برآورد مقدار زی‌توده و اندوختهٔ کربن فرم‌های مختلف گونهٔ برودار (*Quercus brantii* Lindl.) در تودهٔ جنگلی بلوط بلند دهدز

صادق علی‌نژادی[۱]، رضا بصیری[۲*]، پژمان طهماسبی کهیانی[۳]، یوسف عسکری[۴] و مصطفی مرادی[۵]

[۱] دانشجوی‌کارشناسی ارشد جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان
[۲] دانشیار گروه جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان
[۳] دانشیار گروه مرتعداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه شهرکرد
[۴] دانشجوی دکتری تخصصی جنگلداری دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه شهرکرد
[۵] استادیار گروه جنگلداری، دانشکدهٔ منابع‌طبیعی دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۷/۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۱۳)

چکیده

زی‌توده و توان ترسیب کربن یکی از مهم‌ترین مزایای درختان در اکوسیستم جنگلی است. این تحقیق برای برآورد مقدار زی‌تودهٔ اندام هوایی در فرم‌های تک‌پایه و جست‌گروه گونهٔ برودار (*Quercus brantii* Lindl.) در سطح توده در جنگل‌های بلوط بلند در نزدیکی دهدز انجام گرفت. ابعاد شبکه ۱۰۰×۱۰۰ متر و نزدیک‌ترین درخت به نقطه نمونه‌برداری انتخاب شد. درختان انتخابی باید تمام کلاسه‌های قطری دانه‌زاد یا تک‌پایه و تمام کلاسه‌های قطر تاجی جست‌گروه (شاخه‌زاد) را شامل شود. ۱۸ پایه (به نسبت مساوی تک‌پایه و جست‌گروه) انتخاب و پارامترهای کمی آنها ثبت و سپس عملیات قطع و جداسازی انجام گرفت. قسمت‌های مختلف درختان بلافاصله پس از قطع در عرصه توزین شد و نمونه‌برداری برای اندازه‌گیری وزن خشک و مقدار ترسیب کربن انجام گرفت. براساس نتایج بین متوسط زی‌توده در دو فرم رویشی اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت. متوسط زی‌توده روی زمینی در هر درخت در فرم تک‌پایه، تقریباً ۲۷۷ و برای فرم جست‌گروه تقریباً ۲۳۰ کیلوگرم تعیین شد. این مقادیر در توده جنگلی ۱۸/۲ برای فرم تک‌پایه و ۹/۳ تن در هکتار برای فرم جست‌گروه برآورد شد. براساس این نتایج، در درختان فرم تک‌پایه، اندام‌های بزرگ (تنه و شاخهٔ اصلی) و در درختان فرم جست‌گروه اندام‌های کوچک (شاخهٔ فرعی و کنده) از توان ترسیب کربن بیشتری برخوردارند. همچنین بیشترین مقدار ذخیرهٔ کربن در شاخه‌های اصلی و کمترین آن در برگ‌ها بود.

واژه‌های کلیدی: برودار، ترسیب کربن، تک‌پایه، جست‌گروه، زی‌توده.

* نویسندهٔ مسئول شمارهٔ تماس: ۰۶۱۵۲۷۲۱۱۹۱ ایمیل: basiri52@yahoo.com

مقدمه و هدف

اندازه‌گیری زی‌توده را می‌توان شاخصی برای حاصلخیزی رویشگاه چه از نظر بیولوژیکی و چه از نظر اقتصادی درنظر گرفت (Cole and Ewel, 2006). تولید جنگل، ذخیره و جریان کربن بر مبنای اندازه‌گیری‌های زی‌توده محاسبه می‌شوند و ترسیب کربن در قسمت‌های مختلف گیاه مانند چوب، برگ و ریشه به‌عنوان شاخصی از تولید رویشگاه است (Clark *et al*., 2001). اهمیت اندازه‌گیری زی‌توده به دلایل مختلف رو به افزایش است که توجه به بهره‌برداری کامل از درخت (ریشه، کنده، شاخه‌ها و غیره)، استفاده از ضایعات تولید در کارخانه‌های صنایع چوب و اهمیت مقدار مواد سوختی (زی توده) در ارتباط با وضعیت آتش سوزی در جنگل، از جملهٔ این دلایل است (Parresol,1999). درختان دی‌اکسید کربن را که مهم‌ترین گاز گلخانه‌ای است جذب کرده و در برگ‌ها، شاخه‌ها، پوست، تنه و ریشهٔ خود برای مدت به‌نسبت طولانی ذخیره می‌کنند. به‌عبارت دیگر درختان در نتیجهٔ فرایند فتوسنتز از کربن ساخته می‌شوند و این دلیلی است که جنگل‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع ترسیب کربن قلمداد شوند. در حال حاضر برآورد کمی جنگل‌ها از نظر زی‌توده و ذخیرهٔ کربن به چالش بزرگی تبدیل شده است، زیرا اختلافات فراوانی در روش‌های برآورد زی‌توده وجود دارد و ازاین‌رو برآوردها از درجهٔ بالایی از عدم قطعیت برخوردارند (Grace, 2004). روش‌های تخریبی و قطع درختان، درختچه‌ها و بوته‌ها به تفکیک گونه در عرصه و سنجیدن جرم آنها، بدون شک دقیق‌ترین روش تعیین مقدار زی‌تودهٔ گیاهی است.

بردبار و مرتضوی جهرمی (۱۳۸۵)، پتانسیل ذخیرهٔ کربن در جنگل‌کاری‌های اکالیپتوس و آکاسیا در مناطق غربی استان فارس را بررسی کردند. تولید سالانهٔ این دو گیاه در رویشگاه‌های ضعیف یکسان بود. Terakunpisut *et al*. (2007) پتانسیل ترسیب کربن در زی‌تودهٔ روی‌زمینی جنگل‌های ملی تایلند شامل انواع جنگل‌های بارانی تروپیکال، همیشه‌سبز خشک و مخلوط پهن‌برگ را بررسی کردند. نتایج نشان‌دهندهٔ تفاوت درتیپ‌های مختلف جنگل‌هاست. Suchomel *et al*. (2012) معادلات آلومتریک زی‌تودهٔ گونه *Quercus petraea* را در جنگل‌های شاخه‌زاد بلوط جنوب آلمان بررسی کردند. در این تحقیق که با قطع ۲۴ پایه بلوط انجام گرفت، معادلهٔ توانی با متغیر قطر برابرسینه بهترین مدل را برای برآورد زی‌تودهٔ کل درخت و قسمت‌های مختلف آن تولید کرد. Gratani and Varone (2006) در مطالعه‌ای در شهر رم به مقایسهٔ میزان ترسیب کربن گونه‌های *Quercus ilex L.* و *Quercus pubescens Willd.* و همچنین نقش آنها درکاهش دمای شهر پرداختند. *Quercus pubescens* نقش برجسته‌ای در کاهش دما در طی فصول گرم سال داشت. مجموع ترسیب کربن درختان کم‌قطر *Quercus ilex* برابر ۱۲±۸۴ و برای *Quercus pubescens*، ۹±۱۱۱ (کیلوگرم در سال) به‌دست آمد. این نسبت در درختان قطور ۱۰±۱۵۱ (کیلوگرم در سال) برای *Quercus ilex* و ۷±۱۸۵ (کیلوگرم در سال) برای *Quercus pubescens* به‌دست آمد. به‌نظر می‌رسد *Quercus pubescens* با توجه به مساحت سطح برگ و همچنین نسبت‌های بیشتر فتوسنتز سالیانه نقش بیشتری در ترسیب کربن داشته باشد. هر چند که *Quercus ilex* به عنوان گونهٔ همیشه‌سبز مطرح است و در تمام طول سال و به‌ویژه فصول سرد توانایی ترسیب کربن را دارد. ارزیابی پتانسیل گونه‌های مختلف درختی از جنبهٔ ترسیب کربن در شمال شرق چین توسط Thomas *et al*. (2007) نیز نشان داد که تفاوت‌های زیادی بین گونه‌های مختلف از نظر ترسیب کربن وجود دارد، به‌طوری‌که پهن‌برگان به‌ویژه گونه‌های *Fraxnius mandshurica* و *Phellodendron amurense* دارای بیشترین قابلیت از جنبهٔ ترسیب کربن هستند.

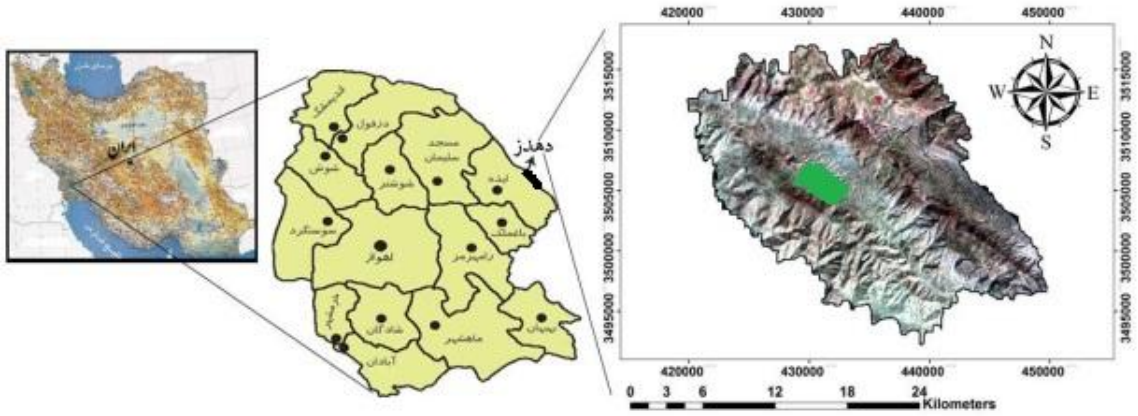
Aguilar *et al*. (2012)، زی‌تودهٔ روی زمینی اندام‌های مختلف توده‌های دو گونهٔ بلوط با فرم شاخه‌زاد

(*Quercus castanea* و *Quercus laeta*) را در مناطق مرکزی مکزیک بررسی کردند و معادلات توانی با متغیر قطر برابرسینه را برای برآورد زی‌توده ارائه دادند. بلوط ایرانی یا برودار (*Quercus brantii* Lindl.) بیش از ۹۰ درصد از پوشش درختی و زی‌تودهٔ اصلی جنگل‌های زاگرس مرکزی و بخش اصلی ترسیب کربن به‌صورت چوب در این جنگل‌ها را به خود اختصاص داده است. اگر چه این گونه به‌عنوان گونه‌ای کم‌نیاز توانسته است در مناطق وسیعی از جنگل‌های زاگرس استقرار یابد، ولی میزان رویش قطری و به دنبال آن میزان رویش حجمی این گونه، حتی در یک عرض جغرافیایی محدود، وابستگی معنی‌داری به عوامل رویشگاهی دارد (سوسنی و همکاران، ۱۳۹۳). هدف از این تحقیق برآورد زی‌تودهٔ اندام هوایی و همچنین روند ترسیب کربن در فرم‌های رویشی تک‌پایه و جست‌گروه در مورد گونهٔ شاخص جنگل‌های زاگرس یعنی بلوط ایرانی در سطح توده است.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ پژوهش

جنگل‌های منطقهٔ بلوط بلند در مرز بین استان‌های چهارمحال و بختیاری و خوزستان و از نظر تقسیمات کشوری در بخش دهدز شهرستان ایذه در شمال شرقی استان خوزستان، بین عرض‌های ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۵۰ دقیقهٔ شمالی و طول‌های ۴۹ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۲۰ دقیقهٔ غربی نسبت به گرینویچ واقع شده است (شکل ۱). مرکز این منطقهٔ جنگلی در ارتفاع ۱۶۴۱ متری از سطح دریا (ارتفاع از ۹۰۰ متر تا ۲۵۰۰ متر متغیر است) قرار دارد. مقدار بارش سالیانه به‌طور متوسط ۶۵۶ میلی‌متر است که در فصل زمستان گاهی در ارتفاعات به‌صورت برف می‌بارد. متوسط دمای سالیانه نیز ۲۴ درجهٔ سانتی‌گراد است. اقلیم منطقه براساس روش آمبرژه شامل اقلیم‌های نیمه‌مرطوب معتدل و نیمه‌خشک معتدل است.



شکل ۱- موقعیت منطقهٔ تحقیق در نقشهٔ کشوری و استانی

روش پژوهش

نقاط نمونه‌برداری با ابعاد شبکه ۱۰۰×۱۰۰ متر به‌صورت تصادفی منظم طراحی و نزدیک‌ترین درخت بلوط غرب یا برودار با فاصلهٔ حداکثری تا ۲۰ متر به آن نقطه طوری انتخاب شد که از تمام کلاسه‌های قطری درختان دانه‌زاد یا تک‌پایه و تمام کلاسه‌های قطر تاجی درختان جست‌گروه یا شاخه‌زاد در منطقه پوشش داده شوند. در مجموع با توجه به همپوشانی

درختان در طبقات ذکرشده، تعداد ۱۸ پایهٔ بلوط (به تعداد مساوی تک‌پایه و جست گروه) انتخاب شد. درختان انتخاب شده در عرصه قطع شدند. پس از قطع و جداسازی، قسمت‌های تفکیک‌شده به‌صورت جداگانه در محل به کمک باسکول با دقت ۰/۵ کیلوگرم برای تنه‌های قطور و برای وزن‌های کمتر با ترازوی رقومی با دقت (۱۰ گرم) توزین شدند. به‌منظور اندازه‌گیری وزن خشک و موجودی کربن، نمونه‌برداری از اندام‌های مختلف درخت انجام گرفت.

نمونه‌برداری از اندام‌های هوایی (Above-Ground Biomass)

براساس تعریف پنل بین دولتی تغییرات آب‌وهوا (IPCC, 2001) ساقهٔ تمامی زی‌تودهٔ زندهٔ بالای خاک شامل تنه، کنده، شاخه‌ها، پوسته، بذر و برگ درختان، زی‌توده اندام‌های هوایی درخت را شامل می‌شود. برای تقسیم درخت به قسمت‌های مختلف، عوامل خاصی مانند محتوای رطوبتی، غلظت کربن، عملیاتی بودن، و نیازمندی‌های کاری در نظر گرفته می‌شوند (Snowdon *et al*., 2002). در این پژوهش با توجه به ساختار رویشی بلوط، درختان نمونه به پنج بخش جداگانه شامل تنه، شاخهٔ اصلی، شاخهٔ فرعی، سرشاخه و برگ تقسیم شدند.

پس از قطع و تکه‌تکه کردن تاج درخت، تمام اندام‌های هوایی به تفکیک پنج بخش ذکرشده در بالا توزین شدند. به منظور نمونه گیری برای تعیین مقدار کربن، سه قطعه دیسک با ضخامت پنج سانتی متر از پایین، میانه و بالای تنه (محلی که بالاتر از آن تنه قابل تشخیص نیست) و جست های اصلی درختان شاخه زاد تهیه شد. همچنین ۳۰ قطعه نمونه شامل تمام طبقات ۵ سانتی‌متری شاخه های اصلی، ۳۰ قطعه نمونه شامل تمام طبقات ۲ سانتی‌متری شاخه های فرعی و ۳۰ قطعه نمونه از سرشاخه های هر درخت برداشت شد. ۳۰ برگ به صورت تصادفی و بدون درنظر گرفتن اندازهٔ برگ برداشت شد.

تعیین درصد رطوبت اجزای مختلف درخت

نمونه‌ها (تنه، شاخه‌های اصلی و فرعی، سرشاخه‌ها و برگ‌ها) پس از انتقال به آزمایشگاه، ابتدا با ترازوی رقومی (دقت ۰/۰۱ گرم) وزن شدند و سپس در آون با درجهٔ حرارت ۸۵ درجهٔ سانتی‌گراد قرار گرفتند تا کاملاً خشک شوند و به وزن پایدار برسند، سپس قطعات خشک‌شده وزن شدند و از روی وزن خشک و تر نمونهٔ وزن خشک کل تعمیم داده شد و به‌دست آمد. برای اندازه‌گیری درصد کربن آلی نمونه‌ها نیز از روش احتراق در کوره الکتریکی استفاده شد. نمونه‌های خشک شده پس از توزین، به‌مدت ۴ ساعت در کورهٔ الکتریکی با دمای ۴۰۰ تا ۵۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد قرار داده شده و پس از خاکستر شدن کامل، دوباره توزین شدند. با تعیین وزن خاکستر و با در دست داشتن وزن اولیه و نسبت کربن آلی به مواد آلی (۵۴ درصد) مقدار کربن آلی در اندام‌های مختلف درختان محاسبه و در نهایت ضریب تبدیل وزن خشک به کربن آلی این اندام‌ها محاسبه شد (MacDicken, 1977).

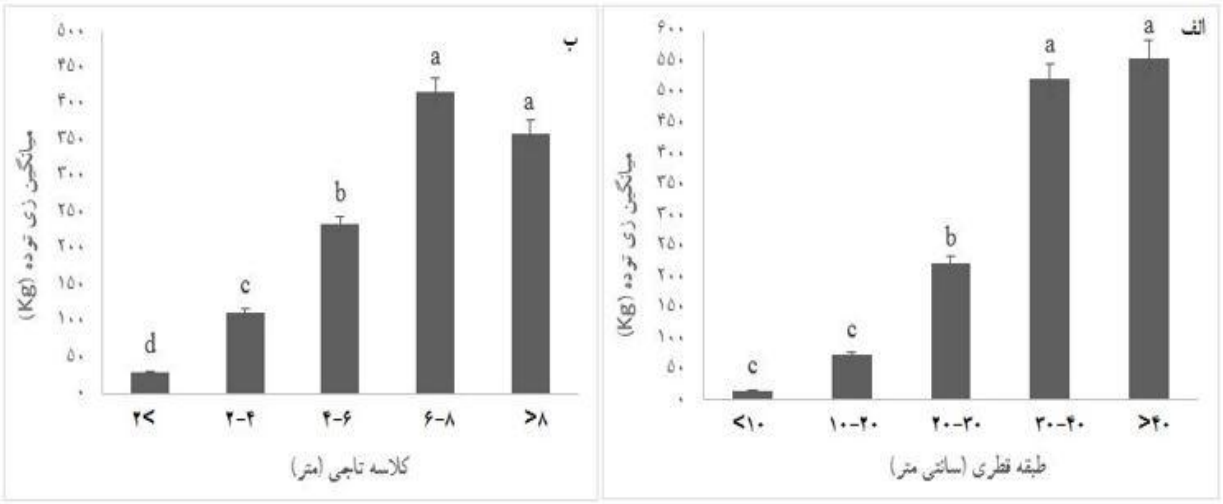
پس از آماربرداری درختی، برای تعمیم این اطلاعات به مقدار زی‌توده در هکتار برای جنگل‌های منطقهٔ بلوط بلند، ۳۰ قطعه نمونهٔ ۱۵ آری در منطقه اجرا و اطلاعات مربوط به درختان منطقه و به ویژه گونهٔ برودار ثبت شد.

در انتها تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف و مقایسهٔ میانگین زی‌تودهٔ اندام هوایی در دو فرم رویشی با استفاده از آزمون t مستقل انجام گرفت. از آنالیز واریانس یکطرفه برای بررسی اثر فرم رویشی بر میزان زی‌توده استفاده شد. مقایسهٔ میانگین‌ها با آزمون دانکن انجام گرفت. کلیهٔ محاسبات آماری در نرم‌افزار SPSS20 و رسم نمودارها در محیط Excel 2013 صورت گرفت.

نتایج

با توجه به دامنه پراکنش قطری درختان در منطقهٔ تحقیق، درختان بلوط در فرم تک‌پایه به پنج طبقهٔ قطری تقسیم و میزان زی‌تودهٔ روی زمینی در این طبقات به تفکیک محاسبه شد. روند تغییرات زی‌توده از طبقات قطری کوچک به بزرگ حالت صعودی داشت و مطابق انتظار بیشترین زی‌توده مربوط به قطرهای بیشتر از ۴۰ سانتی‌متر بود. و بین طبقات قطری بزرگ (۴۰-۳۰ و بزرگ‌تر از ۴۰) و همچنین طبقات قطری کوچک (۲۰-۱۰ و کمتر از ۱۰) با هم در برآورد میانگین زی‌توده اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت. شایان ذکر است که زی‌تودهٔ روی زمینی، از مجموع زی‌تودهٔ برگ، سرشاخه، شاخهٔ فرعی، شاخهٔ اصلی، تنه، کنده و برگ به‌دست آمده است (شکل ۲).

در فرم جست‌گروه بلوط ایرانی، با توجه به قطر متوسط تاج، درختان به ۵ طبقه تقسیم شدند. برخلاف انتظار اولیه بیشترین میزان زی‌توده مربوط به طبقهٔ قطری ۸-۶ متر است.



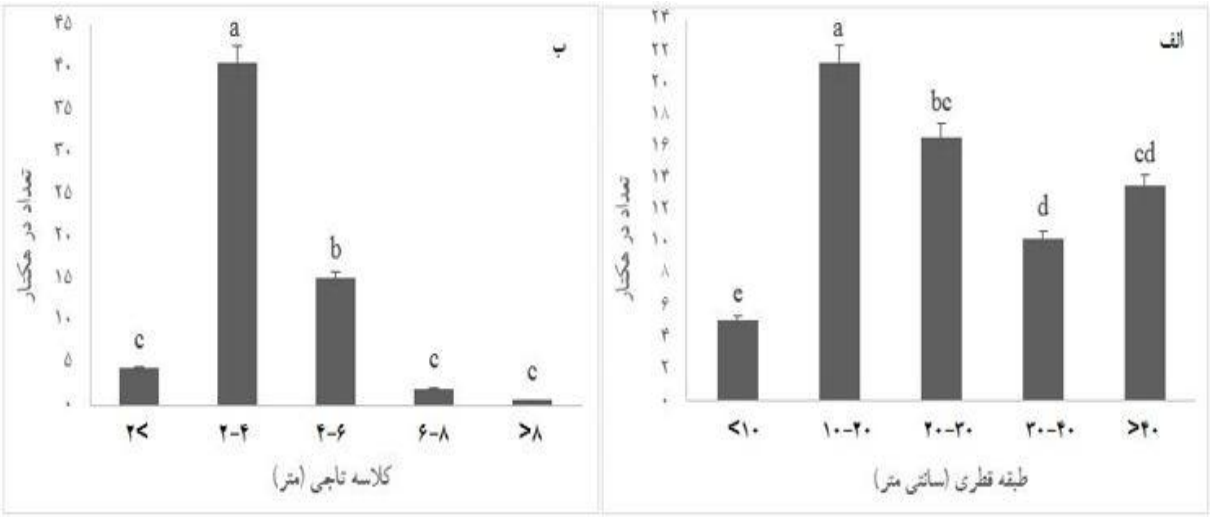
شکل ۲- میانگین زی‌توده (کیلوگرم) روی‌زمینی درختان تک‌پایه (الف) و جست‌گروه (ب) بلوط ایرانی با آزمون دانکن. حروف متفاوت (a و b) نشان‌دهندهٔ اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۵ درصد است - میله‌های خطا، مقادیر اشتباه معیارند.

برای تعیین موجودی زی‌توده در هکتار، پس از نمونه‌برداری در منطقه، اطلاعات طبقات قطری مختلف برداشت و ثبت شد. دامنهٔ تراکم برای درختان تک‌پایه تقریباً نزدیک به هم بود، به‌نحوی که بیشترین تراکم با تعداد ۲۱ پایه مربوط به طبقهٔ قطری ۲۰-۱۰ و کمترین تراکم با تعداد ۵ پایه مربوط به طبقهٔ قطری کمتر از ۱۰ سانتی‌متر است (شکل ۳).

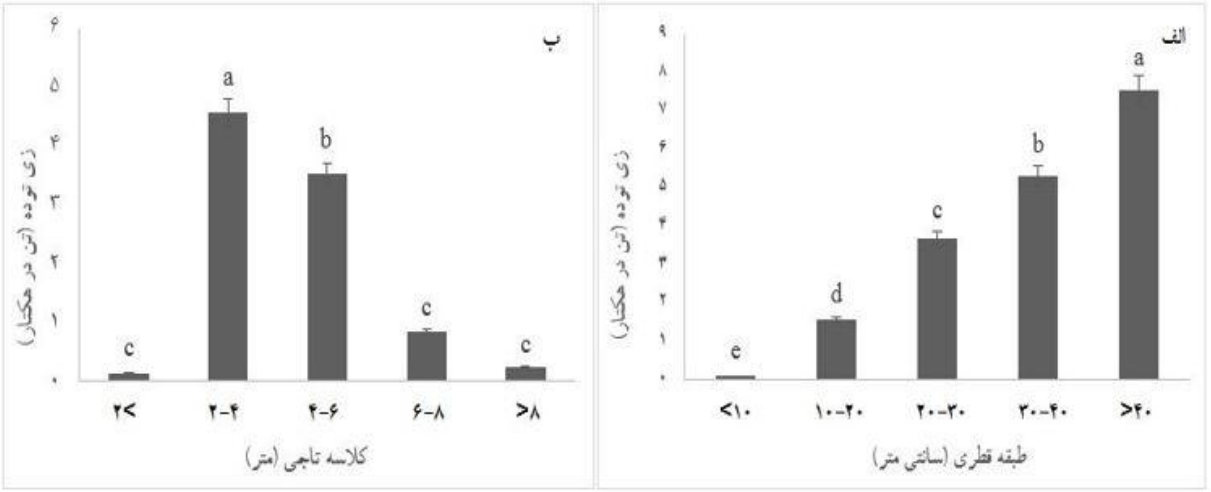
در فرم جست‌گروه بیشترین تراکم با تعداد ۴۰ پایه مربوط به طبقهٔ تاجی ۴-۲ متر و کمترین تراکم با تعداد ۰/۶ پایه مربوط به طبقهٔ تاجی بیشتر از ۸ متر است.

با توجه به نتایج، میزان زی‌توده بر اساس تن در هکتار محاسبه شد. همان‌طور که در شکل۴ آمده، میزان زی‌توده در فرم تک‌پایه برای طبقات قطری مختلف حالت صعودی داشته است، به‌طوری‌که طبقهٔ قطری کمتر از ۱۰ سانتی‌متر دارای ۰/۰۷ تن در هکتار و طبقهٔ قطری بزرگ‌تر از ۴۰ سانتی‌متر دارای ۷/۵ تن در هکتار برآورد شد. اما این نتایج برای فرم جست‌گروه متفاوت بود، به‌نحوی که برای طبقهٔ تاجی کمتر از ۲ متر برابر ۰/۱۳ تن در هکتار و برای طبقهٔ

تاجی ۴-۲ متر ۴/۵ تن در هکتار برآورد شد. بدیهی است که اطلاعات کسب‌شده در این مرحله ارتباط مستقیمی با تراکم درختان در طبقات قطری مختلف دارد که از طریق نمونه‌برداری از درختان منطقه به‌دست آمد.



شکل ۳- میانگین تعداد در هکتار طبقات قطری مختلف درختان تک‌پایه (الف) و جست‌گروه (ب) بلوط ایرانی با آزمون دانکن. حروف متفاوت نشان‌دهندهٔ اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۵ درصد است – میله‌های خطا، مقادیر اشتباه معیارند.

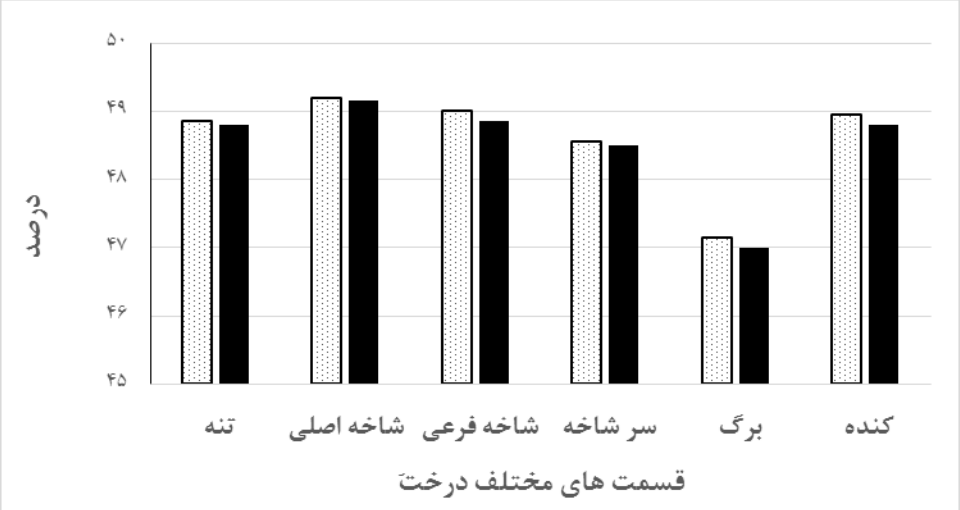


شکل ۴- میانگین زی‌تودهٔ (تن در هکتار) روی‌زمینی درختان تک‌پایه (الف) و جست‌گروه (ب) بلوط ایرانی با آزمون دانکن. حروف متفاوت (a و b) نشان‌دهندهٔ اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۵ درصد است – میله‌های خطا، مقادیر اشتباه معیارند.

براساس این نتایج، مجموع زی‌تودهٔ درختان فرم تک‌پایه در طبقات قطری مختلف منطقه، ۱۸/۲ تن در هکتار و برای فرم جست‌گروه ۹/۳ تن در هکتار برآورد شد.

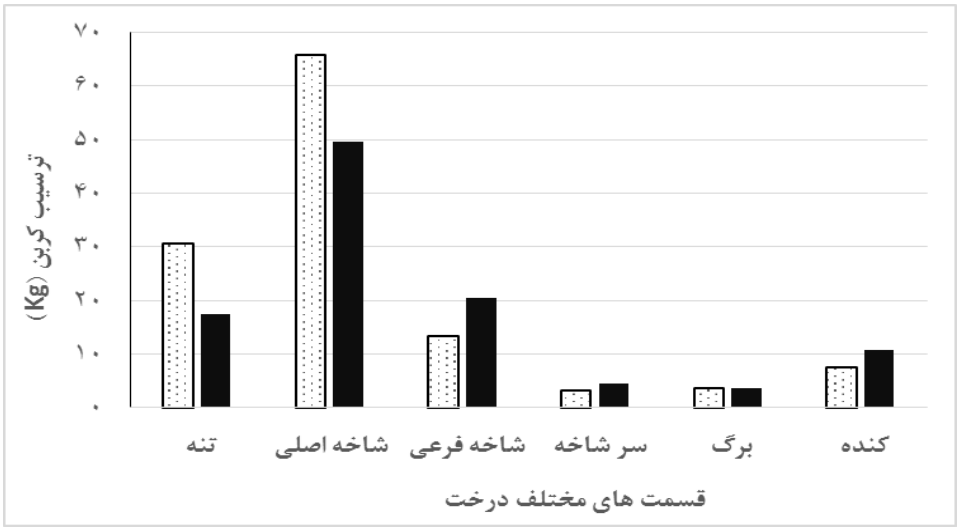
ترسیب کربن

نتایج آزمایشگاهی برای تعیین موجودی کربن نشان داد که کربن در حدود ۵۰ درصد (بین ۴۷ تا ۵۰ درصد) زی‌توده را به خود اختصاص داده است (شکل ۵). شاخه‌های اصلی بیشترین و برگ‌ها کمترین ضریب تبدیل را دارند.



شکل ۵- ضریب تبدیل اندام‌های مختلف درختان تک‌پایه (هاشورزده) و جست‌گروه (تیره) از برآورد کربن

مقایسهٔ ترسیب کربن در اندام‌های مشابه درختان فرم‌های تک‌پایه و جست‌گروه نیز حاکی از نبود اختلاف آماری معنی‌دار در قسمت‌های مختلف است (شکل ۶). براساس این نتایج، از بین اندام‌های مختلف درخت، شاخه‌های اصلی بیشترین و برگ کمترین ترسیب کربن را دارند. همچنین در درختان با فرم تک‌پایه، اندام‌های بزرگ (تنه و شاخهٔ اصلی) و در درختان فرم جست‌گروه اندام‌های کوچک (شاخهٔ فرعی، سرشاخه و کنده) از توان بیشتری برای ترسیب کربن برخوردارند.



شکل ۶- مقایسهٔ ترسیب کربن در اندام‌های مختلف درختان تک‌پایه (هاشورزده) و جست‌گروه (تیره)

بنابراین براساس اطلاعات به‌دست‌آمده، درختان با فرم تک‌پایه ۹/۱ تن در هکتار و فرم جست‌گروه ۴/۶۵ تن در هکتار ترسیب کربن دارند.

نتایج مقایسهٔ نسبت زی‌تودهٔ روی زمینی و همچنین تعداد در هکتار در فرم‌های تک‌پایه و جست‌گروه با استفاده از آزمون t مستقل انجام گرفت. طبق نتایج به‌دست‌آمده، بین دو فرم رویشی اختلاف آماری معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۱).

جدول ۱- مقایسهٔ زی‌تودهٔ روی‌زمینی دو فرم رویشی با استفاده از آزمون t مستقل

فرم رویشی	میانگین (تن در هکتار)	انحراف معیار	آماره F	معنی‌داری
تک‌پایه	۳/۶۳	۲/۹۶	۰/۴۶۹	۰/۳۰ ns
جست‌گروه	۱/۸۵	۲/۰۴		

ns: عدم معنی‌داری

برای تراکم (تعداد در هکتار) در طبقات قطری مختلف نیز، نتایج بیانگر نبود اختلاف آماری معنی‌دار بین دو فرم رویشی است (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسهٔ تعداد در هکتار دو فرم رویشی با استفاده از آزمون t مستقل

فرم رویشی	میانگین(تعداد در هکتار)	انحراف معیار	آماره F	معنی داری
تک‌پایه	۱۳/۳۷	۶/۱۷	۲/۸۵	۰/۹۲ ns
جست‌گروه	۱۲/۵۷	۱۶/۶۹		

ns: معنی‌دار نیست.

بحث

جنگل همواره به‌عنوان اصلی‌ترین نقطهٔ هدف در ترسیب کربن در نظر گرفته می‌شود. به‌طور کلی ۴۰ درصد ذخیرهٔ کربن زی‌تودهٔ کره زمین در جنگل‌ها قرار دارد. مطالعات نشان می‌دهد که تولید ۱ متر مکعب چوب ۹۰۰ کیلوگرم کربن را ترسیب می‌دهد و استفاده از آن، به‌جای دیگر مصالح، که تولیدشان مستلزم صرف انرژی و تولید دی‌اکسید کربن است، مانع تصاعد ۱۱۰۰ کیلوگرم کربن می‌شود. ازاین‌رو تولید هر متر مکعب چوب ۲ تن دی اکسید کربن را می‌تواند مهار کند (Lal, 2008).

اگر مبنا، میانگین حسابی درختان قطع‌شده در دو فرم رویشی در نظر گرفته شود، میانگین زی‌تودهٔ پایه‌های قطع‌شده در منطقهٔ آماربرداری برای فرم تک‌پایه و جست‌گروه به‌ترتیب ۲۵۲ و ۲۷۲ کیلوگرم است؛ ولی بعد از طبقه‌بندی (میانگین وزنی) این داده‌ها که مبنای علمی دارد و پیشنهاد ایرانمنش و همکاران (۱۳۹۳) است، این میانگین ۲۷۷ و ۲۳۰ کیلوگرم به‌ترتیب برای فرم تک‌پایه و جست‌گروه تعیین شد. هر چند در هر دو حالت دامنهٔ این اعداد نزدیک به هم است، نتایج این تحقیق با نتایج تنها تحقیق انجام‌گرفته در منطقهٔ زاگرس مرکزی یعنی پژوهش ایرانمنش و همکاران (۱۳۹۳) (زی‌توده در فرم تک‌پایه ۳۷۴ و در فرم جست‌گروه ۱۴۶ کیلوگرم) کاملاً متفاوت است. تفاوت نتایج نشان می‌دهد که برای ارزشگذاری جنگل‌های بلوط غرب باید به اطلاعات به‌دست‌آمده از هر توده به‌صورت کاملاً محلی اتکا کرد؛ زیرا به‌جز ژنتیک، حاصلخیزی رویشگاه و

اقلیم، عوامل پیش‌بینی‌ناپذیر دیگری بر توده‌های بلوط غرب تأثیرگذارند.

براساس نتایج حاصل از شکل ۴ میانگین زی‌تودهٔ فرم تک‌پایه (۱۸/۲ تن در هکتار) تقریباً دو برابر فرم جست‌گروه (۹/۳) است. هر چند که نتایج اخذشده در این مرحله ارتباط مستقیمی با نتایج شکل ۳ یعنی تعداد در هکتار فرم‌های مختلف رویشی دارد. نتایج پیش‌رو با نتایج یافته‌های ایرانمنش و همکاران (۱۳۹۳) یکسان است.

مجموع زی‌تودهٔ دو فرم تک‌پایه و جست‌گروه ۲۷/۵ تن در هکتار برآورد شد که با یافته‌های خادمی و همکاران (۱۳۸۸) بدون درنظر گرفتن دورهٔ رشد قرابت دارد. در تحقیق مذکور زی‌تودهٔ اندام‌های مختلف اوری در توده در طول دورهٔ رشد (۱۴ سال) به‌طور متوسط ۲۳/۴ تن در هکتار بود که از این مقدار، ۱۵/۲۵ تن در اندام‌های هوایی، ۶/۸۳ تن در اندام‌های زیرزمینی و ۱/۳۲ تن در لاشریزه بوده است. هرچند که تفکیک زی‌توده در قسمت‌های مختلف درخت و همچنین طول دورهٔ رشد از اهداف این تحقیق نیست.

البته Kirby (2007) نشان می‌دهد که زی‌تودهٔ گیاهان در جنگل‌های مدیریت‌شده ۳۵۵ تن در هکتار، در جنگل‌های با مدیریت سنتی ۱۶۵ تن در هکتار و در مراتع ۵۲ تن در هکتار است. علت این نتیجه، محاسبهٔ زی‌تودهٔ تمام گونه‌ها در جنگل موردنظر است؛ درحالی‌که در تحقیق پیش‌رو صرفاً زی‌تودهٔ گونهٔ برودار لحاظ شده است.

مقایسهٔ ترسیب زی‌تودهٔ دو فرم رویشی بلوط غرب چندان واقع‌گرایانه نیست، زیرا به احتمال قوی درختان تک‌پایه سن بیشتری دارند، ولی نتایج نشان داد که با معادل قرار دادن کلاسه‌های قطری و تاجی، تفاوتی در متوسط انباشت کربن در دو فرم رویشی دیده نشد. این نتیجه می‌تواند به‌علت متمرکز شدن رشد در کلاسه‌های بالای قطری و تاجی در هر دو فرم رویشی باشد.

تخصیص کربن در اندام‌های مختلف، یک فرایند کلیدی در چرخهٔ کربن محسوب می‌شود و با توجه به اینکه اندام‌های مختلف درخت، طول عمر و زمان تجزیهٔ متفاوتی دارند، مقدار کربن موجود در هر اندام، زمان باقی ماندن کربن در اکوسیستم و چرخهٔ کربن آن را تعیین می‌کند (Campioli *et al.*, 2008). در این تحقیق بیشترین مقدار ذخیرهٔ کربن در شاخه‌های اصلی و کمترین آن در برگ‌ها بود (شکل ۶). با توجه به شکل و ساختار رویشی گونهٔ برودار، و اینکه شاخه‌های فرعی و اصلی در ارتفاع کمتر شکل می‌گیرند و قسمت‌های بیشتری از درخت را به خود اختصاص می‌دهند، کسب چنین نتایجی دور از انتظار نیست و به‌نظر می‌رسد کمتر بودن ضریب تبدیل در برگ‌ها به‌علت بیشتر بودن مواد معدنی باشد. هرچند نتایج پژوهش بردبار و مرتضوی جهرمی (۱۳۸۵) در جنگل‌کاری‌های اکالیپتوس و آکاسیا در استان فارس برخلاف نتایج این تحقیق، بیانگر این بود که از بین اندام‌های مختلف درختان مذکور، بیشترین مقدار ذخیرهٔ کربن در تنهٔ درخت است.

در این پژوهش توان ترسیب کربن برای فرم تک‌پایه ۹/۱ و برای فرم جست‌گروه ۴/۶۵ تن در هکتار برآورد شد. ازآنجا که ترسیب کربن در اکوسیستم‌های طبیعی پتانسیل توانبخشی و احیای عرصه‌های طبیعی را داراست، توجه بیشتر به این بخش، گزینه‌ای عقلانی به‌نظر می‌رسد؛ زیرا با ترسیب کربن در اکوسیستم‌های طبیعی کشور به اصلاح روند گرمایش جهانی کمک می‌شود. ترسیب کربن یکی از معیارهای پایداری اکوسیستم است، بنابراین با شناخت گونه‌هایی که توانایی بیشتری برای ترسیب کربن دارند و همچنین بررسی عوامل مدیریتی تأثیرگذار بر فرایند ترسیب کربن، می‌توان اصلاح و احیای اراضی را از این منظر دنبال کرد.

منابع

ایران منش، یعقوب، خسرو ثاقب طالبی، هرمز سهرابی، سید غلامعلی جلالی و سید محسن حسینی، ۱۳۹۳. زی‌توده و اندوخته کربن روی زمینی در دو فرم رویشی بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) در جنگل‌های لردگان استان چهارمحال بختیاری، تحقیقات جنگل و صنوبر، ۲۲ (۴):۷۶۲-۷۴۹.

بردبار، سید کاظم و سید مرتضی مرتضوی جهرمی، ۱۳۸۵. بررسی پتانسیل ذخیرهٔ کربن در جنگلکاری‌های اکالیپتوس و آکاسیا در مناطق غربی استان فارس.

خادمی، امین، ساسان بابایی کفایی و اسداله متاجی، ۱۳۸۸. بررسی مقدار زیتوده و ارتباط آن با عوامل فیزیوگرافی و خاک در جنگل‌های شاخه‌زاد بلوط (مطالعه موردی: جنگل‌های منطقه اندبیل خلخال)، مجله جنگل ایران، ۱ (۱): ۶۷-۵۷.

سوسنی، جواد، اصغر فلاح، خسرو محمدعلیزاده و حامد نقوی، ۱۳۹۳. تأثیر عوامل محیطی بر محصول‌دهی درختان بلوط شاخه‌زاد زاگرس، مطالعهٔ موردی: بررسی اثرات رویشگاه بر رویش قطری، مجلهٔ علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۶ (۳): ۱۱۹-۱۲۶.

Aguilar, R., A. Ghilardi, E. Vega, M. Skutsch, and K. Oyama, 2012. Sprouting productivity and allometric relationships of two oak species managed for traditional charcoal making in central Mexico, *Biomass and bioenergy*, 36: 192-207.

Campioli, M., H. Verbeeck, R. Lemeur, and R. Samson, 2008. Carbon allocation among fine roots, above and belowground wood in a deciduous forest and its implication to ecosystem C cycling: a modelling analysis, *Biogeosciences Discussion*, 5: 3781–3823.

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.

Cole, T.G., and J.J. Ewel, 2006. Allometric equations for four valuable tropical tree species, *Forest Ecology and Management*, 229: 351-360.

Gratani, L., and L. Varone, 2006. Carbon sequestration by *Quercus ilex* L. and *Quercus pubescens*Willd. and their contribution to decreasing air temperature in Rome, *Urban Ecosystem*, 9: 27-37.

Grace, L.A., 2004. Incorporation vs. sole proprietorship, Forest operations review, *Technical release*, 31-32.

IPCC. 2001. Climate Change. 2001. The Scientific Basis. IPCC third assessment report, Working group I, Technical Summary, Cambridge University Press, Cambridge, UK. 881 pp.

Kirby, P., 2007. Canopy invertebrate (letter in reply to an article by C.Ozanne), *Tree news*, Autumn 1997:7.

Lal, R. 2008. The role of soil organic matter in the global carbon cycle, *Soil and Environmental Pollution*, 116: 353-360.

MacDicken, K.G., 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agro forestry projects, Winrock international institute for agricultural development, Forest carbon monitoring program, 91 pp.

Parresol, B.R., 1999. Assessing Tree and Stand Biomass: A Review with Examples and Critica1 Comparisons, *Science*, 45(4): 573-593.

Snowdon, P., J. Raison, and D. Eamus, 2002. Protocol for sampling tree and stand biomass, Australian Greenhouse Office Publication, 67 pp.

Suchomel, C., P. Pyttel, J. Bauhus, and G. Becker, 2012. Biomass equations for sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) and hornbeam (*Carpinus betulus* L.) in aged coppiced forests in southwest Germany, *Biomass and Bioenergy*, 46: 722–730.

Terakunpisut, J., N. Gajaseni, and N. Ruankawe, 2007. Carbon sequestration potential in aboveground biomass of Thong Pha Phum national forest, Thailand, *Applied Ecology and Environmental Research*, 5(2): 93-102.

Thomas S.C., G. Malczewski, and M. Saprunoff, 2007. Assessing the potential of native tree species for carbon sequestration forestry in northeast China, *Journal of Environmental Management*, 85: 663-671.

Estimation of biomass and carbon sequestration in various forms of *Quercus brantii* Lindl. stands in Balout Boland, Dehdez

S. Alinejadi[1], R. Basiri[2*], P. Tahmasebi Kohyani[3], Y. Askari[4], and M. Moradi[5]

[1]M.Sc. Student, Faculty of Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, I. R. Iran
[2]Associate Prof., Faculty of Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, I. R. Iran
[3]Associate Prof., Faculty of Natural Resources and Earth Science, University of Shahrekord, I. R. Iran
[4]Ph.D. Student, Faculty of Natural Resources and Earth Science, University of Shahrekord, I. R. Iran
[5]Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, I. R. Iran

(Received: 26 September 2015; Accepted: 3 January 2016)

Abstract

Biomass and carbon sequestration potential is one of the most important benefits of trees in forest ecosystems. This research was done to estimate the amount of biomass in individuals and coppice forms of *Quercus brantii* Lindl. in Balootboland forests near the Dehdez, Khozestan province. Grid dimensions were selected 100 × 100 m and the nearest tree to a sampling point was chosen. Selected trees should include all diameter classes of high forest or individual trees and all crown diameter classes of coppice if possible. Totally 18 individuals were selected and their quantitative parameters were recorded. Cutting and separating operations were then performed. Different parts of trees were immediately weighted after cutting in the field and sampling was performed to measure the dry weight and the amount of carbon sequestration. According to the results, there was no statistically significant difference between the biomass in two forms of growths. The average biomass of above ground for each tree was approximately determined 277kg and 230kg in form of individual tree and coppice, respectively. These amounts in the stands for individual and coppice forms were estimated 18.2 and 9.3 tons per hectare, respectively. According to the results, large organs (trunk and branches) and small parts (twigs and stump) have more carbon sequestration potential in individual and coppice forms, respectively. The highest and lowest amount of carbon was stored in branches and leaves, respectively.

Keywords: Biomass, Carbon sequestration, Coppice, Individual tree, *Quercus brantii* Lindl.

[*]Corresponding author Tel: +9806152721191 Email: basiri52@yahoo.com