

برآورد زی توده، کربن ترسیب یافته و سطح برگ گونه کیکم (*Acer monspessulanum*) در جنگل های زاگرس
میانی (بررسی موردی: منطقه قلعه گل استان لرستان)

زهره خلیلی اردلی^{۱*}، زهرا میرآزادی^۲ و رامین منصورسمائی^۳

- ۱- دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران. (khalilizohre211@gmail.com)
- ۲- دکتری جنگلداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران. (z_mirazadi@yahoo.com)
- ۳- دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم و کشاورزی ساری، ساری، ایران. (ramin.samaee@gmail.com)

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۱/۲۶

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۹/۲۰

چکیده

این پژوهش برای بررسی مقدار ترسیب کربن و زی توده درختان کیکم در منطقه قلعه گل استان لرستان انجام شد. از این رو با استفاده از روش نمونه برداری کاملاً تصادفی، تعداد ۳۰ اصله درخت کیکم انتخاب شدند و ویژگی های کمی مانند قطر بزرگ و کوچک تاج، ارتفاع درخت، طول تاج و قطر برابر سینه مورد نظر در آنها اندازه گیری شد. سپس تعداد پنج برگ در ارتفاع یک و نیم متری از هر چهار جهت تاج درخت جمع آوری و وزن تر و وزن خشک آنها اندازه گیری شد. بعد از احتراق برگ ها و توزین خاکستر برگ های خشک شده، مقدار کربن به دست آمد. همچنین مقدار دی اکسید کربن جذب شده توسط برگ ها پس از اعمال ضریب ۳/۶۷ در مقدار کربن آلی ذخیره شده در برگ ها برآورد شد. نتایج نشان داد که میانگین زی توده، کربن ترسیب یافته و متوسط مقدار جذب دی اکسید کربن از جو در هکتار به ترتیب ۸/۱۷ و ۸/۵۷ و ۳۱/۴۵ کیلوگرم و مقدار سطح برگ ۰/۸۶۸ متر مربع در هکتار برآورد شد. تفاوت معنی داری بین میانگین کربن ترسیب یافته و زی توده برگ، در چهار جهت جغرافیایی تاج درخت وجود دارد. در حالی که میانگین سطح برگ در احتمال ۹۵ درصد تفاوت معنی داری را نشان نداد. مقدار زی توده برگ در جهت شرق و مقدار کربن ترسیب یافته در جهت غربی بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند.

واژه های کلیدی: ترسیب کربن، جنگل قلعه گل، زی توده، کیکم.

مقدمه

تعیین هرچه دقیق‌تر زی‌توده درختان، سهم جنگل را در چرخه جهانی کربن مشخص می‌کند، به‌علاوه در مدیریت پایدار منابع طبیعی بسیار اهمیت دارد (Zianis and Mencuccini, 2003). از سوی دیگر دلیل اهمیت بررسی زی‌توده در اکوسیستم‌های جنگلی این است که مقدار زی‌توده هم بیانگر توان تولید در واحد سطح یا زمان (مقدار ذخایر کربن موجود در جنگل) است و هم بر چرخه‌های بیوژئوشیمیایی تغییر تراکم در جنگل تأثیر می‌گذارد (Husch et al., 2003). لازمه مدیریت بوم-سازگان جنگل آگاهی از جنبه‌های مختلف آن است. یکی از ابعاد ناشناخته در جنگل‌های کشور، اطلاع داشتن از مقادیر شاخص سطح برگ در قسمت‌های مختلف این بوم‌سازگان است (Deljouei et al., 2016). سطح برگ نیز به‌عنوان متغیر اصلی کنترل کربن و سیستم آبی اکوسیستم جنگل است (Davi et al., 2008). همچنین از شاخص‌های مهم در بسیاری از پژوهش‌های اکولوژیکی و عامل تعیین‌کننده جذب تابش، فتوسنتز، تجمع ماده خشک و انتقال انرژی توسط پوشش گیاهی است (Jonkheere et al., 2004). شاخص سطح برگ به‌عنوان یک شاخص اکولوژیک در فرآیندهای بیولوژیکی گیاهان محسوب می‌شود (Pourhashami et al., 2012). زیرا سطح اصلی تبادل ماده و انرژی بین تاج درختان و اتمسفر است (Majasalmi et al., 2013). در سال‌های اخیر پژوهش‌های متعددی در ارتباط با ترسیب کربن در کشورهای مختلف جهان انجام شده است. Panahi و همکاران (2011)، به بررسی میزان زی‌توده و ذخیره کربن برگ گونه بنه درباغ گیاه‌شناسی ملی ایران پرداختند، نتایج نشان داد که مقدار زی‌توده برگ، کربن ترسیب‌یافته و مقدار دی‌اکسیدکربن از جو در هکتار به‌ترتیب ۶۶/۴، ۲۶/۲، ۹۶/۳ کیلوگرم برآورد شد. (Adl, 2008). پژوهشی بر روی دو گونه بنه و بلوط ایرانی (*Quercus*

تغییر اقلیم و افزایش گرمای کره زمین به عقیده بسیاری از پژوهشگران ناشی از افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر است (Brooks, 1998). دی‌اکسید کربن یکی از مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای است که در دهه‌های اخیر افزایش مقدار آن در اتمسفر سبب گرم شدن هوای کره زمین شد (Panahi et al., 2011). جنگل‌ها از مهم‌ترین اکوسیستم‌های خشکی هستند و نقش مهمی در جریان انرژی، ماده و تبدیل این دو بین زمین و اتمسفر بازی می‌کنند (Sun et al., 2004). جنگل‌ها و اقلیم جهانی به‌واسطه چرخه جهانی کربن باهم در ارتباط بوده و بیش از ۸۰ درصد کربن روی زمین موجود در بوم-سازگان‌های خشکی در جنگل‌ها ذخیره شده‌اند (Singh, 2011). ترسیب کربن عبارت است از تغییر دی‌اکسید کربن اتمسفری به شکل ترکیبات آلی کربن‌دار توسط گیاهان و جذب آن برای مدت زمان معین (Lal, 2004). درختان دی‌اکسید کربن را که مهم‌ترین گاز گلخانه‌ای است جذب کرده و در برگ‌ها، شاخه‌ها، پوست، تنه و ریشه خود برای مدت به‌نسبت طولانی ذخیره می‌کنند (Alinejadi et al., 2016). درختان، به‌عنوان مؤلفه اصلی بوم‌سازگان‌های جنگلی بیشترین ذخیره یا مقدار واقعی زی‌توده زنده جنگل را به‌خود اختصاص می‌دهند (Kindermann et al., 2008). در میان خدمات غیربازاری ارائه‌شده به‌وسیله اکوسیستم‌های جنگلی، جذب و ذخیره‌سازی دی‌اکسید کربن (ذخیره کربن) از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، بنابراین یکی از مهم‌ترین خدمات ارائه‌شده توسط جنگل‌ها، جذب و تثبیت دی‌اکسید کربن و استفاده از آن در فرآیند فتوسنتز است (Pato et al., 2016). از این‌رو، چگونگی اندازه‌گیری و برآورد موجودی ذخایر کربن درختان در اکوسیستم‌های جنگلی از مهم‌ترین دل‌مشغولی‌های اکولوژیست‌هاست (Vahedi and Mataji, 2015).

را در جنگل های مکزیک بررسی کرد، در این پژوهش پس از قطع درختان و تفکیک بخش های مختلف برگ، شاخه و ... و اندازه گیری مشخصه هایی مانند قطر، با کمک معادلات آلومتریکی معادله زی توده در بخش های مختلف گونه های درختی را برآورد کردند. بر این اساس زی توده در جنگل های معتدله، تروپیکال و جنگل های شمال غرب مکزیک بیشترین مقدار را داشتند.

گونه کیکم با نام علمی *Acer monspessulanum*

L. یکی از گونه های جنس *Acer* از تیره افرا است که در جنگل های غرب همراه با درختان بلوط مشاهده می شود و در ارتفاعات استان کردستان، لرستان، فارس، کرمانشاه و چهارمحال و بختیاری انتشار دارد. گونه کیکم یکی از عناصر مقاوم منطقه رویشی زاگرس است که با کلیه شرایط سخت محیطی سازگاری داشته و با تحمل شرایط نامساعد، هنوز در فلور این منطقه به طور پراکنده و آمیخته با گونه های دیگر نقش مهمی در حفاظت خاک و آبخیزها به عهده دارد (Pourbabaei et al., 2014). با وجود تنوع بالای گونه های درختی و درختچه ای در جنگل های زاگرس به دلیل اینکه درصد زیادی از ترکیب گونه ای این جنگل ها را گونه بلوط تشکیل می دهد، بیشتر پژوهش های انجام شده به این گونه اختصاص داده شد و توجه کمتری به دیگر گونه ها که مطمئناً دارای اهمیت بالایی در این اکوسیستم هستند شده است. یکی از مهم ترین گونه هایی که نقش مهمی را در بهبود تنوع زیستی و گرمایش جهانی ایفا می کنند گونه کیکم است. در نتیجه ضروری است که نقش گونه کیکم در ترسیب کربن به عنوان یکی از مهم ترین گونه های پوششی منطقه بررسی شود. لازم به ذکر است در گذشته اندازه گیری درصد کربن بیشتر در بخش چوبی درختان انجام می شد، زیرا بافت چوبی بخش عمده کربن را به خود اختصاص می دهد، اما آگاهی از مقدار ذخیره کربن در اندام های مختلف می تواند نقش مهمی

در جنگل های یاسوج، مقدار متوسط زی توده برگ و شاخص سطح برگ این دو گونه را $57/2$ و $1317/2$ محاسبه کردند. Pilehvar و همکاران (2014)، به بررسی مقدار زی توده، کربن ترسیب یافته و متوسط سطح برگ درختان بلوط زاگرس میانی در جنگل های شهنشاه لرستان پرداختند. نتایج نشان داد مقدار زی توده، متوسط کربن ترسیب یافته و متوسط سطح برگ به ترتیب $860/21$ و $662/48$ کیلوگرم در هکتار و 4732 متر مربع در هکتار برآورد شد. همچنین بر اساس نتایج به دست آمده، جهت شمالی تاج از نظر مقدار ترسیب کربن، زی توده و متوسط سطح برگ با جهت جنوبی و شرقی تفاوت معنی داری نشان داد. Olfati و همکاران (2013)، مقدار ترسیب کربن را در چهار گونه بنه، کیکم، بادام کوهی و افدارا در منطقه حفاظت شده یاغ شادی هرات برآورد کردند. نتایج نشان داد که مقدار ترسیب کربن در اندام های چوبی (تنه و شاخه) به ترتیب $113/8$ ، $70/432$ ، $49/985$ و $9/054$ کیلوگرم است. در این پژوهش به این نتیجه رسیدند که گونه های مورد پژوهش نقش مهمی در ترسیب کربن در رویشگاه های خود در جنگل های خارج از شمال ایفا می کنند. Zhang و همکاران (2009)، در پژوهش خود زی توده و کربن ترسیب شده توسط درختان و تأثیر عوامل زنده و غیرزنده را در تراکم کربن را در تیپ های مختلف جنگلی در جنگل های کوهستانی چین بررسی کردند و بیان داشتند که تراکم کربن در تیپ جنگلی *Picea meyeri* ($56/48 \text{ Mg ha}^{-1}$) و تیپ های جنگلی *Acer mono* و *Quercus liaotungensis* ($16/14 \text{ Mg ha}^{-1}$) کمترین مقدار را داشتند. در این پژوهش تراکم جنگل، سن توده های جنگلی و ارتفاع بیشترین همبستگی مثبت را با تراکم کربن در توده های جنگلی نشان دادند. در پژوهش دیگری (Navar 2009)، با استفاده از معادلات آلومتریکی زی توده بخش های مختلف گونه های درختی

از تاج درخت جمع‌آوری شد. سپس نمونه‌های پنج برگی انتخاب شده به آزمایشگاه منتقل شدند و به وسیله دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Leaf area meter) مدل (Win DLAS) سطح برگ‌ها اندازه‌گیری شد. پس از اندازه‌گیری سطح برگ‌ها به وسیله ترازوی دیجیتال وزن تر برگ‌ها نیز تعیین شد و پس از اینکه به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ ساعت در آن قرار داده شدند، وزن خشک (زی‌توده برگ) برگ‌ها نیز اندازه‌گیری شد.

به منظور تعیین مقدار کربن موجود در برگ‌های درخت کیکم، ۳۰ نمونه پنج برگی از ۶۰۰ نمونه پنج برگی به صورت کاملاً تصادفی انتخاب و در کوره الکتریکی با دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و به طور کامل سوزانده شدند. پس از خنک‌شدن کروسبیل‌های محتوی نمونه‌ها در دستگاه دسیکاتور، مقدار خاکستر باقی‌مانده با ترازوی دیجیتال توزین شدند. اختلاف مقدار زی‌توده برگ با مقدار خاکستر برجا مانده از هر نمونه، مقدار کربن ترسیب‌یافته را نشان می‌دهد که به طور معمول ۵۰ درصد آن به عنوان کربن در نظر گرفته می‌شود (IPCC, 2006).

نتایج به دست آمده از برداشت نمونه‌های برگ از ارتفاع یک و نیم متری تاج درخت، با استفاده از روش درخت متوسط به کل درخت تعمیم داده شد (Panahi, 2011). بدین ترتیب که در این روش میانگین اطلاعات جمع‌آوری شده از هر قطعه نمونه و یا هر درخت نمونه اندازه‌های درخت متوسط را معین می‌کند. سپس با محاسبه تعداد کل درختان گونه مورد نظر در سطح جنگل مورد پژوهش و ضرب کردن اندازه‌های درخت متوسط در تعداد کل درختان، مقادیر مورد نظر در کل منطقه به دست می‌آید (Adl, 2008). بدین منظور در این پژوهش پس از اندازه‌گیری و تعیین اندازه‌های مقدار زی‌توده برگ، مقدار کربن ترسیب‌یافته و سطح برگ درخت متوسط با استفاده از داده‌های طرح پژوهشی این

در بررسی چرخه کربن ایفا کند. از این رو هدف از این پژوهش برآورد مقدار ترسیب کربن، متوسط سطح برگ و زی‌توده برگ درختان کیکم در منطقه قلعه گل استان لرستان است.

مواد و روش

منطقه مورد پژوهش

جنگل‌های سامان پرک بخشی از جنگل‌های منطقه قلعه گل در جنوب استان لرستان و ۳۵ کیلومتری جنوب غربی شهرستان خرم آباد واقع شده‌اند. این منطقه با مساحتی حدود ۹۴۹۱ هکتار بین عرض جغرافیایی ۱۸° ۳۱' ۳۳" تا ۱۸° ۲۰' ۳۳" و طول جغرافیایی ۴۶° ۲۰' ۴۸" تا ۳۸' ۱۰" قرار گرفته است. حداقل و حداکثر ارتفاع از سطح دریا ۱۵۰۰ و ۲۵۰۰ متر است. اقلیم منطقه مورد پژوهش بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی آمبرژه دارای اقلیم نیمه‌مرطوب سرد است. درختان منطقه به‌طور عمده دارای فرم رویشی شاخه‌زاد و تک‌آشکوبه هستند (Nuroaldini, 2012). ساختار عمودی این جنگل‌ها یک آشکوبه بوده و آشکوب غالب آن را گونه بلوط ایرانی تشکیل می‌دهد که در آشکوب میانی درختانی مانند کیکم، زالزالک، گلابی و بادام مشاهده می‌شود. گونه کیکم به عنوان یکی از گونه‌های مهم این منطقه مساحت تاج‌پوشش ۱۱۹/۹ مترمربع در هکتار را به خود اختصاص می‌دهد (Anonymous, 2014).

روش پژوهش

در این پژوهش پس از جنگل‌گردشی و بررسی‌های میدانی، ۳۰ درخت کیکم به طور کاملاً تصادفی انتخاب شد و مشخصه‌های کمی پایه‌های انتخاب شده مانند قطر بزرگ تاج، قطر کوچک تاج، ارتفاع درخت، طول تاج و قطر برابر سینه (ارتفاع ۱/۳۰) اندازه‌گیری شدند. سپس به منظور برداشت نمونه‌های برگ از هر چهار جهت جغرافیایی تاج درخت، پنج برگ در ارتفاع ۱/۵ متری

همچنین برای بررسی و مقایسه زی توده برگ، مقدار کربن ترسیب یافته و سطح برگ در جهات جغرافیایی مختلف تاج درختان مورد بررسی از تجزیه واریانس یک طرفه ANOVA، برای مقایسه میانگین ها آزمون دانکن و برای بررسی فرض همگن بودن واریانس ها آزمون Levene مورد استفاده قرار گرفت (Zarachehouki and Behmeta, 2011). تمام محاسبات در نرم افزار Spss-16 و رسم نمودارها توسط نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج

بعد از تأیید نرمال بودن داده ها با استفاده از آزمون کلموگراف اسمیرنوف، همبستگی بین متغیرهای کربن ترسیب یافته، زی توده برگ و سطح برگ با قطر برابر سینه درخت و ارتفاع درختان بررسی شد. همانطور که در نتایج مشخص است بین کربن ترسیب یافته، زی توده و سطح برگ با متغیرهای قطر و ارتفاع درختان همبستگی معنی داری مشاهده نشد (جدول ۱).

همچنین آماره توصیفی حاصله مربوط به اندازه های درخت متوسط برای مقدار زی توده، کربن ترسیب یافته، سطح برگ و مقدار جذب دی اکسید کربن داده های درختان نمونه مربوطه به دست آمد (جدول ۲).

همچنین بعد از اعمال ضریب ۳/۶۷ در مقدار کربن ترسیب یافته مقدار جذب و ترسیب کربن اتمسفری از کل منطقه ۲۹۸۴۹۱/۹۵ کیلوگرم در هکتار یا معادل ۲۹۸/۵ تن در هکتار برآورد شد. همان طور که ذکر شد مساحت منطقه مورد نظر ۹۴۹۱ هکتار است. در این خصوص مقدار کربن ترسیب یافته به ازای هر سانتی متر مربع ۰/۸۶۸ برآورد شد (جدول ۳).

حوزه میانگین تعداد در هکتار جست گروه استخراج شد (Anonymous, 2014). همچنین با توجه به این که ۲۷ درصد از وزن دی اکسید کربن اتمسفر را کربن تشکیل می دهد، بنابراین هر تن دی اکسید کربن اتمسفر معادل ۲۷۰ کیلوگرم است، در نتیجه هر تن دی اکسید کربن ترسیب شده معادل ۳/۶۷ دی اکسید کربن اتمسفری است؛ بنابراین پس از اعمال ضریب ۳/۶۷ در مقدار کربن آلی ذخیره شده در برگ ها، ضریب مقدار جذب دی اکسید کربن از جو مشخص می شود (Brooks, 1998; ESA21, 2008).

با استفاده از داده های طرح چند منظوره منطقه قلعه - گل تعداد ۲۳۷۲۷/۵ پایه کیکم در منطقه مورد پژوهش موجود است. در نتیجه تعداد در هکتار درختان کیکم، ۲/۵ اصله به دست آمد. با در نظر گرفتن اندازه های درخت متوسط، زی توده برگ کل درختان کیکم منطقه رویشی جنگل، متوسط زی توده برگ در واحد سطح، مقدار ذخیره کربن برگ کل درختان کیکم منطقه رویشی جنگل، متوسط ذخیره کربن برگ درختان کیکم در واحد سطح، مقدار سطح برگ درختان کیکم منطقه رویشی جنگل و متوسط سطح برگ در واحد سطح تعیین شدند. برای به دست آمدن سطح برگ در هکتار در منطقه به طور غیرمستقیم از رابطه بین مقدار کربن ترسیب یافته در هر سانتی متر مربع از سطح برگ استفاده شد.

تحلیل آماری داده ها

برای بررسی نرمال بودن داده های مورد بررسی آزمون کلموگراف اسمیرنوف انجام شد. در ادامه با استفاده از همبستگی پیرسون ارتباط بین قطر و ارتفاع با زی توده، کربن ترسیب یافته و سطح برگ درختان بررسی شد.

جدول ۱- ضریب همبستگی بین کربن ترسیب یافته، زی توده و سطح برگ با قطر و ارتفاع درختان اندازه گیری شده

Table 1. Correlation coefficient of carbon sequestration, leaf biomass and leaf area with Diameter and height of trees

ارتفاع درخت tree height	قطر درخت tree diameter	مقادیر amounts	شاخص parameter
0/008	-0/051	ضریب همبستگی Pearson Correlation	کربن ترسیب یافته Carbon sequestration
0/96	0/79	سطح معنی داری Significant level	
-0/162	-0/084	ضریب همبستگی Pearson Correlation	زی توده برگ leaf Biomass
0/39	0/65	سطح معنی داری Significant level	
0/166	0/007	ضریب همبستگی Pearson Correlation	سطح برگ Leaf area
0/38	0/96	سطح معنی داری Significant level	

جدول ۲- مقادیر کمی درخت متوسط

Table 2. Quantities values of average tree

اشتباه معیار Standard Error	میانگین Mean	کیکم <i>Acer monspessulanum</i>
5/14	53	قطر درخت (سانتی متر مربع) Tree Diameter(cm ²)
3/61	15/63	ارتفاع درخت (متر) Tree height (m)
1/65	5/84	قطر بزرگ تاج (متر) Crown Diameter Great (m)
1/30	4/57	قطر کوچک تاج (متر) Crown Diameter small (m)
1/20	4/14	طول تاج (متر) Crown height (m)
079/0	27/3	زی توده برگ (کیلوگرم) Biomass Leaves (kg)
078/0	3/43	کربن ترسیب یافته (کیلوگرم) Carbon sequestration (kg)
060/0	95/3	سطح برگ (سانتی متر مربع) Leaf area (cm ²)
288/0	58/12	مقدار جذب دی اکسید کربن از جو (کیلوگرم) Amount of co2 absorbtion from atmosphere (kg)

جدول ۳- زی توده برگ، مقدار ذخیره کربن برگ و مقدار جذب دی اکسید کربن از جو توسط برگ های درختان کیکم در کل منطقه رویشی جنگل و در واحد سطح

Table 3. Biomass, carbon sequestration and amount of CO₂ absorbed by leafs of *Acer monspessulanum* in whole forest area and in level unit

کیکم <i>Acer monspessulanum</i>	گونه Species
8/17	هکتار (کیلوگرم) برگ در زی توده Leaves Biomass per hectare (kg)
77588/92	در کل منطقه جنگل (کیلوگرم) برگ زی توده Biomass of leaves in whole forest area (kg)
8/57	هکتار (کیلوگرم) در کربن برگ ذخیره Carbon sequestration per hectare (kg)
32/81385	در کل منطقه جنگل (کیلوگرم) برگ کربن ذخیره Carbon sequestration in whole forest area (kg)
868۰/	سطح برگ در هکتار (کیلوگرم) Leaf area per hectare (kg)
88/93761	سطح برگ در کل منطقه جنگل (کیلوگرم) Leaf area in whole forest area (kg)
45/31	مقدار جذب دی اکسید کربن از جو در هکتار (کیلوگرم) Amount of CO ₂ was absorbed from atmosphere per hectare (kg)
95/298491	مقدار جذب از جو کل منطقه جنگل (کیلوگرم) Amount of CO ₂ was absorbed from atmosphere in whole forest area (kg)

نتایج حاصل از آزمون دانکن، مقدار کربن ترسیب یافته در جهت غربی با دیگر جهت ها و متوسط زی توده برگ در جهت شمال و شرق اختلاف معنی داری با هم دارند. شکل ۱ نتایج تجزیه واریانس بین میانگین ویژگی های مورد نظر در جهات جغرافیایی را نشان می دهند. براساس نتایج، مقدار زی توده برگ در جهت شرقی و مقدار کربن ترسیب یافته در جهت غربی بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند. نتایج آماره های توصیفی در ذیل ارائه شده اند (جدول ۵). همچنین مقادیر کربن، سطح برگ و زی توده برگ ها در چهار جهت جغرافیایی با کمک آزمون دانکن مقایسه شدند (شکل ۱). لازم به ذکر است حروف مشابه در ذیل عدم تفاوت معنی داری در سطح احتمال مورد نظر را نشان می دهند.

مقایسه مقدار زی توده، کربن ترسیب یافته و متوسط سطح برگ در جهت های مختلف جغرافیایی با توجه به این که نمونه برداری از چهار جهت اصلی جغرافیایی هر درخت انجام شد، مقادیر زی توده، کربن ترسیب یافته، سطح برگ و مقدار جذب دی اکسید کربن از جو از چهار جهت به وسیله آزمون تحلیل واریانس یک طرفه (Anova) با یکدیگر مقایسه شد. نتایج حاکی از این بود که در سطح احتمال ۹۵ درصد تفاوت معنی داری بین میانگین کربن ترسیب یافته و زی توده، در چهار جهت جغرافیایی وجود دارد. در حالی که میانگین سطح برگ در احتمال ۹۵ درصد تفاوت معنی داری را نشان نداده است (جدول ۴). همان طور که ملاحظه می شود مقدار زی توده برگ در جهت شرقی تاج و مقدار کربن ترسیب یافته در جهت غربی بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). در این راستا طبق

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس زی توده برگ، ذخیره کربن برگ و سطح برگ درختان کیکم

Table 4. ANOVA result of biomass, carbon sequestration and leaf area of *Acer monspessulanum*

سطح معنی داری Significant level	F	میانگین مربعات Mean Square	درجه آزادی df	مجموع مربعات Sum of Squares	منبع تغییرات Change Source	شاخص Parameter
۰/۰۴۱	۲/۸۳۷	۲/۰۲۵	۳	۶/۰۷۶	بین گروهی Between Groups	زی توده برگ Leaves biomass
		۰/۷۱۴	۱۱۶	۸۲/۸۱۸	درون گروهی Within Groups	
					کل Total	
			۱۱۹	۸۸/۸۹۵		
۰/۰۳۹	۲/۸۸۱	۲/۰۳۸	۳	۶/۱۱۴	بین گروهی Between Groups	کربن ترسیب یافته Carbon sequestration
		۰/۷۰۷	۱۱۶	۸۲/۰۶۰	درون گروهی Within Groups	
					کل Total	
			۱۱۹	۸۸/۱۷۴		
۰/۰۹۱۹	۰/۱۶۶	۰/۰۷۵	۳	۰/۲۲۴	بین گروهی Between Groups	سطح برگ Leaf area
		۰/۰۴۵۱	۱۱۶	۵۲/۲۸۶	درون گروهی Within Groups	
					کل Total	
			۱۱۹	۵۲/۵۱۰		

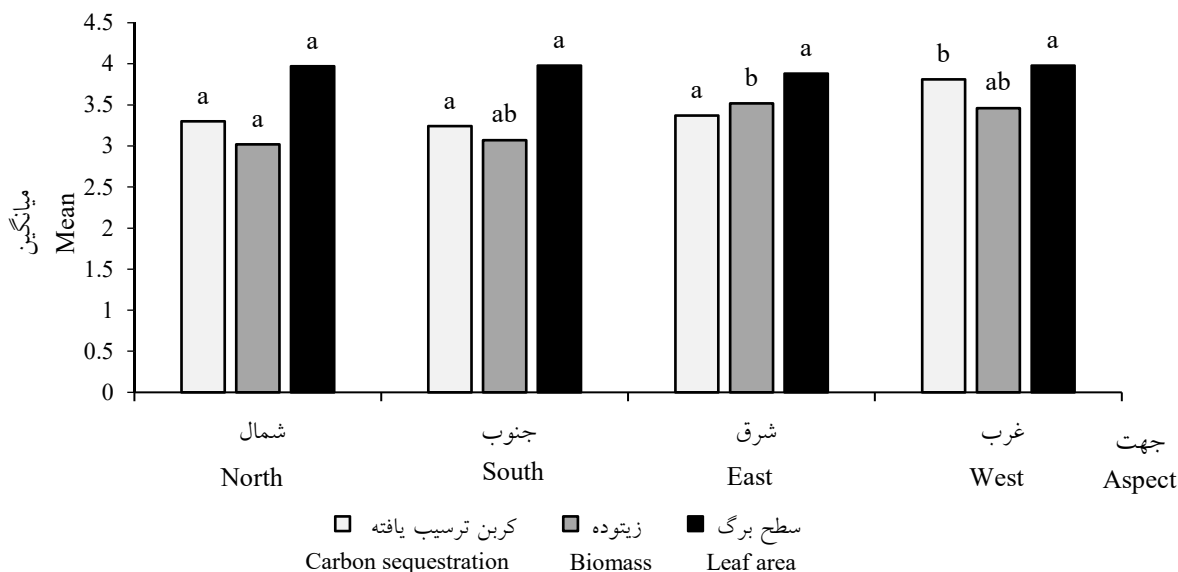
جدول ۵- نتایج آماره توصیفی (میانگین و اشتباه معیار) برگ گونه کیکم در جهات مختلف جغرافیایی

Table 5. Result of descriptive statistics of *Acer monspessulanum* leaf in different geographical aspect

غرب West	شرق East	جنوب South	شمال North	گونه کیکم
ab (0/150) 3/46	b (0/125) 3/52	ab (0/194) 3/07	a (0/138) 3/02	زی توده برگ Biomass
b (0/160) 3/81	a (0/171) 3/37	a (0/132) 3/24	a (0/147) 3/30	کربن ترسیب یافته Carbon sequestration
a (0/130) 3/95	a (0/134) 3/88	a (0/103) 3/98	a (0/119) 3/97	سطح برگ Leaf area

The values in the parentheses are the standard Error.

مقادیر داخل پرانتز اشتباه معیار است.



شکل ۱- متوسط کربن ترسیب یافته، زی توده برگ و سطح برگ در جهات مختلف جغرافیایی

Figure 1. Average amount of carbon sequestration, leaf biomass and leaf area in different aspects

پژوهشی که توسط Kumari (2013) انجام شد گونه کیکم نسبت به دیگر گونه های مورد پژوهش توانایی بیشتری از نظر ذخیره زی توده در اندام های خود نشان داد. طبق نتایج حاصله مقدار کربن ترسیب یافته به ازای یک سانتی متر مربع سطح برگ درختان کیکم $0/868$ مترمربع در واحد سطح و $93761/88$ متر مربع کل برگ های درختان کیکم منطقه قلعه گل است. همچنین در پژوهش Olfati و همکاران (2013)، در منطقه باغ شادی هرات یزد مقدار کربن اندام چوبی (تنه و شاخه) گونه کیکم $70/432$ کیلوگرم در هکتار برآورد شد، این مقدار از کربن ترسیب یافته این پژوهش حاضر است؛ زیرا اندام هایی که دارای بافت چوبی هستند از توانایی بیشتری در ترسیب کربن برخوردار بوده و هرچه نسبت اندام چوبی در گیاه بیشتر باشد، توان آن در ترسیب کربن افزایش می یابد (Paul et al., 2009).

براساس نتایج مقدار جذب گاز دی اکسید کربن از جو در واحد سطح $31/45$ کیلوگرم به دست آمد که این مقدار در منطقه رویشی جنگل قلعه گل $298491/95$ کیلوگرم در هکتار برآورد شد. Panahi و همکاران

بحث

با وجودی که در اغلب پژوهش ها تنها زی توده برگ مورد اندازه گیری قرار گرفته است ولی در این پژوهش به روش مستقیم مقدار کربن ترسیب یافته در برگ گونه کیکم اندازه گیری شد و با استفاده از آن مقدار ترسیب کربن در برگ درخت متوسط و در سطح کل جنگل برآورد شد. نتایج نشان داد، میانگین زی توده و کربن ترسیب یافته برگ 30 نمونه انتخاب شده گونه کیکم در واحد سطح، به ترتیب $8/17$ و $8/57$ کیلوگرم در واحد سطح (هکتار) و $77588/92$ و $81385/32$ کیلوگرم در هکتار کل برگ های درختان گونه کیکم در منطقه رویشی جنگل قلعه گل است. با توجه به تراکم گونه کیکم در منطقه مورد پژوهش سهم گونه کیکم در ترسیب کربن منطقه نیز رقم قابل توجهی است ولی با افزایش تراکم و حفظ موجودی کنونی مقدار کربن بیشتری توسط گونه کیکم ترسیب خواهد شد. با توجه به وسیع بودن مساحت جنگل های قلعه گل در استان لرستان، توجه به این جنگل ها موجب جذب و ترسیب مقدار زیادی از دی اکسید کربن جو خواهد شد. در

است (Moghadam, 2005). در این پژوهش متوسط سطح برگ گونه کیکم با جهات مختلف جغرافیایی تفاوت معنی داری نداشت. Pilevar و همکاران (2014)، در پژوهش خود در منطقه شهنشاه لرستان بر روی گونه بلوط ایرانی نشان دادند که مقدار کربن ترسیب یافته، زی توده در جهت شمالی تفاوت معنی داری داشته ولی مقدار سطح برگ تفاوت معنی داری را نشان نداد. با توجه به نتایج پژوهش های انجام شده، مقدار سطح برگ بسیار وابسته به شرایط محیطی و همچنین عملکرد درونی گیاه است. معمولاً گونه هایی که مقدار سطح ویژه برگ آنها زیاد است، دارای نیتروژن بیشتری بوده، نسبت جذب گاز کربنیک آنها در واحد وزن برگ و نسبت جذب نیتروژن آنها در واحد سطح ریشه بیشتر است و همچنین نسبت فتوسنتز آنها به ازای یک واحد نیتروژن برگ بیشتر است (Panahi et al., 2013). منطقه جنگلی قلعه گل همانند دیگر بخش های جنگل های زاگرس تحت تأثیر مداخلات انسانی قرار دارد و از آنجایی که تخریب جنگل به ویژه در مناطق تحت چرا تأثیر زیادی بر ترسیب کربن دارد انجام اقدامات حفاظتی در این منطقه می تواند بر افزایش ترسیب کربن اتمسفری نیز تأثیرگذار باشد (Olfati et al., 2013). با توجه به این که ترسیب کربن یکی از معیارهای پایداری اکوسیستم است، بنابراین با شناخت گونه هایی که توانایی بیشتری برای ترسیب کربن دارند و همچنین بررسی عوامل مدیریتی تأثیرگذار بر فرآیند ترسیب کربن، می توان اصلاح و احیای اراضی را از منظر ترسیب کربن دنبال کرد (Varamesh et al., 2010).

References

- Adl, H., 2008. 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)

(2011)، این مقدار را در درختان بنه باغ گیاهشناسی ملی به مساحت ۴۰ هکتار ۹۶۳ در واحد سطح و ۳۸۵۱/۱ در کل درختان بنه باغ برآورد کردند. با توجه به وسعت منطقه قلعه گل و تراکم درختان کیکم بالا بودن این مقدار قابل پذیرش است.

از دیگر نتایج مهم این پژوهش نشان دادن تأثیر جهت های مختلف جغرافیایی گونه کیکم بر روی مقدار کربن ترسیب یافته، زی توده و میانگین سطح برگ است. مقدار کربن ترسیب یافته در جهت غربی تاج پوشش بیشتر است و تفاوت معنی داری با دیگر جهت ها دارد. همچنین متوسط زی توده برگ در جهت شرق بیشترین مقدار و با جهت شمال اختلاف معنی داری دارد. از آنجا که مقدار فتوسنتز رابطه مستقیمی با عامل نور دارد و انتظار می رود جهت های جنوبی در نیمکره شمالی بیشترین مقدار فتوسنتز و در نتیجه بیشترین مقدار کربن ترسیب یافته را داشته باشند (Pilevar et al., 2014). ولی برخلاف این انتظار در جنگل های زاگرس برگ درختان کیکم با توجه به شرایط اقلیمی حاکم بر رویشگاه و رویش درختان کیکم در دره، در جهت غربی امکان فتوسنتز بیشتری پیدا می کنند. همچنین با توجه به مسیر وزش باد در این دره که سمت غرب به شرق بود در نتیجه می توان گفت علاوه بر دریافت نور، وزش باد به عنوان عامل انتقال و پخش کردن گازهای اتمسفر نقش مؤثری در حرکت گاز دی اکسید کربن و جذب بیشتر دی اکسید کربن از جهت غرب را دارد. سطح برگ درختان عاملی تعیین کننده در بسیاری از فرآیندهای زیستی جنگل مانند تبادلات گازی، عبور نور از تاج- پوشش، تبخیر و تعرق، فتوسنتز، چرخه کربن و نیتروژن - Alinejadi, S., R. Basiri, P. T. kohyani, Y. Askari & M. Moradi, 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)

- Anonymous., 2014. Forestry plan.lorestan province, 2014.
- Brooks, R., 1998. Carbon Sequestration what's that? UI Extension Forestry Information Series, Forest Management, 32: 2-4.
- Davi, H., F. Baret, R. Huc & E. Dufrene, 2008. Effect of thinning on LAI variance in heterogeneous forests, *Forest Ecology and Management*, 256(5): 890-899.
- Deljouei, A., S. M.M. Sadeghi & E. Abdi, 2016. Comparing leaf area index at different distances from constructed forest roads edge in Hyrcanian forest (Case study: a hornbeam-beech forest in Kheyrud, Mazandaran), *Iranian Journal of Forest Research and Development*, 2(2): 167-178. (In Persian)
- Environmental science activities for the 21st century (ESA21), 2008. Trees and carbon. 13 pp.
- Husch, B., T. W. Beers & J. A. Kershaw, 2003. Forest mensuration. 4th Edition, John Wiley & Sons Inc Press, 443 p.
- 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.
- Jonkheere, I., S. Fleck, K. Nackaerts, B. Muys, P. Coppin, M. Weiss & F. Baret, 2004. Review of methods for in situ leaf area index determination: Part I, Theories, sensors and hemispherical photography, *Agricultural and Forest Meteorology*, 121(1-2): 19-35.
- Kindermann, G. E., I. McCallum, S. Fritz & M. Obersteiner, 2008. A global forest growing stock, biomass and carbon map based on FAO statistics, *Silva Fennica*, 42(3): 387-396.
- Kumari, R., 2013. Carbon Sequestration Potential of Different Multipurpose Tree Species, *Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 9(5): 11-14.
- Lal, R., 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change, *Geoderma*, 123(1-2): 1-22.
- Majasalmi, T., M. Rautiainen, P. Stenberg & P. Lukes, 2013. An assessment of ground reference methods for estimating LAI of boreal forests, *Forest Ecology and Management*, 292(15): 10-18.
- Moghadam, M. M., 2005. Ecology of irrigated Plants. Tehran University Press, Tehran, Iran, 512 p.
- Navar, J., 2009. Allometric equations for tree species and carbon stocks for forests of northwestern Mexico, *Forest Ecology and Management*, 257(2): 427-434.
- Nuroaldini, S. A., A. Eslam Bonyad & F. Por Shakori, 2012. Classification of the forest canopy on aerial photographs using histological analysis (Case Study: forest Taf Lorestan), *Iranian Remote Sensing and GIS*, 3(4): 33-46.
- Olfati, F., A. Mosalah Arani & H. Azimnejad, 2013. Estimate the carbon sequestration of four types of *Pistacia atlantica*, *Acer monspessulanum*, *Amygdalus scoparia* and *Ephedra procera* in the protected area of the garden of Shadi Herat (Yazd province), *Iranian Journal of Plant and Ecosystem*, 36(9):65. (In Persian).
- Panahi, P., M. Pourhashemi & M. Hassani Nejad, 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).
- Panahi, P., M. Pourhashemi & M. Hassani Nejad, 2013. Comparison of Specific Leaf Area in Three Native Oaks of Zagros in National Botanical Garden of Iran, *Ecology of Iranian Forests*, 1(2): 12-26 (In Persian).
- Pato, M., A. Salehi, GH. Zahedi Amiri & A. Banj Shafiei, 2016. The economic value of carbon storage functions in different land uses of northern Zagros forests, *Iranian Journal of Forest Research and Development*, 2(4): 367-377. (In Persian)
- Paul, K. I., K. Jacobsen, V. Koul, P. Lepper & J. Smith, 2009. Predicting growth and sequestration of carbon by plantations growing in regions of low- rainfall in Southern Australia, *Forest Ecology and Management*, 254(2): 205-216.
- Pilehvar, B., Z. Mirazadi, K. Taheri Abkenar & Z. Veiskarami, 2014. Estimation of biomass, carbon sequestration and average leaf area of Oak trees in the middle Zagros (Case study of Shahanshah forests of Lorestan), *Iranian Journal of Plant and Ecosystem*, 41(10): 81-92. (In Persian).
- Pourbabaee, H., M. Babaeian, A. Bonyad & M. Adel, 2014. Investigation Auocology of Montpellier maple (*Acer monspessulanum subsp. Cinerascens*) Fars Province, *Iranian Journal of Plant Research*, 27(3): 376-385. (In Persian).

- Pourhashami, M., S. Eskandari, M. Dehghani, T. Najafi, A. Asadi & P. Panahi, 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).
- Singh, V., A. Tewari, S. P. S. Kushwaha & V. K. Dadhwal, 2011. Formulating allometric equations for estimating biomass and carbon stock in small diameter trees, *Forest Ecology and Management*, 261(11): 1945-1949.
- Sun, R., J. M. Chen, Q. Zhu, Y. Zhou, J. Liu, J. Li, S. Liu, G. Yan, S. Tang, 2004. Spatial distribution of net primary productivity and evapotranspiration in Changbaishan natural reserve, China using Landsat ETM+ data, *Canadian Journal of Remote Sensing*, 30(5): 731-742.
- Vahedi, A. & A. Mataji, 2015. Calculation of non-destructive estimations accuracy associated with estimation of bole carbon sequestration of beech (*Fagus orientalis Lipskey*) in the Hyrcanian forests, *Iranian Journal of Forest*, 4: 447-458. (In Persian)
- Varamesh, S., S. M. Hosseini, N. Abdi & M. Akbarinia, 2010. Increment of soil carbon sequestration due to forestation and its relation with some physical and chemical factors of soil, *Iranian Journal of Forest*, 2(1): 25-35. (In Persian)
- Zarachehouki, M. A. & M. R. Behmeta, 2011. Principles of Statistics in Natural Resources Science, Tehran University Press and Publishing, Iran.
- Zhang, X., M. Wang & X. Liang, 2009. Quantitative classification and carbon density of the forest vegetation in Lüliang Mountains of China, *Plant ecology*, 201(1): 1-9.
- Zianis, D. & M. Mencuccini, 2003. Aboveground biomass relationships for beech (*Fagus moesiaca CZ*) trees in Vermio Mountain, northern Greece, and generalized equations for *Fagus* sp, *Annals of Forest Science*, 60(5): 439-448.

Estimation of biomass, carbon sequestration and leaf area of *Acer monspessulanum* in Middle-Zagros, case study: Ghaleh Gol forests in Lorestan province

Z. Khalili Ardali^{*1}, Z. Mirazadi² and R. Mansour samaei³

1- Ph.D. student of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Someh Sara, I. R. Iran. (khalilizohre211@gmail.com)

2 - Ph.D. of Forestry, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khoramabad, I. R. Iran. (z_mirazadi@yahoo.com)

3- Ph.D. student of Forestry, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, I. R. Iran. (ramin.samaee@gmail.com)

Received: 11.12.2017

Accepted: 15.04.2018

Abstract

This research aimed to investigate carbon sequestration and biomass of *Acer monspessulanum* stands in Ghaleh Gol region. For this purpose, 30 *Acer monspessulanum* trees were selected using random sampling method, and quantitative characteristics including big and small crown diameters, tree height, crown height and DBH of them were measured and recorded. Then, of all geographical aspect 5 leaves at a height of 1.5 meters of crown tree were collected. At first wet weight of leaves were measured, then dried leaves were weighted again. Amount of carbon was obtained after burning leaves and weighing ash of dry leaves. Also, amount of carbon dioxide absorbed by the leaves after applying 3/67 in the amount of organic carbon stored in the leaves was estimated. The results showed that biomass average, carbon sequestration and the average amount of carbon dioxide absorption, were measured 8.17, 8.57 and 31.45 kg per ha respectively, and the leaf area was estimated 0/868 m² / ha. Probability level, there is a significant difference between the average of carbon sequestration and biomass, in four geography tree crown aspects. However, at 95% probability level there isn't significant difference between the average leaf areas, at four geography aspect. Amount of leaf biomass in the east aspect and amount of carbon sequestration in the western aspect were higher than other aspects.

Keywords: *Acer monspessulanum*, Biomass, Carbon sequestration, Ghaleh Gol forest.

* Corresponding author

Tel: +983834342420

