوط به میوه بود. مقدار کربن موجود در گیاه علاوه‌بر اینکه به وظایف عملکردی هر قسمت مربوط می‌شود، با ویژگی‌های شیمیایی هرکدام از بافت‌های چوبی نیز ارتباط دارد (Thomas and Martin, 2012). همچنین، وزن مخصوص چوب بر مقدار کربن درخت تأثیر می‌گذارد (Elias and Potvin, 2003). حضور برخی عناصر مانند لیگنین و عناصر پلی‌فنلی در بافت گیاه موجب نگهداری بیشتر کربن می‌شود. این مواد در درختان کندرشد همچون بلوط بیشتر حضور دارند (Kozlowski, 1992). مقدار کربن و رطوبت موجود در اندام‌های مختلف یک درخت، در تخصیص کربن در اندام‌ها به‌عنوان یک فرایند کلیدی در چرخه کربن مؤثر است و با توجه به اینکه اندام‌های مختلف درخت، طول عمر و نرخ تجزیه متفاوتی دارند، مقدار کربن موجود در هر اندام، زمان باقی‌ماندن کربن در اکوسیستم و چرخه کربن آن را تعیین می‌کند. در جدول ۲ نیز مقدار زی‌توده و اندوخته کربن در قسمت‌های مختلف درخت موردبررسی مشاهده می‌شود که بیان‌کننده نقش و سهم قابل‌توجه هر کدام از اندام‌های درخت در ترسیب کربن اتمسفری است. درختان با جذب اصلی‌ترین گاز گلخانه‌ای یعنی CO_2 و ذخیره آن به‌صورت کربن در برگ، شاخه، تنه و ریشه خود نقش مهمی در کاهش غلظت این گاز دارند. البته، چنانچه در شکل ۵ مشاهده می‌شود، با افزایش سن درخت نقش عملکردی آن در اندوخته کربن رو به افزایش است، ولی با شروع دوره میان‌سالی و با افزایش سن درخت، میانگین رویش قطری کاهش یافته و درنتیجه نقش ترسیب کربنی درخت نیز کاهش می‌یابد. Hoover و Smith (۲۰۲۳) نیز در پژوهش‌های خود به این موضوع دست یافتند که ذخیره کربن روی‌زمینی درختان با افزایش سن زیاد می‌شود، اما میانگین مقدار تغییرات کربن با افزایش سن کاهش می‌یابد.

نقش عملکردی بلوط ایرانی در ترسیب کربن اتمسفری، ازجمله کارکردهای اکوسیستمی این گونه محسوب می‌شود که قابل ارزش‌گذاری اقتصادی است و می‌تواند بخش کوچکی از ارزش‌های واقعی این گونه ارزشمند زاگرس را به نمایش بگذارد. اگرچه ارزیابی همه خدمات اکوسیستمی این گونه ضرورت دارد، تا به اهمیت فوق‌العاده گونه‌های جنگلی زاگرس پی برده شود. Montague و همکاران (۲۰۰۳) در برنامه‌ریزی مدیریتی جنگل‌های بلوط، ارزش اقتصادی هر پایه بلوط را بین ۱۸۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰ دلار گزارش کردند. بررسی تاریخی درخت بلوط نیز بیانگر این موضوع مهم است که یک درخت با ابعاد متوسط در جنگل‌های بلوط، که شاید در نظر بسیاری از عموم افراد خیلی مهم به نظر نرسد، ازنظر قدمت ۷ دوره حکمرانی را پشت سر گذاشته است. از سوی دیگر، نهال این بلوط در شرایط سخت اقلیمی ابتدای رشد، تمامی چالش‌های اقلیمی آغاز رویش را به‌راحتی سپری کرده و به درختی تنومند تبدیل شده است. این موضوع یعنی، مقاومت در برابر ناملایمات طبیعی، سازگاری با شرایط محیطی و تلاش برای حفظ بقا، بیان‌کننده بخشی از اهمیت و ارزشمندی بلوط‌های زاگرس است. بنابراین، با توجه به گستره قابل‌توجه این گونه در کشور و وابستگی‌های معیشتی مردمان زاگرس‌نشین به این منابع ارزشمند الهی و دست و پنجه نرم کردن این گنجینه خدادادی با اغتشاشات طبیعی و غیرطبیعی ازجمله پدیده زوال بوم‌سازگان زاگرس، سنگینی بار مسئولیت حفاظت از این میراث ارزشمند طبیعی برای مدیران و تصمیم‌سازان عرصه‌های طبیعی کشور بیش‌ازپیش احساس می‌شود.

● منابع

پورسرتیپ، ل.، پورطهماسی، ک.، براونینگ، آ. و اکشتاین، د.، ۱۳۹۲. تحلیل شبکه گاه‌شناسی درختان بلوط با اقلیم جنگل‌های هیرکانی. صنایع چوب و کاغذ ایران، ۴(۲): ۱۰۰-۹۱.

پورسرتیپ، ل.، ناصری کریموند، ص.، مرادی، م. و سوسنی، ج.، ۱۳۹۵. مقایسه تأثیر متغیرهای اقلیمی بر توده‌های سالم و متأثر از زوال بلوط ایرانی (*Quercus brantti* Lindl.) در شهرستان خرم‌آباد. صنایع چوب و کاغذ ایران، ۷(۴): ۶۰۰-۵۹۱.

جعفری، م.، ۱۳۹۱. رهیافت جدید در روش مطالعات گاه‌شناسی درختی: اثر تغییرات اقلیمی بر تولید چوب منطقه آستارا (گیلان). تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، ۴(۲۷): ۷۰۶-۶۹۰.

جهانبازی‌گوجانی، ح.، میربادین، ع. و طالبی، م.، ۱۳۸۰. بررسی و تعیین رویش قطری *Quercus brantii* در استان چهارمحال‌وبختیاری. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۵(۱): ۳۲-۱.

حیدری، ا.، زهتابیان، غ.، خسروی، ح.، رایگانی، ب.، خلیقی، ش. و تقی‌زاده، ر.، ۱۳۹۸. بررسی نوسان پارامترهای اقلیمی با استفاده داده‌های مرکز پیش‌بینی میان‌مدت جوی اروپایی (مطالعه موردی: منطقه شیرکوه- استان یزد). علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۱۳(۴۶): ۲۲-۳۱.

درگاهیان، ف. و رضوی‌زاده، س.، ۱۴۰۱. آشکارسازی رخداد امواج گرما در سایت‌های پایش زوال زاگرس استان چهارمحال‌وبختیاری. تحقیقات حمایت و حفاظت جنگل‌ها و مراتع ایران، ۱(۲۰): ۱۴-۱.

رنجبر، ا.، قهرمانی، ل. و پورهاشمی، م.، ۱۳۹۱. بررسی و تعیین رویش قطری *Quercus brantii*

در استان چهارمحال‌وبختیاری. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۴(۲۰): ۵۹۴-۵۷۸.

سوسنی، ج.، رادمهر، ع.، حسینی قلعه بهمنی، س.م.، بالاپور، ش. و سپهوند، ا.، ۱۳۹۴. اثر متغیرهای اقلیمی (دما و بارندگی) بر پهنای حلقه‌های رویشی درختان شاخه‌زاد بلوط ایرانی در ناحیه زاگرس میانی (مطالعه موردی: جنگل‌های شهرستان خرم‌آباد). پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۲۲(۱): ۱۱۰-۹۳.

طغرایی، ن.، ۱۳۹۲. شناخت چوب. انتشارات جهاد دانشگاهی، تهران، ۲۷۲ صفحه.

فلاحی، آ.، حیدری، م. و حسینی، س.ا.، ۱۳۹۱. بررسی رویش قطری گونه بلوط دارمازو در توده کمتر دست‌خورده و بهره‌برداری‌شده در جنگل‌های زاگرس شمالی (سردشت). اکوسیستم‌های طبیعی ایران، ۳(۱): ۲۶-۱۵.

مرادی، ن.، قهرمانی، ل. و ولی‌پور، ا.، ۱۴۰۱. پایش تغییرات نمایه‌های ساختاری در توده‌های بلوط گلازنی‌شده (مطالعه موردی: جنگل کوچر در استان کردستان). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱(۳۰): ۱۰۲-۸۳.

مقدم، م.ر.، ۱۳۸۴. اکولوژی گیاهان خاکروی. انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۷۰۲ صفحه.

وزیریان، آ، پورطهماسی، کف اولادی، ر. ۱۴۰۰. بررسی پویایی رشد درختان ارس دو منطقه حفاظت‌شده و تحت تأثیر چرای دام در جیش‌آباد زنجان با استفاده از دانش گاه‌شناسی درختی. مجله صنایع چوب و کاغذ ایران؛ ۱۲(۱): ۹۴-۸۳.

Arias, D., 2007. Calibration of LAI-2000 to estimate leaf area index and assessment of its relationship with stand productivity in six native and introduced tree species in Costa Rica. Forest Ecology and Management, 247: 185-193.

Bor, B., Castro-Díez, P. and Alonso, A., 2023. Above and belowground carbon stock of pine plantations and native oak forests coexisting in central Spain. Research Square, 1-24.

Brooks, R., 1998. Carbon Sequestration … what's that? UI Extension Forestry Information Series, Forest Management No: 32, 2 pp.

Cedro, A., 2007. Tree-ring chronologies of Downy oak (*Quercus pubescens*), Pedunculate oak (*Q. robur*) and Sessile oak (*Q. petraea*) in the bielinek nature reserve: Comparison of the climatic determinants of tree-ring width. Geochronometria, 26: 39-45.

Cufar, K., Deluis, M., Zupancic, M., and Eckstein, D., 2008. A 548-year Tree-ring chronology of oak (*Quercus* spp) for Southeast slovenia and its significance as a dating tool and climate archive. Tree ring research, 64(1): 3-15.

Diaz, S.C., Therrell, M.D., Stahle, D.W. and Cleaveland, M.K., 2002. Chihuahua (Mexico) winter-spring precipitation reconstructed from tree-rings, 1647–1992. Climate Research, 22: 237–244.

Elias, M., Potvin, C., 2003. Assessing inter- and intra-specific variation in trunk carbon concentration for 32 neotropical tree species. Can. J. For. Res, 33: 1039–1045.

Giberti, G.S., Wellstein, C., Giovannelli, A., Bielak, K., Uhl, E., Aguirre-Ráquira, W., Giammarchi, F. and Tonon, G., 2022. Annual Carbon Sequestration Patterns in Trees: A Case Study from Scots Pine Monospecific Stands and Mixed Stands with Sessile Oak in CentralPoland.Forests,13,582:1-20.

Haneca, H., Cufar, K., Beeckman, H., 2009. Oaks, tree-rings and wooden cultural heritage: a review of the main characteristics and applications of oak dendrochronology in Europe. Journal of Archaeological Science, 36 (1): 1-11.

Hoover, C.M. and Smith, J.E., 2023. Aboveground live tree carbon stock and change in forests of conterminous United States: influence of stand age. Carbon Balance and Management, 18(7): 3-11.

Kozlowski, T.T., 1992. Carbohydrate sources and sinks in woody-plants. Bot. Rev. 58: 107–222.

Losi, C. J., Siccamaa, T. G., Condit, R. and Morales, J.E., 2003. Analysis of alternative methods for estimating carbon stock in young tropical plantations. Forest Ecology and Management, 184: 355–368.

Montague, D., Britton, M., Crabb, J., Gingg, B., Isensee, M., Jensen. W., Larsen. R., Miller, R., O'Keefe, T., Parker, B., Sinton, S., Striby, K., Tietje, B., Truchio, E., Weitkamp, B. and Westigard, D., 2003. Oak Woodlands Management Plan. Native Tree Committee of San Luis Obispo County, 1-20.

Ostakh, E., Soosani, J., Abdolkhani, A., Naghavi, H., 2019. Impact of Decline on the Concentration of Chemical Elements in the Wood of Declined and Healthy Brant`s oak (*Quercus brantii* Lindl.). Iran J Forest Poplar Res, 27(4): 413-424.

Rozas, V., 2005. Dendrochoronology of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in an old-growth pollarded woodland in northen Spain: tree-ring growth responses to climate. Annals of forest science, 62: 209-218.

Sheng, D.U., Yamanaka, N., Yamamoto, F., Otsuki, K., Wang, S.H., and Hou, Q., 2007. The effect of climate on radial growth of Quercus liaotungensis forest trees in Loess Plateau, China. Dendrochronologia, 25: 29-36.

Tegel, W., Muigg, B., Skiadaresis, G., Vanmoerkerke, J. and Seim, A., 2022. Dendroarchaeology in Europe. Frontiers in Ecology and Evolution, 10: 1-31.

Thomas, S.C. A. and Martin, A.R., 2012. Carbon Content of Tree Tissues: A Synthesis. Forests, 3, 332-352.

Valavi, R., Shafizadeh-Moghadam, H., Matkan, A., Shakiba, A., Mirbagheri. B. KIA, H., 2019. Modelling climate change effects on Zagros forests in Iran using individual and ensemble forecasting approaches. Theoretical and Applied Climatology, 137(1), 1015-1025.

Zheng, X., Cao, X., Xu, W., Yi, L., Zang, W., Xiong, S., Tao. Z. and Li, Q., 2023. Dynamic growth models and estimation distinction of carbon stock for coniferous trees under different afforestation modes. Research Square, 1-22.