

## مقایسه زی‌توده و اندوخته کربن روی زمینی، لاش‌ریزه و خاک در توده‌های جنگلی سالم و دچار زوال بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) در استان چهارمحال و بختیاری

یعقوب ایران‌منش<sup>۱\*</sup>، مهدی پورهاشمی<sup>۲</sup>، حسن جهانبازی<sup>۱</sup> و محمود طالبی<sup>۳</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۲۶)

### چکیده

در اکوسیستم‌های جنگلی، تولید جنگل، ذخیره و جریان کربن بر مبنای اندازه‌گیری‌های زی‌توده محاسبه می‌شوند. این پژوهش با هدف مقایسه زی‌توده و اندوخته کربن روی زمینی، لاش‌ریزه و خاک در توده‌های جنگلی سالم و دچار زوال بلوط ایرانی در استان چهارمحال و بختیاری انجام شد. ابتدا چهار قطعه نمونه یک هکتاری در مناطق شاخص متأثر از پدیده زوال بلوط و مناطق سالم انتخاب شد. سپس اطلاعات کمی تمام درختان موجود اندازه‌گیری شد. برای محاسبه زی‌توده و اندوخته کربن روی زمینی از معادلات آلومتری موجود استفاده شد. در هر قطعه نمونه، ۱۰ قاب نیم مترمربعی انداخته و تمام لاش‌ریزه‌های موجود در آنها جمع‌آوری و وزن تر، خشک و کربن نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری کربن آلی خاک، در هر قطعه نمونه، ۵ نمونه خاک برداشت شد. نتایج نشان داد میانگین زی‌توده روی زمینی در قطعه نمونه‌های شاهد ۳۱/۴ و در قطعات متأثر از پدیده زوال ۱۵/۸ تن در هکتار است. میانگین اندوخته کربن روی زمینی در قطعات شاهد و دچار زوال به ترتیب ۱۵/۱ و ۷/۷ تن در هکتار به دست آمد. مقدار اندوخته کربن لاش‌ریزه در قطعات شاهد ۱۵۸۴/۱ و در قطعات دچار زوال ۱۱۴۸/۶ کیلوگرم در هکتار بود. مقدار اندوخته کربن، نیتروژن، فسفر و درصد رطوبت خاک، تفاوت معنی‌داری را بین قطعات نمونه شاهد و دچار زوال نشان داد. نتایج این تحقیق حاکی از تغییرات قابل توجه زی‌توده و اندوخته کربن روی زمینی و خاک در توده‌های جنگلی دچار زوال است که در بلندمدت خسارات جبران‌ناپذیری را به اکوسیستم جنگلی غرب کشور وارد خواهد ساخت. این موضوع لزوم توجه مدیران و تصمیم‌سازان منابع طبیعی کشور را به ارائه راهکارهای مدیریتی برای کنترل و مبارزه با این پدیده گوشزد می‌کند.

### واژه‌های کلیدی: زی‌توده، کربن، خشکیدگی، چهارمحال و بختیاری

۱. استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد.

۲. دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران.

۳. مربی پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد.

\* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: y\_iranmanesh@yahoo.com

## مقدمه

تغییر اقلیم و گرمایش جهانی به‌عنوان یکی از چالش‌های محیط‌زیستی جهان از جمله موضوعاتی است که به یک تهدید جدی برای حیات بشری تبدیل شده است. افزایش دمای سطح کره زمین به‌دلیل افزایش میزان گازهای گلخانه‌ای، وقوع پدیده‌های نادر اقلیمی و برهم خوردن تعادل بوم‌شناختی، تغییر الگوی باد و بارش، وقوع سیل، طوفان، آلودگی هوا و اثرات آن بر اجزاء زنده و غیرزنده اکوسیستم‌ها، نمونه‌هایی از اثرات تغییر اقلیم است. جنگل‌ها بزرگ‌ترین ذخیره‌گاه‌های کربن زمین محسوب شده و حدود ۸۰ درصد از کل زی‌توده روی زمین را در خود ذخیره کرده‌اند (۱۷). جنگل‌ها به‌عنوان اندوختگاه کربن، حدود ۲/۴ گیگاتن کربن را در سال از اتمسفر جذب می‌کنند (۲۰). براساس گزارشات فائو (۲۰۱۰)، جنگل‌های جهان به‌تنهایی ۲۸۹ گیگاتن کربن را در زی‌توده خود ذخیره دارند که البته به‌دلیل تخریب و کاهش سطح جنگل‌های دنیا، این ذخیره در بین سال‌های ۲۰۰۵-۱۹۹۰، سالانه ۱/۱ گیگاتن (۱۰) و در فاصله سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۰۵ حدود ۰/۵ گیگاتن (۱۱) کاهش یافته است. تخمین زده می‌شود که فعالیت‌های جنگل‌داری، سالانه انتشار کربن را به‌میزان ۶/۷ بیلیون تن کاهش می‌دهد که دوسوم آن مربوط به جنگل‌های استوایی است (۲). بنابراین جنگل‌ها یک عنصر حیاتی در چرخه کربن و تغییرات اقلیمی بوده (۸) و زی‌توده جنگل یک شاخص ضروری برای مطالعات چرخه کربن در اتمسفر به‌حساب می‌آید (۳۷). درختان، مؤلفه اصلی بوم‌سازگان‌های جنگلی بوده و بیشترین ذخیره یا مقدار واقعی زی‌توده زنده جنگل را به‌خود اختصاص می‌دهند. افزایش کربن در زی‌توده درختان علاوه بر کاهش غلظت گاز دی‌اکسیدکربن در اتمسفر، باعث افزایش تولید جنگل شده و دستاوردهای محیط‌زیستی مهمی را به‌همراه خواهد داشت.

برآورد زی‌توده درخت در ارزیابی ساختار و شرایط جنگل کاربرد دارد (۱۴). همچنین، زی‌توده درختی یک شاخص بسیار مهم برای ارزش‌گذاری فرایندهای اقتصادی و بوم‌شناختی مانند چرخه عناصر غذایی، تولید جنگل و ذخیره انرژی محسوب

می‌شود (۴). آگاهی از زی‌توده درختی به‌منظور ارزیابی مقدار کربن موجود در درخت نیز اهمیت دارد (۶). تولید جنگل، ذخیره و جریان کربن بر مبنای اندازه‌گیری‌های زی‌توده محاسبه شده (۴۱) و ترسیب کربن در قسمت‌های مختلف گیاه از جمله ساقه، شاخه‌ها، برگ و ریشه به‌عنوان شاخصی از تولید رویشگاه است (۷). بنابراین برآورد زی‌توده و کربن جنگل به‌عنوان یک منبع اطلاعاتی مهم و چشم‌انداز علمی در سطح ملی و بین‌المللی، برای مدیریت جنگل، برآورد تولید و برنامه‌ریزی توسعه ملی ضروری است (۳۷).

میزان فتوسنتز، مقدار کل کربن تثبیت‌شده توسط برگ را مشخص می‌کند، اگرچه مقدار کربن تثبیت‌شده برای انتقال، به عوامل دیگری نیز وابسته است. تنظیم مقدار کربن تثبیت‌شده در مسیرهای متابولیکی مختلف را به‌اصطلاح "تقسیم" می‌گویند. کربن تثبیت‌شده به‌وسیله جریان توده‌ای در مسیر یک شیب فشار، به‌سوی مخزن رانده می‌شود. به توزیع متفاوت مواد فتوسنتزی در داخل گیاه نیز اصطلاحاً "تخصیص" گفته می‌شود. تخصیص کربن در اندام‌های مختلف به‌عنوان یک فرایند کلیدی در چرخه کربن محسوب شده 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 (۳). Muukkonen نیز در سال ۲۰۰۶ در ارزیابی کربن و زی‌توده جنگل‌های فنلاند، تخصیص کربن در اندام‌های مختلف گونه‌های سوزنی‌برگ و پهن‌برگ را بررسی کرد. در این تحقیق بیشترین نرخ بازگشت زی‌توده در گونه‌های پهن‌برگ مربوط به ریزریشه، سرشاخه و برگ و کمترین نرخ مربوط به کنده و تنه بوده است (۲۵).

زوال بلوط فرایندی پیچیده است که در سطوح مختلف درختی و توده جنگلی عمل می‌کند و می‌تواند بر ترکیب گونه‌ها و ساختار جنگل تأثیر بگذارد (۳۹). زرافشار و همکاران در بررسی خشکیدگی توده‌های خالص بلوط ایرانی در جنگل‌های زاگرس جنوبی به این نتیجه رسیدند که عامل رطوبت در

(روستاهاى قلعه‌سماح و چيگو) و شهرستان كيار (روستاهاى گل‌سفید و رحيم‌آباد) انجام شد (شکل ۱). شهرستان لردگان و كيار از مناطق مهم جنگلى استان بوده كه گونه غالب اين جنگل‌ها، بلوط ايرانى است.

### روش پژوهش

**انتخاب قطعه نمونه‌ها:** برای اجرای این پژوهش چهار قطعه نمونه یک هکتاری (۱۰۰ × ۱۰۰ متر) شامل دو قطعه نمونه در مناطق شاخص متأثر از پدیده زوال بلوط در دامنه‌هاى شمالی (روستای چيگو، ارتفاع ۱۹۹۰ متر از سطح دریا) و جنوبی (روستای قلعه‌سماح، ارتفاع ۱۶۱۷ متر از سطح دریا) و دو قطعه نمونه در مناطق سالم به‌عنوان شاهد (در دامنه‌هاى شمالی (روستای رحيم‌آباد، ارتفاع ۱۸۵۳ متر از سطح دریا) و جنوبی (روستای گل‌سفید، ارتفاع ۱۷۶۴ متر از سطح دریا) انتخاب شدند. قطعه نمونه‌هاى دچار زوال قطعاتی هستند كه در آنها آثار بیماری ذغالی بلوط و طبقات مختلف خشکیدگی تاج درختان شامل سرخشکیدگی (Dieback) تا خشکیدگی كامل وجود دارد. در قطعه نمونه‌هاى شاهد، درختان كاملاً شاداب بوده و آثاری از خشکیدگی تاج و بیماری ذغالی بلوط وجود ندارد. در هر يك از قطعه نمونه‌ها اطلاعات كمی تمام درختان شامل ارتفاع كل، قطر برابر سینه (درختان تك‌پایه)، قطر در ارتفاع نیم‌متری (درختان شاخه‌زاد)، و قطر متوسط تاج بر آن اندازه‌گیری و ثبت شد (۳۱).

**محاسبه زی توده و اندوخته کربن روی زمینی:** با استفاده از متغیرهاى كمی برداشت شده، زی توده و اندوخته کربن میوه، برگ، سرشاخه، شاخه فرعی، شاخه اصلی و كل درخت با استفاده از معادلات آلومتری موجود برای بلوط ايرانى محاسبه شد (۱۸).

**نمونه برداری از لاش‌ریزه:** نمونه برداری از لاش‌ریزه توسط يك قاب كوچك ۵/۰ متر مربعی انجام شد (۱۶). در هر قطعه نمونه، ۱۰ قاب به‌طور تصادفی انداخته شده و تمام لاش‌ریزه‌هاى موجود در آنها جمع‌آوری شد. وزن تر نمونه‌ها بلافاصله در

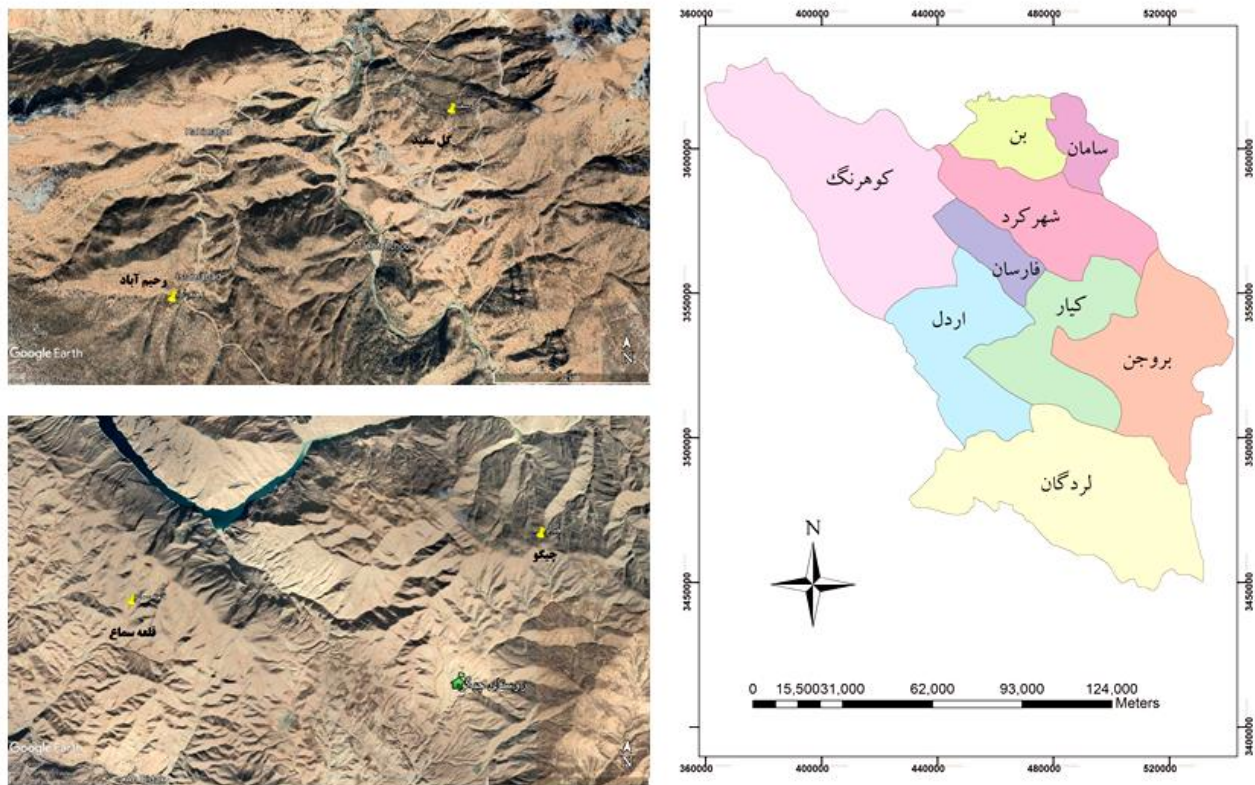
ریزوسفر ریشه نقش مهم و کلیدی در شیوع خشکیدگی درختان بلوط دارد و سطح و زی توده برگ در قطعه نمونه‌هاى شاهد نسبت به نمونه‌هاى درگیر زوال بیشتر است (۴۳). پاتو و همکاران نیز در مقایسه اندوخته کربن در زی توده گیاهی و خاک در کاربری‌هاى مختلف در جنگل‌هاى زاگرس شمالی به این نتیجه رسیدند كه جنگل‌هاى كمتر دست‌خورده دارای بیشترین مقدار ذخیره کربن هستند (۳۰). بررسی ارتباط بین مقدار خشکیدگی درختان بلوط ايرانى با تیپ جنگل، خصوصیات خاک و شرایط توپوگرافی در جنگل‌هاى قالجه کرمانشاه نیز نشان داد كه همبستگی معنی‌داری بین تعداد درختان خشکیده با رطوبت، کربن، نیتروژن و بافت خاک وجود دارد (۲۹).

پدیده خشکیدگی پوشش گیاهی، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، همواره به‌عنوان یکی از مشکلات اساسی اکوسیستم‌هاى مختلف مطرح بوده است. در سالیان اخیر، بحران زوال بلوط در جنگل‌هاى زاگرس به‌عنوان یکی از چالش‌هاى جدی در منطقه، منجر به نابودی بسیاری از گونه‌هاى گیاهی شده كه از جمله این موارد می‌توان به زوال بلوط ايرانى (*Quercus brantii* Lindl.) در سطوح وسیعی از جنگل‌هاى زاگرس جنوبی اشاره کرد كه این پدیده در بخش‌هاى زیادى از جنگل‌هاى استان چهارمحال و بختیاری به‌شدت خودنمایی کرده و تغییرات محسوسى را در چهره ظاهرى این جنگل‌ها به‌وجود آورده است. زوال بلوط عامل تغییر در ساختار و ترکیب جنگل است و نقش کلیدی در تحولات اساسی و ساختاری اکوسیستم‌هاى جنگلی ایفا می‌کند. به‌طور کلی پدیده زوال درختان، ضمن کاهش كمیت و کیفیت توده‌هاى جنگلی، بر عملکرد و کارایی اکوسیستم تأثیر منفی می‌گذارد (۲۸). این پژوهش با هدف بررسی و مقایسه اندوخته کربن درختان، لاش‌ریزه و خاک در توده‌هاى متأثر از پدیده زوال و توده‌هاى سالم انجام شد.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در استان چهارمحال و بختیاری، شهرستان لردگان



شکل ۱. موقعیت قطعه نمونه‌های مورد بررسی (رنگی در نسخه الکترونیکی)

اندازه‌گیری درصد کربن آلی نمونه‌های گیاهی، از روش احتراق در کوره الکتریکی استفاده شد. همچنین آزمایش‌های خاک-شناسی برای تعیین درصد سنگ‌ریزه، وزن مخصوص ظاهری، کربن آلی خاک، نیتروژن و فسفر انجام شد. اندازه‌گیری کربن آلی خاک با روش والکلی-بلاک و وزن مخصوص ظاهری خاک با روش کلوخه تعیین شد (۲۴).

**تحلیل داده‌ها:** ابتدا تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. به منظور مقایسه زی‌توده و اندوخته کربن قسمت‌های مختلف درختان، اندوخته کربن لاش‌ریزه و کربن آلی خاک بین دو قطعه نمونه از آزمون t مستقل استفاده شد.

### نتایج

ویژگی‌های توصیفی درختان در قطعه نمونه‌ها  
ویژگی‌های توصیفی درختان تک‌پایه و شاخه‌زاد موجود در

عرصه توزین شده و نمونه‌ها در بسته‌بندی‌های جداگانه، به‌منظور اندازه‌گیری وزن خشک و مقدار کربن به آزمایشگاه منتقل شدند. **نمونه‌برداری از خاک:** برای اندازه‌گیری کربن آلی خاک، در هر قطعه نمونه، ۵ نمونه خاک از عمق ۳۰-۵ سانتی‌متری برداشت شد. همچنین، وزن مخصوص ظاهری خاک و درصد سنگ‌ریزه اندازه‌گیری و با استفاده از رابطه زیر، مقدار کل کربن آلی خاک در هر هکتار از هر قطعه نمونه محاسبه شد (۱۷).

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

که در آن: SOC غلظت کربن آلی خاک، Bulk Density وزن مخصوص ظاهری خاک، Depth عمق نمونه‌برداری و Coarse Fragments درصد سنگ‌ریزه است.

**بررسی‌های آزمایشگاهی:** نمونه‌های لاش‌ریزه به‌طور جداگانه در داخل آون با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ قرار داده شد و سپس وزن خشک نمونه‌ها ثبت شد. به‌منظور

روی زمینی در هر پایه در قطعات شاهد به طور متوسط ۵۷۶ کیلوگرم بوده، درحالی که در قطعات دچار زوال به طور متوسط ۱۵۹/۱ کیلوگرم است (جدول ۲) و این تفاوت از نظر آماری در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی دار است. همچنین، در همه قسمت‌های مختلف درخت تفاوت معنی داری بین قطعه نمونه‌های شاهد و دچار زوال مشاهده شد (جدول ۲). بیشترین زی توده روی زمینی در تنه و کمترین آن در میوه وجود دارد. بخش عمده زی توده درختان در قطعه نمونه‌های مورد بررسی در قسمت تاج (شاخه‌های اصلی و فرعی، سرشاخه، برگ و میوه) وجود دارد.

نتایج برآورد اندوخته کربن روی زمینی با استفاده از معادلات آلومتریک نشان می‌دهد که میانگین اندوخته کربن روی زمینی در قطعات شاهد ۱۵/۱ و در قطعات دچار زوال ۷/۷ تن در هکتار است (شکل ۴). همچنین، اندوخته کربن روی زمینی در هر پایه در قطعات شاهد به طور متوسط ۲۷۷/۳ کیلوگرم است، درحالی که در قطعات دچار زوال این مقدار به طور متوسط ۷۶/۸ کیلوگرم است که این تفاوت از نظر آماری در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی دار است. در قسمت‌های مختلف درخت نیز تفاوت معنی داری بین قطعه نمونه‌های شاهد و دچار زوال مشاهده شد (جدول ۳). بیشترین اندوخته کربن روی زمینی در تنه و کمترین آن در میوه وجود دارد. بخش عمده کربن موجود در درختان مورد بررسی در قسمت تاج (شاخه‌های اصلی و فرعی، سرشاخه، برگ و میوه) ذخیره شده است.

#### اندوخته کربن لاش ریزه

میانگین درصد کربن لاش ریزه (Carbon Fraction) در قطعه نمونه‌های شاهد ۴۸/۵ و در قطعه نمونه‌های دچار زوال ۴۲/۰۳ درصد به دست آمد که این اختلاف از نظر آماری تفاوت معنی داری را نشان داد. همچنین، مقدار زی توده لاش ریزه در قطعه نمونه‌های شاهد ۱۵۸۴/۱ و در قطعه نمونه‌های دچار زوال ۱۱۴۸/۶ کیلوگرم در هکتار است (شکل ۵).

قطعه نمونه‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. در قطعه نمونه گل سفید ۸۵/۵ درصد درختان، شاخه‌زاد و ۱۴/۵ درصد تک‌پایه هستند. همچنین درختان شاخه‌زاد نسبت به درختان تک‌پایه، قطر تاج و ارتفاع بیشتری دارند، اما درختان تک‌پایه قطورتر بوده و رویه زمینی بیشتری دارند. در قطعه نمونه قلعه سماع ۵۴ درصد درختان، شاخه‌زاد و ۴۶ درصد تک‌پایه هستند. در این قطعه نمونه نیز درختان شاخه‌زاد نسبت به درختان تک‌پایه، قطر تاج و ارتفاع بیشتری دارند، اما درختان تک‌پایه قطورتر بوده و رویه زمینی بیشتری دارند. در مجموع، اگرچه تراکم درختان در قطعه نمونه گل سفید کمتر از قطعه نمونه قلعه سماع است، اما درختان گل سفید نسبت به قطعه نمونه قلعه سماع، قطر، ارتفاع و قطر متوسط تاج بیشتری دارند.

#### تخصیص زی توده روی زمینی

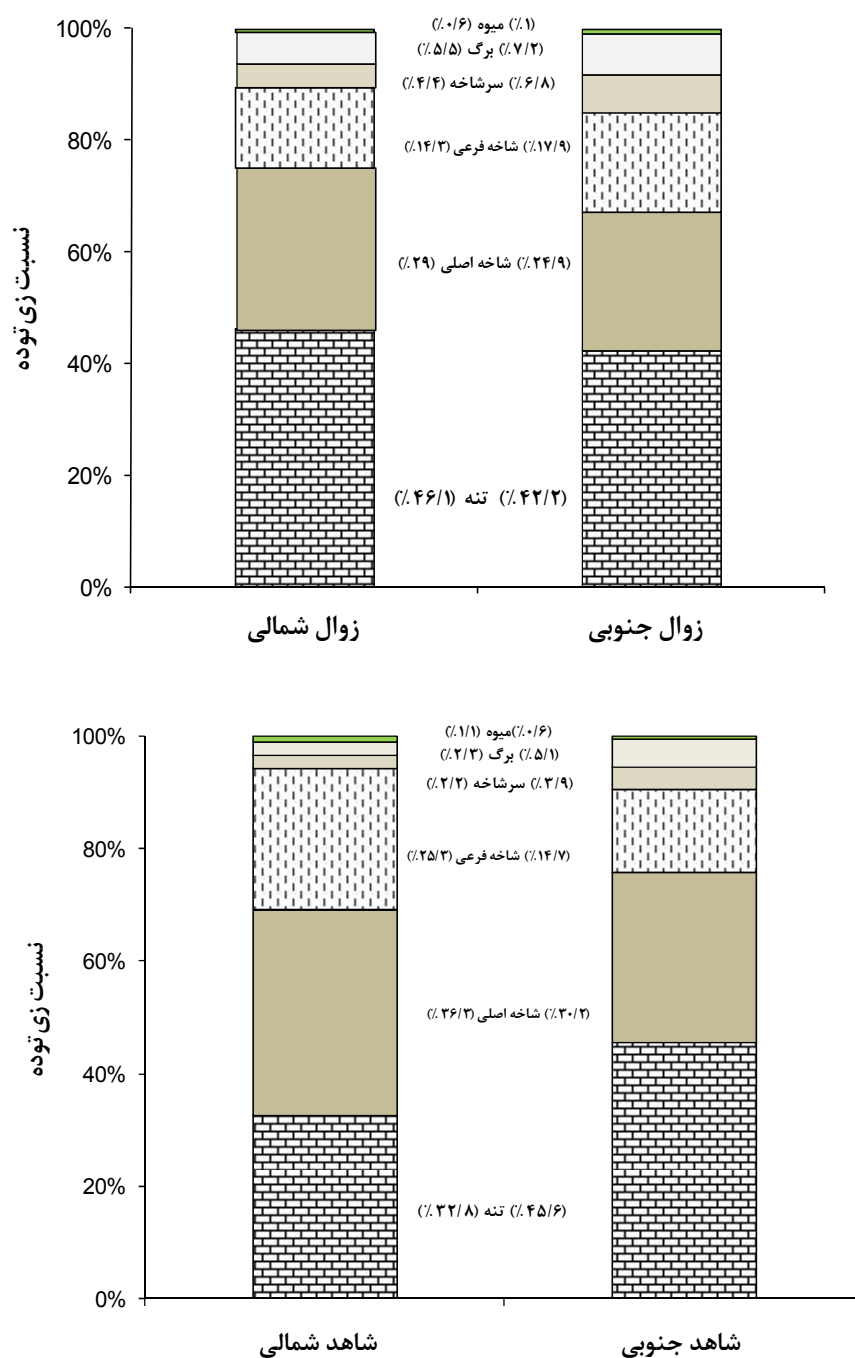
در قطعه نمونه‌های شمالی و جنوبی متأثر از زوال، به طور متوسط ۷۵/۱ و ۶۷/۱ درصد از کل زی توده به تنه و شاخه‌های اصلی درختان اختصاص یافته است. در قطعه نمونه‌های شمالی و جنوبی شاهد نیز به طور متوسط ۶۷/۱ و ۷۵/۷ درصد از کل زی توده به تنه و شاخه‌های اصلی درختان مربوط است. در مجموع در قطعه نمونه‌های شاهد میزان تخصیص زی توده به قسمت‌های چوبی درخت (تنه و شاخه‌های اصلی و فرعی) بیشتر (۹۲/۴ درصد) از قطعه نمونه‌های دچار زوال (۸۷/۲ درصد) است. به عبارت دیگر، در قطعه نمونه‌های شاهد، تخصیص زی توده به قسمت‌های غیرچوبی (میوه، برگ و سرشاخه) ۷/۶ درصد و در قطعه نمونه‌های متأثر از زوال این مقدار ۱۲/۸ درصد است (شکل ۲).

#### زی توده و اندوخته کربن روی زمینی

نتایج برآورد زی توده روی زمینی با استفاده از معادلات آلومتریک نشان می‌دهد که میانگین زی توده روی زمینی در قطعه نمونه‌های شاهد ۳۱/۴ و در قطعه نمونه‌های متأثر از زوال ۱۵/۸ تن در هکتار است (شکل ۳). همچنین، زی توده

جدول ۱. ویژگی‌های توصیفی درختان (اشتباه معیار ±) در قطعه‌نمونه‌های مورد بررسی

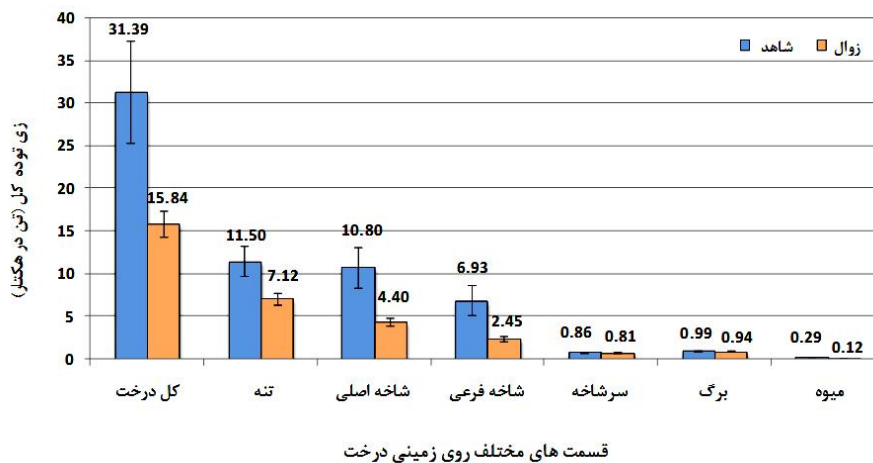
رویه زمینی (سانتی متر مربع)	میانگین ارتفاع (سانتی متر)	قطر متوسط تاج (متر)	قطر (سانتی متر)	میانگین قطر (سانتی متر)	میانگین تعداد جست	تراکم (تعداد در هکتار)	فرم رویشی	نام قطعه‌نمونه
۱۲۹/۰۳±۶۰/۶	۵/۴۷±۱/۱	۴/۰۴±۱/۳	۱۲/۹±۲/۵	-	۲۰	تک‌پایه	زوال شمالی چیگو	
۱۴۱/۹ ±۲۲۲/۴	۱/۵ ±۶/۲	۱/۷ ±۶/۲۸	۴/۹ ±۱۶/۱	۳۳۸ ±۵/۰۲	۸۰	شاخه‌زاد		
۱۶۷/۷±۲۰۱/۸	۵/۳±۱/۳	۳/۶±۱/۵	۱۳/۱±۶/۶	-	۴۶	تک‌پایه	زوال جنوبی قلعه‌سماع	
۵۵/۵ ±۱۱۸/۴	۱/۱ ±۵/۵	۱/۳ ±۴/۵	۲/۶ ±۱۱/۹	۰/۳۸ ±۳/۶	۵۴	شاخه‌زاد		
۲۰۳۴/۱±۱۹۸۳/۱	۹/۸±۲/۸	۹±۳/۵	۴۶/۸±۲۲/۳	-	۲۰	تک‌پایه	شاهد شمالی رحیم‌آباد	
۷۴۳/۲۷۱۰۸/۳	۹/۸±۳/۹	۸/۹±۳/۸	۲۸/۴±۱۲/۲	۰/۹ ±۲/۸	۱۳	شاخه‌زاد		
۲۵۶/۴±۳۴۹/۴	۶/۱±۲/۳	۳/۷۳±۲/۳۱	۱۵/۲±۱۰/۱	-	۱۱	تک‌پایه	شاهد جنوبی گل‌سفید	
۱۰۸/۳ ±۱۴۱/۲	۱/۸ ±۷/۵	۲/۱ ±۶/۵	۴/۹ ±۱۲/۵	۴/۷ ±۶/۹۶	۶۵	شاخه‌زاد		



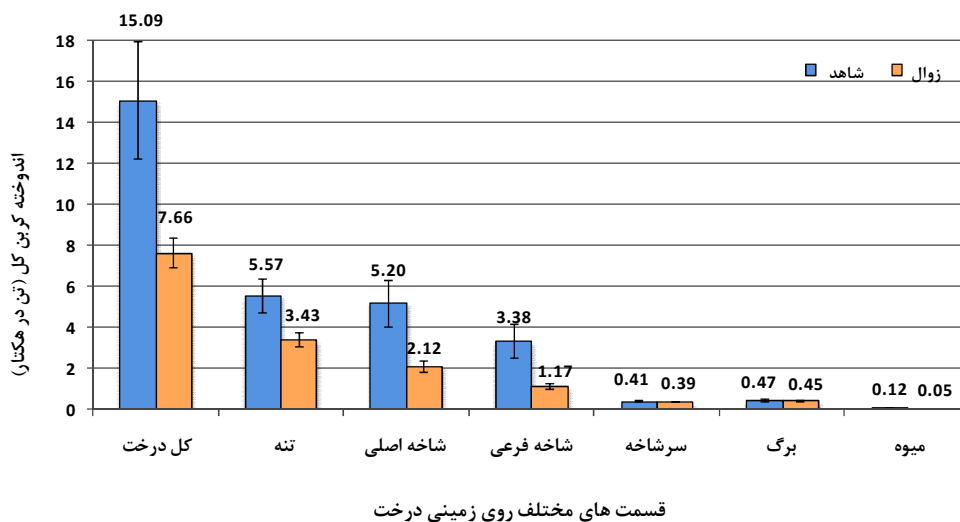
شکل ۲. مقدار تخصیص زی توده در قسمت‌های مختلف درختان در قطعه نمونه‌های مورد بررسی (رنگی در نسخه الکترونیکی)

نمونه‌های شاهد ۷۰/۲ و در قطعه نمونه‌های دچار زوال ۳۷/۴ تن در هکتار به دست آمد (شکل ۶). همچنین درصد نیتروژن در قطعه نمونه شاهد و دچار زوال به ترتیب ۰/۱۷۱ و ۰/۱۱۲ است. متوسط فسفر موجود در خاک قطعه نمونه شاهد (۱۸/۴ میلی گرم در کیلوگرم) تفاوت قابل

اندوخته کربن، نیتروژن، فسفر و رطوبت خاک میانگین درصد کربن موجود در خاک در قطعه نمونه‌های شاهد ۲/۱ و در قطعه نمونه دچار زوال ۱/۱ درصد است. با توجه به مقدار سنگریزه و وزن مخصوص ظاهری خاک در قطعات مورد بررسی، میانگین اندوخته کربن موجود در قطعه



شکل ۳. مقایسه زی توده روی زمین‌های مختلف درختان موجود در قطعه نمونه‌های مورد مطالعه (رنگی در نسخه الکترونیکی)



شکل ۴. مقایسه اندوخته کربن روی زمین‌های مختلف درختان موجود در قطعه نمونه‌های مورد مطالعه (رنگی در نسخه الکترونیکی)

جدول ۲. نتایج آزمون t مستقل مقایسه میانگین زی توده قسمت‌های مختلف درختان در هر پایه بین قطعه نمونه‌های مورد بررسی

قسمت	کل	تنه	شاخه اصلی	شاخه فرعی	سرشاخه	برگ	میوه	شاهد
شاهد	۵۷۶	۲۱۱/۲	۱۹۸/۴	۱۲۷/۲	۱۵/۷	۱۸/۲	۵/۲	
زوال	۱۵۹/۱	۷۱/۵	۴۴/۱	۲۴/۵	۸/۲	۹/۶	۱/۲	
sig	**	**	**	**	**	**	**	**

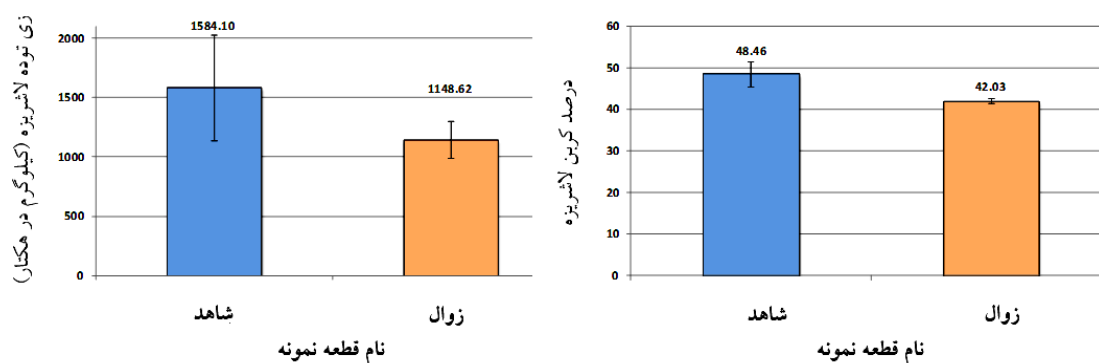
\*\* معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد

جدول ۳. نتایج آزمون t مستقل مقایسه میانگین اندوخته کربن قسمت‌های مختلف درختان در هر پایه بین قطعه نمونه‌های مورد بررسی

قسمت	کل	تنه	شاخه اصلی	شاخه فرعی	سرشاخه	برگ	میوه	شاهد
شاهد	۲۷۷/۳	۱۰۲/۱	۹۵/۲	۶۱/۷	۷/۵	۸/۶	۲/۱	
زوال	۷۶/۸	۳۴/۷	۲۱/۳	۱۱/۹	۳/۹	۴/۵	۰/۵۳	
sig	**	**	**	**	**	**	**	**

\*\* معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد



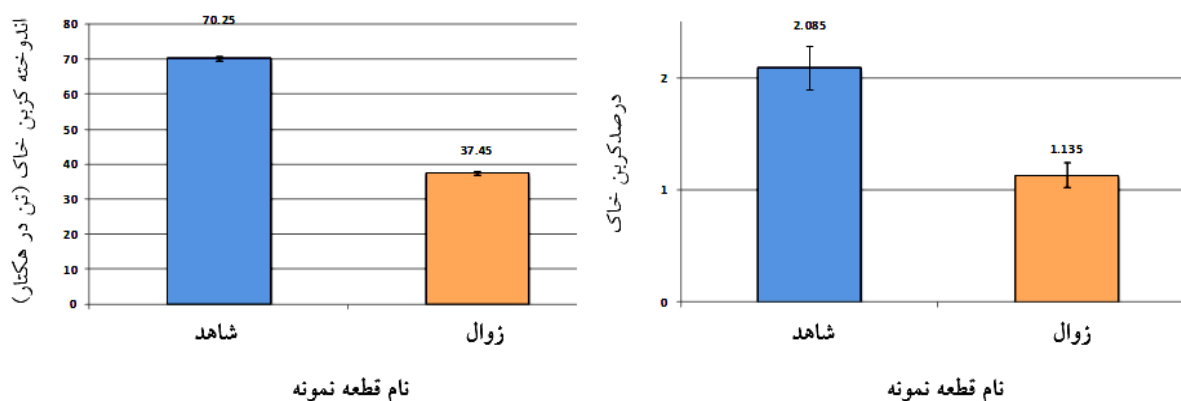


شکل ۵. مقایسه درصد کربن (راست) و زی توده لاشریزه (چپ) در قطعه نمونه‌های مورد مطالعه (رنگی در نسخه الکترونیکی)

جدول ۴. نتایج آزمون t مستقل مقایسه میانگین زی توده و درصد کربن لاشریزه در قطعه نمونه‌های مورد بررسی

زی توده (کیلوگرم در هکتار)	درصد کربن	
۱۵۸۴/۱	۴۸/۴۶	شاهد
۱۱۴۸/۶۲	۴۲/۰۳	زوال
**	**	معنی داری

\*\* معنی دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد



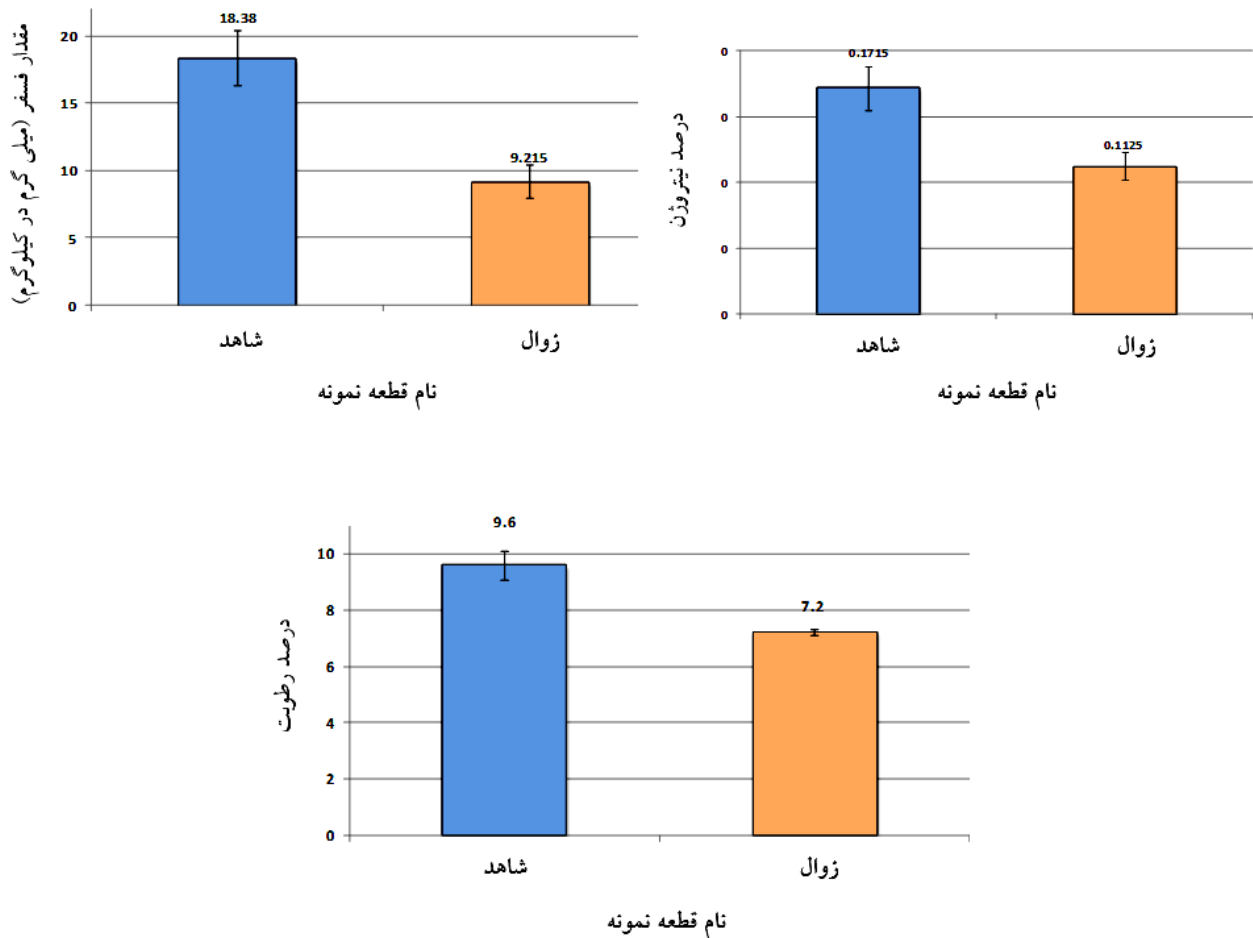
شکل ۶. مقایسه درصد کربن (راست) و اندوخته کربن خاک (چپ) در قطعه نمونه‌های مورد مطالعه (رنگی در نسخه الکترونیکی)

نیازهای اساسی در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی جنگل و بررسی‌های جریان انرژی در اکوسیستم به حساب می‌آید که این موضوع طی سالیان اخیر مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است (۴۰). مقدار زی توده در اکوسیستم‌های جنگلی علاوه بر اینکه بیانگر توان تولید در واحد سطح یا زمان (مقدار ذخایر کربن موجود در جنگل) است، بر چرخه‌های بیوژئوشیمیایی جنگل نیز تأثیر می‌گذارد (۱۵). همچنین عواملی

ملاحظه‌ای با قطعه نمونه دچار زوال (۹/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) نشان داد. میانگین رطوبت خاک نیز در قطعه نمونه شاهد ۹/۶ و در قطعه نمونه دچار زوال ۷/۲ درصد به دست آمد (شکل ۷).

### بحث و نتیجه‌گیری

اندازه‌گیری و برآورد زی توده گیاهان و به‌ویژه درختان، یکی از



شکل ۷. مقایسه مقدار نیتروژن (راست)، فسفر (چپ) و رطوبت خاک (پایین) در قطعه نمونه‌های مورد مطالعه (رنگی در نسخه الکترونیکی)

معنی‌داری بر اندوخته کربن اکوسیستم دارد. همچنین در شرایط مختلف رویشگاهی و کاربری‌های مختلف، مقدار تجمع و تغییرات کربن آلی به‌طور قابل توجهی متفاوت است (۲۳). توان اکولوژیک توده‌های جنگلی زاگرس به‌ویژه در مناطق مورد مطالعه به‌شدت کاهش یافته که این مسئله از ضعف شرایط رویشگاه و فقر مزمن بوم‌شناختی ناشی شده که به‌طور تدریجی در خلال چند قرن اخیر به وجود آمده و روند آن افزایش یافته است. علل این ضعف تدریجی امروزه منجر به بروز بحران زوال جنگل‌های زاگرس شده که اولین گزارش‌های مربوط به رخداد آن در جنگل‌های زاگرس به دهه ۱۳۸۰ برمی‌گردد، به‌طوری‌که اولین عارضه‌های این پدیده در سال ۱۳۸۵ گزارش شد (۳۲). نتیجه این اتفاقات در یافته‌های پژوهش حاضر به‌ویژه در وضعیت موجودی

مانند بحران گرمایش جهانی و تعیین مقدار کربن ذخیره‌شده در زی‌توده درختان جنگلی در کل جهان، جنگل‌کاری با هدف تولید انرژی زیستی و تولید محصولات چوبی و تجارت چوب و کاغذ از جمله مسائلی هستند که با اندازه‌گیری زی‌توده جنگل ارتباط مستقیم دارند. از طرفی به‌دلیل اینکه مکانیسم رویش و تولید زی‌توده گیاهی، طی فرایند فتوسنتز انجام می‌شود، درک درست چگونگی رویش درخت، نیاز به اندازه‌گیری مقدار تولید زی‌توده درختی دارد (۳۶). اگرچه میانگین تعداد درختان در هر هکتار از قطعات متأثر از پدیده زوال (۱۰۰ پایه) حدود دو برابر قطعات شاهد (۵۴ پایه) است، اما مقدار زی‌توده و اندوخته کربن در قطعه نمونه‌های شاهد (۳۱/۴ تن در هکتار) بیش از دو برابر قطعه نمونه‌های دچار زوال (۱۵/۸ تن در هکتار) است. دیناکاران و کریشنایا (۹) معتقدند که نوع پوشش تأثیر

این نتیجه رسیدند که در هر دو فرم رویشی تک‌پایه و شاخه‌زاد، بیشترین مقدار تخصیص زی توده مربوط به کنده، تنه و شاخه‌های اصلی است که با مطالعه حاضر مطابقت دارد (۱۹).

مقدار لاش‌ریزه بر فرایندهای مهم اکوسیستم جنگلی مانند چرخه کربن و عناصر غذایی مؤثر است. همچنین این عامل بر تنوع زیستی و رفتار آتش‌سوزی در جنگل تأثیر اساسی دارد (۲). بر اساس نتایج این پژوهش، مقدار زی توده و موجودی کربن لاش‌ریزه در قطعه نمونه‌های شاهد به‌طور معنی‌داری بیشتر از قطعه نمونه‌های متأثر از زوال است که می‌تواند به دلیل بیشتربودن قابل‌ملاحظه قطر متوسط تاج در قطعه نمونه‌های شاهد نسبت به قطعه نمونه‌های دچار زوال باشد (جدول ۱). همچنین مقدار زی توده برگ و میوه در قطعه نمونه‌های شاهد به‌طور معنی‌داری از قطعه نمونه‌های دارای زوال بیشتر است (جدول ۲). مقدار زی توده لاش‌ریزه در قطعات شاهد ۱۵۸۴/۱ و در قطعات دچار زوال ۱۱۴۸/۶ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که به ترتیب معادل ۶/۷۶۷ و ۸/۴۸۲ کیلوگرم کربن ذخیره شده در لاش‌ریزه در هر هکتار است. خادمی و همکاران متوسط لاش‌ریزه موجود در جنگل‌های شاخه‌زاد گونه‌آوری در منطقه اندبیل خلخال را ۱۳۱۲ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند (۲۱). تخریب شدید رویشگاه، حضور بی‌رویه دام و استفاده از برگ درختان بلوط و وجود انواع فرسایش از مهم‌ترین دلایل ضعف لایه لاش‌ریزه در قطعه نمونه‌های دچار زوال است.

ترسیب کربن خاک بخش مهمی از ترسیب کربن در اکوسیستم خشکی است و تأثیر شدیدی بر  $CO_2$  اتمسفری دارد، به‌طوری‌که تغییرات کم در تراکم کربن خاک در اثر تغییر کاربری اراضی ممکن است تغییرات زیادی در تراکم دی‌اکسید کربن اتمسفر ایجاد کند. همچنین کاهش ذخیره کربن آلی خاک با افزایش احتمال فرسایش‌پذیری و فشردگی خاک و افزایش رواناب، اثر زیادی بر ساختمان خاک دارد. مقدار کربن آلی موجود در خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متری در قطعه نمونه‌های شاهد نزدیک به دو برابر قطعات متأثر از پدیده زوال است. همچنین بختیاروند در بررسی تأثیر ۴ گونه جنگل‌کاری‌شده بر

زی توده و اندوخته کربن رویشگاه کاملاً قابل مشاهده و محسوس است. روینن (۳۶) نشان داد که در شرایط طبیعی، توان تولیدی زیاد رویشگاه به افزایش میانگین تولید چوب و افزایش موجودی سرپای توده منجر می‌شود، اما شرایط تنش خشکی، بر انبوهی و رویه زمینی توده تأثیر داشته و موجب تشدید رقابت بین درختی و افزایش مرگ و میر درختی می‌شود. البته، نتایج اثر خشکی بر درختان مختلف یکسان نبوده و درختان بسته به ویژگی‌های فیزیولوژیک خود، پاسخ‌های متفاوتی به تنش خشکی نشان می‌دهند (۳۰).

تخصیص کربن در اندام‌های مختلف به‌عنوان یک فرایند کلیدی در چرخه کربن محسوب شده 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 (۳). در سال ۲۰۰۶، ماکونن در ارزیابی کربن و زی توده جنگل‌های فنلاند، سریع‌ترین نرخ تجزیه را برای ریزریشه‌ها و برگ و بیشترین نرخ را برای کنده درخت معرفی کرد. بررسی زی توده جنگل و پتانسیل ذخیره کربن آن، نیازمند ارزیابی دقیق مقدار کربن موجود در بافت‌های مختلف درخت است (۲۵). در گذشته اندازه‌گیری‌های درصد کربن بیشتر در مورد بخش چوبی درختان انجام می‌شد، زیرا بافت‌های چوبی درخت، بخش عمده ذخیره کربن و تولید خالص اکوسیستم‌های جنگلی را به‌خود اختصاص می‌دهند (۱۲). در پژوهش حاضر، میزان تخصیص زی توده به قسمت‌های خشبی درخت (تنه و شاخه‌های اصلی و فرعی) در قطعه نمونه‌های شاهد بیشتر از قطعه نمونه‌های دچار زوال است که این موضوع می‌تواند مؤید شرایط طبیعی رویشگاه در قطعات شاهد باشد. به عبارت دیگر، در قطعه نمونه‌های متأثر از زوال، فرایندهای فیزیولوژیک گیاهی به‌طور طبیعی نبوده و با اختلالات متعددی روبرو است که همین امر موجب کاهش اندوخته کربن در قسمت‌های چوبی‌تر درخت شده است. ایران‌منش و همکاران (۲۰۱۴) در بررسی زی توده و اندوخته کربن روی زمینی در جنگل‌های طبیعی بلوط ایرانی به

جدول ۵. نتایج آزمون t مستقل مقایسه میانگین اندوخته کربن، درصد کربن، نیتروژن، فسفر و رطوبت خاک بین قطعه نمونه‌های مورد بررسی

رطوبت	فسفر	نیتروژن	اندوخته کربن (تن در هکتار)	درصد کربن	شاهد
۹/۶	۱۸/۳۸	۰/۱۷۱	۷۰/۲۵	۲/۰۸	شاهد
۷/۲	۹/۲۱	۰/۱۱۲	۳۷/۴۵	۱/۱۳	زوال
**	**	**	**	ns	معنی‌داری

\*\* معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ ns غیرمعنی‌دار

نیتروژن خاک بیانگر افزایش ورود کربن است. با این وجود، شرایط بوم‌شناختی و رویشگاهی مختلف، پتانسیل متفاوتی در افزایش کربن آلی خاک دارند (۲۶). مطالعات نشان داده است که کربن آلی می‌تواند شاخصی از فرسایش و به‌دنبال آن تخریب اراضی باشد (۳۴). در منابع خارجی نیز بررسی ویژگی‌های شیمیایی خاک و زوال درختان بلوط (*Q. robur*) در جنگل‌های مرطوب منطقه آتلانتیک نشان داد که با دسترسی به وضعیت مواد غذایی به‌خوبی می‌توان زمان مرگ درختان بلوط را پیش‌بینی کرد. غلظت عناصر مغذی شامل نیتروژن، کلسیم، منیزیم و سدیم در خاک اطراف درختان خشکیده به‌طور معنی‌داری از درختان شاداب و زنده کمتر بود (۳۵).

یکی از مهم‌ترین مخاطرات توسعه پایدار در اکوسیستم‌های اقلیمی شکننده، گرمایش جهانی و تغییر اقلیم ناشی از انتشار تصاعدی گازهای گلخانه‌ای است که معلول نابودی جنگل‌ها و تخریب منابع اراضی و خاک است. در چنین وضعیتی شناخت ظرفیت اکوسیستم‌های زمینی در جذب و ترسیب کربن اتمسفری به کنترل این روند کمک می‌کند (۴۲). تغییرات به‌وجودآمده ناشی از پدیده زوال در اکوسیستم جنگلی مورد مطالعه نشان می‌دهد تا چه اندازه پویایی این عرصه‌های طبیعی تغییر یافته و ظرفیت ذخیره کربن در زی‌توده گیاهی، لاش‌ریزه و خاک کاهش یافته است. تغییراتی که جبران آن به‌سختی قابل انجام بوده و مستلزم صرف زمان و پرداخت هزینه‌های بسیار سنگین خواهد بود. دستیابی به این اطلاعات و تحلیل آنها می‌تواند تغییرات به‌وجود آمده ناشی از پدیده خشکیدگی در اکوسیستم جنگلی غرب کشور را به‌خوبی نمایان ساخته و توجه مدیران و تصمیم‌سازان منابع طبیعی کشور را به ارائه راهکارهای

کربن خاک در منطقه فولاد مبارکه اصفهان به این نتیجه رسید که نوع پوشش گیاهی و گونه (پهن‌برگ و سوزنی‌برگ) بر روی مقدار اندوخته کربن خاک مؤثر است و به‌طور کلی، گونه‌های پهن‌برگ کربن بیشتری را نسبت به گونه‌های سوزنی‌برگ در خاک ترسیب کرده‌اند (۱). بنابراین مقدار بیشتر اندوخته کربن خاک در قطعه نمونه‌های سالم را می‌توان ناشی از پویایی، کیفیت و شادابی توده در این مناطق دانست. علاوه بر نقش کربن آلی خاک در موضوع گرمایش زمین و تغییر اقلیم، کربن آلی، ذخیره رطوبتی خاک را افزایش داده (۱۳) و نفوذپذیری و تصفیه آب را بهبود می‌بخشد. همچنین، تراکم و فشردگی خاک را کاهش داده و از این طریق مقدار آبی را که از دسترس خارج می‌شود، کاهش می‌دهد که این خود به معنی کاهش رواناب و سیلاب است (۲۱). مواد آلی همانند اسفنج عمل کرده و شش برابر وزن خود توانایی جذب آب را دارند (۲۷). بیشتر بودن رطوبت خاک در قطعه نمونه‌های شاهد (۹/۶ درصد) نسبت به قطعه نمونه‌های دچار زوال (۷/۲ درصد) نیز تأییدکننده این موضوع است. نتایج بررسی‌های خاک‌شناختی در منطقه مورد مطالعه نیز نشان داد که مقدار ماده آلی خاک در مناطق شاهد ۲/۱ و در مناطق دارای خشکیدگی ۱/۱ درصد است. همچنین مقدار فسفر خاک به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای در قطعه نمونه‌های مورد بررسی متفاوت است که حاکی از ضعف شدید این عناصر و همچنین نیتروژن موجود در خاک در رویشگاه‌هایی است که به مدت طولانی با پدیده خشکسالی روبرو شده‌اند (جدول ۵). به‌طور کلی هرگونه تغییر در مقدار ترسیب کربن خاک، به مقدار ورودی کربن به خاک از راه بقایای گیاهی و هدررفت کربن از راه تجزیه بستگی دارد. از آنجا که ورودی زی‌توده گیاهی (مثل لاش‌ریزه) به خاک متفاوت است، افزایش میزان کربن آلی و

مدیریتی برای کنترل و مبارزه با این پدیده جلب نماید تا با ارائه  
برنامه‌های کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت، گام‌های مفیدی در  
زمینه احیاء اکوسیستم و مدیریت هرچه بهتر منابع جنگلی  
برداشته شود.

## منابع مورد استفاده

1. Bakhtiarvand Bakhtiari, S. 2011. Evaluation of methods for estimating the biomass of coniferous and deciduous trees in Mobarakeh Steel afforestation. MSc. Thesis. Faculty of Natural Resources and Land Sciences, Department of Natural Resources Engineering, Shahrekord University. 111 p.
2. Baldwin, L. and K. R. Richards. 2010. Institutional support for an International Forest Carbon Sequestration Agreement. Harvard Project on Climate Agreements, Harvard Kennedy school, 33p.
3. Bigler, C. and T. T. Veblen. 2011. Changes in litter and dead wood loads following tree death beneath subalpine conifer species in northern Colorado. *Canadian Journal of Forest Research* 41: 331-340.
4. Campioli, M., H. Verbeeck, R. Lemeur and R. Samson. 2008. C allocation among fine roots, above and belowground wood in a deciduous forest and its implication to ecosystem C cycling: a modelling analysis. *Biogeosciences Discuss* 5: 3781-3823.
5. Chambers, J. Q., J. S. Santos, R. J. Ribeiro and N. Higuchi. 2001. Tree damage, allometric relationships, and above-ground net primary production in central Amazon forest. *Forest Ecology and Management* 152(1-3): 73-84.
6. Cienciala, E., J. Apltauer, Z. Exnerová and F. Tatarinov. 2008. Biomass functions applicable to oak trees grown in Central-European forestry. *Journal of Forest Science* 54(3): 109-120.
7. Clark, D. A., S. Brown, D. W. Kicklighter, J. Q. Chambers, J. R. Tomlison and J. Ni. 2001. Measuring net primary production in forests: concepts and field methods. *Ecological Applications* 11: 356-370.
8. Dang, D. K. D., A. C. Patterson and L. R. Carrasco. 2019. An analysis of the spatial association between deforestation and agricultural field sizes in the tropics and subtropics. *PLoS One* 14(1): e0209918. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209918>
9. Dinakaran, J. and N. S. R. Krishnayya. 2008. Variation in type of vegetation cover and heterogeneity of soil organic carbon in affecting sink capacity of tropical soils. *Current Science* 94(9): 1144-1150. (In Farsi)
10. FAO. 2006. Global forest resources assessment 2005: progress towards sustainable forest management. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
11. FAO. 2010. Global forest resources assessment 2010. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome.
12. Gower, S. T., O. Krankina, R. J. Olson, M. Apps, S. Linder and C. Wang. 2001. Net primary production and carbon allocation patterns of boreal forest ecosystems. *Ecological Applications* 11: 1395-1411.
13. Huntington, T. G. 2003. Available water capacity and soil organic matter. pp. 1-5, In: R. Lal (ed.), *Encyclopedia of Soil Science*. Marcel Dekker, New York.
14. Houghton, R. A. and C. L. Goodale. 2004. Effects of land-use change on the carbon balance of terrestrial ecosystems. pp. 85-98, In: R. DeFries, G. Asner and R.A. Houghton (Eds.), *Ecosystems and land use change*. American Geophysical Union, North America.
15. Husch, B., T. W. Beers and J. A. Kershaw. 2003. *Forest mensuration*, 4<sup>th</sup> Edition. John Wiley & Sons Inc, USA. 443 p.
16. IPCC. 2003. *Good practices guidance for land use, land-use change and forestry*. Edited by: Penman, J., M. Gytarsky, T. Hiraishi, T. Krug, D. Kruger, R. Pipatti, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe and F. Wagner. IGES, Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Japan, 590p.
17. Jordan, C. M., X. Hu, A. Arvesen, P. Kauppi and F. Cherubini. 2018. Contribution of forest wood products to megatone emissions: historical comparative analysis from 1960 to 2015 in Norway, Sweden and Finland. *Carbon balance and management* 13: 1-16.
18. Iranmanesh, Y. 2013. Assessment on biomass estimation methods and carbon sequestration of *Quercus brantii* Lindl. in Chaharmahal & Bakhtiari Forests, Ph.D. Thesis. Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor. 107 p.
19. Iranmanesh, Y., Kh. Sagheb Talebi, H. Sohrabi, S. Gh. Jalali and S. M. Hosseini. 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 Farsi)
20. Jordan, C. M., X. Hu, A. Arvesen, P. Kauppi and F. Cherubini. 2018. Contribution of forest wood products to megatone emissions: historical comparative analysis from 1960 to 2015 in Norway, Sweden and Finland. *Carbon balance and management* 13(12). <https://doi.org/10.1186/s13021-018-0101-9>
- 21- Khademi, A., S. Babaei and M. Mataji. 2010. The role of coppice oak stand in carbon storage and CO<sub>2</sub> uptake (case

- study: Khalkhal, Iran). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* 18(2): 242-252. (In Farsi)
22. Kimble, J. M., C. W. Rice, D. Reed, S. Mooney, R. F. Follett and R. Lal. 2007. Soil carbon management, economic, environmental and societal benefits, 1<sup>st</sup> Edition. CRC Press, New York. 284 p.
  23. Liu, M. Y., Q. R. Chang, Y. B. Qi, J. Liu and T. Chen. 2014. Aggregation and soil organic carbon fractions under different land uses on the tableland of the Loess Plateau of China. *Catena* 115: 19-28.
  24. MacDicken, K. G. 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Winrock International Institute for Agricultural Development, Forest Carbon Monitoring Program, USA. 87p.
  25. Muukkonen, P. 2006. Forest inventory-based large-scale forest biomass and carbon budget assessment: new enhanced methods and use of remote sensing for verification, Ph.D. Thesis of Geography. University of Helsinki, Faculty of Science. 49 p.
  26. Nosrati, K. 2011. The effect of land use and soil erosion on soil organic carbon and nitrogen stock. *Environmental Erosion Research* (3): 127-140. (In Farsi)
  27. Olness, A. and D. Archer. 2005. Effect of organic carbon on available water in soil. *Soil Science* 170(2): 90-101.
  28. Palik, B. J. and N. Pederson. 1996. Over story mortality and canopy disturbances in longleaf pine ecosystems. *Canadian Journal of Forest Research* 26: 2035-2047.
  29. Parvaneh, E., V. Etemad, M. R. Marvie Mohajer, Gh. Zahedi Amiri and P. Attarod. 2016. The relationships between the rate of oak trees decline and forest types, soil characteristics and topographic conditions in Ghalaje Forests of Kermanshah, west of Iran. *Iranian Journal of Forest* 8(3): 263-275. (In Farsi)
  30. Pato, M., A. Salehi, Q. Zahedi Amiri and A. Banj Shafiei. 2017. Estimating the amount of carbon storage in biomass of different land uses in Northern Zagros Forest. *Iranian Journal of Forest* 9(2): 159-170. (In Farsi)
  31. Pourhashemi, M., M. Zandebasiri and P. Panahi. 2014. Structural characteristics of oak coppice stands of Marivan Forests. *Journal of Plant Research* 27(5): 766-776. (In Farsi)
  32. Pourhashemi, M., H. Jahanbazi Goujani, J. Hoseinzade, S. K. Bordbar, Y. Iranmanesh and Y. Khodakaram. 2016. The history of oak decline in Zagros forests. *Iran Nature* 2(1): 30-37. (In Farsi)
  33. Powers, J., S. Sollins, P. Harmon and J. A. Jones. 1999. Plant-pest interaction in time and space: a Douglas-fir bark beetle outbreak as a case study. *Landscape Ecology* 14: 105-120.
  34. Rajan, K. 2010. Soil organic carbon- the most reliable indicator for monitoring land degradation by soil erosion. *Current Science* 99: 6-25.
  35. Rozas, V. and L. Sampedro. 2013. Soil chemical properties and dieback of *Quercus robur* in Atlantic wet forests after a weather extreme. *Plant and Soil* 373: 673-685.
  36. Rouvinen S., T. Kuuluvainen and J. Siitonen. 2002. Tree mortality in a *Pinus sylvestris* dominated boreal forest landscape in Vienansalo wilderness, eastern Fennoscandia. *Silva Fennica* 36(1): 127-145.
  37. Saglant, B., O. Kucuki, E. Bilgili, D. Durmaz and I. Basal. 2008. Estimating fuel biomass of some shrub species (Maquis) in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 32: 349-356.
  38. Sharma, K., A. Saiki, S. Goswami and M. Borthakur. 2020. Aboveground biomass estimation and carbon stock assessment along a topographical gradient in the forests of Manipur, Northeast India. *Arabian Journal of Geosciences* 13: 1-16.
  39. Siitonen, J. 2002. Tree mortality in a *Pinus sylvestris* dominated boreal forest landscape in Vienansalo wilderness, eastern Fennoscandia. *Silva Fennica* 36(1): 127-145.
  40. Wang, W. J., H. S. He, M. A. Spetich, S. R. Shifley, F. R. Thompson and J. S. Fraser. 2013. Modeling the effects of harvest alternatives on mitigating oak decline in a central hardwood forest landscape. *PLoS ONE* 8(6): e66713.
  41. West, P. W. 2009. Tree and forest measurement. Springer Publisher, Germany. 190p.
  42. Zahedi, Gh. and N. Zargham. 2018. Carbon sequestration in Terrestrial Ecosystems, 2<sup>nd</sup> Edition. University of Tehran Academic Press, Tehran.
  43. Zarafshar, M., M. Negahdarsaber, H. Jahanbazi Gojani, M. Pourhashemi, S. K. Bordbar, M. Matinizedeh and A. Abbasi. 2020. Dieback in pure stands of Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.) in southern Zagros forests, Kohmareh Sorkhi region of Fars province. *Iranian Journal of Forest* 12(2): 291-303. (In Farsi)

## Comparison of Biomass and Carbon Stock on Above ground, Litter and Soil Between Healthy and declined Stands of Brant's Oak in Chaharmahal and Bakhtiari Province

Y. Iranmanesh<sup>1\*</sup>, M. Pourhashemi<sup>2</sup>, H. Jahanbazi<sup>1</sup> and M. Talebi<sup>3</sup>

(Received: February 23-2021; Accepted: June 16-2021)

### Abstract

In forest ecosystems, forest production, storage and carbon flow are calculated based on biomass measurements. The aim of this study was to compare the biomass and carbon stock of the above-ground, litter and soil in the oak decline and control plots in Chaharmahal and Bakhtiari province. Four one-hectare sample plots were selected in the healthy (control) and declined stands of oak. Then quantitative information of all trees were measured. Allometric equations were used to calculate the above-ground biomass and carbon stock. Ten microplots were established in each sample plot and all litters were collected. Wet and dry weights and carbon content of the litter samples were measured. To measure soil organic carbon, five soil samples were taken in each sample plot. The results showed that above-ground biomass in the control and decline sample plots were 31.4 and 15.8 tons/hectare respectively. Also, the average of the above-ground carbon stock in the control and decline plots were 15.1 and 7.7 tons/hectare, respectively. The mean of litter carbon in the control plots was 1584.1 kg/ha and in the decline plots was 1148.6 kg/ha. The amount of carbon, nitrogen, phosphorus and soil moisture content showed a significant difference between the control and decline plots. The results of this study indicated significant changes in biomass, carbon stock and soil in declined stands of oak which may cause irreparable damage to the Zagros forest ecosystem, in the long term. This issue highlights the need for the attention of managers and decision makers of natural resources, regarding the provision of management solutions to control this phenomenon.

**Keywords:** Biomass, Carbon, Decline, Chaharmahal and Bakhtiari.

1. Assistant Prof., Research Division of Natural Resources, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahrekord, I. R. Iran.
2. Associate Prof, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I. R. Iran.
3. Senior Research Expert, Research Division of Natural Resources, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahrekord, I. R. Iran

\*: Corresponding Author, Email: y\_iranmanesh@yahoo.com