فصلنامهٔ علمی پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۵، شماره ۲، صفحه ۲۵۷-۲۴۵، (۱۳۹۸)

# برآورد زی‌توده، کربن ترسیب‌یافته و سطح برگ گونه کیکم (*Acer monspessulanum*) در جنگل‌های زاگرس میانی (بررسی موردی: منطقهٔ قلعه‌گل استان لرستان)

**زهره خلیلی اردلی*[۱]، زهرا میرآزادی[۲] و رامین منصورسمائی[۳]**

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

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۹/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۱/۲۶

## چکیده

این پژوهش برای بررسی مقدار ترسیب کربن و زی‌تودهٔ درختان کیکم در منطقه قلعه‌گل استان لرستان انجام شد. از این‌رو با استفاده از روش نمونه‌برداری کاملاً تصادفی، تعداد ۳۰ اصله درخت کیکم انتخاب شدند و ویژگی‌های کمی مانند قطر بزرگ و کوچک تاج، ارتفاع درخت، طول تاج و قطر برابرسینه مورد نظر در آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس تعداد پنج برگ در ارتفاع یک و نیم متری از هر چهار جهت تاج درخت جمع‌آوری و وزن تر و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. بعد از احتراق برگ‌ها و توزین خاکستر برگ‌های خشک‌شده، مقدار کربن به‌دست آمد. همچنین مقدار دی‌اکسید کربن جذب شده توسط برگ‌ها پس از اعمال ضریب ۳/۶۷ در مقدار کربن آلی ذخیره شده در برگ‌ها برآورد شد. نتایج نشان داد که میانگین زی‌توده، کربن ترسیب‌یافته و متوسط مقدار جذب دی‌اکسید کربن از جو در هکتار به‌ترتیب ۸/۱۷ و ۸/۵۷ و ۳۱/۴۵ کیلوگرم و مقدار سطح برگ ۰/۸۶۸ متر مربع در هکتار برآورد شد. تفاوت معنی‌داری بین میانگین کربن ترسیب‌یافته و زی‌تودهٔ برگ، در چهار جهت جغرافیایی تاج درخت وجود دارد. در حالی‌که میانگین سطح برگ در احتمال ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. مقدار زی‌تودهٔ برگ در جهت شرق و مقدار کربن ترسیب-یافته در جهت غربی بیشترین مقدار را به‌خود اختصاص دادند.

**واژه‌های کلیدی:** ترسیب کربن، جنگل قلعه‌گل، زی‌توده، کیکم.

---

* نویسنده مسئول شمارهٔ تماس: ۰۳۸۳۴۳۴۲۴۲۰

**مقدمه**

تغییر اقلیم و افزایش گرمای کرهٔ زمین به عقیدهٔ بسیاری از پژوهشگران ناشی از افزایش غلظت گازهای گلخانه-ای 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 کرهٔ زمین شد (Panahi *et al*., 2011). جنگل‌ها از مهم-ترین 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 ریشهٔ خود برای مدت به‌نسبت طولانی ذخیره می‌کنند (Alinejadi *et al*.,2016). درختان، به-عنوان مؤلفهٔ 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 اکوسیتم‌های 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 اندازه-گیری و برآورد موجودی ذخایر کربن درختان در اکوسیستم‌های جنگلی از مهم‌ترین دل‌مشغولی‌های اکولوژیست‌هاست (Vahedi and Mataji, 2015). تعیین هرچه دقیق‌تر زی‌تودهٔ درختان، سهم جنگل را در چرخهٔ 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 مقادیرشاخص 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 اتمسفراست (Majasalmi *et al*., 2013). در سال‌های اخیر پژوهش-های 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 ٦٦/٤، ٢٦/٢، ٩٦/٣ کیلوگرم برآورد شد. Adl (2008)، در پژوهشی برروی دو گونه بنه و بلوط ایرانی (*Quercus*

*brantii*) در جنگل‌های یاسوج، مقدار متوسط زی‌تودهٔ برگ و شاخص سطح برگ این دو گونه را ۵۷/۲ و ۱۳۱۷/۲ محاسبه کردند. Pilehvar و همکاران (2014)، به بررسی مقدار زی‌توده، کربن ترسیب‌یافته و متوسط سطح برگ درختان بلوط زاگرس میانی در جنگل‌های شهنشاه لرستان پرداختند. نتایج نشان داد مقدار زی‌توده، متوسط کربن ترسیب‌یافته و متوسط سطح برگ به‌ترتیب ۸۶۰/۲۱ و ٦٦٢/٤٨ کیلوگرم در هکتار و ٤٧٣٢ متر مربع در هکتار برآورد شد. همچنین بر اساس نتایج به‌دست-آمده، جهت شمالی تاج از نظر مقدار ترسیب کربن، زی‌توده و متوسط سطح برگ با جهت جنوبی و شرقی تفاوت معنی‌داری نشان داد. Olfati و همکاران (2013)، مقدار ترسیب کربن را در چهار گونه بنه، کیکم، بادام کوهی و افدارا در منطقه حفاظت‌شده یاغ شادی هرات برآورد کردند. نتایج نشان داد که مقدار ترسیب کربن در اندام‌های چوبی (تنه و شاخه) به‌ترتیب ۱۱۳/۸، ۷۰/٤۳۲، ٤۹/۹۸۵ و ۹/۰٥٤ کیلوگرم است. در این پژوهش به‌این نتیجه رسیدند که گونه‌های مورد پژوهش نقش مهمی در ترسیب کربن در رویشگاه‌های خود در جنگل‌های خارج از شمال ایفا می‌کنند. Zhang و همکاران (2009)، در پژوهش خود زی‌توده و کربن ترسیب شده توسط درختان و تأثیر عوامل زنده و غیرزنده را در تراکم کربن را در تیپ‌های مختلف جنگلی در جنگل‌های کوهستانی چین بررسی کردند و بیان داشتند که تراکم کربن در تیپ جنگلی *Picea meyeri* (٥٦/٤٨ Mg ha$^{-1}$) و تیپ‌های جنگلی *Acer mono* و *Quercus liaotungensis* (١٦/١٤ Mg ha$^{-1}$) کمترین مقدار را داشتند. در این پژوهش تراکم جنگل، سن توده‌های جنگلی و ارتفاع بیشترین همبستگی مثبت را با تراکم کربن در توده‌های جنگلی نشان دادند. در پژوهش دیگری Navar (2009)، با استفاده از معادلات آلومتریک زی‌توده بخش‌های مختلف گونه‌های درختی را در جنگل‌های مکزیک بررسی کرد، در این پژوهش پس از قطع درختان و تفکیک بخش‌های مختلف برگ، شاخه و ... و اندازه‌گیری مشخصه‌هایی مانند قطر، با کمک معادلات آلومتریک معادله زی‌توده در بخش‌های مختلف گونه‌های درختی را برآورد کردند. بر این اساس زی‌توده در جنگل‌های معتدله، تروپیکال و جنگل‌های شمال غرب مکزیک بیشترین مقدار را داشتند.

گونه کیکم با نام علمی *Acer monspessulanum* L. یکی از گونه‌های جنس *Acer* از تیره افرا است که در جنگل‌های 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 به‌طور پراکنده و آمیخته با گونه‌های دیگر نقش مهمی در حفاظت خاک و آبخیزها به عهده دارد (Pourbabaei *et al*., 2014). با وجود تنوع بالای گونه‌های درختی و درختچه‌ای در جنگل‌های زاگرس به‌دلیل اینکه درصد زیادی از ترکیب گونه‌ای این جنگل‌ها را گونه بلوط تشکیل می‌دهد، بیشتر پژوهش‌های انجام‌شده به‌این گونه اختصاص داده شد و توجه کمتری به دیگر گونه‌ها که مطمئناً دارای اهمیت بالایی در این اکوسیستم هستند شده است. یکی از مهم‌ترین گونه‌هایی که نقش مهمی را در بهبود تنوع زیستی و گرمایش جهانی ایفا می‌کنند گونه کیکم است. درنتیجه ضروری است که نقش گونه کیکم در ترسیب کربن به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گونه-های پوششی منطقه بررسی شود. لازم به‌ذکر است در گذشته اندازه‌گیری درصد کربن بیشتر در بخش چوبی درختان انجام می‌شد، زیرا بافت چوبی بخش عمده کربن را به‌خود اختصاص می‌دهد، اما آگاهی از مقدار ذخیره کربن در اندام‌های مختلف می‌تواند نقش مهمی

در بررسی چرخه کربن ایفا کند. از این‌رو 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 قلعه‌گل 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 "٤٦ '۲۰ ° ٤٨ تا "۱۰ '۳۸ °٤٨ 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 می‌هد که در آشکوب میانی درختانی مانند کیکم، زالزالک، گلابی و بادام مشاهده می‌شود. گونه کیکم به‌عنوان یکی از گونه‌های مهم این منطقه مساحت تاج‌پوشش ۱۱۹/۹ مترمربع در هکتار را به‌خود اختصاص می‌دهد (Anonymous, 2014).

### روش پژوهش

در این پژوهش پس از جنگل‌گردشی و بررسی‌های میدانی، ۳۰ درخت کیکم به‌طور کاملاً تصادفی انتخاب شد و مشخصه‌های کمی پایه‌های انتخاب‌شده مانند قطر بزرگ تاج، قطر کوچک تاج، ارتفاع درخت، طول تاج و قطر برابر سینه (ارتفاع ۱/۳۰) اندازه‌گیری شدند. سپس به‌منظور برداشت نمونه‌های برگ از هر چهار جهت جغرافیایی تاج درخت، پنج برگ در ارتفاع ۱/۵ متری از تاج درخت جمع‌آوری شد. سپس نمونه‌های پنج برگی انتخاب شده به آزمایشگاه منتقل شدند و به‌وسیله دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Leaf area meter) مدل (Win DLAS) سطح برگ‌ها اندازه‌گیری شد. پس از اندازه‌گیری سطح برگ‌ها به‌وسیله ترازوی دیجیتال وزن تر برگ‌ها نیز تعیین شد و پس از اینکه به‌مدت ٤٨ ساعت در دمای ۷۲ ساعت در آون قرار داده شدند، وزن خشک (زی‌توده برگ) برگ‌ها نیز اندازه‌گیری شد.

به‌منظور تعیین مقدار کربن موجود در برگ‌های درخت کیکم، ۳۰ نمونه پنج برگی از ٦۰۰ نمونه پنج برگی به‌صورت کاملاً تصادفی انتخاب و در کوره الکتریکی با دمای ٤۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و به‌طور 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 به‌طور معمول ۵۰ درصد آن به‌عنوان کربن در نظر گرفته می‌شود (IPCC, 2006).

نتایج به‌دست‌آمده 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 به‌دست 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

حوزه میانگین تعداد در هکتار جست گروه استخراج شد (Anonymous, 2014). همچنین باتوجه به این که ۲۷ درصد از وزن دی‌اکسید کربن اتمسفر را کربن تشکیل می‌دهد، بنابراین هر تن دی‌اکسید کربن اتمسفر معادل ۲۷۰ کیلوگرم است، در نتیجه هرتن دی‌اکسید کربن ترسیب‌شده معادل ۳/٦۷ دی‌اکسید کربن اتمسفری است؛ بنابراین پس از اعمال ضریب ۳/٦۷ در مقدار کربن آلی ذخیره شده در برگ‌ها، ضریب مقدار جذب دی‌اکسیدکربن از جو مشخص می‌شود (Brooks, 1998; ESA21, 2008).

با استفاده از داده‌های طرح چندمنظوره منطقه قلعه-گل تعداد ۲۳۷۲۷/۵ پایه کیکم در منطقه مورد پژوهش موجود است. درنتیجه تعداد در هکتار درختان کیکم، ۲/۵ اصله به‌دست آمد. با در نظر گرفتن اندازه‌های درخت متوسط، زی‌تودهٔ برگ کل درختان کیکم منطقه رویشی جنگل، متوسط زی‌تودهٔ برگ در واحد سطح، مقدار ذخیرهٔ کربن برگ کل درختان کیکم منطقه رویشی جنگل، متوسط ذخیرهٔ 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 به‌دست آمدن سطح برگ در هکتار در منطقه به‌طور غیرمستقیم از رابطه بین مقدار کربن ترسیب‌یافته در هر سانتی‌متر مربع از سطح برگ استفاده شد.

**تحلیل آماری داده‌ها**

برای بررسی نرمال بودن داده‌های مورد بررسی آزمون کلموگراف اسمیرنوف انجام شد. در ادامه با استفاده از همبستگی پیرسون ارتباط بین قطر و ارتفاع با زی‌توده، کربن ترسیب‌یافته و سطح برگ درختان بررسی شد. همچنین برای بررسی و مقایسه زی‌توده برگ، مقدار کربن ترسیب‌یافته و سطح برگ در جهات جغرافیایی مختلف تاج درختان مورد بررسی از تجزیه واریانس یک‌طرفه ANOVA، برای مقایسه میانگین‌ها آزمون دانکن و برای بررسی فرض همگن بودن واریانس‌ها آزمون Levene مورد استفاده قرار گرفت (Zarachehouki and Behmeta, 2011). تمام محاسبات در نرم‌افزار Spss-16 و رسم نمودارها توسط نرم‌افزار Excel انجام شد.

## نتایج

بعد از تأیید نرمال‌بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگراف اسمیرنوف، همبستگی بین متغیرهای کربن ترسیب‌یافته، زی‌تودهٔ برگ و سطح برگ با قطر برابر سینه درخت و ارتفاع درختان بررسی شد. همانطور که در نتایج مشخص است بین کربن ترسیب‌یافته، زی‌توده و سطح برگ با متغیرهای قطر و ارتفاع درختان همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱).

همچنین آمارهٔ توصیفی حاصله مربوط به اندازه-های درخت متوسط برای مقدار زی‌توده، کربن ترسیب-یافته، سطح برگ و مقدار جذب دی‌اکسید کربن داده-های درختان نمونه مربوطه به‌دست آمد (جدول ۲).

همچنین بعد از اعمال ضریب ۳/٦۷ در مقدار کربن ترسیب‌یافته مقدار جذب و ترسیب کربن اتمسفری از کل منطقه ۲۹۸٤۹۱/۹۵ کیلوگرم در هکتار یا معادل ۲۹۸/۵ تن در هکتار برآورد شد. همان‌طور که ذکر شد مساحت منطقه مورد نظر ۹٤۹۱ هکتار است. در این خصوص مقدار کربن ترسیب‌یافته به‌ازای هر سانتی‌متر مربع ۰/۸٦۸ برآورد شد (جدول ۳).

جدول ۱- ضریب همبستگی بین کربن ترسیب‌یافته، زی‌توده و سطح برگ با قطر و ارتفاع درختان اندازه‌گیری شده

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

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

جدول ۲- مقادیر کمی درخت متوسط

Table 2. Quantities values of average tree

| اشتباه معیار<br>Standard Error | میانگین<br>Mean | کیکم<br>*Acer monspessulanum* |
|---|---|---|
| 5/14 | 53 | قطر درخت (سانتی‌مترمربع)<br>Tree Diameter($cm^2$) |
| 3/61 | 15/63 | ارتفاع درخت (متر)<br>Tree height (m) |
| 1/65 | 5/84 | قطر بزرگ تاج (متر)<br>Crown Diameter Great (m) |
| 1/30 | 4/57 | قطر کوچک تاج (متر)<br>Crown Diameter small (m) |
| 1/20 | 4/14 | طول تاج (متر)<br>Crown height (m) |
| 079/0 | 27/3 | زی‌توده برگ (کیلوگرم)<br>Biomass Leaves (kg) |
| 078/0 | 3/43 | کربن ترسیب‌یافته (کیلوگرم)<br>Carbon sequestration (kg) |
| 060/0 | 95/3 | سطح برگ (سانتی‌متر مربع)<br>Leaf area ($cm^2$) |
| 288/0 | 58/12 | مقدارجذب دی‌اکسید کربن از جو (کیلوگرم)<br>Amount of co2 absorbtion from atmosphere (kg) |

جدول ۳- زی‌تودهٔ برگ، مقدار ذخیرهٔ کربن برگ و مقدار جذب دی‌اکسید کربن از جو توسط برگ‌های درختان کیکم در کل منطقه رویشی جنگل و در واحد سطح

Table 3. Biomass, carbon sequestration and amount of $co_2$ absorbed by leafs of *Acer monspessulanum* in whole forest area and in level unit

| کیکم<br>*Acer monspessulanum* | گونه<br>Species |
|---|---|
| 8/17 | هکتار (کیلوگرم) برگ در زی‌تودهٔ<br>Leaves Biomass per hectare (kg) |
| 77588/92 | در کل منطقه جنگل (کیلوگرم) برگ زی‌تودهٔ<br>Biomass of leaves in whole forest area (kg) |
| 8/57 | هکتار (کیلوگرم) در کربن برگ ذخیرهٔ<br>Carbon sequestration per hectare (kg) |
| 32/81385 | در کل منطقه جنگل (کیلوگرم) برگ کربن ذخیرهٔ<br>Carbon sequestration in whole forest area (kg) |
| 868۰/ | سطح برگ در هکتار (کیلوگرم)<br>Leaf area per hectare (kg) |
| 88/93761 | سطح برگ در کل منطقه جنگل (کیلوگرم)<br>Leaf area in whole forest area (kg) |
| 45/31 | مقدارجذب **دی‌اکسید کربن** از جو در هکتار (کیلوگرم)<br>Amount of $co_2$ was absorbed from atmosphere per hectare (kg) |
| 95/298491 | مقدارجذب از جو کل منطقه جنگل (کیلوگرم)<br>Amount of $co_2$ was absorbed from atmosphere in whole forest area (kg) |

**مقایسه مقدار زی‌توده، کربن ترسیب‌یافته و متوسط سطح برگ در جهت‌های مختلف جغرافیایی**

با توجه به این‌که نمونه‌برداری از چهار جهت اصلی جغرافیایی هر درخت انجام شد، مقادیر زی‌توده، کربن ترسیب‌یافته، سطح برگ و مقدارجذب دی‌اکسید کربن از جو از چهار جهت به‌وسیله آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (Anova) با یکدیگر مقایسه شد. نتایج حاکی از این بود که در سطح احتمال ۹۵ درصد تفاوت معنی-داری بین میانگین کربن ترسیب‌یافته و زی‌توده، در چهار جهت جغرافیایی وجود دارد. در حالی‌که میانگین سطح برگ در احتمال ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری را نشان نداده است (جدول ٤). همان‌طور که ملاحظه می-شود مقدار زی‌توده برگ در جهت شرقی تاج و مقدار کربن ترسیب‌یافته در جهت غربی بیشترین مقدار را به-خود اختصاص دادند (جدول ٤). در این راستا طبق نتایج حاصل از آزمون دانکن، مقدار کربن ترسیب‌یافته در جهت غربی با دیگر جهت‌ها و متوسط زی‌توده برگ در جهت شمال و شرق اختلاف معنی‌داری باهم دارند. شکل ۱ نتایج تجزیه واریانس بین میانگین ویژگی‌های مورد نظر در جهات جغرافیایی را نشان می‌دهند. براساس نتایج، مقدار زی‌توده برگ در جهت شرقی و مقدار کربن ترسیب‌یافته در جهت غربی بیشترین مقدار را به‌خود اختصاص دادند. نتایج آماره‌های توصیفی در ذیل ارائه شده‌اند (جدول ۵). همچنین مقادیر کربن، سطح برگ و زی‌توده برگ‌ها در چهار جهت جغرافیایی با کمک آزمون دانکن مقایسه شدند (شکل ۱). لازم به-ذکر است حروف مشابه در ذیل عدم تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال مورد نظر را نشان می‌دهند.

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس زی‌توده برگ، ذخیره کربن برگ و سطح برگ درختان کیکم

Table4. ANOVA result of biomass, carbon sequestration and leaf area of *Acer monspessulanum*

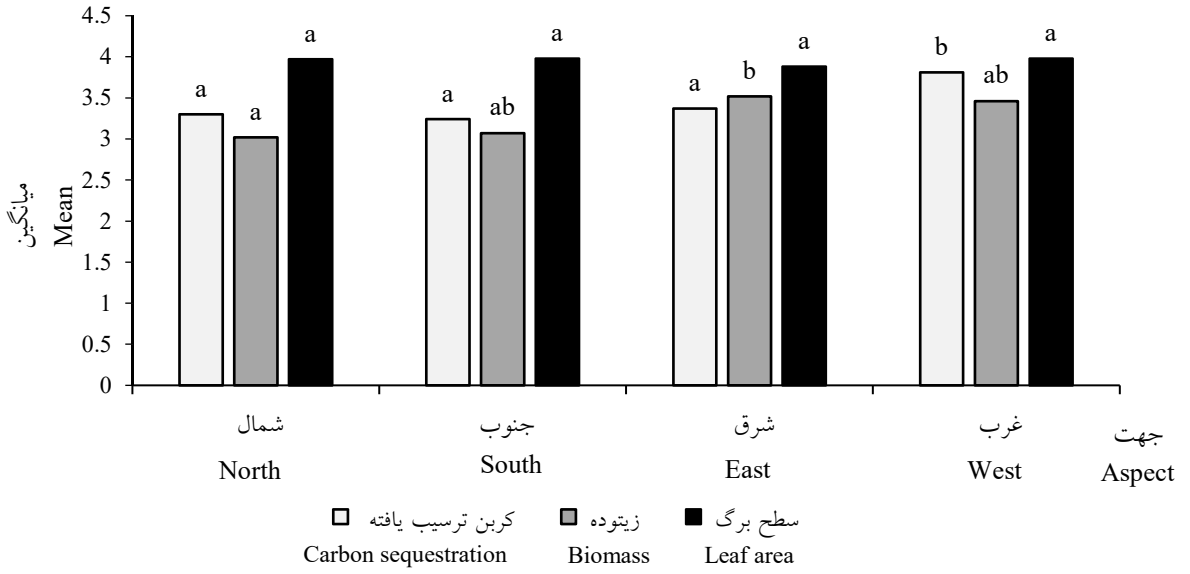
| شاخص Parameter | منبع تغییرات Change Source | مجموع مربعات Sum of Squares | درجه آزادی df | میانگین مربعات Mean Square | F | سطح معنی‌داری Significant level |
|---|---|---|---|---|---|---|
| زی‌توده برگ Leaves biomass | بین گروهی Between Groups | 6/076 | 3 | 2/025 | 2/837 | ۰/۰41 |
| | درون گروهی Within Groups | 82/818 | 116 | ۰/714 | | |
| | کل Total | 88/895 | 119 | | | |
| کربن ترسیب‌یافته Carbon sequestration | بین گروهی Between Groups | 6/114 | 3 | 2/038 | 2/881 | ۰/۰39 |
| | درون گروهی Within Groups | 82/060 | 116 | /۰707 | | |
| | کل Total | 88/174 | 119 | | | |
| سطح برگ Leaf area | بین گروهی Between Groups | ۰/224 | 3 | ۰/۰75 | ۰/166 | ۰/919 |
| | درون گروهی Within Groups | 52/286 | 116 | ۰/0451 | | |
| | کل Total | 52/510 | 119 | | | |

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

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

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

مقادیر داخل پرانتز اشتباه معیار است. The values in the parentheses are the standard Error.




شکل ۱- متوسط کربن ترسیب‌یافته، زی‌توده برگ و سطح برگ در جهات مختلف جغرافیایی

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

**بحث**

با وجودی‌که در اغلب پژوهش‌ها تنها زی‌توده برگ مورد اندازه‌گیری قرار گرفته است ولی در این پژوهش به روش مستقیم مقدار کربن ترسیب‌یافته در برگ گونه کیکم اندازه‌گیری شد و با استفاده از آن مقدار ترسیب کربن در برگ درخت متوسط و در سطح کل جنگل برآورد شد. نتایج نشان داد، میانگین زی‌توده و کربن ترسیب‌یافته برگ ۳۰ نمونه انتخاب شده گونه کیکم در واحد سطح، به‌ترتیب ۸/۱۷ و ۸/۵۷ کیلوگرم در واحد سطح (هکتار) و ۷۷۵۸۸/۹۲ و ۸۱۳۸۵/۳۲ کیلوگرم در هکتار کل برگ‌های درختان گونه کیکم در منطقه رویشی جنگل قلعه‌گل 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 جنگل‌های قلعه‌گل در استان لرستان، توجه به‌این جنگل‌ها موجب جذب و ترسیب مقدار زیادی از دی‌اکسید کربن جو خواهد شد. در پژوهشی که توسط Kumari (2013) انجام شد گونه کیکم نسبت به دیگر گونه‌های مورد پژوهش توانایی بیشتری از نظر ذخیره زی‌توده در اندام‌های خود نشان داد. طبق نتایج حاصله مقدار کربن ترسیب یافته به ازای یک سانتی‌متر مربع سطح برگ درختان کیکم ۰/۸۶۸ مترمربع در واحد سطح و ۹۳۷۶۱/۸۸ متر مربع کل برگ‌های درختان کیکم منطقه قلعه‌گل است. همچنین در پژوهش Olfati و همکاران (2013)، در منطقه باغ شادی هرات یزد مقدار ترسیب کربن اندام چوبی (تنه و شاخه) گونه کیکم ۷۰/۴۳۲ کیلوگرم در هکتار برآورد شد، این مقدار از کربن ترسیب‌یافته این پژوهش حاضر است؛ زیرا اندام‌هایی 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 می‌یابد (Paul *et al*., 2009).

براساس نتایج مقدار جذب گاز دی‌اکسید کربن از جو در واحد سطح ۳۱/۴۵ کیلوگرم به‌دست آمد که این مقدار در منطقه رویشی جنگل قلعه‌گل ۲۹۸۴۹۱/۹۵ کیلوگرم در هکتار برآورد شد. Panahi و همکاران

(2011)، این مقدار را در درختان بنه باغ گیاهشناسی ملی به مساحت ٤٠ هکتار ۹٦/۳ در واحد سطح و ۳۸۵۱/۱ در کل درختان بنه باغ برآورد کردند. با توجه به وسعت منطقه قلعه‌گل و تراکم درختان کیکم بالا بودن این مقدار قابل پذیرش است.

از دیگر نتایج مهم این پژوهش نشان دادن تأثیر جهت‌های مختلف جغرافیایی گونه کیکم بر روی مقدار کربن ترسیب‌یافته، زی‌توده و میانگین سطح برگ است. مقدار کربن ترسیب‌یافته در جهت غربی تاج‌پوشش بیشتر است و تفاوت معنی‌داری با دیگر جهت‌ها دارد. همچنین متوسط زی‌توده برگ در جهت شرق بیشترین مقدار و با جهت شمال اختلاف معنی‌داری دارد. از آنجا که مقدار فتوسنتز رابطه مستقیمی با عامل نور دارد و انتظار می‌رود جهت‌های جنوبی در نیمکره شمالی بیشترین مقدار فتوسنتز و درنتیجه بیشترین مقدار کربن ترسیب یافته را داشته باشند (Pilevar *et al*., 2014). ولی برخلاف این انتظار در جنگل‌های 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 می‌کنند. همچنین با توجه به مسیر وزش باد در این دره که سمت غرب به شرق بود در نتیجه می‌توان گفت علاوه بر دریافت نور، وزش باد به‌عنوان عامل انتقال و پخش کردن گازهای اتمسفر نقش مؤثری در حرکت گاز دی‌اکسید کربن و جذب بیشتر دی‌اکسید کربن از جهت غرب را دارد. سطح برگ درختان عاملی تعیین‌کننده در بسیاری ازفرآیندهای زیستی جنگل مانند تبادلات گازی، عبور نور از تاج-پوشش، تبخیر و تعرق، فتوسنتز، چرخه کربن و نیتروژن است (Moghadam, 2005). در این پژوهش متوسط سطح برگ گونه کیکم با جهات مختلف جغرافیایی تفاوت معنی‌داری نداشت. Pilevar و همکاران (2014)، در پژوهش خود در منطقه شهنشاه لرستان بر روی گونه بلوط ایرانی نشان دادند که مقدار کربن ترسیب‌یافته، زی‌توده در جهت شمالی تفاوت معنی‌داری داشته ولی مقدار سطح برگ تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. با توجه به نتایج پژوهش‌های انجام شده، مقدار سطح برگ بسیار وابسته به شرایط محیطی و همچنین عملکرد درونی گیاه است. معمولاً گونه‌هایی 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 به‌ازای یک واحد نیتروژن برگ بیشتر است (Panahi *et al*., 2013). منطقه جنگلی قلعه‌گل همانند دیگر بخش‌های جنگل‌های زاگرس تحت تأثیر مداخلات انسانی قرار دارد و از آنجایی که تخریب جنگل به‌ویژه در مناطق تحت چرا تأثیر زیادی بر ترسیب کربن دارد انجام اقدامات حفاظتی در این منطقه می‌تواند بر افزایش ترسیب کربن اتمسفری نیز تأثیرگذار باشد (Olfati *et al*., 2013). با توجه به این‌که ترسیب کربن یکی از معیارهای پایداری اکوسیستم است، بنابراین با شناخت گونه‌هایی که توانایی بیشتری برای ترسیب کربن دارند و همچنین بررسی عوامل مدیریتی تأثیرگذار بر فرآیند ترسیب کربن، می‌توان 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)
- 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 & SonsInc 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).
- Pourbabaei, H., M. Babaeian, A. Bonyad & M. Adel, 2014. Investigation Aouecology 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. Mirazadi[2] and R. Mansour samaei[3]**

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 Ghale 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 absorbtion, 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