مقاله پژوهشی

نشریه علمی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۸ شماره ۲، صفحه ۲۱۶-۲۰۴، (۱۳۹۹)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijfpr.2020.121965
شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0883.1399.28.8.80.2.1578.1610

تخمین زی‌توده و اندوخته کربن روی زمینی بنه (*Pistacia atlantica* Desf.) به‌روش غیرتخریبی

امین‌الله بویری منجی [۱*]، یعقوب ایران‌منش [۲]، علی جعفری [۳] و حسن جهانبازی گوجانی [۲]

۱*- نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

پست الکترونیک: aminmonji66@yahoo.com

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

۳- دانشیار، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۰۷

چکیده

پژوهش پیش‌رو با هدف تخمین زی‌توده و اندوخته کربن بنه (*Pistacia atlantica* Desf.) به‌روش غیرتخریبی در جنگل‌های منطقه منج در شهرستان لردگان استان چهارمحال و بختیاری انجام شد. پس از انتخاب ۱۸ قطعه‌نمونه ۱۰۰۰ متر مربعی، ۱۸ درخت در شش طبقه قطری به‌صورت تصادفی انتخاب و مشخصات کمی آن‌ها ثبت شد. زی‌توده برگ و میوه به‌روش مستقیم و زی‌توده تاج و تنه با اندازه‌گیری حجم واقعی و وزن مخصوص چوب آن‌ها برآورد شدند. برای اندازه‌گیری زی‌توده هوموس از ۳۰ قطعه‌نمونه ۰/۵ متر مربعی استفاده شد. نتایج نشان داد که اندوخته کربن روی زمینی بنه در منطقه مورد مطالعه ۵/۴۸ تن در هکتار است که میوه و تنه به‌ترتیب کمترین و بیشترین سهم از آن را به‌خود اختصاص دادند. همچنین، کربن هوموس ۰/۶۳ تن در هکتار به‌دست آمد. براساس مجموع کربن اندوخته‌شده مشخص شد که ۱۱۲۱۱۸ تن دی‌اکسید کربن توسط درختان بنه در منطقه مورد مطالعه جذب شده است. با توجه به اهمیت نقش اقتصادی و بوم‌شناختی درختان بنه زاگرس در کاهش کربن اتمسفری، نتایج این پژوهش می‌توانند نقش مهمی در آگاه‌سازی مدیران برنامه‌ریز کشور در حفاظت و احیای این گونه ایفا کنند.

واژه‌های کلیدی: کربن هوموس، گرمایش جهانی، لردگان، وزن مخصوص چوب.

مقدمه

پس از شروع انقلاب صنعتی، عواملی مانند افزایش جمعیت، تغییر کاربری اراضی و مصرف قابل‌ملاحظه سوخت های فسیلی باعث افزایش غلظت دی‌اکسید کربن هوا شدند و پیش‌بینی می‌شود که غلظت این گاز به‌مقدار قابل‌ملاحظه‌ای زیاد شده و افزایش دمای کره زمین را در پی داشته باشد (Backéus *et al*., 2005). در قرن گذشته، انقلاب صنعتی و توسعه اقتصادی با افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی و کاهش سطح جنگل‌ها، مراتع و بیشه‌زارها، بیشترین تأثیر را بر تراکم گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر داشتند. بیشتر کشورهای دنیا و ازجمله ایران، برنامه‌های بلندمدتی را برای کاهش غلظت دی‌اکسید کربن پیشنهاد کرده‌اند. در پیمان کیوتو، این مسئله به‌صورت جدی مطرح شد و کشورهای عضو ملزم شدند تا باتکیه‌بر پوشش گیاهی به‌ویژه جنگل‌های طبیعی و مصنوعی به ذخیره کربن بپردازند (UNDP, 2000). افزایش نگرانی‌ها درزمینه افزایش دی‌اکسید کربن و گرمایش جهانی

موجب توجه ویژه به راه‌های مقابله با ورود این گاز گلخانه‌ای به جو شد. پوشش گیاهی، خاک و اقیانوس‌ها از مهم‌ترین ذخیره‌گاه‌های کربن به‌شمار می‌روند. بوم‌سازگان‌های وسیع جنگلی با حجم زیادی از زی‌توده می‌توانند نقش مهمی در ترسیب کربن و کاهش انتشار دی‌اکسید کربن ایفا کنند (Backéus *et al*., 2005). ذخیره کربن در زی‌توده گیاهی به عنوان یکی از ساده‌ترین و ارزان‌ترین راهکارها برای کاهش دی‌اکسید کربن مطرح است (Emmerich, 2003). گیاهان سبز با جذب دی‌اکسید کربن هوا و جداسازی اتم‌های اکسیژن و کربن، اکسیژن را به اتمسفر برگردانده و از کربن برای تولید زی‌توده به‌صورت ریشه، ساقه، شاخه و برگ استفاده می‌کنند. جنگل‌ها می‌توانند کربن را هم در شرایط درون‌زا به‌صورت زی‌توده و خاک و هم برون‌زا به‌صورت تولیدات ذخیره کنند (Fang *et al*., 2007).

پژوهش‌های مختلفی با هدف برآورد ترسیب کربن و زی توده انجام شده است. ارزیابی پتانسیل گونه‌های درختی بومی برای ترسیب کربن در شمال‌شرق چین نشان داد که پهن‌برگان، بیشترین قابلیت ترسیب کربن را دارند (Thomas *et al*., 2007). Lemma و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که توده های *Cupressus lusitanica* و *Pinus patula* به‌ترتیب باعث افزایش ترسیب کربن خاک در حدود ۶۹/۶ و ۲۹/۳ تن در هکتار پس از ۲۰ سال شدند. Peichl و Arain (۲۰۰۶) در بررسی توده‌های جنگل‌کاری کاج سفید (*Pinus strobus*) در انتاریوی کانادا، کربن روی زمینی برای سن‌های ۲، ۱۵، ۳۰ و ۶۵ سال را به‌ترتیب ۳، ۴۰، ۵۲ و ۱۰۰ تن در هکتار برآورد کردند. Wauters و همکاران (۲۰۰۸) با اندازه‌گیری ترسیب کربن در توده‌های ۱۴ساله *Hevea brasiliensis* در دو منطقه با شرایط آب‌وهوایی متضاد در غرب کشور غنا و ایالت ماتوگروسو در برزیل گزارش کردند که جنگل‌کاری‌های مذکور به‌ترتیب سبب ترسیب کربن کل به‌مقدار ۱۵۳ و ۱۳۵ تن در هکتار شدند. Iranmanesh و همکاران (۲۰۱۳) میانگین زی‌توده بذر هر پایه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) را در توده‌های تک‌پایه و شاخه‌زاد واقع در شهرستان لردگان به‌ترتیب ۱۴/۱ و ۲/۱ کیلوگرم به‌دست آوردند. Sohrabi و Shirvani (۲۰۱۲) با بررسی معادله‌های آلومتریک برای برآورد زی‌توده روی زمینی بنه (*Pistacia atlantica* Desf.) در پارک ملی خجیر گزارش کردند که قطر تاج درخت، بهترین متغیر مستقل برای برآورد زی‌توده روی زمینی بود. Rousta و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی اندوخته کربن روی زمینی بنه در جنگل تحقیقاتی فیروزآباد فارس به این نتیجه رسیدند که در هر هکتار توده جنگلی ۱/۹۹ تن و درکل جنگل مذکور ۱۸۶۵۴/۳ تن کربن توسط بنه ذخیره شده است. در پژوهش Alinejadi و همکاران (۲۰۱۶) که در توده جنگلی بلوط‌بلند دهدز در خوزستان انجام شد، متوسط زی‌توده روی زمینی هر درخت بلوط ایرانی در فرم‌های تک‌پایه و جست‌گروه به‌ترتیب حدود ۲۷۷ و ۲۳۰ کیلوگرم گزارش شد.

در حال حاضر برآورد کمی زی‌توده و ذخیره کربن در جنگل‌ها به چالش بزرگی تبدیل شده است، زیرا اختلاف‌های زیادی در روش‌های تخمین زی‌توده وجود دارد که به عدم قطعیت برآوردها منجر می‌شود (Grace, 2004). به‌همین دلیل، استفاده از روش‌های غیرتخریبی (Non-destructive) و روش‌هایی که حجم عملیات اجرایی را تا جای ممکن کم کنند و دقت و صحت قابل‌قبولی در تخمین زی‌توده داشته باشند، ضروری است (Wang *et al*., 2011). اگرچه اندازه‌گیری زی‌توده واقعی درخت به‌طور مستقیم در عرصه، روش بسیار دقیقی است، اما روش‌های مبتنی بر قطع در پژوهش‌های بلندمدت، پروژه‌های جنگل‌کاری و جنگل‌های حفاظتی امکان‌پذیر نیست، بنابراین روش‌های غیرتخریبی برای تعیین زی‌توده گونه‌های درختی جنگل‌ها توسعه یافته‌اند (Saatchi *et al*., 2007). Mirrajabi و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که تصاویر ماهواره GeoEye-1 برآورد مناسبی از ذخیره کربن روی زمینی در پارک جنگلی چیتگر ارائه می‌دهد. Wilkes و همکاران (۲۰۱۸) از تصاویر لیدار برای تخمین زی‌توده روی زمینی درختان در منطقه کمدن لندن استفاده کردند و این تصاویر را ابزار مناسبی برای تهیه نقشه ساختار جنگل‌های شهری و زی‌توده روی زمینی دانستند.

بنه متعلق به خانواده Anacardiaceae است که نقش

بسیار مهمی در تثبیت خاک، جلوگیری از فرسایش و تولید محصولات فرعی (میوه و سقز) در بوم‌سازگان زاگرس دارد (Sagheb Talebi *et al*., 2014). هدف از پژوهش پیش‌رو، برآورد زی‌توده و اندوخته کربن روی زمینی بنه به روش غیرتخریبی و نشان دادن اهمیت این گونه در جنگل‌های زاگرس از جنبه کنترل گرمایش جهانی ازجمله کاهش کربن اتمسفری است. آشنایی با نقش ارزشمند بنه در کاهش کربن اتمسفری، تأثیر به‌سزایی در مدیریت، حفظ، احیا و توسعه این گونه خواهد داشت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

پژوهش پیش‌رو در سامان عرفی روستای چیگو در بخش منج واقع در ۴۵ کیلومتری غرب شهرستان لردگان در استان چهارمحال و بختیاری انجام شد. این منطقه با وسعت ۵۰۰۰ هکتار در محدوده جغرافیایی ″۳۷ ′۳۶ °۵۰ تا ″۵۰ ′۴۴ °۵۰ طول شرقی و ″۳۰ ′۳۲ °۳۱ تا ″۱۳ ′۳۷ °۳۱ عرض شمالی قرار گرفته است. تیپ غالب منطقه مورد مطالعه، بلوط- بنه است. از گونه‌های همراه در این منطقه می‌توان به *Acer monspessulanum*، *Amygdalus lycioides* و *Daphne mucronata* اشاره کرد. میانگین بلندمدت دمای روزانه و بارندگی سالانه به‌ترتیب ۱۵/۱ درجه سانتیگراد و ۵۲۰ میلی متر هستند. اقلیم منطقه، نیمه‌مرطوب با تابستان گرم و زمستان سرد است (Anonymous, 2004).

انتخاب درختان نمونه

با بررسی وضعیت کلی منطقه از نظر حضور و پراکنش درختان بنه، ۱۸ قطعه‌نمونه ۱۰۰۰ متر مربعی پیاده شد و در هرکدام از آن‌ها، نزدیک‌ترین درخت به مرکز قطعه‌نمونه که متعلق به طبقه قطری موردنظر بود، انتخاب شد. شش طبقه قطری (۳۰، ۳۵، ۴۰، ۴۵، ۵۰ و ۵۵ سانتی‌متر) درنظر گرفته شد و در هر طبقه، سه درخت بنه (درمجموع ۱۸ پایه) به صورت تصادفی انتخاب شدند. سپس، متغیرهای کمی درختان شامل ارتفاع کل، ارتفاع تنه، ارتفاع تاج، قطر متوسط تاج، قطر برابر سینه، قطر یقه و قطر محل شروع تاج برداشت شد. با توجه به ساختار رویشی درخت بنه، چهار قسمت جداگانه شامل تنه، تاج (شاخه‌های اصلی، شاخه‌های فرعی و سرشاخه)، برگ و میوه برای اندازه‌گیری زی‌توده روی زمینی درختان درنظر گرفته شد (Ketterings *et al*., 2011). برای اندازه‌گیری زی‌توده برگ و میوه پایه‌های انتخاب‌شده در ابتدای فصل خزان (مهرماه) همه برگ‌ها و میوه‌های موجود روی درختان نمونه برداشت شدند. سپس، وزن تر آن‌ها بلافاصله اندازه‌گیری شد. صد برگ و ۱۰۰ میوه به‌طور تصادفی از هر درخت انتخاب و برای اندازه‌گیری وزن خشک و اندوخته کربن به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد خشک و دوباره توزین شدند. سپس با استفاده از روش احتراق در کوره الکتریکی، مقدار کربن برگ و میوه اندازه‌گیری شد (Losi *et al*., 2003).

برای اندازه‌گیری زی‌توده تنه و تاج به‌روش غیرتخریبی، نمونه‌های تصادفی از سرشاخه، شاخه‌های فرعی، شاخه‌های اصلی و تنه، برداشت و وزن تر آن‌ها بلافاصله اندازه‌گیری شد. نمونه‌های برداشت‌شده برای اندازه‌گیری وزن خشک، وزن مخصوص چوب و اندوخته کربن به آزمایشگاه منتقل شدند. حجم تنه با استفاده از فرمول اسمالیان (رابطه ۱) محاسبه شد (Zobeiry, 1994). سپس با استفاده از وزن مخصوص ظاهری نمونه‌های چوب تنه (۹۷۸/۸ کیلوگرم بر مترمکعب)، زی‌توده کل تنه محاسبه شد.

$$V= \{(g_1+g_2) / 2\} \times h \qquad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن: V حجم تنه، g_1 سطح مقطع یقه، g_2 سطح مقطع شروع تاج و h ارتفاع درخت هستند.

با استفاده از درصد کربن به‌دست‌آمده از نمونه چوب تنه، مقدار اندوخته کربن کل تنه برآورد شد. برای اندازه‌گیری زی توده تاج از روش محاسبه حجم جامد تاج استفاده شد

(Snowdon *et al*., 2002). بدین‌منظور، تصویر تاج در فصل خزان از چهارجهت تهیه شد و با استفاده از پلانیمتر دیجیتالی، مساحت فضاهای خالی و فضای کل تاج درختان اندازه‌گیری شد. سپس، با محاسبه درصد فضای خالی تاج، حجم واقعی تاج (حجم جامد) برآورد شد. درنهایت، با استفاده از وزن مخصوص ظاهری (۸۹۵/۸ کیلوگرم بر مترمکعب) و درصد کربن به‌دست‌آمده از نمونه‌های چوب تاج (سرشاخه‌ها، شاخه‌های فرعی و شاخه‌های اصلی)، مقدار زی‌توده و اندوخته کربن تاج پایه‌ها به‌دست آمد.

در این پژوهش، زی‌توده و اندوخته کربن لایه‌های هوموس و قطعه‌های چوبی نیز اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری هوموس با استفاده از قاب‌های نیم متر مربعی انجام گرفت. بدین‌منظور، ۳۰ قاب به‌طور تصادفی در منطقه مورد مطالعه انداخته شد و تمامی هوموس موجود در آن‌ها جمع‌آوری شد. پس از اندازه‌گیری وزن تر نمونه‌های هوموس، آن‌ها به‌طور جداگانه به‌منظور اندازه‌گیری وزن خشک و اندوخته کربن به آزمایشگاه منتقل شدند (Iranmanesh, 2013).

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

مقایسه درصد کربن آلی بخش‌های مختلف درخت پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها با استفاده از تجزیه واریانس یک طرفه (ANOVA) و گروه‌بندی میانگین‌ها با آزمون دانکن انجام شد. به‌منظور بررسی روابط بین متغیرها از مدل رگرسیون توانی و برای اعتبارسنجی مدل از معیارهای ضریب تبیین، انحراف‌معیار مدل برازش‌یافته، تحلیل واریانس رگرسیون و تبعیت توزیع مقادیر باقی‌مانده‌ها از توزیع نرمال استفاده شد. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS 19 انجام شد.

نتایج

برای تمام درختان انتخاب‌شده، زی‌توده و اندوخته کربن به‌تفکیک طبقات قطری و اندام‌های مختلف مشخص شد.

زی‌توده درختان به‌تفکیک اندام و طبقه قطری

در جدول ۱ میانگین وزن خشک (زی‌توده) قسمت‌های مختلف درختان بنه در طبقات قطری مختلف ارائه شده است. بیشترین مقدار زی‌توده روی زمینی در تنه و کمترین آن در میوه وجود داشت. متوسط زی‌توده روی زمینی ۴۹۳/۷۵ کیلوگرم به‌دست آمد. کمترین و بیشترین مقدار این متغیر به‌ترتیب در طبقه‌های قطری ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متر مشاهده شد.

جدول ۱- میانگین زی‌توده قسمت‌های مختلف درختان بنه در طبقات قطری مختلف

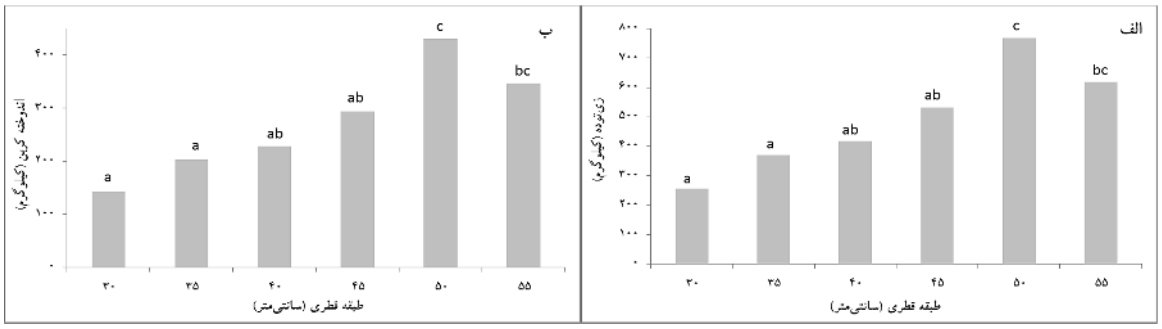
اندام	طبقه قطری (سانتی‌متر)						متوسط زی‌توده
	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵	(کیلوگرم)
میوه	۱/۵۸	۳/۶۲	۴/۱	۵/۳۹	۳/۹۱	۶/۴۶	۴/۱۸
برگ	۳/۵۶	۴/۷۱	۵/۶۸	۴/۵۵	۶/۶۵	۶/۹۴	۵/۳۵
تاج	۱۲۰/۰۹	۱۳۰/۵۶	۱۳۰/۰۶	۲۱۵/۸۶	۲۷۸/۳۵	۳۱۷/۵۶	۱۹۸/۷۵
تنه	۱۳۰/۹۳	۲۳۰/۹۵	۲۷۷/۲۹	۳۰۶/۴۹	۴۷۸/۵۳	۲۸۸/۶۲	۲۸۵/۴۷
زی‌توده روی زمینی (کیلوگرم)	۲۵۶/۱۶	۳۶۹/۸۴	۴۱۷/۱۳	۵۳۲/۲۹	۷۶۷/۴۴	۶۱۹/۵۸	۴۹۳/۷۵

اندوخته کربن درختان به‌تفکیک اندام و طبقه قطری

میانگین اندوخته کربن روی زمینی ۲۷۴/۲۴ کیلوگرم برای هر پایه به‌دست آمد. بیشترین و کمترین مقدار این متغیر به‌ترتیب در طبقه‌های قطری ۵۰ و ۳۰ سانتی‌متر مشاهده شد. در بین اندام‌های مختلف، بیشترین مقدار اندوخته کربن در تنه و کمترین مقدار در میوه درختان اندازه‌گیری شد (جدول ۲).

جدول ۲- میانگین اندوخته کربن قسمت‌های مختلف درختان بنه در طبقات قطری مختلف

اندام	طبقه قطری (سانتی‌متر)						متوسط اندوخته
	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵	کربن (کیلوگرم)
میوه	۰/۸۹	۲/۰۵	۲/۳	۳/۰۴	۲/۲۳	۳/۶۸	۲/۳۶
برگ	۱/۹	۲/۱۶	۳/۱۶	۲/۴۹	۳/۴۶	۳/۸۳	۲/۸۳
تاج	۶۶/۷۸	۶۸/۰۵	۷۲/۴۳	۱۱۳/۶	۱۵۴/۷	۱۷۶/۷۴	۱۰۸/۷۲
تنه	۷۳/۸۲	۱۳۰/۸۷	۱۵۰/۳۵	۱۷۴/۷۸	۲۷۰/۰۵	۱۶۲/۱۱	۱۶۰/۳۳
اندوخته کربن روی زمینی (کیلوگرم)	۱۴۳/۳۹	۲۰۳/۱۳	۲۲۸/۲۴	۲۹۳/۹۱	۴۳۰/۴۴	۳۴۶/۳۶	۲۷۴/۲۴



شکل ۱- میانگین اندوخته کربن (الف) و زی‌توده (ب) در طبقات قطری مختلف درختان بنه

(حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.)

مقایسه طبقات قطری مختلف از نظر میانگین زی‌توده و اندوخته کربن روی زمینی نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد بین طبقات قطری مختلف وجود داشت (شکل ۱).

زی‌توده و اندوخته کربن هوموس

میانگین زی‌توده هوموس، ۶۳/۶ گرم در قطعه‌نمونه‌های ۰/۵ متر مربعی و ۱۲۷۲ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. همچنین، میانگین اندوخته کربن هوموس ۶۳۰ کیلوگرم در هکتار برآورد شد.

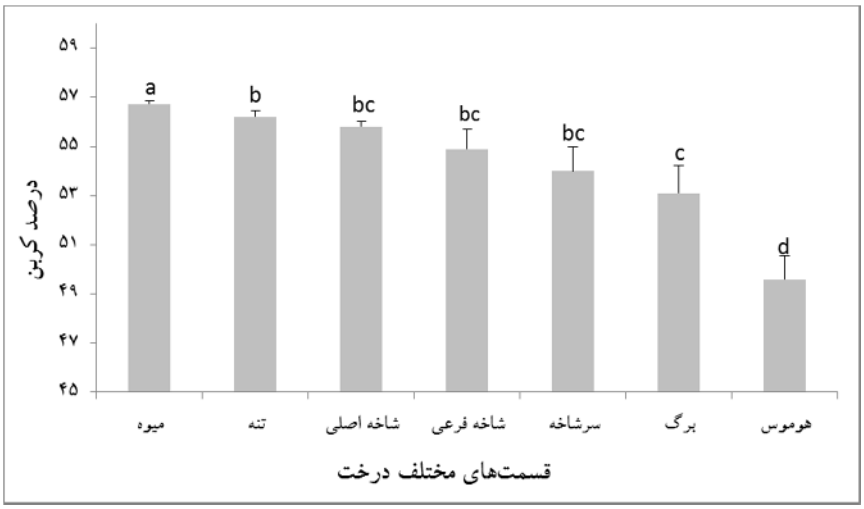
مقایسه درصد کربن در قسمت‌های مختلف درختان بنه

مقایسه درصد کربن اندام‌های مختلف بنه با استفاده از تجزیه واریانس یک‌طرفه بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار از نظر درصد کربن بود (جدول ۳). بیشترین درصد کربن در میوه و تنه (به‌ترتیب ۵۶/۷ و ۵۶/۲ درصد) مشاهده شد، در حالی‌که کمترین آن در هوموس (۴۹/۶ درصد) به‌دست آمد (شکل ۲).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس برای درصد کربن قسمت‌های مختلف

	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آماره F	معنی‌داری
اندام‌های درخت	۶	۷۸۷/۲۲۲	۱۳۱/۲	۱۰/۶۵	**

** معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد



شکل ۲- میانگین درصد کربن (± اشتباه معیار) در قسمت‌های مختلف درختان بنه

(حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند)

رابطه قطر برابر سینه با زی‌توده و کربن کل درخت

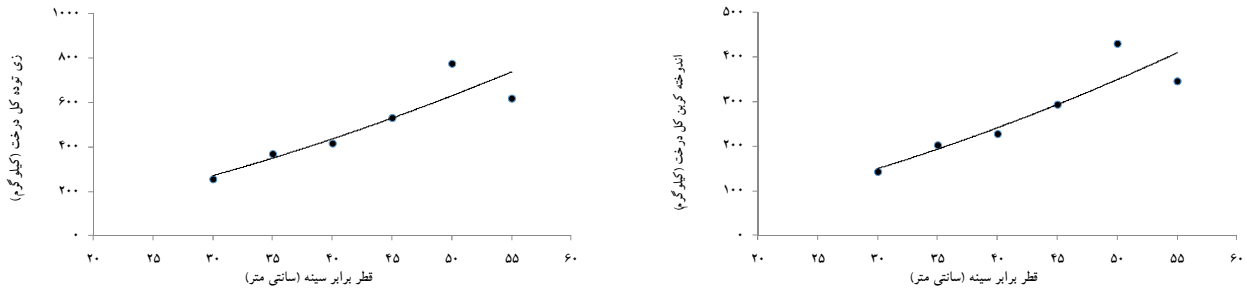
نتایج آنالیز رگرسیون برای رابطه قطر برابر سینه با زی توده و اندوخته کربن کل درخت در جدول ۴ ارائه شده‌اند که بیانگر معنی‌داری ضریب‌های مدل به‌دست‌آمده هستند. با توجه به ضریب تبیین تعدیل‌شده (۰/۸۷)، متغیر قطر برابر سینه توانست مدل رگرسیونی قابل‌قبولی ارائه دهد.

شکل ۳- الف رابطه قطر برابر سینه با اندوخته کربن و شکل ۳- ب رابطه قطر برابر سینه با زی‌توده درختان بنه را نشان می‌دهند.

جدول ۴- نتایج آنالیز رگرسیون واریانس برای رابطه قطر برابر سینه با زی‌توده و اندوخته کربن کل درخت

برآوردکننده (X)	برآوردشونده (Y)	معادله	ضریب تعیین تعدیل‌شده	درجه آزادی	آماره F
قطر برابر سینه	زی‌توده	$Y = ۰/۹۷۵۴ \times X^{۱/۶۵۴}$	۰/۸۷	۴	۳۵/۷۶**
	کربن	$Y = ۰/۵۳۲۷ \times X^{۱/۶۵۷}$	۰/۸۷	۴	۳۴/۰۷**

** معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد



(الف) (ب)

شکل ۳- رابطه قطر برابر سینه با اندوخته کربن (الف) و زی‌توده (ب) کل درخت

با توجه به آماربرداری انجام‌شده، موجودی کربن کل و قسمت‌های مختلف درختان بنه در منطقه مورد مطالعه برآورد شد (جدول ۵). سپس، با درنظر گرفتن عدد ۳/۶۷ که ضریب تبدیل کربن به دی‌اکسید کربن است، مقدار دی‌اکسید کربنی که توسط هر قسمت از درخت از اتمسفر حذف می‌شود، به‌دست آمد. همچنین، مقدار اندوخته کربن هوموس در منطقه ۰/۶۳ تن در هکتار تخمین زده شد. با درنظر گرفتن سطح ۵۰۰۰ هکتاری منطقه مورد مطالعه، اندوخته کربن موجود در هوموس ۳۱۵۰ تن و کربن ذخیره‌شده بخش روی زمینی درختان بنه در کل منطقه مورد مطالعه حدود ۲۷۴۰۰ تن به‌دست آمد.

جدول ۵- مقدار جذب دی‌اکسید کربن توسط هرکدام از بخش‌های درختان بنه در هکتار در منطقه مورد مطالعه

اندام	موجودی کربن (تن در هکتار)	مقدار جذب CO_2 (تن در هکتار)	ارزش (یورو در هکتار)
میوه	۰/۰۴۷ (± ۰/۰۱۹)	۰/۱۷	۰/۶
برگ	۰/۰۵۷ (± ۰/۰۱۷)	۰/۲۱	۰/۷۲
تاج	۲/۱۷ (± ۰/۹۱)	۷/۹۶	۲۷/۳
تنه	۳/۲۱ (± ۱/۱۹)	۱۱/۷۸	۴۰/۴
بخش روی زمینی	۵/۴۸ (± ۲/۰۱)	۲۰/۱۱	۶۹/۱

اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده انحراف‌معیار هستند.

بحث

اندازه‌گیری و برآورد زی‌توده گیاهان و به‌ویژه زی‌توده درختان، یکی از نیازهای اساسی در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی جنگل و بررسی جریان انرژی در بوم‌سازگان است. در سال های اخیر، این موضوع مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است (Zianis *et al*., 2005). عواملی مانند بحران گرمایش جهانی، تخمین مقدار کربن ذخیره‌شده در درختان جنگلی دنیا و جنگل‌کاری با هدف تولید انرژی زیستی و محصولات چوبی ازجمله مسائلی هستند که با اندازه‌گیری زی توده جنگل ارتباط مستقیم دارند. همچنین، فرایند رویش و تولید زی‌توده گیاهی طی فتوسنتز انجام می‌شود، بنابراین برای درک درست چگونگی رویش درخت به اندازه‌گیری زی‌توده

درختی نیاز است (West, 2009).

در میان اندام‌های مختلف درختان بنه، زی‌توده میوه این گونه به‌غیراز جنبه‌های بوم‌شناسی از نظر اقتصادی، اجتماعی و تغذیه‌ای حائز اهمیت است. علاوه‌بر استفاده‌های محلی مانند آجیل و ترشی از میوه بنه، روغن استخراج‌شده از آن نیز خاصیت‌های تغذیه‌ای و دارویی فراوانی دارد، به‌طوری‌که درصد روغن موجود در میوه بنه ۲۷/۲ درصد گزارش شد که در آن، هفت نوع اسید چرب غیراشباع وجود دارد (Jahanbazi Goujani *et al*., 2016). در پژوهش پیش‌رو، زی‌توده میوه تولیدشده در طبقه قطری ۳۰ سانتی‌متر به‌طور میانگین ۱/۵۸ کیلوگرم در هر پایه به‌دست آمد. با افزایش قطر به این مقدار نیز افزوده شد، به‌طوری‌که هر پایه بنه متعلق به طبقه قطری ۵۵ سانتی‌متر حدود ۶/۴۶ کیلوگرم میوه تولید می‌کند. میانگین زی‌توده میوه ۴/۱۸ کیلوگرم در هر پایه به دست آمد که البته وزن تر میوه تولیدی بیشتر از دوبرابر این مقدار خواهد شد. Jahanbazi و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی توان جنگل‌های استان چهارمحال و بختیاری در تولید بذر بنه بیان کردند که با افزایش طبقات قطری به مقدار تولید بذر افزوده می‌شود، به‌طوری‌که بیشترین تولید میوه برای طبقه قطری ۵۵ سانتی‌متر گزارش شد. میانگین تولید میوه در پژوهش مذکور ۲۰/۷ کیلوگرم در هر پایه برآورد شد که نسبت به متوسط میوه تولیدشده در این پژوهش بیشتر است. علت این موضوع در درجه نخست اندازه‌گیری وزن خشک میوه در پژوهش پیش‌رو است. همچنین، به‌دلیل شرایط بحرانی و تحت تنش جنگل‌های زاگرس، این بوم‌سازگان‌ها در سال های اخیر با فشارهای انسانی و غیرانسانی متعدد مواجه شده‌اند که کاهش پتانسیل تولیدی این جنگل‌ها را در پی داشته است. از سوی دیگر، درختان بنه در برخی سال‌ها میانگین بذرآوری زیادی دارند، اما در بعضی دیگر از سال‌ها، میوه اندکی تولید می‌کنند (Jahanbazi Goujani *et al*., 2016).

سطح برگ به‌عنوان یک شاخص بوم‌شناختی در فرایندهای زیستی گیاهان محسوب می‌شود، زیرا برگ، سطح اصلی تبادل ماده و انرژی بین تاج درختان و اتمسفر است که با اندازه‌گیری سطح آن، امکان برآورد مشخصه‌هایی مانند ساختار تاج و قابلیت باروری آن مشخص می‌شود (Pourhashemi *et al*., 2012). اهمیت مقدار زی‌توده برگ و شاخص سطح برگ در جامعه گیاهی از آنجا ناشی می‌شود که درواقع، فتوسنتز به‌عنوان فرایند تولید ماده آلی در برگ انجام می‌شود و برگ‌ها، اندام اصلی دریافت نور، فتوسنتز و تعرق هستند (Geng *et al*., 2000). در پژوهش پیش‌رو، میانگین زی‌توده برگ در طبقه قطری ۳۰ سانتی‌متر حدود ۳/۵۶ کیلوگرم است که با افزایش قطر به این مقدار افزوده شد، به‌طوری‌که این مقدار در طبقه قطری ۵۵ سانتی‌متر به ۶/۹۴ کیلوگرم رسید. همچنین، میانگین اندوخته کربن برگ ۲/۸۳ کیلوگرم در هر پایه به‌دست آمد. Rousta و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی اندوخته کربن روی زمینی بنه در جنگل تحقیقاتی بنه و بادام فیروزآباد فارس، میانگین کربن برگ را ۳/۷۶ کیلوگرم برای هر پایه بنه برآورد کردند که به نتایج پژوهش پیش‌رو نزدیک است. همچنین، Adl (۲۰۰۷) متوسط زی‌توده برگ بنه در جنگل‌های یاسوج را ۱۱/۳ کیلوگرم در هر پایه گزارش کرد که با متوسط ضریب کربن (۵۰ درصد)، مقدار متوسط کربن برگ در پژوهش مذکور ۵/۶ کیلوگرم است. Panahi و همکاران (۲۰۱۱) نیز کربن برگ بنه را در باغ ملی گیاه‌شناسی ایران ۳/۱۸ کیلوگرم در هر پایه به‌دست آوردند که با نتایج پژوهش پیش‌رو همخوانی بیشتری دارد.

یافته‌های پژوهش Paul و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد که در اندام‌هایی با بافت چوبی کمتر، توانایی اندوختن کربن نیز کاهش می‌یابد، بنابراین هرچه نسبت اندام‌های چوبی در گیاه بیشتر باشد، توان آن در ترسیب کربن افزایش می‌یابد. در پژوهش پیش‌رو نیز مقدار زی‌توده قسمت‌های چوبی درخت شامل تنه و تاج (شاخه‌های اصلی، فرعی و سرشاخه‌ها) به‌مراتب بیشتر از زی‌توده برگ و میوه بود. در مقایسه با زی‌توده تاج نیز میانگین بیشتری برای زی‌توده تنه به‌دست آمد. در پژوهش Rousta و همکاران (۲۰۱۳)، اندوخته کربن تنه درختان بنه به‌طور متوسط ۱۸۳/۸ کیلوگرم در هر پایه گزارش شد که به نتایج پژوهش پیش‌رو در این مورد (۱۶۰/۳ کیلوگرم در پایه) تا حدودی نزدیک است. Khademi و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی زی‌توده اوری (*Q.*

macranthera) در جنگل‌های اندبیل خلخال، متوسط زی توده تنه (هشت تن در هکتار) را بیشتر از زی‌توده تاج (۷/۳ تن در هکتار) به‌دست آوردند. تخصیص کربن در اندام‌های مختلف به‌عنوان یک فرایند کلیدی در چرخه کربن محسوب می‌شود. باتوجه‌به اینکه اندام‌های مختلف درخت، طول عمر و نرخ تجزیه متفاوتی دارند، مقدار کربن موجود در هر اندام، زمان باقی ماندن کربن در بوم‌سازگان و چرخه کربن آن را تعیین می‌کند (Campioli *et al*., 2008).

در بسیاری از پژوهش‌های انجام‌شده، مقدار کربن را ۵۰ درصد زی‌توده درختی درنظر گرفته‌اند، در حالی‌که برخی پژوهش‌ها نشان داده‌اند که به‌دلیل تغییرات مقدار کربن در گونه های مختلف گیاهی و اندام‌های مختلف یک گیاه، این فرضیه دقت لازم را ندارد. پژوهش‌های دیگر نیز بیانگر این موضوع هستند که استفاده از فرضیه ۵۰ درصد، برآورد ذخیره کربن جنگل را با بیشتر از پنج درصد خطا مواجه می‌کند (Martin & Thomas, 2011). Thomas و Martin (۲۰۱۲) در یک بررسی جامع درمورد مقدار کربن موجود در گونه‌ها و بافت‌های زنده درختان گزارش کردند که محتوای کربن در چوب گونه‌های درختی گرمسیری از ۴۱/۹ تا ۵۱/۶ درصد، در گونه‌های نیمه‌گرمسیری و مدیترانه‌ای از ۴۵/۷ تا ۶۰/۷ درصد و در گونه‌های سوزنی‌برگ و معتدله از ۴۳/۴ تا ۵۵/۶ درصد متغیر است. همچنین، محتوای کربن بیشتری در چوب گونه‌های سوزنی‌برگ (۰/۷ ± ۵۰/۸ درصد) نسبت به نهاندانگان (۰/۳ ± ۴۷/۷ درصد) به‌دست آمد. در پژوهش پیش‌رو، مقایسه درصد کربن موجود در قسمت‌های مختلف درخت نشان داد که بیشترین مقدار کربن در میوه و تنه درخت (به‌ترتیب حدود ۵۶/۷ و ۵۶/۲ درصد) وجود داشت. کمترین درصد کربن نیز مربوط به لاش‌ریزه (۴۹/۶ درصد) بود. در پژوهش Zhang و همکاران (۲۰۰۹) کمترین و بیشترین مقدار کربن به‌ترتیب برای ریزریشه‌ها (۴۷/۱ درصد) و شاخ‌وبرگ (۵۱/۴ درصد) گزارش شد. علت اختلاف در مقدار کربن موجود در هر اندام علاوه‌بر اینکه به وظایف عملکردی هر قسمت مربوط می‌شود، با ویژگی‌های شیمیایی هرکدام از بافت های چوبی نیز ارتباط دارد (Thomas & Martin, 2012).

تغییر در ویژگی‌های شیمیایی خاک به تفاوت در کیفیت لاش‌برگ و ورودی‌های عناصر ازطریق رسوب بیشتر در لایه های سطحی بستگی دارد. از آنجایی‌که لاش‌برگ‌های ورودی به کف جنگل، بیشترین تأثیر را بر خاک سطحی دارند و در اثر تجزیه لاش‌برگ، مواد آلی به خاک سطحی اضافه می‌شود، کربن آلی اغلب در سطح بیشتر است. Iranmanesh (۲۰۱۳)، زی‌توده و کربن لاش‌ریزه را در جنگل‌های بلوط شهرستان لردگان به‌ترتیب ۷۷۷ و ۳۲۶/۸ کیلوگرم در هکتار برآورد کرد. Khademi و همکاران (۲۰۰۹) متوسط زی‌توده لاش ریزه موجود در جنگل‌های شاخه‌زاد اوری در منطقه اندبیل خلخال را ۱۳۱۲ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند. براساس نتایج پژوهش پیش‌رو، زی‌توده هوموس در منطقه مورد مطالعه ۱۲۷۲ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که این مقدار هوموس، ۶۳۰ کیلوگرم کربن در هکتار را ذخیره کرده بود. به‌طور کلی، در منطقه مورد مطالعه، درصد سهم هرکدام از اندام های تنه، تاج، برگ و میوه درختان بنه در اندوختن کربن به ترتیب ۵۸/۴۶، ۳۹/۶۵، ۱/۰۳ و ۰/۸۶ درصد برآورد شد. Altanzagas و همکاران (۲۰۱۹) زی‌توده روی زمینی برای پنج گونه درختی را در مغولستان بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که میانگین سهم زی‌توده تنه، شاخه (Branch) و شاخ‌وبرگ (Foliage) به‌ترتیب ۷۵، ۲۰ و پنج درصد هستند. همچنین، براساس پژوهش Meng و همکاران (۲۰۱۹) زی توده تنه، پوست، شاخه و برگ به‌ترتیب ۶۴، ۱۵، ۱۳/۶ و ۷/۴ درصد از کل زی‌توده روی زمینی درخت *Larix gmelinii* را به‌خود اختصاص دادند.

تئوری آلومتری یک چهارچوب مهم به‌منظور تشریح الگوی تخصیص کربن در اندام‌های مختلف است که ارتباط درون‌گونه‌ای و بین‌گونه‌ای میان زی‌توده میوه، برگ و ریشه را پیش‌بینی می‌کند. پژوهش‌های مختلف نشان داده‌اند که معادله‌های توانی، متداول‌ترین تابع برای برآورد زی‌توده کل درخت و اجزاء مختلف آن هستند (Suchomel *et al*., 2012). به‌طور کلی، در پژوهش پیش‌رو نیز معادله‌های توانی، بهترین برازش را برای برآورد زی‌توده و اندوخته کربن بنه ارائه دادند. استفاده از قطر برابرسینه به‌عنوان یک متغیر

پیش‌بینی برای زی‌توده به‌صورت گسترده در پژوهش‌های پیشین گزارش شده است. به‌طوری‌که می‌توان گفت استفاده از این متغیر، عمومیت پیدا کرده است (Zianis *et al*., 2005). Sohrabi و Shirvani (۲۰۱۲) در بررسی معادله‌های آلومتریک به‌منظور برآورد زی‌توده روی زمینی بنه در پارک ملی خجیر، نتایج بهتری برای مدل توانی به‌دست آوردند. مدل های مورد بررسی در پژوهش مذکور، ضریب تبیین زیادی داشتند که بیانگر امکان توسعه معادله‌های آلومتریک مناسب برای بنه بود.

با توجه به نتایج این پژوهش (جدول ۵)، ارزش تقریبی هر هکتار جنگل بنه از نظر اندوخته کربن روی زمینی به‌طور متوسط ۶۹/۱ یورو است. با درنظر گرفتن وسعت ۵۰۰۰ هزار هکتاری منطقه مورد بررسی و آماربرداری انجام‌شده، مقدار اندوخته کربن منطقه توسط زی‌توده روی زمینی، ۳۰۵۵۰ تن به‌دست آمد که از این مقدار ۸۹/۷ درصد مربوط به کربن ذخیره‌شده در درختان بنه و ۱۰/۳ درصد هم مربوط به هوموس منطقه هستند. درختان با جذب اصلی‌ترین گاز گلخانه‌ای یعنی CO_2 و ذخیره آن به‌صورت کربن در برگ‌ها، شاخه‌ها، تنه و ریشه‌های خود، نقش مهمی در کاهش غلظت این گاز دارند. براساس برآوردهای پژوهش پیش‌رو، مقدار اندوخته کربن برای کل منطقه مورد مطالعه ۳۰۵۵۰ تن به‌دست آمد که معادل جذب ۱۱۲۱۱۸ تن CO_2 اتمسفری است. با توجه به قیمت جهانی ۱۲/۶ یورو به‌ازای هر تن کربن (Staun, 2010)، ارزش کل کربن ذخیره‌شده در منطقه مورد پژوهش برابر با ۳۸۴۹۳۰ یورو است.

منطقه جنگلی منج طی سال‌های طولانی با عواملی متعددی شامل چرای بی‌رویه دام، کشاورزی زیرآشکوب جنگل، بهره برداری بی‌رویه و غیراصولی از محصولات فرعی و عوامل مخرب دیگر مواجه بوده است. از این‌رو، صرف‌نظر از جنبه‌های اقتصادی (تولید میوه و چوب)، محیط‌زیستی (حفظ آب‌وخاک، تولید اکسیژن و بوم‌گردی) و بوم‌شناختی این گونه ارزشمند در بوم‌سازگان جنگلی زاگرس، خسارت ناشی از قطع هر پایه درخت بنه از جنبه ذخیره کربن قابل‌توجه است. این موضوع، ضرورت توجه مسئولان و برنامه‌ریزان منابع طبیعی کشور را در حفظ و احیای این گونه جنگلی گوشزد می‌کند.

منابع مورد استفاده

- Adl, H.R., 2007. Estimation of leaf biomass and leaf area index of two major species in Yasuj forests. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 15(4): 417-426 (In Persian).
- Alinejadi, S., Basiri, R., Tahmasebi Kohyani, P., Askari, Y. and Moradi, M., 2016. Estimation of biomass and carbon sequestration in various forms of *Quercus brantii* Lindl. stands in Balout Boland, Dehdez. Iranian Journal of Forest, 8(2): 129-139 (In Persian).
- Altanzagas, B., Luo, Y., Altansukh, B., Dorjsuren, C., Fang, J. and Hu, H., 2019. Allometric equations for estimating the above-ground biomass of five forest tree species in Khangai, Mongolia. Forests, 10(8): 661.
- Anonymous, 2004. Multipurpose Forestry Plan of Chigo-Bidleh. Final Report, Natural Resources and Watershed Administration of Chaharmahal and Bakhtiari, Shahrekord, 86p (In Persian).
- Backéus, S., Wikström, P. and Lämås, T., 2005. A model for regional analysis of carbon sequestration and timber production. Forest Ecology and Management, 216(1-3): 28-40.
- Campioli, M., Verbeeck, H., Lemeur, R. and Samson, R., 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 Discussions, 5: 3781-3823.
- Emmerich, W.E., 2003. Carbon dioxide fluxes in a semiarid environment with high carbonate soils. Agricultural and Forest Meteorology, 116(1-2): 91-102.
- Fang, S., Xue, J. and Tang, L., 2007. Biomass production and carbon sequestration potential in poplar plantations with different management patterns. Journal of Environmental Management, 85(3): 672-679.
- Grace, J., 2004. Understanding and managing the global carbon cycle. Journal of Ecology, 92(2): 189-202.
- Iranmanesh, Y., 2013. Assessment on biomass estimation methods and carbon sequestration of *Quercus brantii* Lindl. in Chaharmahal and Bakhtiari forests. Ph.D thesis, Faculty of Natural Resources and Mariane Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, 106p (In Persian).
- Iranmanesh, Y., Jalali, S.G.A., Sagheb-Talebi, Kh., Hosseini, S.M. and Sohrabi, H., 2013. Allometric equations of biomass and carbon stocks for *Quercus brantii* acorn and its nutrition elements in Lordegan,

rainfall in Southern Australia. Forest Ecology and Management, 254(2): 205-216.
- Peichl, M. and Arain, M.A., 2006. Above-and belowground ecosystem biomass and carbon pools in an age-sequence of temperate pine plantation forests. Agricultural and Forest Meteorology, 140(1-4): 51-63.
- Pourhashemi, M., Eskandari, S., Dehghani, M., Najafi, T., Asadi, A. and Panahi, P., 2012. Biomass and leaf area index of Caucasian Hackberry (*Celtis caucasica* Willd.) in Taileh urban forest, Sanandaj, Iran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 19(4): 609-620 (In Persian).
- Rousta, T., Fallah, A. and Amirnejad, H., 2013. Estimation of carbon storage for *Pistachio atlantica* Desf. (Case study: Firuzabad Pistachio and Amygdalus forest research, Fars province). Iranian Journal of Forest, 5(2): 131-139 (In Persian).
- Saatchi, S.S., Houghton, R.A., Dos Santos Alvalá, R.C., Soares, J.V. and Yu, Y., 2007. Distribution of aboveground live biomass in the Amazon basin. Global Change Biology, 13(4): 816-837.
- Sagheb Talebi, Kh., Sajedi, T. and Pourhashemi, M., 2014. Forests of Iran: A Treasure from the Past, A Hope for the Future. Springer, 152p.
- Snowdon, P., Raison, J., Keith, H., Ritson, P., Grierson, P., Adams, M., …. and Eamus, D., 2002. Protocol for sampling tree and stand biomass. National Carbon Accounting System, Technical report no. 31, Australian Greenhouse Office, Canberra, 67p.
- Sohrabi, H. and Shirvani, A., 2012, Allometric equations for estimating standing biomass of Atlantic Pistache (*Pistacia atlantica* var. *mutica*) in Khojir National Park. Iranian Journal of Forest, 4(1): 55-64 (In Persian).
- Staun, F., 2010. Examples of financial benefits of the CDM. UNEP Risoe Centre, Belize City, 15p.
- Suchomel, C., Pyttel, P., Becker, G. and Bauhus, J., 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.
- Thomas, S.C., Malczewski, G. and Saprunoff, M., 2007. Assessing the potential of native tree species for carbon sequestration forestry in Northeast China. Journal of Environmental Management, 85: 663-671.
- Thomas, S.C.A. and Martin, A.R., 2012. Carbon content of tree tissues: A synthesis. Forests, 3(2): 332-352.
- UNDP, 2000. Carbon sequestration in the decertified rangelands of Hossein Abad, through Community based management. Program Coordination, United Nations Development Programme, 7p.

Chaharmahal va Bakhtiari. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 20(4): 551-564 (In Persian).
- Jahanbazi Goujani, H., Iranmanesh, Y. and Talebi, M., 2016. Study on seed oil production in different diameter classes of wild pistachio (*Pistachia atlantica* Desf.) in Chaharmahal and Bakhtiari Province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 23(4): 660-670 (In Persian).
- Jahanbazi, H., Iranmanesh, Y. and Talebi, M., 2006. Seed production potential of pistachio forests of Chahrarmahal va Bakhtiari province and its economic effects on dwellers welfare. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 14(2): 159-167 (In Persian).
- Ketterings, Q.M., Coe, R., van Noordwijk, M., Ambagau, Y. and Palm, C.A., 2001. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. Forest Ecology and Management, 146(1-3): 199-209.
- Khademi, A., Babaei, S. and Mataji, M., 2009. Investigation on the amount of biomass and it's relationship with physiographic and edaphic factors in oak coppice stand (Case study Khalkhal, Iran). Iranian Journal of Forest, 1(1): 57-67 (In Persian).
- Lemma, B., Kleja, D.B., Nilsson, I. and Olsson, M., 2006. Soil carbon sequestration under different exotic tree species in the southwstern highlands of Ethiopia. Geoderma, 136: 886-898.
- 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(1-3): 355-368.
- Martin, A.R. and Thomas, S.C., 2011. A reassessment of carbon content in tropical trees. PLoS One, 6: e23533.
- Meng, S., Jia, Q., Liu, Q., Zhou, G., Wang, H. and Yu, J., 2019. Aboveground biomass allocation and additive allometric models for natural *Larix gmelinii* in the Western Daxing'anling Mountains, Northeastern China. Forests, 10(2): 150.
- Mirrajabi, H., Oladi, J. and Mataji, A., 2016. Estimating above ground carbon storage in urban afforestation using satellite data (Case Study: Chitgar Forest Park inTehran). Ecology of Iranian Forests, 4(7): 35-42 (In Persian).
- Panahi, P., Pourhashemi, M. and Hasani Nejad, M., 2011. Estimation of leaf biomass and leaf carbon sequestration of *Pistacia atlantica* in National Botanical Garden of Iran. Iranian Journal of Forest, 3(1): 1-12 (In Persian).
- Paul, K.I., Jacobsen, K., Koul, V., Leppert, P. and Smith, J., 2008. Predicting growth and sequestration of carbon by plantations growing in regions of low-

- Wang, J., Zhang, C., Xia, F., Zhao, X., Wu, L. and Gadow, K.V., 2011. Biomass structure and allometry of *Abies nephrolepis* (Maxim) in Northeast China. Silva Fennica, 45(2): 211-226.
- Wauters, J.B., Coudert, S., Grallien, E., Jonard, M. and Ponette, Q., 2008. Carbon stock in rubber tree plantations in Western Ghana and Mato Grosso (Brazil). Forest Ecology and Management, 255(7): 2347-2361.
- West, P.W., 2009. Tree and Forest Measurement, Second Edition. Springer, Berlin, 190p.
- Wilkes, P., Disney, M., Vicari, M.B., Calders, K. and Burt, A., 2018. Estimating urban above ground biomass with multi-scale LiDAR. Carbon Balance and Management, 13: 10.
- Zhang, Q., Wang, C., Wang, X. and Quan, X., 2009. Carbon concentration variability of 10 Chinese temperate tree species. Forest Ecology and Management, 258(5): 722-727.
- Zianis, D., Muukkonen, P., Mäkipää, R. and Mencuccini, M., 2005. Biomass and Stem Volume Equations for Tree Species in Europe. Silva Fennica Monographs, 4: 63p.
- Zobeiry, M., 1994. Forest Inventory (Measurement of Tree and Stand). University of Tehran Press, Tehran, 401p (In Persian).
- Geng, Y.B., Dong, Y.S. and Meng, W.Q., 2000. Progresses of terrestrial carbon cycle studies.Advance in Earth Science, 19: 297-306.

Non-destructive derivation of biomass and carbon stock of wild pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.)

A. Boiri Monji [1*], Y. Iranmanesh [2], A. Jaafari [3] and H. Jahanbazi Goujani [2]

1*- Corresponding author, M.Sc. Student, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran. E-mail: aminmonji66@yahoo.com

2- Assistant Prof., Research Division of Natural Resources, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahrekord, Iran

3- Associate Prof., Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

Received: 15.05.2020 Accepted: 28.07.2020

Abstract

This study was carried out to derive biomass of wild pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) and carbon stock based on non-destructive method in the Lordegan forests of Chaharmahal-o-Bakhtiari province. Initially 18 samples (with 1000 m^2 area) and 18 trees including six diameter classes were randomly selected, for which a number of quantitative characteristics were measured for all trees. Moreover, leaf and fruit biomasses were measured using direct method. The biomass estimation of the crown and trunk was conducted by measuring the actual volume and the specific gravity of the crown and trunk. In addition, litterfall biomass was estimated by 0.5 m^2 samples. The results showed the amount of above-ground carbon stock of pistachio to be 5.48 tons per hectare in the study area. Moreover, the smallest and largest amounts of carbon sequestration were found for fruits tree trunks, respectively. Litterfall carbon stock was also estimated at ca. 0.63 tons per hectare. Therefore, 112118 tons of CO_2 were absorbed by the wild pistachio trees in the study area. Based on the economic and ecological importance of wild pistachio trees in reducing atmospheric carbon and by additional emphasize on the valuable role of pistachio trees in the natural ecosystem of the Zagros, the results of this study can play an important role in the management of conservation and restoration.

Keywords: Above-ground organ, global warming, Lordegan, wild pistachio.