برآورد زی‌توده، ذخیره کربن و شاخص سطح برگ گونه ارغوان (*Cercis siliquastrum* L.) در ذخیره‌گاه جنگلی ارغوان ایلام

علی مهدوی[۱] و مهرداد میرزایی[۲*]

[۱] **ایران، ایلام، دانشگاه ایلام، دانشکده کشاورزی، گروه جنگلداری**

[۲] **ایران، صومعه‌سرا، دانشگاه گیلان، دانشکده منابع طبیعی، گروه جنگلداری**

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۶/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۱۰

چکیده

درختان جنگل، از مهم‌ترین و بزرگ‌ترین مخازن کربن در اکوسیستم‌های جنگلی بشمار می‌روند و تأثیر بسیار زیادی در کاهش انتشار کربن اتمسفری دارند. از این‌رو، چگونگی اندازه‌گیری و برآورد موجودی ذخایر کربن درختان جنگلی از مهم‌ترین موضوع‌های پژوهشی محققان اکولوژی است. هدف از این تحقیق، برآورد زی‌توده برگ، ذخیره کربن برگ و شاخص سطح برگ گونه ارغوان (*Cercis siliquastrum* L.) در ذخیره‌گاه جنگلی ارغوان استان ایلام بود. بدین منظور و با استفاده از روش نمونه-برداری تصادفی، ۳۰ اصله درخت ارغوان انتخاب و متغیرهای ارتفاع درخت، متوسط قطر تاج، تعداد جست و ارتفاع تاج اندازه-گیری شد. سپس برگ‌های یک‌چهارم تاج درختان نمونه جمع‌آوری شد. پس از خشک‌کردن در داخل آون، وزن خشک برگ‌ها تعیین شد. پس از سوزاندن مقدار کافی از برگ‌های خشک‌شده در کوره الکتریکی، وزن مواد آلی و مقدار کربن برگ‌ها بدست آمد. برای محاسبه شاخص سطح برگ از روش وزنی استفاده شد. همچنین برای تعمیم نتایج بدست‌آمده از درختان نمونه به‌کل جنگل از روش درخت متوسط استفاده شد. نتایج نشان داد که متوسط زی‌توده برگ، متوسط ذخیره کربن برگ و متوسط مقدار جذب دی‌اکسید کربن از جو به ترتیب ۵۳/۵۵، ۲۳/۴ و ۸۶/۰۲ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. متوسط شاخص سطح برگ گونه ارغوان در منطقه ۰/۰۵۸ بدست آمد. نتایج بررسی روابط آلومتریک با استفاده از روابط رگرسیونی خطی نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین متغیر متوسط قطر تاج با متغیرهای زی‌توده، ذخیره کربن و شاخص سطح برگ درختان ارغوان در جنگل-های ایلام وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: ترسیب کربن، روش درخت متوسط، زی‌توده برگ، ذخیره‌گاه جنگلی ارغوان.

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۸۷۴۲۹۲۵۹ ، پست الکترونیکی: mehrdadmirzaei28@gmail.com

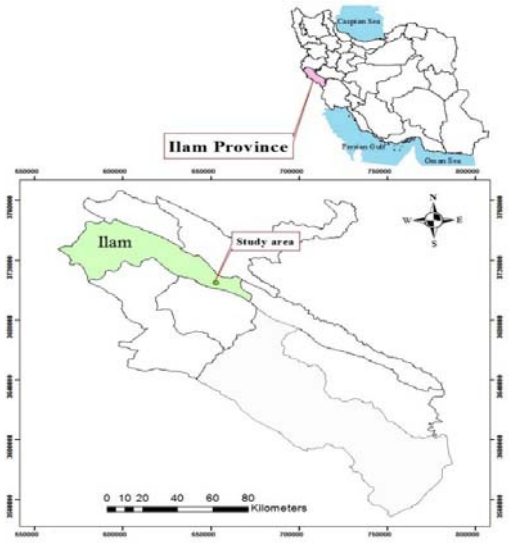
مقدمه

برآورد خدمات اکوسیستم‌ها از موضوعات مهم و جالب‌توجه است. عملکردهای جنگل بوسیله ساختار جنگل تعیین می‌شود که شامل دامنه وسیعی از خدمات اکوسیستمی و زیست‌محیطی مانند جلوگیری از آلودگی هوا و تعدیل دما است (۲۴). مهم‌ترین تأثیر جنگل‌ها بر آب‌وهوا، جذب دی‌اکسید کربن جو از برگ‌ها طی فرآیند فتوسنتز و استفاده از کربن آن برای ساخت زی‌توده، شامل برگ، ریشه، ساقه و میوه است (۷). باتوجه به اینکه سناریوی تغییرات اقلیم و گرمایش زمین یکی از مهم‌ترین و برجسته‌ترین معضلات محیط زیستی عصر حاضر محسوب می‌شود، ازاین‌رو کاهش انتشار کربن اتمسفری و ترسیب هرچه بیشتر کربن در اکوسیستم‌های جنگلی یکی از مهم‌ترین و بهترین راه‌حل‌های رفع این مشکل جهانی محسوب می‌شود (۹). یکی از مهم‌ترین مشخصه‌های

ساختاری اکوسیستم‌های جنگلی، سطح برگ می‌باشد که با توجه به اینکه محل انجام فتوسنتز و تولید ماده آلی است، لزوم بررسی این مشخصه بیشتر نمایان می‌شود. شاخص سطح برگ که بعنوان مجموع مساحت یک‌طرف برگ گیاهان در واحد سطح زمین تعریف می‌شود، بعنوان یک شاخص برای تشریح ساختار و تراکم تاج پوشش گیاهان استفاده می‌شود (۱۲). با اندازه‌گیری یا برآورد دقیق شاخص سطح برگ، می‌توان فرایندهای اکوسیستم موردنیاز برای ارزیابی تأثیرات آن بر تعادل اقلیم و اکوسیستم مانند تعرق و ذخیره کربن از طریق فتوسنتز را مشخص کرد (۲۶). مطالعه زی‌توده در اکوسیستم‌های جنگلی بیانگر مقدار ذخایر کربن موجود در جنگل است (۱۷). همچنین آگاهی از توزیع زی‌توده در اکوسیستم‌های جنگل به دو دلیل اهمیت دارد. اول بمنظور برآورد و محاسبه ترسیب کربن که از تبدیل جنگل به عرصه‌های غیرجنگلی حاصل می‌شود و دوم اینکه امکان اندازه‌گیری تغییرات زی توده در طول زمان وجود دارد. باتوجه به اینکه اندازه‌گیری زی-توده واقعی درختان بطور مستقیم در عرصه‌های جنگلی روش بسیار دقیق می‌باشد، اما بسیار وقت‌گیر و هزینه‌بر و به نیروی کارگری زیادی نیاز دارد. بااین‌وجود، استفاده از روش مستقیم در عرصه‌های محدود و درختان کوچک امکان‌پذیر است (۲۱). در سال‌های اخیر مطالعات متنوعی درزمینهٔ ترسیب کربن در مناطق جنگلی، توده‌های جنگل‌کاری شده و جنگل‌های شهری در نقاط مختلف جهان انجام‌گرفته است. عدل (۶) زی‌توده و شاخص سطح برگ دو گونه بلوط ایرانی و بنه را در جنگل‌های یاسوج برآورد کرد که نتایج نشان داد میزان زی‌توده برگ گونه‌های بلوط ایرانی و بنه بترتیب ۱۳۱۷/۳ و ۵۷/۲ کیلوگرم در هکتار و متوسط شاخص سطح برگ در منطقه مورد مطالعه حدود ۱/۲ است. پناهی و همکاران (۱) زی‌توده و مقدار کربن ذخیره برگ گونه بنه را در باغ گیاه‌شناسی ملی ایران برآورد کردند که نتایج نشان داد میزان زی‌توده برگ، کربن ترسیب شده و مقدار دی‌اکسید کربن ترسیب شده توسط برگ‌ها بترتیب ۶۹/۴، ۲۶/۲ و ۹۶/۳ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. خسروی و همکاران (۲۰۱۲) (۲۲) برآورد شاخص سطح برگ و سطح ویژه برگ گونه بلوط در جنگل‌های زاگرس شمالی پرداختند که نتایج نشان داد میزان شاخص سطح برگ و سطح ویژه برگ بترتیب ۱/۹۹ و ۱۳۶/۹ سانتی‌متر بر گرم بدست آمد. پیله‌ور و همکاران (۴). برآورد زی‌توده، کربن ترسیب یافته و متوسط سطح برگ درختان بلوط زاگرس میانی در جنگل‌های شهنشاه لرستان پرداختند که نتایج نشان داد میانگین زی‌توده، کربن ترسیب یافته و متوسط سطح برگ بترتیب ۸۶۰/۲۱، ۶۶۲/۴۸ کیلوگرم در هکتار و ۴۷۳۲ مترمربع در هکتار برآورد شد. فنگ و همکاران (۲۰۰۷) (۱۵) متوسط زی‌توده برگ درختان صنوبر با تراکم‌های کاشت متفاوت (چهار تیمار شامل تراکم کاشت ۱۱۱۱، ۸۳۳، ۶۲۵ و ۵۰۰ اصله در هکتار) و سنین متفاوت (۴، ۶، ۸ و ۱۰ ساله)، ۱/۹۸ تن در هکتار برآورد کردند. کهیانی و همکاران (۲۰۱۶) (۲۰). سطح برگ، زی‌توده برگ و شاخص سطح برگ گونه راش شرقی را در جنگل‌های چمستان شمال کشور برآورد کردند که نتایج نشان داد، میانگین این متغیرها بترتیب ۵۳/۰۵ سانتی‌مترمربع، ۰/۱۷۶ گرم و ۲/۱۶ است. با توجه به اینکه جنگل‌های غرب کشور از جنبه‌های تولیدی بویژه تولید چوب اهمیت چندانی ندارند، توجه به دیگر ارزش‌ها و خدمات این جنگل‌ها می‌تواند بیشتر مورد نظر قرارگیرد. باید توجه داشت که گونه‌های غالب هر منطقه، بدلیل برخورداری از سطح تاج پوشش بیشتر، نقش اصلی در ترسیب کربن رویشگاه ایفا می‌کنند (۱۶). توجه به فرایند ترسیب کربن بعنوان یکی از مهم‌ترین مسائل روز دنیا و تأثیر آن بر تعدیل اقلیم جهانی، توسط گونه‌های درختی ازجمله گونه ارغوان (*Cercis siliquastrum* L.) در جنگل‌های زاگرس موضوعی است که نیاز به توجه و مطالعه بیشتر دارد. بنابراین هدف این مطالعه، برآورد زی-توده، ذخیره کربن و شاخص سطح برگ گونه ارغوان در ذخیره‌گاه جنگلی ارغوان در استان ایلام بود.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه: تفرجگاه جنگلی ارغوان در فاصله سه کیلومتری شمال شرقی شهر ایلام در محدوده جنوب شرقی منطقه حفاظت‌شده مانشت و قلارنگ و در محدوده "۲۰ ′۳۸ °۴۶ تا "۳۷ ′۳۸ °۴۶ طول شرقی و "۴۷ ′۲۸ °۳۳ تا "۲۴ ′۲۸ °۳۳ عرض جغرافیایی واقع شده است (شکل ۱). ذخیره‌گاه جنگلی ارغوان جزو مناطق سردسیر استان ایلام بوده که از بارندگی متوسط بین ۵۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر در سال برخوردار است. متوسط درجه حرارت سالیانه منطقه ۱۷/۱۲ درجه سانتی‌گراد است. گونه گیاهی نادر و در حال انقراض آن ارغوان و گونه‌های همراه شامل بلوط، دافنه، کیکم و زالزالک است. این منطقه یکی از تنگه‌های متراکم جنگلی، صخره‌ای و کوهستانی بوده و باوجود جنگل انبوه بلوط در دو طرف جاده و تیغه‌های سنگی و زیبای کوهستان یکی از مکان‌های تفرجی و یکی از جاذبه‌های گردشگری شهر ایلام در همه فصول سال بویژه بهار و تابستان است (۸).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

روش تحقیق: بمنظور برآورد زی‌توده برگ ارغوان از روش مستقیم اندازه‌گیری یعنی جمع‌آوری برگ‌های درختان استفاده شد. برای این منظور تعداد ۳۰ اصله درخت ارغوان در منطقه‌ای به وسعت ۴ هکتار بصورت صد در صد آماربرداری شدند (۲). با توجه به هزینه‌بر و زمان‌بر بودن جمع‌آوری همه برگ‌های تاج درختان، یک چهارم همه برگ‌های تاج درختان جمع و وزن‌تر آن‌ها با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم محاسبه شد. سپس در دستگاه آون بمدت ۴۸ ساعت در درجه حرارت ۶۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا وزن خشک برگ‌ها تعیین شود. برای بدست آوردن وزن خشک همه برگ‌های یک درخت باتوجه به نسبت برگ‌های جمع‌آوری شده (یک‌چهارم)، اعداد بدست آمده را چهار برابر کرده تا وزن خشک همه برگ‌ها بدست آید (۲ و ۶).

برای محاسبه سطح برگ نیز ابتدا تعداد ۱۸۰ برگ از همه برگ‌های درختان جمع‌آوری شده انتخاب (۶ برگ از هر درخت بصورت تصادفی) و سپس با استفاده از نرم‌افزار Jmage J var. 1.46 سطح همه برگ‌ها محاسبه شد. برای محاسبه سطح برگ‌ها، ابتدا برگ‌ها بر روی کاغذ میلی‌متری قرار داده شد و با استفاده از دوربین عکاسی باکیفیت بالا از برگ‌ها عکسبرداری صورت گرفت. در مرحله بعد با استفاده از نرم‌افزار ذکر شده سطح برگ‌ها محاسبه شد. سپس با محاسبه وزن خشک این برگ‌ها و با استفاده از نسبت سطح برگ به وزن خشک، سطح همه برگ‌های درختان و درنهایت با استفاده از رابطه (۱) شاخص سطح برگ گونه ارغوان محاسبه شد (۲۲).

رابطه (۱) $$LAI = \frac{d \times \sum A_i}{n \times 10000}$$

LAI: شاخص سطح برگ

d: تعداد درختان (اصله در هکتار)

A_i: سطح برگ‌های یک اصله درخت (مترمربع)

n: تعداد نمونه‌ها

درصد کربن آلی برگ گونه ارغوان نیز از روش احتراق خشک با جریان هوا در کوره الکتریکی محاسبه شد (۱و ۶). برای محاسبه درصد کربن آلی، از برگ‌های خشک هر

درخت به مقدار کافی جدا (۴ نمونه یک گرمی از هر درخت) و بمدت ۲ ساعت در دمای ۴۵۰ درجه در داخل کوره قرار داده شدند (۱). خاکستر نمونه‌ها پس از خنک شدن، توزین شد. دراین روش کاهش وزن ناشی از احتراق، مقدار ماده آلی را نشان می‌دهد که بطور معمول ۵۰ درصد آن بعنوان کربن در نظر گرفته می‌شود (۱۸ و ۱۹). همچنین پس از اعمال ضریب ۳/۶۷ در مقدار کربن آلی ذخیره‌شده در برگ‌ها، مقدار جذب دی‌اکسید کربن از جو مشخص شد (۱، ۱۰و ۱۳). بمنظور تعمیم نتایج بدست‌آمده از اندازه‌گیری درختان نمونه به‌کل جنگل از روش درخت متوسط (Mean tree method) استفاده شد. دراین روش میانگین اطلاعات جمع‌آوری‌شده از هر قطعه‌نمونه و یا هر درخت نمونه، اندازه‌های درخت متوسط را معین می‌نماید. سپس با محاسبه تعداد کل درختان در واحد سطح جنگل موردنظر و ضرب نمودن اندازه‌های درخت متوسط به تعداد کل درختان، هدف مورد نظر بدست آمد (۵ و ۶). بمنظور بررسی روابط آلومتریک بین متغیرهای زی‌توده، ذخیره کربن و شاخص سطح برگ از رگرسیون خطی استفاده شد. تجزیه‌وتحلیل‌های آماری در نرم‌افزار IBM SPSS 22 انجام شد.

نتایج

نتایج آزمون کولموگروف- اسمیرنف نشان داد که داده‌ها از توزیع نرمال برخوردار هستند. آمارهای توصیفی مربوط به اندازه‌های درخت متوسط در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- آماره‌های توصیفی مؤلفه‌های مختلف درخت متوسط

مشخصه	میانگین	انحراف معیار	درصد ضریب تغییرات
ارتفاع (متر)	۴/۴۷	±۱/۳۸	۳۰/۸۷
ارتفاع تاج (متر)	۳/۱۴	±۱/۱۴	۳۶/۳۰
متوسط قطر تاج (متر)	۴/۰۱	±۱/۲۳	۳۰/۶۷
تعداد جست	۱۵/۱۶	±۵/۲۹	۳۴/۸۹
شاخص سطح برگ	۰/۰۵۸	±۰/۰۲۴	۴۱/۸۵
زی‌توده برگ (کیلوگرم)	۷/۱۴	±۳/۰۲	۴۲/۲۹
ذخیره کربن برگ (کیلوگرم)	۳/۱۲	±۱/۳۰	۴۱/۶۶
مقدار جذب CO_2 از جو (کیلوگرم)	۱۱/۴۷	±۴/۸۰	۴۱/۸۴

با در نظر گرفتن اندازه‌های درخت متوسط، محاسبات مربوط به متوسط زی‌توده برگ در واحد سطح و همچنین متوسط ذخیره کربن برگ درختان ارغوان در واحد سطح انجام شد. تعداد درختان ارغوان در منطقه مورد مطالعه ۷/۵ اصله در هکتار بدست آمد. نتایج نشان داد که میزان زی-توده برگ، مقدار ذخیره کربن برگ و مقدار جذب CO_2 از جو بترتیب ۵۳/۵۵، ۲۳/۴ و ۸۶/۰۲ کیلوگرم در هکتار بدست آمد.

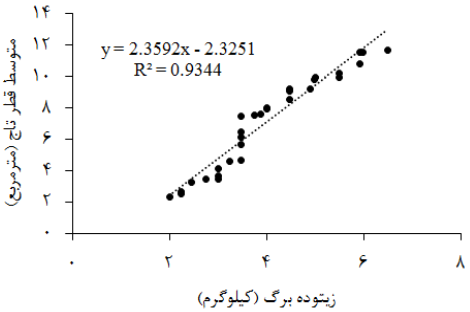
همبستگی بین متغیرهای وابسته زی‌توده، ذخیره کربن و شاخص سطح برگ با متغیرهای مستقل ارتفاع، ارتفاع تاج، تعداد جست و متوسط قطر تاج در جدول ۲ ارائه شده است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد تنها همبستگی بین متغیرهای وابسته با متغیر متوسط قطر تاج معنی‌دار است. بنابراین برای بررسی روابط آلومتریک از متوسط قطر تاج درختان استفاده شد.

جدول ۲- نتایج همبستگی بین متغیرهای وابسته با متغیرهای برآورد کننده

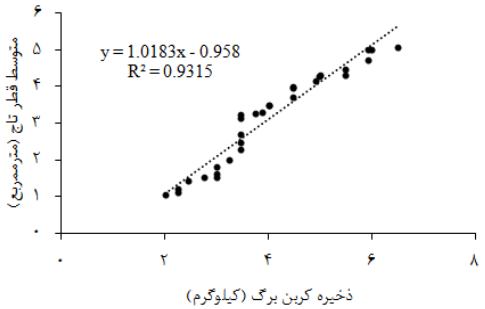
متغیر وابسته	ارتفاع	ارتفاع تاج	تعداد جست	متوسط قطر تاج
شاخص سطح برگ	-۰/۰۰۸	-۰/۱۱۵	-۰/۲۳۶	۰/۹۳۱**
زی‌توده برگ	-۰/۰۴۷	-۰/۱۷۴	-۰/۲۰۹	۰/۹۶۷**
ذخیره کربن برگ	-۰/۰۵۵	-۰/۱۷۶	-۰/۲۱۱	۰/۹۶۵**

** همبستگی معنی‌دار در سطح ۰/۰۱

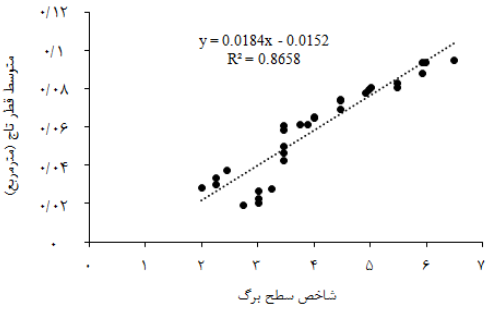
پس از انجام رگرسیون خطی، روابط آلومتریک برای برآورد زی‌توده برگ، ذخیره کربن برگ و شاخص سطح برگ گونه ارغوان بدست آمدند. نتایج نشان داد که مدل-های بدست آمده از ضریب تبیین تعدیل یافته مناسبی برخوردار هستند (جدول۳). همچنین روابط بین متغیرهای وابسته زی‌توده برگ، ذخیره کربن برگ و شاخص سطح برگ با متغیر متوسط قطر تاج در شکل‌های ۲ تا ۴ ارائه شده است.



شکل ۲- رابطه آلومتریک بین متغیر زی‌توده برگ و متوسط قطر تاج



شکل ۳- رابطه آلومتریک بین متغیر ذخیره کربن برگ و متوسط قطر تاج



شکل ۴- رابطه آلومتریک بین متغیر شاخص سطح برگ و متوسط قطر تاج

جدول ۳- معادلات آلومتریک برای متغیرهای وابسته زی‌توده برگ، ذخیره کربن برگ و شاخص سطح برگ ارغوان

مدل	معادله مدل	R^2	R^2 adj	SEE
زی‌توده برگ	$Y_1 = -۲/۳۲۵ + ۲/۳۵۹ D$	۰/۹۳۴	۰/۹۳۲	۰/۷۸۹
ذخیره کربن برگ	$Y_2 = -۰/۹۶۳ + ۱/۰۱۹ D$	۰/۹۳۲	۰/۹۲۹	۰/۳۴۸
شاخص سطح برگ	$Y_3 = -۰/۰۱۵ + ۰/۰۱۸ D$	۰/۸۶۶	۰/۸۶۱	۰/۰۰۹

Y_1: زی‌توده برگ (کیلوگرم)، Y_2: ذخیره کربن برگ (کیلوگرم)، Y_3: شاخص سطح برگ (کیلوگرم)، D: متوسط قطر تاج (متر)

باتوجه به مقدار F و سطح معنی‌داری بدست‌آمده از تجزیه واریانس، روابط رگرسیونی بدست‌آمده با اطمینان ۹۹ درصد تأیید می‌شوند (جدول ۴). آزمون معنی‌دار بودن ضرایب مدل نیز در جدول ۵ نشان داده شده است. با توجه به مقادیر سطح معنی‌داری مشخص شد که ضرایب روابط نیز در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار هستند.

جدول ۴- نتایج آنالیز واریانس رابطه‌های رگرسیونی بررسی‌شده

متغیر وابسته	مدل	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	معنی‌داری
زیتوده برگ	رگرسیون	۱	۲۴۷/۹۸	۲۴۷/۸۹	۳۹۸/۵۱	۰/۰۰
	باقی‌مانده	۲۸	۱۷/۴۱	۰/۶۲۲		
	مجموع	۲۹	۲۶۵/۳۱			
ذخیره کربن برگ	رگرسیون	۱	۴۶/۲۸	۴۶/۲۸	۳۸۱/۴۱	۰/۰۰
	باقی‌مانده	۲۸	۳/۳۹	۰/۱۲۱		
	مجموع	۲۹	۴۹/۶۸			
شاخص سطح برگ	رگرسیون	۱	۰/۰۱۵	۰/۰۱۵	۱۸۰/۸۰	۰/۰۰
	باقی‌مانده	۲۸	۰/۰۰۲	۰/۰۰		
	مجموع	۲۹	۰/۰۱۷			

جدول ۵- ضرایب رابطه‌های رگرسیون به‌دست‌آمده و آزمون معنی‌داری آن‌ها

متغیر وابسته	مدل	ضریب استاندارد نشده		ضرایب استانداردشده	t	معنی‌داری
		B	اشتباه معیار	Beta		
زیتوده برگ	مقدار ثابت	-۲/۳۲۵	±۰/۴۹۶	۰/۹۶۷	-۴/۶۹۲	۰/۰۰۰
	متوسط قطر تاج	۲/۳۵۹	±۰/۱۱۸		۱۹/۹۶۳	۰/۰۰۰
ذخیره کربن برگ	مقدار ثابت	-۰/۹۵۸	±۰/۲۱۹	۰/۹۶۵	-۴/۳۹۹	۰/۰۰۰
	متوسط قطر تاج	۱/۰۱۸	±۰/۰۵۲		۱۹/۵۳۰	۰/۰۰۰
شاخص سطح برگ	مقدار ثابت	-۰/۰۱۵	±۰/۰۰۶	۰/۹۳۱	-۲/۶۶۲	۰/۰۱۳
	متوسط قطر تاج	۰/۰۱۸	±۰/۰۰۱		۱۳/۴۴۷	۰/۰۰۰

بحث و نتیجه گیری

در بیشتر مطالعات انجام‌شده در ایران میزان زی‌توده اندام-های هوایی بعنوان جایگزینی برای میزان ترسیب کربن در نظر گرفته شده است (۹). تعیین میزان زی‌توده و کربن ترسیب شده در برگ گونه ارغوان می‌تواند نقطه شروعی برای این‌چنین مطالعاتی بر روی گونه‌های جنگلی ذخیره‌گاه‌ها و مقایسه توان آن‌ها در ترسیب دی‌اکسید کربن اتمسفر باشد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که میانگین شاخص سطح برگ گونه ارغوان در جنگل‌های ایلام ۰/۰۵۸ بدست آمد (جدول ۱) در حالی‌که عدل (۶) شاخص سطح برگ گونه‌های بلوط و بنه در جنگل‌های یاسوج را ۱/۲ برآورد کرد که به‌مراتب بیشتر از مقدار شاخص سطح برگ گونه ارغوان در تحقیق حاضر است. از دلایل تفاوت می‌توان به تعداد گونه‌های بررسی‌شده، تفاوت در نوع گونه و نیازهای اکولوژیک گونه‌های موردبررسی اشاره کرد. همچنین تراکم گونه‌های مورد بررسی از دیگر دلایل تفاوت نتایج است بطوری که در تحقیق حاضر تعداد در هکتار درختان ارغوان ۷/۵ اصله بدست آمد درحالی‌که در مطالعه عدل (۶) تعداد در هکتار گونه بلوط و بنه بترتیب ۸۹/۸۶ و ۵/۰۵ اصله بدست آمد. خسروی و همکاران (۲۰۱۲) (۲۲) نیز شاخص سطح برگ گونه .*Quercus libani* Olive را در جنگل‌های زاگرس شمالی ۱/۹۹ برآورد کرد که با نتایج شاخص سطح برگ گونه ارغوان تفاوت زیادی دارد. از دلایل تفاوت می‌توان به تراکم گونه‌های بررسی شده اشاره کرد که در تحقیق حاضر تعداد در هکتار درختان ارغوان ۷/۵ اصله بدست آمد درحالی‌که در مطالعه خسروی و همکاران (۲۰۱۲) (۲۲). تعداد در هکتار گونه بلوط ۳۰۲ اصله بدست آمد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که میزان زی‌توده و کربن ذخیره شده در برگ گونه ارغوان بترتیب ۵۳/۵۵ و ۲۳/۴ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. عدل (۶) در جنگل‌های یاسوج، میزان زی‌توده برگ گونه بنه را ۵۷/۲ کیلوگرم در هکتار و گونه بلوط را ۱۳۱۷/۳ کیلوگرم در هکتار برآورد کرد. علی‌رغم اینکه گونه بنه (۵/۰۵ اصله در هکتار) نسبت به گونه ارغوان (۷/۵ اصله در هکتار) بررسی شده در تحقیق حاضر، از تراکم کمتری برخوردار است، اما گونه بنه به دلیل داشتن سطح تاج بزرگ‌تر نسبت به گونه ارغوان و همچنین گونه بلوط (۸۹/۸۶ اصله در هکتار) به دلیل داشتن تراکم بیشتر نسبت به گونه ارغوان (۷/۵ اصله در هکتار) از مقدار زی‌توده و ترسیب کربن بیشتری برخوردار هستند. پناهی و همکاران (۳) میزان زی‌توده و ذخیره کربن برگ گونه بلوط ایرانی را بترتیب ۲۸۲/۱ و ۱۴۰/۲ کیلوگرم در هکتار برآورد کردند که با توجه گستردگی تاج درختان بلوط ایرانی و همچنین تراکم بیشتر این درختان نسبت به درختان ارغوان، مقدار زی‌توده و کربن ترسیب شده در آنها بیشتر است. همچنین در مطالعه پناهی و همکاران (۱) میزان دی‌اکسید کربن ترسیب شده توسط برگ‌های درختان بنه ۹۶/۳ کیلوگرم در هکتار بدست آمد درحالی‌که مقدار دی‌اکسید کربن ترسیب شده توسط برگ‌های درختان

ارغوان در تحقیق حاضر ۸۶/۰۲ کیلوگرم در هکتار بدست آمد، که بدلیل کمتر بودن سطح تاج و مقدار زی‌توده برگ درختان ارغوان نسبت به درختان بنه، مقدار دی‌اکسید کربن ترسیب شده برگ درختان ارغوان کمتر از بنه برآورد شد. اسلام دوست و همکاران (۲۰۱۷) (۱۴) نتایج نشان دادند که میزان زی‌توده برگ سه گونه توسکای ییلاقی، صنوبر دلتوئیدس و دارتالاب در جنگل‌کاری‌های شهرستان آمل بترتیب ۱۲۰۳۲/۵۵، ۲۴۹۰/۶۲ و ۶۵۰۶/۶ کیلوگرم در هکتار برآورد شد که بدلیل تعداد در هکتار زیاد این گونه‌ها و همچنین جنگل‌کاری بودن این نوع گونه‌ها، میزان زی-توده گونه‌های مذکور به‌مراتب بیشتر از نتایج تحقیق حاضر بدست آمد.

در بررسی روابط آلومتریک مشخص شد که متغیر متوسط قطر تاج نسبت به دیگر متغیرهای مستقل بررسی‌شده بیشترین میزان همبستگی با متغیرهای وابسته زی‌توده، ذخیره کربن و شاخص سطح برگ را دارد (جدول ۲) و به همین دلیل در مدل‌های بدست‌آمده از این مشخصه استفاده شد که نتایج مدل‌ها نشان داد که همه مدل‌ها از دقت قابل قبولی برخوردار هستند و این نتایج بدلیل همبستگی خیلی بالا بین متغیرهای وابسته ذکرشده در بالا و متغیر برآورد کننده متوسط قطر تاج می‌باشد. پناهی و همکاران (۱) نیز نشان دادند که در بررسی روابط آلومتریک زی‌توده برگ درختان بنه در باغ گیاه‌شناسی ملی ایران، متوسط قطر تاج تأثیرگذارترین عامل در مدل بدست‌آمده بوده است که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. در تحقیق دیگر عدل (۶) نشان داد که متغیر قطر برابرسینه نسبت به دیگر متغیرها اهمیت بیشتری در تعیین زی‌توده برگ گونه‌های بلوط و بنه در جنگل‌های یاسوج دارد که با نتایج تحقیق حاضر بدلیل تفاوت در گونه‌های مورد بررسی و شرایط رویشگاهی همخوانی ندارد. بررسی روابط آلومتریک نشان داد که مقدار ضریب تبیین تعدیل یافته مدل‌های بدست آمده نشان‌دهنده این مطلب است که مدل‌های بدست آمده قابلیت تبیین تغییرات زی‌توده برگ، ذخیره کربن و شاخص سطح برگ درختان ارغوان را براساس متغیر متوسط قطر تاج‌دارند (جداول ۳ تا ۵). بررسی روابط آلومتریک نشان داد که مقدار ضریب تبیین (R^2) بدست‌آمده برای متغیر زی‌توده برگ بیانگر این است که ۹۳/۴ درصد از تغییرات زی‌توده برگ‌بر اساس متغیر متوسط قطر تاج توجیه می‌شود که این مقدار برای متغیر وابسته ذخیره کربن برگ ۹۳/۲ درصد و برای متغیر شاخص سطح برگ ۸۶/۶ درصد است (جدول ۳). در مطالعه عدل (۶) در مورد زی‌توده برگ، یک مدل لگاریتمی خطی (R^2 =۰/۹۵) با استفاده از متغیر قطر برابرسینه برای برآورد زی‌توده برگ درختان بنه در جنگل‌های یاسوج ارائه شد. کومار سارکر و همکاران (۲۰۱۳) (۲۳) به بررسی ۱۶ معادله آلومتریک مختلف بمنظور برآورد زی‌توده برگ گونه *Artocarpus chaplasha* براساس متغیرهای قطر برابرسینه و ارتفاع درختان در جنگل‌های بنگلادش پرداختند که نتایج نشان داد بهترین مدل‌ها با بیشترین میزان ضریب تبیین مربوط به مدل‌هایی با تنها یک متغیر پیش‌بینی کننده می‌باشد. در تحقیق حاضر نیز از متغیر برآورد کننده متوسط قطر تاج بعنوان تنها متغیر پیش‌بینی کننده در برآورد زی-توده، شاخص سطح برگ و میزان ذخیره کربن برگ گونه ارغوان استفاده شد که نتایج ضریب تبیین تعدیل یافته قابل‌قبول می‌باشد. همچنین کالوو-آلوارادو و همکاران (۲۰۰۸) (۱۱)، سوشا وویزیک (۲۰۰۷)(۲۵) نشان دادند که بیشتر از ۸۰ درصد تغییرات زی‌توده برگ گونه *Pinus sylvestris* L. براساس متغیر قطر برابرسینه قابل توجیه می‌باشد که در بررسی حاضر نتایج نشان داد این مقدار برای متغیر وابسته زی‌توده، ذخیره کربن و شاخص سطح برگ گونه ارغوان با استفاده از متغیر برآورد کننده متوسط قطر تاج بیشتر از ۸۰ درصد است (جدول ۳). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که بین متغیرهای وابسته زی‌توده برگ، مقدار کربن ذخیره شده و شاخص سطح برگ درختان ارغوان ارتباط معنی‌داری وجود دارد و براساس آنالیز رگرسیون‌های خطی، مدل‌هایی بدست آمد که با دقت

خوبی شاخص‌های ذکرشده را برآورد می‌کنند (جدول‌های ۴ و ۵). نتایج حاصل از این تحقیق نشان‌دهنده توانایی اندازه‌گیری ترسیب کربن در برگ گونه ارغوان با استفاده از معادلات آلومتریک است. در سایر مطالعات انجام‌شده زی-توده برگ مورد اندازه‌گیری قرارگرفته است درحالی‌که دراین مطالعه به روش مستقیم میزان کربن ترسیب یافته در برگ گونه ارغوان اندازه‌گیری شد. ارائه نتایج مربوط به مدل‌های انتخاب شده می‌تواند یک معیار در زمینه مقایسه مقادیر زی‌توده و شرایط رویشگاهی ارغوان و درنتیجه نحوه مدیریتی جنگل‌های تحت مطالعه در تحقیق حاضر محسوب شود.

منابع

۱- پناهی، پ.، پورهاشمی، م.، و حسنی‌نژاد، م.، ۱۳۹۰. برآورد زیتوده و ذخیره کربن برگ گونه بنه در باغ گیاه‌شناسی ملی ایران. مجله جنگل ایران، ۳(۱)، صفحات ۱۲-۱.

۲- پناهی، پ.، پورهاشمی، م.، و حسنی‌نژاد، م.، ۱۳۹۲. مقایسه سطح ویژه برگ گونه بلوط بومی زاگرس در باغ گیاه‌شناسی ملی ایران، مجله بوم‌شناسی جنگل‌های ایران، ۱(۲)، صفحات ۲۶-۱۲.

۳- پناهی، پ.، پورهاشمی، م.، و حسنی‌نژاد، م.، ۱۳۹۳. آلومتری زی-توده و ذخیره کربن برگ بلوط‌های باغ گیاه‌شناسی ملی ایران. مجله پژوهش‌های گیاهی، ۲۷(۱)، صفحات ۲۲-۱۲.

۴- پیله‌ور، ب.، میرآزادی، ز.، طاهری آبکنار، ک.، و ویسکرمی، ز.، ۱۳۹۳. برآورد زیست‌توده، کربن ترسیب یافته و متوسط سطح برگ درختان بلوط زاگرس میانی (مطالعه موردی جنگل‌های شهنشاه لرستان)، مجله گیاه و زیست‌بوم، ۱۰(۴۱)، صفحات ۹۲-۸۱.

۵- روحی‌مقدم، ع.، ۱۳۹۳. بررسی ارتباط بین شاخص سطح برگ و میزان ترسیب کربن در خاک توده‌های جنگلی خالص و آمیخته دست کاشت بلندمازو (مطالعه موردی: جنگل‌های جلگه‌ای چمستان)، مجله اکوسیستم‌های طبیعی ایران، ۵(۴)، صفحات ۲۲-۱۱.

۶- عدل، ح.، ۱۳۸۶. برآورد بیوماس برگ و شاخص سطح برگ دو گونه عمده در جنگل‌های یاسوج. مجله تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۵(۴)، صفحات ۴۲۶-۴۱۷.

۷- مقدم، م. ر.، ۱۳۸۰. اکولوژی توصیفی و آماری پوشش گیاهی. انتشارات دانشگاه تهران، ۲۴۸صفحه.

۸- مهدوی، ع.، امیدی، ز.، اسدفلسفی‌زاده، ن.، و سایه‌میری، ع.، ۱۳۹۶. ارش‌گذاری تفرجی ذخیره‌گاه جنگلی ارغوان استان ایلام با استفاده از روش ارزش‌گذاری مشروط، مجله پژوهش و توسعه جنگل، ۳(۲)، صفحات ۱۱۸-۱۰۷.

۹- واحدی، ع. ا.، ۱۳۹۶. اندازه‌گیری و مدل‌سازی آلومتری ترسیب کربن تنه تجاری درختان در جنگل آمیخته راش شرقی (*Fagus orientalis* Lipsky). مجله پژوهش‌های گیاهی، ۳۰(۳)، صفحات ۶۳۲-۶۱۹.

10- Brooks, R., 1998. Carbon Sequestration, what's that? UI Extension Forestry Information Series, *Forest Management* No: 32, 2 p.

11- Calvo-Alvarado, J., Mcdowell, N., and Waring, R., 2008. Allometric relationships predicting foliar biomass and leaf area: sapwood area ratio from tree height in five Costa Rican rain forest species, *Tree Physiology*, 28, PP: 1601-1608.

12- Cotter, M., Asch, F., Hilger, T., Rajaona, A., Schappert, A., Stuerz, S., and Yang, X., 2017. Measuring leaf area index in rubber plantations −a challenge. *Ecological Indicators*, 82, PP: 357-366.

13- Environmental science activities for the 21st century (ESA21). 2008. Trees and carbon, 13p.

14- Eslamdoust, J., Sohrabi, H., Hosseini, S. M., and Naseri, B., 2017. Leaf biomass and leaf area equations for three planted trees in Iran, European Journal of Biological Research, 7(1), PP: 50-58.

15- 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, PP: 672-679.

16- Hill, M. J., Braaten, R., and Mckeon, G. M., 2003. A scenario calculator for effect of grazing land management on carbon stocks in Australian rangelands, *Environmental Modeling & Software*, 18(7), PP: 627-644.

17- Husch, B., Beers T. W., and Kershaw, J. A., 2003. Forest mensuration. 4th Edition, John Wiley and Sons Inc., 443 p.

18- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2003. Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan, 599 p.

19- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volum 1; General guidance and reporting. Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan, 309 p.

20- Kahyani, S., Sohrabi, H., Hosseini, S. M., and Vanclay, J., 2016. LAI and leaf biomass allometric equations for three common tree species in a Hyrcanian temperate forest. Open Journal of Forestry, 6, PP: 1-7.

21- Ketterings, Q. M., Coe, R., Noordwijk, M. V., 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, PP: 199-209.

22- Khosravi, S., Namiranian, M., Ghazanfari, H., and Shirvani, A., 2012. Estimation of leaf area index and assessment of its allometric equations in oak forests: Northern Zagros, Iran, *Journal of Forest Science*, 58(3), PP: 116-122.

23- Kumar Sarker, S., Das, N., Chowdhury, M. Q., and Haque, M. M., 2013. Developing allometric equations for estimating leaf area and leaf biomass of Artocarpus chaplasha in Raghunandan Hill Reserve, Bangladesh, *Southern Forests: a Journal of Forest Science*, 75, PP: 51-57.

24- Nowak, L., 1996. Estimating leaf area and leaf biomass of open-grown deciduous urban trees, *Forest Science*, 24(4), PP: 504-507.

25- Socha, J., and Wezyk, P., 2007. Allometric equations for estimating the foliage biomass of Scots Pine, *European Journal of Forest Research*, 126, PP: 263-270.

26- Sprintsin, M., Cohen, S., Maseyk, K., Rotenberg, E., Grünzweig, J., Karnieli, A., and Yakir, D., 2011. Long term and seasonal courses of leaf area index in a semi-arid forest plantation, *Agriculture and Forest Management*, 151, PP: 565–574.

Estimation of leaf biomass, leaf carbon sequestration and leaf area index of *Cercis siliquastrum* L. in forests of Ilam

Mirzaei M. [1] and Mahdavi A.[2]

[1] Dept. of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowme Sara, I.R. of Iran.

[2] Dept. of Forestry, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, I.R. of Iran.

Abstract

Forest trees are considered as most important and huge carbon pools in the forest ecosystems and have a great influence on the reduction of carbon emission in the atmosphere. Therefore, how to measure and estimate the carbon stored in the trees is the main issue for ecologists. The aim of this study was to estimate of leaf biomass and leaf carbon sequestration of *Cercis siliquastrum* L. in Arghavan forests reserves of Ilam. For this purpose, 30 trees were selected using random sampling method and height, mean diameter of crown, number of sprout and crown length variables were measured. All leaves of 1/4 crown area were collected. After of drying, dry weighted of leaves calculated. Enough quantity of leaves was burned in electrical kiln to calculate the carbon storage. To calculate of leaf area index was used gravimetric method. Mean tree method was used to generalize the result to the whole forest. Based on results, mean of leaf biomass, mean of leaf carbon sequestration and mean of atmosphere CO_2 absorption were 53.55, 23.4 and 86.02 kg per hectare, respectively. Mean of leaf area index in studied area was 0.058. The results of allometric using of linear regression showed that there was a significant and positive correlation between of mean diameter of crown with leaf biomass, carbon sequestration and leaf area index variables in Ilam forests.

Key words: Carbon sequestration, mean tree method, leaf biomass, Arghavan forests reserves.