فصلنامه علوم محیطی، دوره بیست و یکم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲

۱-۱۴

**مقاله پژوهشی**

# ذخیره کربن درختان راش(*Fagus orienalis* L.) در روشنه‌های تاج‌پوشش در جنگل معتدله هیرکانی(پژوهش موردی: جنگل الندان-مازندران)

**علیرضا آملی کندوری[۱]، کامبیز ابراری واجاری[۱*] و محمد فیضیان[۲]**

[۱] گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

[۲] گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی ، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۹/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۱۷

**آملی کندوری، ع.، ک. ابراری واجاری و م. فیضیان. ۱۴۰۲.** ذخیره کربن درختان راش(*Fagus orienalis* L.) در روشنه‌های تاج‌پوشش در جنگل معتدله هیرکانی(پژوهش موردی: جنگل الندان-مازندران). فصلنامه علوم محیطی. ۲۱(۲): ۱-۱۴.

**سابقه و هدف:** در جنگل‌های هیرکانی روشنه‌های تاج‌پوشش به اندازه‌های مختلف در اثر اجرای شیوه‌های مختلف جنگل‌شناسی ایجاده شده است. آگاهی از اثرات این روشنه‌ها بر پویایی توده‌های جنگلی می‌تواند در تصمیم‌گیری انتخاب شیوه‌های جنگل‌شناسی کمک نماید. بنابراین هدف از پژوهش حاضر بررسی تاثیر روشنه‌های تاج پوشش بر مقدار ذخیره کربن درختان راش و مقایسه آن با توده جنگلی مجاور روشنه‌ها و نیز ارتباط بین ویژگی‌های درختان و موجودی کربن آنها بود.

**مواد و روش ها:** روشنه‌های حاصل از شیوه تک‌گزینی درختی در سه طبقه مساحتی کوچک، متوسط و بزرگ شناسایی و از هر طبقه روشنه، پنج تکرار انتخاب شدند. درختان راش در توده‌جنگلی مجاور هر طبقه روشنه به فاصله ۲۰ متر از هر چهار جهت روشنه‌ها نیز تعیین شدند. قطر برابر سینه، ارتفاع درخت، مساحت، حجم، طول تاج، قطر تاج و نیز ذخیره کربن درختان راش واقع در اشکوب فوقانی اندازه‌گیری شدند. تجزیه واریانس یکطرفه برای مقایسه میانگین شاخص ذخیره کربن درختان راش در روشنه‌های تاج‌پوشش و در موقعیت-های مختلف و همچنین برای درختان با قطر زیاد استفاده گردید. برای مقایسه میانگین ذخیره کربن در طبقات ارتفاعی درختان و نیز بین توده‌جنگلی مجاور با روشنه‌ها آزمون تی‌مستقل به‌کار گرفته شد. برای تعیین همبستگی ضریب همبستگی پیرسون بین شاخص مقدار ذخیره کربن با برخی ویژگی‌های ساختاری درختان راش در حاشیه روشنه‌ها و نیز توده جنگلی مجاور آنها استفاده شد.

* Corresponding Author: *Email Address*. abrari.k@lu.ac.ir
http://dx.doi.org/10.48308/envs.2022.1134
http://dorl.net/dor/20.1001.1.17351324.1402.21.2.1.9

**Copyright:** © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

**نتایج و بحث:** نتایج نشان داد که درختان راش در حاشیه روشنه‌ها از نظر مقدار ذخیره کربن اختلاف معنی‌دار دارند ($p\leq$۰/۰۵ ). برای درختان بین جهت‌های مختلف در حاشیه روشنه‌ها اختلاف معنی‌داری از لحاظ ذخیره کربن مشاهد نگردید دادند ($p\leq$۰/۰۵ ). بین میانگین ذخیره کربن درختان راش واقع در حاشیه روشنه ها و توده جنگلی مجاور اختلاف معنی‌داری وجود نداشت دادند ($p\leq$۰/۰۵ ). بیشترین میانگین کربن(کیلوگرم) در درختان قطور (۵۸۴/۴۹ ± ۳۷۲۵/۲۸) حاشیه روشنه طبقه بزرگ مشاهده شد. نتایج همبستگی پیرسون نشان داد که با افزایش قطربرابرسینه ، ارتفاع ، طول و قطر تاج و حجم تاج ، مقدار ذخیره کربن درختان راش در حاشیه روشنه‌ها و نیز در توده جنگلی مجاور آنها افزایش یافت ( $p\leq$۰/۰۱ ).

**نتیجه‌گیری:** یافته‌های پژوهش مبین تاثیر مساحت روشنه‌های تاج‌پوشش حاصل از اجرای شیوه تک‌گزینی درختی در توده‌جنگلی راش می‌باشد. همبستگی بین ویژگی‌های ساختاری درختان راش مانند قطربرابرسینه، ارتفاع و مساحت‌تاج با ذخیره‌کربن نشان می‌دهد که در هنگام اعمال شیوه‌های جنگل‌شناسی ( پرورشی و بهره برداری) در جنگل‌های هیرکانی، ویژگی‌های ساختاری درختان راش به ویژه فراوانی درختان قطور با توجه به مقدار ذخیره کربن بیشتر در آنها مورد توجه قرار گیرد.

**واژه‌های کلیدی:** ساختار درخت، شیوه تک‌گزینی، جنگل‌های خزان‌کننده، ذخیره کربن.

## مقدمه

جنگل‌ها حدود ۳۰ درصد سطح کره زمین را دربرگرفته اند، اما تقریبا ۴۵درصد کربن خشکی را ذخیره نموده و بنابراین بر چرخه کربن و تنظیم اقلیم جهان تاثیرگذار می‌باشند (Thom and Keeton, 2019). جنگل‌ها نقش حیاتی در چرخه کربن در مقیاس منطقه‌ای و جهانی ایفا می‌کنند زیرا آنها نسبت به سایر بوم‌سازگان‌های خشکی کربن بیشتری را ذخیره می‌کنند و می‌توانند اثرات گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهند (Lou *et al*., 2013). یکی از مهم‌ترین خدمات بوم‌سازگان جنگل ترسیب‌کربن در زیتوده درختان است و جنگل‌ها یکی از مهم‌ترین ذخیره‌گاه‌های کربن محسوب می‌شوند (Agodziński *et al*., 2019). جنگل‌ها نقش مهم در چرخه جهانی کربن ایفا می‌کنند و ازاینرو زیتوده بخش‌هوایی یا ذخیره کربن و تولید چوب به عنوان عملکردهای جنگل در نظر گرفته می‌شوند (Kunwar *et al*., 2021) که برای توسعه پایدار ضروری هستند (Maren and Sharma, 2021). جنگل‌ها مسئول ذخیره‌سازی مقادیر زیادی از کربن در قالب زیتوده اندام‌های هوایی درختان می‌باشند ( Bordin *et al*., 2021). مقدار کربن درختان یک بخش مهم از کربن جنگل می‌باشد (Maren and Sharma, 2021) و سهم آن در مناطق جنگلی مختلف، متفاوت هست ( Pan *et al*., 2011). تعیین ترسیب‌کربن در بوم‌سازگان‌های خشکی از طریق براورد زیتوده به وسیله روش‌های مختلف همواره مورد توجه بوده است (Baishya and Barik, 2011). زیتوده درختان، مولفه مهم ذخیره کربن جنگل ، ممکن است از طریق محاسبه حجم درختان در فرایند آماربرداری براورد شود (Krejza *et al*., 2017). تعیین ذخایر کربن برای کسب آگاهی از وضعیت حال و آینده جنگل‌ها در قالب چرخه جهانی کربن و در واکنش به تغییرات اقلیمی و کاربری زمین ضروری به نظر می‌رسد (Menendez-Miguelez *et al*., 2021). در مطالعه‌ای در مورد جنگل های معتدله شمال چین مشخص شد که عامل ارتفاع در تعیین زیتوده درختان نسبت به عامل عناصر غذایی خاک ، نقش بارزتری ایفا نموده است (Yuan *et al*., 2021). در پژوهشی در جنگل‌های معتدله هیمالیا گزارش شد که مقدار کربن دخیره شده در درختان مناطق حفاظت شده بیشتر از مناطق غیر حفاظتی می‌باشد (Maren and Sharma, 2021). نتایج پژوهش در جنگل‌های بارانی کاستاریکا نشان داد که میانگین زیتوده درختان در جنگل‌های مدیریت شده بیشتر از جنگل‌های بهره‌برداری نشده می‌باشد (Vila *et al*., 2021). در توده‌های جنگلی ، مقدار کربن درختان

حاصل ارتـــباط بین عوامل اقلیمی ،خاک و توپوگرافی و نیز نوع کاربری و آشفتگـــی‌های محیـــطی می‌باشد (Yuan *et al*., 2018). عملیات مدیریتی جنگل بر ذخیره کربن موجـــودی سرپا، درختان بهره‌برداری شـده و نیز مازاد مقطـوعات جنگل تاثیـرگذار است (Matala *et al*., 2009).

روشنه‌های تاج‌پوشش یکی از آشفتگی‌های محیطی است که در جنگل‌ها به طور طبیعی به علت عواملی نظیر طوفان ، بیماری و آتش و یا در اثر اجرای عملیات بهره-برداری درختان در قالب شیوه‌های جنگل‌شناسی به وجود می‌آیند که می‌توانند در بوم‌سازگان جنگل تاثیرگذار باشند. روشنه‌های تاج پوشش جنگل، فضایی در تاج-پوشش هستند که در اثر مرگ یک یا چند درخت به وجود می‌آیند و به عنوان آشفتگی‌های در مقیاس کوچک قرار داشته و نقش بسیار مهم در پویایی جنگل دارا هستند (Lu *et al*., 2018). تشکیل روشنه باعث تغییرات آنی در خرد اقلیم جنگل می‌شود که با افزایش نور، چرخه مواد،حرارت و رطوبت همراه هست (Martin *et al*., 2021) و تشکیل روشنه باعث تغییر در ساختار جنگل می‌شود (Zhu *et al*., 2021; Lu *et al*., 2020; Lu *et al*., 2021). پویایی روشنه‌ها به عنوان یک فرایند حیاتی در تعیین ساختار جنگل و توسعه در بسیاری از بوم‌سازگان‌های جنگلی جهان مطرح شده است (Orman *et al*., 2018) و همچنین نقش مهمی در حفاظت و مدیریت جنگل به عهده دارند (Lu *et al*., 2021). در جنگل راش شرقی در شمال ایران همانند سایر مناطق جنگلی ، روشنه‌های تاج پوشش به اندازه‌های مختلف به طور طبیعی و یا به علت بهره‌برداری تحت شیوه‌های جنگل‌شناسی مانـــند شیوه تک‌گزینی تشکیل شده‌اند. پژوهش‌های متعددی در ارتباط با اثـــرات این روشنه‌ها بر زاداوری، تنوع گیاهی، ویژگی‌های فیزیکو-شیمـــیایی و زیســـتی خـــاک در جنگل‌های خزان کننـــده شمال ایران انجام شـــــده است. پژوهش‌های مورد نظر بیانگر نقش و اهمیت روشنه-های تاج‌پوشش در تیپ‌های مختلف جنگل‌های هیرکانی بوده که در مدیریت جنگل و در اجرای شیوه‌های جنگل-شناسی بایستی مورد توجه قرار گیرد. در ارتباط با تاثیر اندازه روشنه‌های حاصل از اجرای شیوه تک‌گزینی درختی بر مقدار ذخیره کربن درختان راش واقع در اشکوب فوقانی و در حاشیه روشنه‌های تاج‌پوشش در جنگل هیرکانی پژوهشی تاکنون انجام نشده است. ذخیره کربن درختان جنگلی در واقع می‌تواند نشانه‌ای از جذب کربن از طریق فتوسنتز درختان در جنگل باشد که به نوبه خود در تعدیل شرایط اقلیمی تاثیرگذار است. در جنگل هیرکانی وجود درختان به ویژه راش همانند سایر جنگل‌های دنیا نقش مهمی را در این ارتباط ایفا می‌نماید. در پژوهش حاضر، به این موضوع در جنگل راش بهره‌برداری شده پرداخته شده و همچنین مقایسه ذخیره کربن بین درختان در حاشیه روشنه‌های به وجود آمده در اثر بهره‌برداری با توده‌جنگلی مجاور آن را مورد توجه قرار داده است که در واقع بیانگر نقش بهره‌برداری در این زمینه می‌تواند باشد. بنابراین پژوهش حاضر در صدد پاسخگویی به سوالات زیر می‌باشد:۱- آیا اندازه روشنه‌ها و موقعیت بر مقدار ذخیره کربن درختان راش در حاشیه روشنه‌ها تاثیرگذار است؟، ۲-آیا بین درختان راش در توده جنگلی با درختان راش حاشیه روشنه ها از نظر مقدار ذخیره کربن اختلاف وجود دارد؟،۳- آیا همبستگی معنی‌دار بین مقدار ذخیره کربن و برخی ویژگی‌های ساختاری درختان راش وجود دارد؟با توجه به اهمیت بوم شناختی و اقتصادی گونه راش شرقی در منطقه رویشی هیرکانی ، آگاهی از پویایی روشنه‌ها و همچنین مقدار زیتوده و کربن درختان راش می‌تواند در برنامه‌ریزی عملیات پرورشی جنگل و اجرای شیوه‌های جنگل‌شناسی متناسب با شرایط رویشگاه جنگلی برای تولید محصولات چوبی و کسب اطلاعات از تاثیر آن براقلیم ناحیه رویشی کمک شایانی نماید.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

پژوهش حاضر در جنگل راش النداان ساری- مازندران (قطعه ۲۹) با مختصات جغرافیایی طول شرقی ´۲۴ °۵۳ عرض شمالی ´۱۲ ° ۳۶ انجام شد. مساحت قطعه مورد مطالعه ۴۲/۴ هکتار می‌باشد و تیپ غالب در این قطعه تیپ راش شرقی است. به همراه درختان راش، درختان پهن‌برگ خزان کننده ممرز، انجیلی، توسکای ییلاقی، افراپلت ، ملج، بلندمازو با فراوانی کمتر مشاهده می‌شوند. توده جنگلی راش نیمه انبوه تا انبوه با تاج پوشش ۸۵-۷۰ درصد و یک تا دو اشکوبه به همراه زیر اشکوب خاس، ازگیل و ولیک پراکنده که در دامنه ارتفاعی ۱۱۸۰-۱۰۴۰ متر از سطح دریا با جهت عمومی شمال شرقی و شیب۳۰ -۰ درصد واقع می‌باشد. تیپ غالب خاک رویشگاه از نوع قهوه‌ای پسدوگلی با بافتی سنگین می‌باشد و pH خاک بین ۷/۵- ۶ است. میانگین دما، بارندگی سالیانه و رطوبت نسبی هوا به ترتیب ۱۰/۵ درجه سانتی‌گراد، ۸۵۸ میلی‌متر و ۷۵/۲ درصد بوده و اقلیم منطقه طبق روش دومارتن از نوع مرطوب است (Amolikondori *et al*., 2021).

### روش تحقیق

با جنگل‌گردشی در توده‌جنگلی راش ، روشنه‌های تاج پوشش حاصل از برش تک‌گزینی درختی در سال ۱۳۹۰ در سه طبقه مساحتی کوچک (۱۳۰-۸۰) ، متوسط (۱۷۵-۱۳۱) و بزرگ (۳۰۰- ۱۷۶مترمربع) شناسایی و از هر طبقه روشنه، پنج تکرار انتخاب شدند (۱۵ =n). درختان راش در توده جنگلی مجاور هر طبقه روشنه به فاصله ۲۰ متر از هر چهار جهت روشنه‌ها نیز تعیین شدند. سپس در توده‌های مجاور و در حاشیه هر روشنه در چهار جهت جغرافیایی ، ویژگی‌های قطر برابر سینه، ارتفاع درخت، طول تاج و قطر تاج درخت راش واقع در اشکوب فوقانی اندازه‌گیری شدند. مساحت تاج درختان از رابطه:

$$CSA = \frac{\pi \times R}{6 \times C_L^2} \times (R^2 + 4 \times C_L^2)^{1.5} - R^3$$

و حجم تاج از رابطه

$$CV = \pi \times \frac{R^2 \times C_L}{2}$$

محاسبه شدند (Amolikondori *et al*., 2021) که R شعاع و $C_L$ طول تاج می‌باشد. برای براورد حجم درختان راش از فرمول $V= H\times D^2\times 0.5\times \pi/4$ استفاده شد (Zobeiry,1994 ) که H ارتفاع (متر) و D قطربرابرسینه (سانتی‌متر) و V حجم درخت سرپا (مترمکعب) می‌باشد. مقدار زیتوده سرپای درختان (AGTB) به کمک رابطه × $AGTB=V\ WD$ که WD دانسیته (گرم برسانتی‌متر مکعب) است، تعیین شد و نیز برای تبدیل مقدار زیتوده به مقدار کربن ، مقدار زیتوده در ضریب ۰/۴۷ ضرب گردید (Maren and Sharma, 2021). دانسیته برای درختان راش مقدار ۰/۶۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب در نظر گرفته شد (Najafian *et al*., 2021). همچنین با توجه به اینکه در درختان با قطربرابرسینه بیشتر از ۶۰ سانتی‌متر (Ali and Wang, 2021) زیتوده بیشتری ممکن است وجود داشته باشد (Yuan *et al*., 2021)، مقایسه مقدار ذخیره کربن برای این گروه از درختان در حاشیه روشنه‌ها انجام شد.

### تجزیه و تحلیل آماری

بعد از جمع‌آوری داده‌ها، نرمالیته داده‌ها به کمک آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد و با توجه نرمال بودن داده‌ها از تجزیه واریانس یکطرفه برای مقایسه میانگین شاخص ذخیره کربن درختان راش در روشنه‌های تاج-پوشش و در موقعیت‌های مختلف و همچنین برای درختان با قطر زیاد استفاده گردید. برای مقایسه میانگین ذخیره کربن در طبقات ارتفاعی درختان و نیز بین توده جنگلی مجاور با روشنه‌ها آزمون تی‌مستقل به‌کار گرفته شد. ضریب همبستگی پیرسون برای تعیین همبستگی بین شاخص مقدار ذخیره کربن با برخی ویژگی‌های ساختاری درختان راش در حاشیه روشنه‌ها و نیز توده-جنگلی مجاور آنها استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها ،به

کمک آزمون S.N.K در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد استفاده شد. کلیه محاسبه‌های آماری به وسیله نرم افزار SPSS 24 انجام گردید.

## نتایج و بحث

درختان راش در حاشیه روشنه‌های تاج‌پوشش از نظر مقدار ذخیره کربن (کیلوگرم) اختلاف معنی‌دار نشان دادند ($p\leq$۰/۰۵) به طوری که بیشترین میانگین آن برای درختان واقع در روشنه طبقه بزرگ مشاهده شد و همچنین برای درختان بین جهت‌های مختلف در حاشیه روشنه‌ها اختلاف معنی‌داری از لحاظ ذخیره کربن مشاهد نگردید (جدول ۱،۲،۳). نتایج پژوهش بیانگر تاثیر اندازه روشنه‌های تاج‌پوشش حاصل از اجرای شیوه تک‌گزینی درختی بر مقدار ذخیره کربن درختان راش واقع در حاشیه آنها می‌باشد (جدول ۱، ۲). مساحت روشنه‌ها بر رویش درختان تاثیرگذار می‌باشد (de Lima *et al.*, 2013). مقدار بیشتر ذخیره کربن درختان در روشنه‌های بزرگ بنا به نظر Blackburn *et al.* (2014) می‌تواند به علت مقدار جذب بیشتر نور باشد که شرایط مناسب‌تری برای گسترش تاج درختان فراهم می‌شود که باعث فعالیت فتوسنتزی بیشتر و به دنبال آن افزایش زیتوده و کربن درختان را به همراه خواهد داشت. به عقیده Iida *et al.* (2012) گونه‌های با چوب متراکم توانایی بیشتری برای گسترش تاج خود نشان می‌دهد که آنها را قادر می‌سازد که نور بیشتری را جذب نمایند. چنین وضعیتی را برای درختان راش در حاشیه روشنه‌ها به ویژه برای روشنه طبقه بزرگ می‌توان متصور بود. Amolikondori *et al.* (2021) گزارش نمودند که در جنگل راش (الندان - مازندران) اندازه برخی ویژگی ساختاری نظیر قطر و طول تاج و نیز مساحت تاج درختان راش در حاشیه روشنه‌های بزرگ، بیشتر از سایر روشنه‌ها می‌باشد. نتیجه تجزیه واریانس مقدار ذخیره کربن درختان با قطر بیشتر از ۶۰ سانتی‌متر نشان داد (df=۲، F= ۴/۱۸ ، Sig.=۰/۰۲۷) که بیشترین میانگین در درختان حاشیه روشنه طبقه بزرگ وجود دارد (جدول ۴). همچنین در حاشیه روشنه‌های بزرگ، درختان با قطر زیاد (DBH≥60cm) دارای ذخیره کربن بیشتری هستند (جدول ۴) که به نوبه خود در افزایش مقدار کربن درختان می‌تواند نقش داشته باشند. عدم اختلاف معنی‌دار مقدار کربن درختان در موقعیت-های مختلف در روشنه‌ها را می‌توان به سن روشنه (۶سال) نسبت داد (جدول ۲،۳). مقدار رویش درختان در حاشیه روشنه به سن روشنه وابسته بوده و با توجه به گونه درختی مقدار آن متفاوت می‌باشد (Lu *et al.*, 2020). بین درختان حاشیه روشنه‌ها و توده جنگلی مجاور آنها ، اختلاف معنی‌دار از نظر ذخیره کربن مشاهده نشد که ممکن است به علت شرایط محیطی تقریبا همسان و تغییرات کم مورفولوژی درختان راش به‌ویژه گسترش تاج در رویشگاه مورد نظر باشد. در پژوهش Amolikondori *et al.* (2021) مشخص شد که بین ویژگی‌های ساختاری درختان راش در توده مجاور و روشنه‌ها اختلاف معنی‌دار وجود ندارد. در ارتباط با بیشتر بودن میانگین ذخیره کربن در درختان با قطر زیاد (DBH≥60cm) در حاشیه روشنه‌های طبقه بزرگ (جدول ۴) می‌توان اظهار داشت که این طبقه از درختان مسن مدت زمان بیشتری برای رویش و توسعه تجربه نموده اند و براساس نظر Bordin *et al.* (2021) این درختان عملکرد ضروری در ذخیره کربن در جنگل را نشان می‌دهند. بنابراین درختان با قطر زیاد در حاشیه روشنه‌های تاج‌پوشش جنگل راش می‌توانند شاخص مهمی برای زیتوده و نیز ذخیره کربن باشند. حفاظت از درختان کهنسال با قطر زیاد با توجه به نقش بوم شناسی آنها در تولید زیتوده، لاشبرگ و زیستگاه جاندران در جنگل معتدله هیرکانی ضروری به نظر می‌رسد. بین میانگین ذخیره کربن(کیلوگرم) درختان راش واقع در

حاشیه روشنه‌ها (۱۴۰/۴۶± ۱۴۴۶/۰۴) و توده جنگلی مجاور (۱۸۸/۹۱ ± ۱۴۹۳/۱۲) با توجه به آزمون تی-مستقل (t= -۰/۲۰۱، df=۱۱۰، Sig.=۰/۸۴۱)، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۱). نتایج پژوهش نشان داد که درختان راش مرتفع (شکل ۱ ) و نیز درختان با قطر زیاد در جنگل نقش موثری در تولید زیتوده و کربن و همچنین پویایی جنگل دارند. درختان بزرگ در جنگل بیشترین تاثیر را بر ذخیره کربن درختان دارد و در پژوهش‌های متعدد به آن اشاره شده است (Maren and Sharma, 2021). میانگین ذخیره کربن درختان راش براساس آزمون تی‌مستقل (t= ۵/۲۹، df=۵۹، Sig.=۰/۰۰۰) در حاشیه روشنه‌ها در طبقه ارتفاعی ۴۰-۳۰ متر (۲۷۴/۰۵ ± ۲۳۴۵/۳۱) بیشتر از طبقه ۳۰-۱۳ متر (۱۲۱/۴۸ ±۶۱۶/۲۷) بود (شکل۲). براساس نتایج همبستگی پیرسون مشخص گردید (جدول ۵) که با افزایش قطربرابرسینه، ارتفاع، طول و قطر تاج و حجم تاج، مقدار ذخیره کربن درختان راش در حاشیه روشنه‌ها و نیز در توده‌جنگلی مجاور آنها افزایش یافت ($p\leq$۰/۰۵ ). یافته‌های پژوهشی در بوم سازگان‌های غرب آفریقا نشان داد که درختان با قطر زیاد نسبت به طبقات قطری کمتر، سهم بیشتری از کربن زیتوده را به خود اختصاص داده‌اند (Mensah *et al*., 2020). همبستگی بین مشخصه‌های ساختاری درختان راش در حاشیه روشنه‌ها و همچنین در توده جنگلی مجاور (جدول۵) با مقدار ذخیره کربن درختان در براورد اثرات پویایی روشنه‌های تاج‌پوشش و مقایسه آنها به توده جنگلی به عنوان عملکرد بوم‌سازگان جنگل بسیار موثر خواهد بود. شایان ذکر است که این ارتباط می‌تواند تحت تاثیر عوامل مختلف بوم‌شناسی در راشستان مورد مطالعه قرار گیرد که باعث تغییر در مقدار ذخیره کربن و زیتوده درختان می‌شود. سن و اندازه درختان بر مقدار زیتوده آنها تاثیرگذار می‌باشد و درختان بزرگ به علت نقش آنها در تولید چوب ،ذخیره کربن و کمی کردن ویژگی‌های ساختار توده‌جنگلی از اهمیت زیادی برخوردار هستند (Forrester, 2021). در پژوهش-های گذشته نشان داده شده که ویژگی‌های درختان غالب تاثیر بسیار زیادی بر عملکردهای مختلف بوم‌سازگان مانند تولید زیتوده و موجودی کربن داشته است (Lin *et al*., 2016) که چنین وضعیتی را می‌توان برای توده-جنگلی راش (شکل ۲) متصور بود. همبستگی مثبت بین ارتفاع و تاج پوشش درختان با ذخیره کربن آنها در پژوهش‌های متعددی گزارش شده است (Saimun *et al*., 2021). همبستگی بین ذخیره کربن و ویژگی‌های ساختاری درختان راش نظیر قطر، طول تاج و یا مساحت و حجم تاج نشان می‌دهد که این ویژگی‌ها عوامل مهمی هستند که در تعیین مقدار موجودی کربن آنها تاثیرگذار هستند.

**جدول ۱ - تجزیه واریانس ذخیره کربن درختان راش در حاشیه روشنه ها و توده جنگلی مجاور**

**Table 1. One- way ANOVA for carbon stock of beech trees in edge of gaps and adjacent closed stand**

| متغییر<br>Variable | درجه آزادی<br>Degree of freedom | F | معنی‌داری<br>Sig. |
|---|---|---|---|
| روشنه<br>Gap | 2 | 3.802 | 0.028* |
| موقعیت<br>Position | 3 | 1.934 | 0.136ns |

*معنی‌داری در سطح ۵درصد، ns عدم اختلاف معنی‌دار

*Significance at level 5%; ns, not significant

**جدول ۲- میانگین(انحراف معیار± میانگین) ذخیره کربن درختان راش در حاشیه روشنه‌ها**

**Table 2. Mean values (mean±SEM) of carbon stock for beech trees in edge of gaps**

| متغیر Variable | روشنه Gap | | |
|---|---|---|---|
| | کوچک Small | متوسط Medium | بزرگ Large |
| ذخیره کربن(کیلوگرم) Carbon stock (kg) | 1343.65±266.63[b] | 1150.49±232.11[b] | 2362.19±462.75[a] |

حروف متفاوت نشانه اختلاف معنی‌داری در سطح ۵درصد

The different letters indicate significant differences at level 5%

**جدول ۳- میانگین(انحراف معیار± میانگین) ذخیره کربن درختان راش در جهت های مختلف جغرافیایی در روشنه ها**

**Table 3. Mean values (mean±SEM) of carbon stock for beech trees in different position of gaps**

| متغییر Variable | موقعیت Position | | | |
|---|---|---|---|---|
| | شمال North | جنوب South | شرق East | غرب West |
| ذخیره کربن(کیلوگرم) Carbon stock (kg) | 745.41± 126.06 [a] | 1432.70±262.50[a] | 1783.35± 495.19 [a] | 983.37±251.75[a] |

حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌داری در سطح ۵درصد

The same letters indicate no significant differences at level 5%

**جدول۴- میانگین(انحراف معیار± میانگین) ذخیره کربن درختان با قطر زیاد(DBH≥60cm) در روشنه‌ها**

**Table 4. Mean values (mean±SEM) of carbon stock for large-sized trees (DBH≥60cm) in gaps**

| متغیر Variable | روشنه Gap | | |
|---|---|---|---|
| | کوچک(n=10) Small | متوسط(n=8) Medium | بزرگ(n=10) Large |
| ذخیره کربن(کیلوگرم) Carbon stock (kg) | 2304.12±294.63[b] | 2177.28±269.90[b] | 3752.28± 586.49[a] |

حروف متفاوت نشانه اختلاف معنی داری در سطح ۵درصد

The different letters indicate significant differences at level 5%

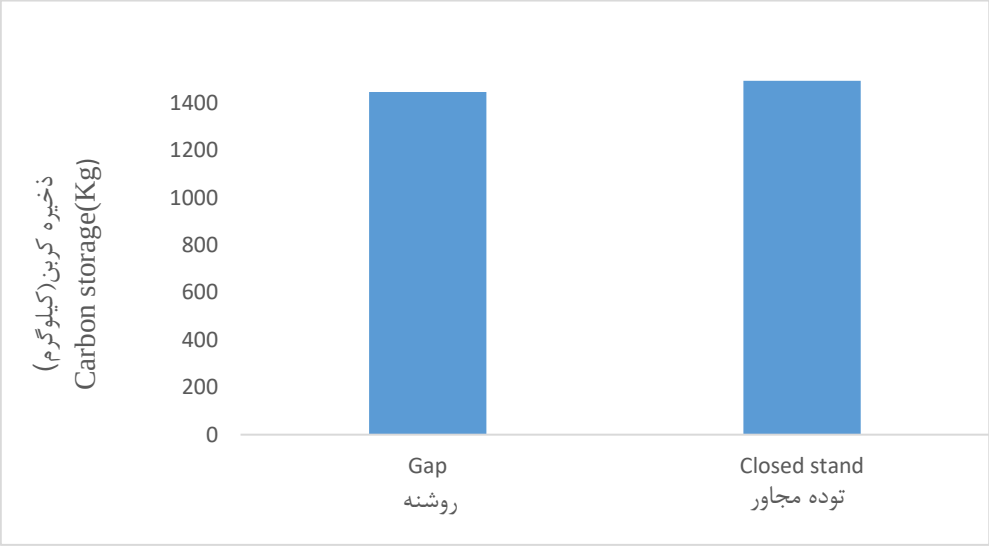
**جدول۵- ضرایب همبستگی پیرسون بین ذخیره کربن با ویژگی‌های درختان راش در روشنه‌ها و توده مجاور**

**Table 5. Correlation between carbon stock and attributes of beech trees in gaps and adjacent closed stand**

| متغیر Variable | طول تاج Crown length | قطر تاج Crown width | مساحت تاج Crown area | حجم تاج Crown volume | ارتفاع Height | قطر برابر سینه DBH |
|---|---|---|---|---|---|---|
| روشنه Gap ذخیره کربن Carbon stock | r=0.352** p=0.006 | r= 0.556 p=0.000 | r= 0.208ns p=0.114 | r= 0.389** p=0.002 | r=0.743 ** p=0.000 | r= 0.931** p=0.000 |
| توده مجاور Closed stand ذخیره کربن Carbon stock | r=0.491** p=0.000 | r= 0.376** p=0.003 | r= 0.137ns p=0.311 | r= 0.421 ** p=0.001 | r=0.717 ** p=0.000 | r=0,936** p=0.000 |

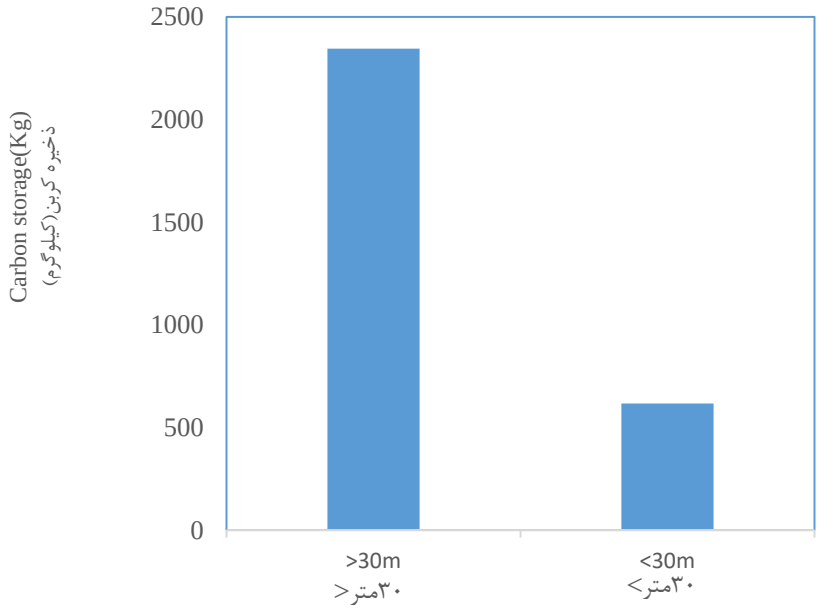
همبستگی معنی‌دار در سطح ۱درصد**

**Significance at level 5%; ns, not significant




**شکل ۱- میانگین ذخیره کربن(کیلوگرم) درختان راش در روشنه ها و توده جنگلی مجاور**

**Fig. 1-Mean values of carbon stock for beech trees in gaps and closed stand**




**شکل ۲- میانگین ذخیره کربن (کیلوگرم) درختان راش در طبقات ارتفاعی در حاشیه روشنه‌های تاج‌پوشش**

**Fig. 2- Mean values of carbon stock for beech trees in height classes at edges of gaps**

## نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش مبین تاثیر مساحت روشنه‌های تاج‌پوشش حاصل از اجرای شیوه تک‌گزینی درختی در توده‌جنگلی راش می‌باشد. همبستگی بین ویژگی-های ساختاری درختان راش مانند قطربرابرسینه، ارتفاع و مساحت‌تاج با ذخیره‌کربن نشان می‌دهد که در هنگام اعمال شیوه‌های جنگل‌شناسی ( پرورشی و بهره برداری) در جنگل‌های هیرکانی، ویژگی‌های ساختاری درختان راش به ویژه فراوانی درختان قطور با توجه به مقدار ذخیره کربن بیشتر در آنها مورد توجه قرار گیرد.

## منابع


Ali, A. and Li-Oiu, W., 2021. Big-sized trees and forest functioning: Current knowledge and future perspectives. Ecological Indicators. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107760.

Agodziński, A.M., Dyderski, M.K., Gęsikiewicz, K., and Horodecki, P., 2019. Tree and stand level estimations of *Abies alba* Mill. aboveground biomass. Annals of Forest Science.https://doi.org /10.1007/ s13595-019-0842-y

Amolikondori, A., Abrari Vajari ,K. and Feizian, M.,2021. Assessing the effects of forest gaps on beech (*Fagus orientalis* L.) trees traits in the logged temperate broad-leaf forest, Ecological Indicators.
https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107689.

Baishya, R. and Barik, S.K., 2011. Estimation of tree biomass, carbon pool and net primary production of an old-growth Pinus kesiya Royle ex. Gordon forest in north-eastern India. Annals of Forest Science. doi:10.1007/s13595-011-0089-8.

Blackburn, G.A., Abd Latif, Z. and Sandra Boyd, D., 2014. Forest disturbance and regeneration: a mosaic of discrete gap dynamics and open matrix regimes?. Journal of Vegetation Science.Doi: 10.1111/jvs.12201.

Bordin, K.M., Esquivel-Muelbert, A., Bergamin, R.S., Klipel, J., Picolotto, R.C., Frangipani, M. A. and Müller, S.C.,

2021. Climate and large-sized trees, but not diversity, drive above-ground biomass in subtropical forests. Forest Ecology

and Management. doi:10.1016/j.foreco.2021.11912.

de Lima, R.A. F., cio Prado, P.I., Martini, A.M.Z., Fonseca, L.J., Gandolfi, S. and Rodrigues, R.R.,2013. Improving methods in gap ecology: revisiting size and shape distributions using a model selection approach. Journal of Vegetation Science. 24, 484–495.

Forrester, D.I., 2020. Does individual-tree biomass growth increase continuously with tree size? Forest Ecology and Management.https:// doi.org/ 10.1016/j.foreco.2020.118717.

Iida, Y., Poorter, L., Sterck, F.J., Kassim, A.R., Kubo, T., Potts, M.D. and Kohyama, T.S., 2012. Wood density explains architectural differentiation across 145 co-occurring tropical tree species. Functional Ecology. 26, 274‐282.

Krejza, J., Světlík, J. and Bednář, P., 2017. Allometric relationship and biomass expansion factors (BEFs) for above- and below-ground biomass prediction and stem volume estimation for ash (*Fraxinus excelsior* L.) and oak (*Quercus robur* L.). Trees. https://doi.org/10.1007/s00468-017-1549-z.

Kunwar, S., Wang, L.Q., Chaudhary, R., Raj Joshi, P. and Ali, A.,2021. Stand density of co-existing species regulates above-ground biomass along a local-scale elevational gradient in tropical forests. Applied Vegetation Science. https://doi.org/ 10.1111/avsc.12577.

Lin, D., Anderson-Teixeira, K.J., Lai, J., Mi, X., Ren, H. and Ma, K.,2016. Traits of dominant tree species predict local scale variation in forest aboveground and topsoil carbon stocks. Plant and Soil. DOI 10.1007/s11104-016-2976-0.

Lu, D., Zhu, J., Wu, D., Chen, Q., Yu, Y., Wang, J., Zhu, C., Liu, H., Gao, T. and Wang, G.,2020. Detecting dynamics and variations of crown asymmetry induced by natural gaps in a temperate

secondary forest using terrestrial laser scanning. Forest Ecology and Management..https:// doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118289.

Lu, D., Wang, G.G., Yan, Q., Gao, T. and Zhu, J., 2018. Effects of gap size and within-gap position on seedling growth and biomass allocation: Is the gap partitioning hypothesis applicable to the temperate secondary forest ecosystems in Northeast China? Forest Ecology and Management. https://doi.org/10.1016 /j.foreco .2018.07.031.

Lu, D., Zhua, J., Wu, D., Chen, Q., Yu, Y. Wang, J., Zhu, C., Liua, H., Gao, T. and Wang, G.G.,2020. Detecting dynamics and variations of crown asymmetry induced by natural gaps in a temperate secondary forest using terrestrial laser scanning. Forest Ecology and Management. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118289.

Lu, D., Zhu, J., Wang, X, Hao, G. and Wang, G.G.,2021. A systematic evaluation of gap size and within-gap position effects on seedling regeneration in a temperate secondary forest, Northeast China. Forest Ecology and Management. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119140.

Luo, Y., Wang, X., Zhang, X. Ren,Y. and Poorter,H., 2013. Variation in biomass expansion factors for China's forests in relation to forest type, climate, and stand development. Annals of Forest Science. 70, 589–599.

Maren, I.E. and Sharma, L.N.,2021. Seeing the wood for the trees: Carbon storage and conservation in temperate forests of the Himalayas. Forest Ecology and Management. doi:10.1016/j.foreco.2021.119010

Martin, M., Woodbury, D., Glogower, Y., Duguid, M., Frey, B. and Mark Ashton, M.,2021. Within-gap position shapes fifty years of forest dynamics in a temperate hardwood forest in Connecticut, USA. Forest Ecology and Management. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119311.

Matala, J., Kärkkäinen, L., Härkönen, K., Kellomäki, S. and Nuutinen, T., 2009. Carbon sequestration in the growing stock of trees in Finland under diverent cutting and climate scenarios. European Journal of Forest Research. 128, 493–504. DOI 10.1007/s10342-009-0299-x.

Menendez-Miguelez, M., Ruiz-Peinado, R., Del Rio, M. and Calama, R., 2021. Improving tree biomass models through crown ratio patterns and incomplete data sources. European Journal of Forest Research. https://doi.org/10.1007/s10342-021-01354-3.

Mensah, S., Noulekoun, F. and Ago, E., 2020. Aboveground tree carbon stocks in West African semi-arid ecosystems: Dominance patterns, size class allocation and structural drivers. Global Ecology and Conservation.https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020 .e01331.

Mohan, K.C., Mason, E.G. and Bown, H.E., 2020. Linking above-ground biomass production to below-ground carbon fluxes across stocking, clone, fertilization, and understory elimination in *Pinus radiate* D. Don plantations, New Zealand. Forest Ecology and Management. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118469.

Najafian Ashrafi, M., Shaabani Asrami, H., Vosoughi Rudgar, Z., Ghorbanian Far, M., Heidari, A., Rastbod, E., Jafarzadeh, H., Salehi, M., Bari, E. and Ribera, J., 2021. Comparison of Physical and Mechanical Properties of Beech and Walnut Wood from Iran and Georgian Beech Forests. Forests. 12, 801. https://doi.org/10.3390/f12060801.

Orman, O., Dobrowolskab, D. and Szwagrzykc, J., 2018. 9/Gap regeneration patterns in Carpathian old-growth mixed beech forests ‐Interactive effects of spruce bark beetle canopy disturbance and deer herbivory. Forest Ecology and Management. https://doi.org/10.1016/ j.foreco .2018.08.031.

Pan, Y., Birdsey, R.A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P.E., Kurz, W.A., Phillips, O.L., Shvidenko, A., Lewis, S.L., Canadell, J.G., Ciais, P., Jackson, R.B., Pacala, S.W., McGuire, A.D., Piao, S., Rautiainen, A., Sitch, S. and Hayes, D., 2011. A large and persistent carbon sink in the world's forests. Science. https://doi.org/10.1126/ science.1201609.

Yuan, Z., Wang, S., Ali, A., Gazol, A., Ruiz-Benito, P., Wang, X., Lin, F., Ye, J., Hao, Z. and Loreau, M., 2018. Aboveground carbon storage is driven by functional trait composition and stand structural attributes rather than biodiversity in temperate mixed forests recovering from disturbances. Annals of Forest Science. https://doi.org/ 10.1007/s13595-018-0745-3.

Yuan, Z., Ali, A., Sanaei, A., Ruiz-Benito, P., Jucker, T., Fang, L. and Wang, X., 2021. Few large trees, rather than plant diversity and composition, drive the above-ground biomass stock and dynamics of temperate forests in northeast China. Forest Ecology and Management.doi:10.1016/j.foreco.2020.11869

Saimun, S.R., Karim, R., Sultana, F. and Arfin-Khan, M.A.S., 2021. Multiple drivers of tree and soil carbon stock in the tropical forest ecosystems of Bangladesh. Trees, Forests and People. https://doi.org/10.1016/j.tfp.2021.100108.

Senécal, J.F., Doyon, F. and Messier, C., 2018. Management implications of varying gap detection height thresholds and other canopy dynamics processes in temperate deciduous forests. Forest Ecology and Management .https: //doi.org/ 10.1016/j.foreco.2017.12.029.

Thom, D. and Keeton, W.S.,2019. Stand structure drives disparities in carbon storage in northern hardwood conifer forests. Forest Ecology and Management. 442, 10–20.

Zhu, J., Zhu, C., Lu, D., Wang, G.G., Zheng, X., Cao, J. and Zhang, J., 2021. Regeneration and succession: A 50-year gap dynamic in temperate secondary forests, Northeast China. Forest Ecology and Management. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.118943.

Zobeiry, M . (1994).Forest Inventory(Meaurement of Tree and Stand).Tehran University Press.383 p.

Environmental Sciences Vol.21 / No.2 / Summer 2023

**1-14**
**Original Article**

# Carbon stock of beech trees at canopy gaps in temperate Hyrcanian forest (Case study: Alandan forest,Mazandaran)

**Alireza Amolikondori,[1] Kambiz Abrari Vajari[1*] and Mohammad Feizian[2]**

[1] Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, Iran
[2] Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran

Received: 2021.12.16 Accepted: 2022.02.06

**Amolikondori, A., Abrari Vajari, K. and Feizian, M., 2023.** Carbon stock of beech trees at canopy gaps in temperate Hyrcanian forest (Case study: Alandan forest, Mazandaran). Environmental Sciences. 21(2): 1-14.

**Introduction:** Diverse gap sizes have been formed in temperate Hyrcanian forests as a result of different silvicultural operations. Understanding the consequences of these practices on forest stand dynamics can help in deciding the choice of silvicultural methods. Therefore, the purpose of this study was to investigate the effect of canopy gaps on the carbon stock of beech trees and compare it with the adjacent stand and also the interaction between tree attributes and their carbon stock.

**Material and methods:** The created gaps from single-tree cutting were classified into three classes of small, medium and large areas with five replicates for each. Trees were also identified in the adjacent forest to each gap at a distance of 20 m from four directions. Tree height, DBH, surface area, volume, length, diameter of crown and carbon stock of trees were measured. One-way analysis of variance was used to compare the average carbon stock index of beech trees in canopy gaps and in different situations as well as for large-diameter trees. Independent t-test was applied to compare the average carbon storage in the height classes of the trees and also between the adjacent forest stands with the canopy edges. Pearson correlation coefficient was used to determine the correlation between the index of carbon stock amount with some structural features of beech trees in the edge of the canopy gaps and the adjacent forest stand.

[*]Corresponding Author: *Email Address*. abrari.k@lu.ac.ir
http://dx.doi.org/10.48308/envs.2022.1134
http://dorl.net/dor/20.1001.1.17351324.1402.21.2.1.9

**Copyright:** © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

**Results and discussion:** The findings revealed that the carbon stock of beech trees along the gaps' edges differed significantly ($p \leq 0.05$). No significant difference was observed in carbon stock for beech trees among different directions at the edge of the gaps ($p > 0.05$). There was no significant difference between the mean carbon storage of trees at the edge of the gaps and the adjacent forest ($p > 0.05$). The highest mean of carbon was observed in the large-sized trees ($3725.28 \pm 584.49$) at the large gaps. The results of the correlation showed that with increasing DBH, height, length and diameter of the crown and the volume of the crown, the amount of carbon storage of trees increased at the edge of the gaps and also in the adjacent forest ($p \leq 0.01$).

**Conclusion:** Findings indicate the effect of canopy gap area resulting from the implementation of the single-tree selection method in beech forest. The correlation between the structural characteristics of beech trees such as DBH, height and crown area with carbon stock shows that when applying silvicultural methods (tending and logging) in Hyrcanian forests, structural characteristics of beech trees, especially the abundance of large-sized trees with more carbon stock should be considered.

**Keywords:** Carbon stock, Deciduous forest, Single-tree selection, Tree structure.