

تغییرات ذخایر کربن خشک‌دارهای بلوط ایرانی در ارتباط با عوامل فیزیوگرافی جنگل‌های زاگرس

علی سروآزاد^{۱*}، اصغر فلاح^۲ و علی اصغر واحدی^۳

۱- دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران. (ali.sar1886@gmail.com)
۲- استاد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران. (fallaha2007@yahoo.com)
۳- استادیار، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران. (as.vahedi@areeo.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۰۲

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تغییرات مقدار ذخیره کربن خشک‌دار درختان بلوط ایرانی در ارتباط با عوامل فیزیوگرافی در رویشگاه جنگلی قلاجه واقع در استان کرمانشاه انجام شد. بدین منظور، محدوده‌ای از جنگل قلاجه با دامنه ارتفاعی ۲۱۰۰-۱۴۰۰ متر از سطح دریا انتخاب، و منطقه به هفت طبقه ارتفاعی با اختلاف ۱۰۰ متر تقسیم‌بندی شد. سپس در سطح هر طبقه ارتفاعی برای برآورد مقدار ذخایر کربن انواع خشک‌دار (سرپا و افتاده)، قطعات نمونه یک هکتاری با سه تکرار پیاده‌سازی شدند. در هر قطعه نمونه ضمن مشخص کردن شیب و جهت، علاوه بر اندازه‌گیری‌های کمی در راستای هدف پژوهش در رابطه با خشک‌دارهای سرپا، خط نمونه‌ها به‌طور موازی و با فاصله مناسب از یکدیگر برای بررسی و اندازه‌گیری کمی خشک‌دارهای افتاده که قطر آن‌ها بزرگ‌تر یا مساوی دو سانتی‌متر بود، پیاده شدند. نتایج آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که بین مقدار ذخیره کربن خشک‌دار سرپا و افتاده با عامل ارتفاع از سطح دریا همبستگی معنی‌دار منفی وجود دارد. همچنین نتایج آنالیز واریانس نشان داد که تغییرات ذخیره کربن خشک‌دار درختان بلوط ایرانی در واحدهای مختلف فیزیوگرافی دارای اختلاف معنی‌دار نیستند که نشان می‌دهد تغییرات ذخیره کربن خشک‌دار درختان بلوط ایرانی در منطقه مورد پژوهش مستقل از تأثیرات عوامل فیزیوگرافی است.

واژه‌های کلیدی: خشک‌دار افتاده، خشک‌دار سرپا، قلاجه، گرادیان ارتفاعی.

مقدمه

امروزه جنگلداری نوین و نگاه‌های نزدیک به طبیعت توجه بیشتری به نگهداری خشک‌دارها به‌عنوان خرد زیستگاه در زیست‌بوم‌های جنگلی دارند. مقدار، کیفیت و انتشار مکانی خشک‌دارها به‌عنوان بخشی از ساختار زیست‌بوم‌های جنگلی همواره مورد توجه اکولوژیست‌ها بوده است (Amanzadeh et al., 2013)، یکی از عوامل مؤثر بر پراکنش مکانی خشک‌دارها در جنگل‌ها عوامل وابسته به فیزیوگرافی است. فیزیوگرافی اغلب به شکل ویژگی‌های جغرافیایی محیط فیزیکی مانند شیب، جهت دامنه و دیگر ویژگی‌های وابسته به توپوگرافی منطقه است، در اکولوژی جنگل، فیزیوگرافی را به‌عنوان خصوصیات سطحی، شکل و ماده مادری از یک محدوده محلی تا ناحیه‌ای تعریف می‌کنیم. اغلب از بخش‌های مختلف زیست‌بوم مانند اقلیم، فیزیوگرافی و خاک برای شناخت، تفکیک و نقشه‌برداری زیست‌بوم‌های چشم‌انداز در سطح ناحیه‌ای، محلی و همچنین برای درک ساختار و کارکرد زیست‌بوم‌ها استفاده می‌شود. در این بین فیزیوگرافی به‌عنوان ثابت‌ترین بخش از اجزاء یک زیست‌بوم تأثیر مهمی در شکل‌گیری ساختار و ترکیب زیست‌بوم‌های جنگلی را داشته و کمترین تأثیر را از تخریب‌های کوتاه و بلندمدت طبیعی و انسانی می‌پذیرد (Sefidi et al., 2016). عوامل فیزیوگرافی مانند جهت، ارتفاع و شیب از مؤثرترین عوامل اثرگذار بر روی رشد و استقرار گیاهان هستند. هرکدام از عوامل فوق با توجه به نقش ویژه‌ای که در تعیین برخی از شاخص‌های اقلیمی در سطوح خرد و کلان ایفا می‌کنند، اثر ویژه‌ای بر روی شاخص‌های کمی و کیفی توده‌های جنگلی ایفا می‌کنند (Sedighi et al., 2020). با بررسی پوشش گیاهی و عوامل مختلف محیطی مانند فیزیوگرافی می‌توان به پایداری جوامع گیاهی و همبستگی این عوامل با پوشش گیاهی پی‌برد که این

در عصر حاضر پیامدهای اکولوژیکی تغییرات اقلیم و گرمایش زمین از بزرگ‌ترین مشکل‌های جوامع بشری محسوب می‌شود، بر اساس مدل‌های سیستمی اقلیمی، افزایش کربن اتمسفری در بین کلیه عوامل، از مهم‌ترین عوامل ایجاد این رویداد چالش‌زاست. در این میان بوم‌سازگان‌های جنگلی نقش حیاتی را در چرخه کربن در زیست‌بوم‌های زمینی برعهده دارند. علاوه بر این، اجزای مختلف زیست‌بوم‌های جنگلی واکنش‌های متفاوتی را نسبت به عوامل تأثیرگذار در ذخیره کربن بوم‌سازگان‌های جنگلی نشان می‌دهند. بنابراین برای پیش‌بینی واکنش توازن کربن نسبت به آثار تغییرات اقلیمی و مدیریت جنگل، تعیین موجودی کربن جنگل و سهم اجزای مختلف بوم‌سازگان جنگلی مهم است (Zhu et al., 2010). جهت دستیابی به توسعه پایدار و همچنین حفاظت از زیست‌بوم‌های طبیعی، لازم است نقش عوامل فیزیوگرافی و تأثیر آن‌ها بر مقدار ذخیره کربن اجزای مختلف زیست‌بوم‌های جنگلی مورد پژوهش و بررسی قرار گیرد. زی توده‌های روی زمین و زیر زمین، لاشبرگ، کربن آلی خاک و خشک‌دارها پنج حوضچه کربن در بوم‌سازگان‌های زمینی هستند که برای گزارش آثار تغییرات اقلیمی در چارچوب معاهده‌های سازمان ملل باید موجودی کربن آن‌ها محاسبه شوند تا با کمک آن‌ها بتوان موجودی کربن بوم‌سازگان جنگل را پایش کرد (Kimberly et al., 2019). بررسی تغییرات مقدار ذخیره کربن در اجزای مختلف زیست‌بوم‌های جنگلی می‌تواند راهکارهای تازه‌ای را در جهت مدیریت بهینه جنگل در راستای توسعه پایدار و حفظ اصول زیست‌محیطی پیش‌رو ارائه دهد. خشک‌دارها در زیست‌بوم‌های جنگلی نقش کلیدی در حفظ و نگهداری تنوع گونه‌ای به‌عهده دارند و از این نظر

(Golmohamadi et al., 2017; Hosseinzadeh and Najafifar, 2016). اما در هیچ یک از این پژوهش‌ها مقدار تغییرات ذخایر کربن خشک‌دارها مربوط به گونه بلوط ایرانی در جنگل‌های غرب کشور مشهود نیست. با توجه به این‌که این جنگل‌ها به شدت تخریب شده‌اند و جنبه حفاظتی دارند، اطلاع از وضعیت و حجم خشک‌دارها می‌تواند کارکردهایی به جز اطلاعات مدیریتی مانند الگوبرداری از طبیعت داشته یا نقش شیوه‌های مدیریتی در مقدار خشک‌دارها داشته باشد (Parnian Kalayeh et al., 2020). شایان ذکر است که هر نوع اقدام حفاظتی و مدیریتی، مستلزم داشتن اطلاعات پایه از اجزای زیست‌بوم مانند حجم خشک‌دارها و مقدار ذخیره کربن انباشت‌شده در آن‌ها است. از این‌رو هدف اصلی این پژوهش تعیین مقدار ذخیره کربن انواع خشک‌دارها (افتاده و سرپا) و روند تغییرپذیری آن‌ها در ارتباط با عوامل فیزیوگرافی در رویشگاه جنگلی قلاجه بود تا در نهایت با توجه به نگرش جهانی به ارزش‌های متعدد ذخیره کربن در دنیا، با کمک یک برنامه‌ریزی اصولی، مدون، فرهنگ‌سازی و ارتقاء سطح آگاهی مردم بومی منطقه آن‌ها را از اهمیت جنبه زیست‌محیطی خشک‌دارها در مقدار ذخیره کربن که به‌عنوان یک شاخص مهم در سنجش پایداری زیست‌بوم‌های جنگلی محسوب می‌شوند، بیش از پیش آگاه کرده تا گام مهمی را در جهت توسعه پایدار و بهبود وضعیت پوشش جنگلی منطقه مورد پژوهش برداشت.

مواد و روش‌ها

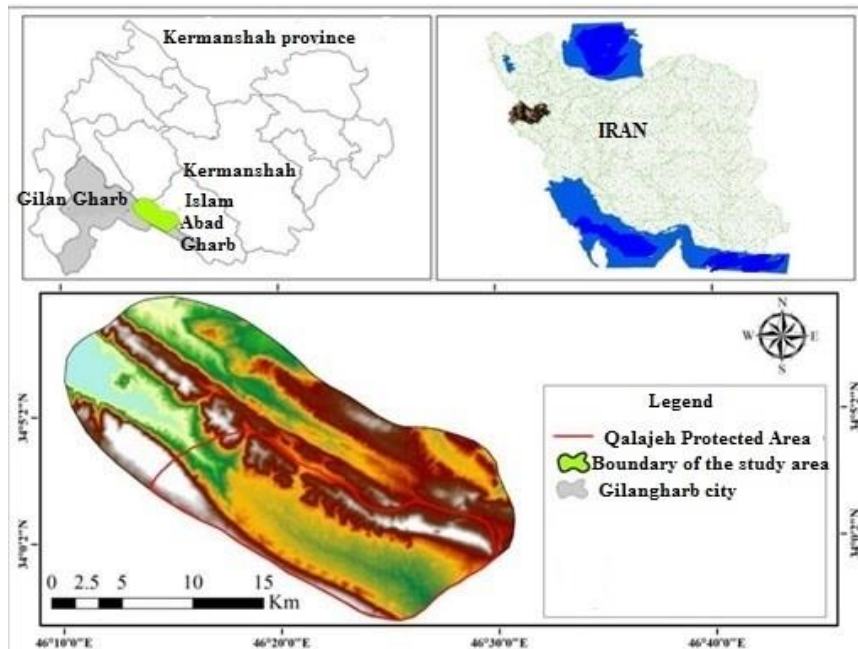
منطقه مورد پژوهش

این پژوهش در جنگل‌های منطقه قلاجه انجام شد. رویشگاه جنگلی قلاجه با مساحتی بالغ بر ۴۲۶۰۵ هکتار در حد فاصل شهرستان‌های گیلان غرب و

مسئله از نظر توسعه و احیاء جوامع جنگلی بسیار مهم و کاربردی است (Mirzaei et al., 2019). با وجود اهمیت نقش خشک‌دارها در تعادل مقدار کربن موجود در این مخازن که در بوم‌سازگان‌های جنگلی واقع شده‌اند پژوهش‌های کمی در خصوص ارتباط تغییرات موجودی کربن خشک‌دارها با برخی از عوامل محیطی انجام شده است. موجودی کربن یکی از شاخص‌های پایداری بوم‌سازگان‌های جنگلی است و با توجه به این‌که خشک‌دارها منبع انتشار کربن هستند و نقش اساسی در برقراری تعادل در چرخه حیاتی کربن را برعهده دارند، بنابراین آگاهی از مقدار جذب و ذخیره کربن آن‌ها مهم است. برآورد مقدار حجم خشک‌دارها، نه تنها بیانگر مقدار درختان خشک جنگل است، بلکه می‌تواند اطلاعات مهمی درباره ذخیره کربن و همچنین جریان کربن در بوم‌سامانه در اختیار ما قرار دهد، چرا که پژوهش‌ها مشخص کرده‌اند که خشک‌دارهای افتاده و سرپا، کارکرد متفاوتی در جریان زیست‌بوم جنگل دارند (Law et al., 2019). امروزه کمتر کسی است که به اهمیت حیاتی جنگل‌های زاگرس، که واجد ارزش‌های اقتصادی، ارزش‌های غیرقابل جانشین زیست‌محیطی و فواید اجتماعی بوده و از نظر اصلاح خاک، کنترل آبخیزها، حیات وحش و تفرج‌گاهی، تأثیرات پالایشی غیرقابل تردیدی دارند، آگاه نباشد. یکی از مشخصه‌های مهم جنگل‌های طبیعی، انباشت خشک‌دارها پس از مرگ و میر درختان است که امروزه شاهد افزایش آن‌ها در جنگل‌های بلوط زاگرس هستیم. با توجه به خشک‌دارهای درختان بلوط موجود در جنگل‌های زاگرس، هنوز اطلاعاتی در ارتباط با مقدار ذخیره کربن آن‌ها در این جنگل‌ها در دسترس نیست. در رابطه با نرخ مرگ و میر درختان بلوط ایرانی در جنگل‌های زاگرس پژوهش‌های مختلفی انجام شده است

جغرافیایی "۲۶° ۰۱' ۳۴" شرقی واقع شده است (شکل ۱).

اسلام‌آباد غرب در جنوب غربی استان کرمانشاه بین طول جغرافیایی "۰۵' ۱۸' ۴۶" شمالی و عرض



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد بررسی

Figure 1. The geographical location of study area

جنگل‌های منطقه را پوشش می‌داد. با توجه به دامنه ارتفاعی رویشگاه جنگلی قلاجه، منطقه به هفت طبقه ارتفاعی (۱۵۰۰-۱۴۰۰، ۱۶۰۰-۱۵۰۰، ۱۷۰۰-۱۶۰۰، ۱۸۰۰-۱۷۰۰، ۱۹۰۰-۱۸۰۰، ۲۰۰۰-۱۹۰۰، ۲۱۰۰-۲۰۰۰ متر) که فاصله هر طبقه از یک‌دیگر ۱۰۰ متر است طبقه‌بندی شد. سپس در سطح هر طبقه ارتفاعی برای برآورد مقدار ذخایر کربن خشک‌دارها (سریا و افتاده)، قطعات نمونه‌ای با ابعاد ۱۰۰ × ۱۰۰ متر با سه تکرار پیاده‌سازی شدند. در هر قطعه نمونه ضمن مشخص کردن اندازه شیب و جهت دامنه، اندازه-گیری‌های کمی در راستای هدف پژوهش در رابطه با خشک‌دارهای سریا (قطر و ارتفاع) طبق پروتکل ذکر شده انجام شد. در پایه‌های که به صورت تک‌پایه بودند قطر برابر سینه و ارتفاع و در پایه‌های شاخه‌زاد برای این که وزن قطری جست‌گروه مشخص شود، با

بر اساس طبقه‌بندی دومارتن، اقلیم منطقه سرد و نیمه‌مرطوب است. جهت غالب منطقه شمالی و بیشترین شیب منطقه در برخی از نقاط به بیش از ۶۰ درصد نیز می‌رسد. همچنین نوع بافت خاک آن رسی-لومی است. دمای متوسط منطقه ۱۲/۸ درجه سانتی-گراد و میانگین بارش سالیانه ۵۱۶/۷ میلی‌متر است. گونه غالب منطقه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) است.

شیوه اجرای پژوهش

برای بررسی تغییرات ذخیره کربن خشک‌دارها در ارتباط با عوامل فیزیوگرافی در منطقه مورد پژوهش، محدوده‌ای از جنگل‌های قلاجه که از نظر موقعیت مکانی کمتر تخریب یافته بود، انتخاب شد. محدوده انتخاب شده از ارتفاع ۱۴۰۰ متر تا ارتفاع ۲۱۰۰ متر از سطح دریا امتداد داشت و تقریباً نیم‌رخ کاملی از

محاسبات استفاده شد (Zobeiry, 2002). برای اندازه-گیری قطر خشک‌دار از نوار قطرسنج، اندازه‌گیری طول قطعات خشک‌دار از متر نواری و برای محاسبه ارتفاع خشک‌دارها از شیب‌سنج استفاده شد. شایان ذکر است که خشک‌دارهای موجود در منطقه مورد پژوهش در درجه‌های ابتدایی پوسیدگی قرار داشتند. برای تعیین چگالی خشک، تمام نمونه‌های چوبی با ابعاد ثابت (۲×۲×۲ سانتی‌متر)، در آون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. پس از مشخص شدن جرم خشک هر قطعه، با استفاده از نسبت جرم خشک به حجم تر، چگالی خشک محاسبه شد. پس از تعیین چگالی خشک، مقدار زی-توده از حاصل ضرب حجم خشک‌دار در چگالی خشک محاسبه شد. اندازه‌گیری مقدار ضریب کربن محاسباتی بر اساس روش احتراق در کوره‌های الکتریکی تعیین شد. بدین منظور ابتدا کلیه نمونه‌های چوبی مدنظر پس از نمونه‌برداری با ابعاد ثابت (۲×۲×۲ سانتی‌متر)، با جرم ثابت در کوره حرارتی در دمای ۶۰۰-۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴-۳ ساعت قرار داده شدند. نمونه‌های سوخته شده پس از خنک شدن در دستگاه دسیکاتور، وزن شدند و دوباره در داخل کوره قرار داده شدند و پس از مدتی دوباره وزن شدند تا از تثبیت وزن آن‌ها اطمینان حاصل شود. سپس با استفاده از رابطه ۱ مقدار ضریب کربن محاسبه شد (Allen et al., 1986).

$$\text{Ash} = \left(\frac{W_3 - W_1}{W_2 - W_1} \right) \times 100 \rightarrow \text{رابطه (۱)}$$

$$C\% = (100 - \text{Ash}\%) \times 0.58$$

در روابط فوق، Ash%: درصد خاکستر حاصل پس از سوزاندن کامل، W_1 : وزن ظرف (بوته-چینی)، W_2 : وزن خشک نمونه و بوته-چینی، W_3 : مجموع وزن خاکستر و بوته-چینی مورد استفاده، C%: ضریب کربن محاسباتی است. در نهایت

استفاده از متغیر قطر در ارتفاع نیم‌متر جست‌ها، متغیر جدیدی به نام قطر در ارتفاع نیم‌متر جست‌گروه (ریشه مجموع مجذور قطر در ارتفاع نیم‌متر تمام جست‌های هر جست‌گروه) محاسبه شد. همچنین در پایه‌های شاخه‌زاد برای محاسبه ارتفاع، ارتفاع چهار جست در هر جست‌گروه شامل بلندترین جست، قطورترین جست، نزدیک‌ترین جست به مرکز جست‌گروه در جهت شمالی و نزدیک‌ترین جست به مرکز جست‌گروه در جهت جنوبی اندازه‌گیری شد (Pourhashemi et al., 2015). همچنین در رابطه با خشک‌دارهای افتاده، خط‌نمونه‌ها (ترانسکت با طول ثابت) به‌طور موازی و با فاصله مناسب از یک‌دیگر (تعداد ۱۰ خط نمونه با طول ۱۰۰ متر و با فاصله ۱۰ متر از یک‌دیگر)، به‌منظور بررسی و اندازه‌گیری‌های لازم (قطرمیانی) که قطر آن‌ها بزرگ‌تر یا مساوی دو سانتی‌متر بود (2013) Iwashita et al. طبق پروتکل ذیل پیاده شدند. الف- هر قطعه خشک‌دار افتاده در کف جنگل که خط ترانسکت را قطع می‌کرد، در محل تقاطع آن قطعه با خط مسیر به‌طور عمود بر محور مرکزی قطعه خشک-دار، قطر آن اندازه‌گیری شد. ب- اگر خط ترانسکت انتهای قطعه خشک‌دار را قطع می‌کرد، در صورتی قطر آن قطعه اندازه‌گیری می‌شد که محور مرکزی قطعه خشک‌دار، خط ترانسکت را قطع می‌کرد. ج- اگر محور مرکزی یک قطعه خشک‌دار بر خط ترانسکت منطبق بود، به‌عبارتی دیگر محور مرکزی آن قطعه با خط ترانسکت نقطه تقاطعی نداشت ولی قسمتی از قطعه خشک‌دار خط ترانسکت را قطع می‌کرد، قطر آن قطعه اندازه‌گیری نمی‌شد. د- اگر قطعه خشک‌دار حالت خمیدگی یا چند شاخه‌گی داشت، به تعداد دفعاتی که خط ترانسکت را قطع می‌کرد قطر آن قطعه خشک‌دار در محل نقاط تقاطع، اندازه‌گیری می‌شد و میانگین قطرهای اندازه‌گیری شده به‌عنوان مبنای

پس از محاسبه مقدار ضریب کربن محاسباتی، مقدار ذخیره کربن خشک‌دار، با استفاده از حاصل ضرب مقدار زی توده در ضریب کربن محاسباتی به دست آمد. در این پژوهش برای اندازه‌گیری حجم خشک-دارها (افتاده و سرپا) از روابط زیر استفاده شد. حجم خشک‌دارهای سرپا براساس رابطه ۲ محاسبه شد (Zobeiry, 2000).

$$V = g \times h \times f \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در این رابطه V : حجم خشک‌دار سرپا بر حسب مترمکعب، g : سطح مقطع بر حسب مترمربع، h : ارتفاع بر حسب متر و f : ضریب شکل که مقدار آن ۰/۳۸ در نظر گرفته شد (Heidari Safari Kouchi et al., 2015).

قابل ذکر است که در این پژوهش، مقدار عددی ضریب شکل با توجه پژوهش‌های انجام گرفته توسط پژوهشگران که در جنگل‌های زاگرس انجام گرفته است در نظر گرفته شد.

همچنین جهت برآورد حجم خشک‌دارهای افتاده از رابطه ۳ استفاده شد (Zobeiry, 2002).

$$V = \frac{\pi^2 \times \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n d^2}{8 \times l \times m} \quad \text{رابطه (۳)}$$

در رابطه بالا V : حجم قطعات خشک‌دار به مترمکعب در هکتار، d : قطر میانی قطعه چوب به سانتی‌متر، m : تعداد قطعه چوب در خط نمونه از m : تعداد خط نمونه و L : طول خط نمونه به متر.

عوامل فیزیوگرافی در این پژوهش شامل شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا معرفی می‌شوند. شیب در چهار طبقه (۰-۱۵، ۱۵-۳۰، ۳۰-۴۵ و ۴۵-۶۰ درصد)، ارتفاع از سطح دریا در هفت طبقه (۱۴۰۰-۱۵۰۰، ۱۵۰۰-۱۶۰۰، ۱۶۰۰-۱۷۰۰، ۱۷۰۰-۱۸۰۰، ۱۸۰۰-۱۹۰۰، ۱۸۰۰-۲۰۰۰، ۲۰۰۰-۲۱۰۰ متر) و جهت‌های دامنه به صورت شمال، شرق، جنوب و غرب تعیین شد.

برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد که نتایج حاکی از نرمال بودن داده‌ها بود. با توجه به ماهیت تحلیلی داده‌ها برای تعیین همبستگی بین مقدار ذخیره کربن انواع مختلف خشک‌دار (سرپا و افتاده) با عوامل فیزیوگرافی از آزمون همبستگی پیرسون و نسبت همبستگی اتا (Eta) استفاده شد. برای بررسی وجود اختلاف معنی‌داری بین مقدار ذخیره کربن انواع مختلف خشک‌دار (سرپا و افتاده) با متغیرهای بوم‌شناختی شامل ارتفاع از سطح دریا، شیب، جهت دامنه و اثرهای متقابل آن‌ها از آزمون تجزیه واریانس دوطرفه استفاده شد. در صورت وجود اختلاف معنی-دار، برای بررسی معنی‌داری بین گروه‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد. تمامی تجزیه و تحلیل‌ها در محیط نرم افزار SPSS نسخه ۲۵ انجام شد.

نتایج

نتایج حاصل از تجزیه واریانس برای بررسی اختلاف موجود بین میانگین ذخیره کربن انواع مختلف خشک-دار (سرپا و افتاده)، در رابطه با عوامل فیزیوگرافی نشان داد که اختلاف معنی‌دار آماری وجود ندارد (Sig>۰/۰۵) (جدول ۱ و ۲).

با توجه به نتایج به دست آمده مجموع حجم خشک‌دارهای سرپا و افتاده به ترتیب ۷/۶۲ و ۱۱/۲۸ مترمکعب در هکتار برآورد شد. نتایج حاصل از تغییرات میانگین ذخیره کربن انواع مختلف خشک‌دار (سرپا و افتاده)، در طبقات مختلف ارتفاع از سطح دریا در جدول ۳ آمده است.

جدول ۱- تجزیه واریانس ذخیره کربن خشک‌دار سرپا در ارتباط با عوامل فیزیوگرافی

Table 1. ANOVA of standing dead wood carbon storage in relation to physiographic factors

سطح معنی‌داری Significance level	F	میانگین مربعات Mean of squares	درجه آزادی df	منبع تغییرات Source of variations
0.19	1.69	14	6	طبقات ارتفاع از سطح دریا (متر) Altitude classes (m)
0.30	1.32	12.62	3	جهت Aspect
0.17	1.84	16.38	3	طبقات شیب (درصد) Slope classes (%)
0.84	0.41	5.04	18	شیب × ارتفاع Altitude × Slope
0.56	0.61	6	18	ارتفاع × جهت Aspect × Altitude
0.25	1.52	11.51	9	جهت × شیب Slope × Aspect

جدول ۲- تجزیه واریانس ذخیره کربن خشک‌دار افتاده در ارتباط با عوامل فیزیوگرافی

Table 2. ANOVA of fallen dead wood carbon storage in relation to physiographic factors

سطح معنی‌داری Significance level	F	میانگین مربعات Mean of squares	درجه آزادی df	منبع تغییرات Source of variations
0.20	1.64	20.31	6	طبقات ارتفاع از سطح دریا (متر) Altitude classes (m)
0.37	1.11	16.14	3	جهت Aspect
0.19	1.75	23.23	3	طبقات شیب (درصد) Slope classes (%)
0.81	0.45	8.03	18	شیب × ارتفاع Altitude × Slope
0.62	0.49	7.04	18	ارتفاع × جهت Aspect × Altitude
0.20	1.80	20.55	9	جهت × شیب Slope × Aspect

جدول ۳- تغییرات میانگین (± اشتباه معیار)، ذخیره کربن خشک‌دارهای سرپا و افتاده در راستای گرادیان ارتفاعی

Table 3. Mean changes (± standard error), carbon storage of standing and fallen dead wood in the direction of elevation gradient

خشک‌دار سرپا (تن در هکتار) Standing dead wood (ton/ha)	خشک‌دار افتاده (تن در هکتار) Fallen dead wood (ton/ha)	طبقات ارتفاع (متر) Altitude classes (m)
12±1.73	17±2.30	1400-1500
11±1.73	15±2.02	1500-1600
10±1.15	14±1.45	1600-1700
9±0.57	13±0.88	1700-1800
8±2.51	12±3.05	1800-1900
7±1.52	10±1.76	1900-2000
6±1.73	9±2.02	2000-2100

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول‌های ۲ و ۱) مربوط به بررسی مقادیر مختلف ذخیره‌کربن انواع مختلف خشک‌دار (سرپا و افتاده) در واحدهای مختلف فیزیوگرافی که حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار آماری است ($\text{Sig} > 0/05$)، می‌توان نتیجه گرفت که عامل ارتفاع از سطح دریا تأثیر معنی‌داری بر روی مقدار ذخیره‌کربن انواع مختلف خشک‌دار (سرپا و افتاده) نداشته است. جدول ۴ مقادیر مختلف تغییرات میانگین ذخیره‌کربن انواع مختلف خشک‌دار (سرپا و افتاده)، را در جهت‌های مختلف دامنه نشان می‌دهد.

جدول ۴- تغییرات میانگین (\pm اشتباه معیار)، ذخیره‌کربن خشک‌دارهای سرپا و افتاده جهت‌های مختلف

Table 4. Mean changes (\pm standard error), carbon storage of standing and fallen dead wood of different directions

خشک‌دار سرپا (تن در هکتار) Standing dead wood (ton/ha)	خشک‌دار افتاده (تن در هکتار) Fallen dead wood (ton/ha)	جهت Aspect
8 \pm 1.17	12 \pm 1.46	شمال North
9 \pm 1.58	14 \pm 1.98	شرق East
11 \pm 1.06	15 \pm 1.28	جنوب South
7 \pm 1.2	11 \pm 1.3	غرب West

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱ و ۲) نشان داد که مقدار ذخیره‌کربن انواع مختلف خشک‌دار (سرپا و افتاده) تحت تأثیر جهت‌های مختلف دامنه است. جدول ۵ تغییرات میانگین ذخیره‌کربن انواع مختلف خشک‌دار (سرپا و افتاده)، در طبقات مختلف شیب در منطقه مورد پژوهش را نشان می‌دهد.

جدول ۵- تغییرات میانگین (\pm اشتباه معیار)، ذخیره‌کربن خشک‌دارهای سرپا و افتاده طبقات مختلف شیب در منطقه مورد

پژوهش

Table 5. Mean changes (\pm standard error), carbon storage of standing and fallen dead wood of different slope classes in the study area

خشک‌دار سرپا (تن در هکتار) Standing dead wood (ton/ha)	خشک‌دار افتاده (تن در هکتار) Fallen dead wood (ton/ha)	طبقات شیب (درصد) Slope classes (%)
9 \pm 1.53	13 \pm 1.83	0-15
11 \pm 0.96	16 \pm 1.25	15-30
8 \pm 1.11	11 \pm 1.35	30-45
6 \pm 1.2	10 \pm 1.12	45-60

نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس (جدول-های ۲ و ۱) نشان داد که شیب تأثیر معنی‌داری بر روی مقدار ذخیره‌کربن انواع مختلف خشک‌دار (سرپا و افتاده) نداشت.

همچنین نتایج بررسی همبستگی پیرسون و نسبت همبستگی اتا (Eta)، بین مقدار ذخیره کربن خشک‌دار سرپا و افتاده با عوامل رویشگاهی نشان داد که بین انواع مختلف خشک‌دار (سرپا و افتاده)، با عامل ارتفاع از سطح دریا همبستگی معنی‌دار منفی وجود دارد (جدول ۶).

جدول ۶- نتایج تحلیلی ارتباط بین واحدهای فیزیوگرافی و تغییرات متغیرهای پاسخ مورد پژوهش

Table 6. Analytical results of the relationship between physiographic units and changes in response variables

ضریب اتا Eta coefficient	ضریب همبستگی پیرسون Pearson correlation coefficient		
جهت Aspect	شیب Slope	ارتفاع از سطح دریا Altitude	
0.43 ^{ns}	-0.31 ^{ns}	-0.65 ^{**}	خشک‌دار سرپا Standing dead wood
0.40 ^{ns}	-0.30 ^{ns}	-0.64 ^{**}	خشک‌دار افتاده Fallen dead wood

^{**}، همبستگی در سطح یک درصد معنی‌دار است، ^{ns} عدم همبستگی معنی‌دار.

^{**}: correlation is significant at the level of 1%, ^{ns} not significant.

بحث

دادند که همسو با یافته‌های دیگر پژوهش‌ها است (Sefidi and Marvie Mohadjer, 2010; Parnian) (Kalayeh et al., 2020). یکی از دلایل این مسئله، تحت حفاظت بودن منطقه مورد پژوهش توسط دستگاه‌های متولی این امر و در نتیجه عدم مجوز ورود ساکنین منطقه و به تبع آن عدم فعالیت‌ها و دخالت‌های انسانی به‌عنوان مثال برداشت چوب از کف جنگل را می‌توان ذکر کرد. یکی دیگر از علت‌های بالا بودن حجم خشک‌دارها در جنگل‌های بلوط زاگرس ممکن است چگالی زیاد (1 gr/cm^3) چوب بلوط ایرانی باشد (Sefidi et al., 2016)، زیرا هرچه چگالی چوب بیشتر باشد، روند تجزیه آن کندتر خواهد شد (Mori et al., 2014). در سالیان اخیر در جنگل‌های بلوط زاگرس پدیده زوال بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl) که در نتیجه عواملی مانند قارچ *Biscogniauxia mediterranea*، خشک‌سالی‌های اخیر، پدیده گرد و

در مدیریت توده‌های جنگلی به‌ویژه در جنگل‌شناسی همگام با طبیعت نگهداری خشک‌دارها و مدیریت آن-ها به‌عنوان بخشی از ساختار توده‌های جنگلی دارای اهمیت است (Sefidi et al., 2016). آگاهی از نحوه اثرپذیری تغییرات مقدار ذخیره کربن خشک‌دارها از عوامل فیزیوگرافی یک منطقه به‌ویژه در جنگل‌های کوهستانی اهمیت زیادی دارد. در این پژوهش تلاش شد تا تغییرات ذخیره کربن خشک‌دار درختان بلوط ایرانی در ارتباط با عوامل فیزیوگرافی در رویشگاه جنگلی قلاجه مورد بررسی قرار گیرد. با نظر به اهمیت و کارکردهای متفاوت خشک‌دارها (سرپا و افتاده)، در منطقه مورد پژوهش حجم خشک‌دارهای سرپا و افتاده مورد اندازه‌گیری واقع شد. با توجه به نتایج، خشک‌دارهای افتاده نسبت به خشک‌دارهای سرپا حجم در هکتار بیشتری را به‌خود اختصاص

در *Balvanera and Aguirre (2006)* و *et al.* پژوهش‌های خود به این نتیجه رسیدند که بین مقادیر مختلف زی‌توده گیاهی و ذخایر کربن در واحدهای مختلف فیزیوگرافی ارتباط معنی‌داری وجود ندارد. متعاقب نتایج به‌دست آمده در پژوهش‌های اشاره شده، این پژوهش در ارتباط با تغییرات ذخیره‌کربن خشک-دار درختان بلوط در جنگل قلاجه، در ارتباط با عوامل فیزیوگرافی نشان داد تغییرات ذخیره‌کربن تحت تأثیر تغییرات عوامل فیزیوگرافی ناست. در رابطه با این نوع نتایج به‌دست آمده *Nguyen et al. (2012)* پیشنهاد کردند مهم‌ترین فرضیه‌ای که می‌تواند وجود داشته باشد این است که ذخیره‌کربن زی‌توده‌های گیاهی به احتمال زیاد در یک شرایط مطلوب رویشگاهی تحت تأثیر عوامل فیزیوگرافی قرار می‌گیرد. در غیر این-صورت کلیه شرایط رویشگاهی مانند رژیم‌های آشفتگی (*Disturbance*) از عوامل تأثیرگذار در توزیع زی‌توده‌های گیاهی و ذخیره‌کربن آن‌ها است. هر چند عوامل فیزیوگرافیک از متغیرهای ثابت در پیش‌بینی مقدار ذخیره‌کربن زی‌توده‌های روی زمین هستند ولی عواملی مانند آب و هوا و آشفتگی‌های ادافیکی، عامل‌های تأثیرگذار بر مقدار ذخیره‌کربن زی‌توده‌های روی زمین هستند (*Marshall et al., 2012*).

در این پژوهش می‌توان نتایج به‌دست‌آمده را این‌طور تفسیر کرد، هرچند تغییرات ذخیره‌کربن خشک‌دارهای بلوط جنگل قلاجه تحت تأثیر عوامل فیزیوگرافی ناست ولی این امر می‌تواند برگرفته از رژیم‌های آشفتگی در مقیاس کوچک یا وسیع، شرایط آب و هوایی مانند میکروکلیمای موجود در مناطق مختلف رویشگاه و ویژگی‌های خاک، ریشه‌دوانی و فعالیت‌های میکروارگانوسمی خاک باشد که همه این عوامل دارای تأثیرات مختلف هستند. در میان نتایج و پیشنهادهای مختلف (*McEwan et al. (2011)*، در

خاک به‌وجود آمده است، قابل مشاهده است (*Parnian Kalayeh et al., 2020*) جنگل قلاجه نیز از این قاعده مستثنی نبوده و شیوع این پدیده در منطقه مورد پژوهش مشهود و قابل ملاحظه است که سبب خشکیدگی درختان بلوط ایرانی شده است. بنابراین از دیگر علت‌های حجم بالای خشک‌دارها در کنار دیگر دلایل ذکر شده در منطقه مورد پژوهش پدیده زوال است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که مقدار ذخیره-کربن خشک‌دارهای سرپا و افتاده در طبقه‌های ارتفاعی تعریف شده دارای اختلاف معنی‌دار نیستند که این امر می‌تواند به دلیل تغییر شرایط اقلیمی و همچنین تأثیر مراحل تحولی باشد. این نتیجه مشابه نتایج پژوهش *Delkhani et al. (2016)* در جنگل‌های ویسر در غرب مازندران است که نشان دادند مقدار زی‌توده و ذخیره‌کربن در طبقه‌های مختلف ارتفاعی دارای اختلاف معنی‌دار نیستند. با توجه به خروجی حاصل از تحلیل واریانس در این پژوهش شیب و جهت دیگر عوامل فیزیوگرافی بودند که روی مقدار ذخیره‌کربن خشک‌دارها اثر معنی‌دار نداشتند. در ارتباط با بررسی مقدار تغییرات ذخیره‌کربن زی‌توده‌های گیاهی در واحدهای مختلف فیزیوگرافی، طی پژوهشی *Marshall et al. (2012)* تأثیرگذاری عوامل فیزیکی، در مقدار ترسیب کربن هوایی را گزارش کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که در میان همه عوامل محیطی، عوامل فیزیکی شیب و ارتفاع از سطح دریا تا حدود ۶۳/۷ درصد تغییرات مقدار ترسیب کربن هوایی را شامل می‌شوند. همچنین *Paquette and Messier (2008)* و *Healy et al. (2008)* طی پژوهش‌هایی در جنگل‌های معتدله نشان دادند که مقادیر تولیدات زی‌توده گیاهی و ذخایر کربن در عوامل مختلف فیزیوگرافی مانند شیب و جهت‌های دامنه اختلاف معنی‌داری وجود دارد. در صورتی که *Nguyen (2012)*

تأثیر عوامل فیزیوگرافی نبود، در این صورت می‌توان عنوان کرد که ساختار، توزیع نامتناسب و الگوی مکانی خشک‌دارها، یا ویژگی‌های ادافیکی و کلیه تحولات طبیعی جنگل که در نهایت سبب تغییرات غیر معنی‌دار ذخیره کربن خشک‌دارها (سریا و افتاده) در واحدهای مختلف فیزیوگرافی در جنگل‌های مذکور شده‌است، می‌تواند به‌عنوان یک موضوع تحقیقاتی برای پژوهشگران در آینده، مدنظر قرار گیرد و در این زمینه بررسی‌های بیشتری انجام گیرد.

References

- Allen, S.E.; Grimshaw, H.M.; Rowland, A.P., Chemical Analysis. In: P.D. Moore and Chapman (eds.). *Method in Plant Ecology* **1986**, 6 (2), 285-344.
- Amanzadeh, B.; Sagheb-Talebi, K.; Sotoudeh Foumani, B.; Fadaie, F.; Camarero, J. J.; Linares, J. C., Spatial distribution and volume of dead wood in unmanaged Caspian beech (*Fagus orientalis*) forests from northern Iran. *Forests* **2013**, 4 (4), 751-765.
- Balvanera, P.; Aguirre, E., Tree Diversity, Environmental Heterogeneity, and Productivity in a Mexican Tropical Dry Forest 1. *Biotropica* **2006**, 38 (4), 479-491.
- Delkhani, A.; Mataji, A.; Isaac Nymvri, M., Relationship between Plant Diversity and Carbon Storage in Height Profile of Veisar Forests in West of Mazandaran. *Journal of Renewable Natural Resources Research* **2016**, 7 (3), 1-13. (In Persian)
- Golmohamadi, F.; Hassanzad Navroodi, I.; Bonyad, A.E.; Mirzaei, J., Effects of Some Environmental Factors on Dieback Severity of Trees in Middle Zagros forests of Iran (Case Study: strait Daalaab, Ilam Province). *Iranian Journal of Plant Research* **2017**, 30 (3), 633-643. (In Persian)
- Healy, C.; Gotelli, N. J.; Potvin, C., Partitioning the effects of biodiversity and environmental heterogeneity for productivity and mortality in a tropical tree plantation. *Journal of Ecology* **2008**, 96 (5), 903-913.

رابطه با بررسی زی‌توده گیاهی و ذخایر کربن آن‌ها در رابطه با عوامل فیزیوگرافی تأکید دارند که قابلیت دستیابی درختان به عناصر غذایی، حاصل‌خیزی خاک و آشفستگی‌های رخ داده در جنگل مهم‌ترین عواملی هستند که نقش عوامل فیزیوگرافی را در مورد توزیع زی‌توده‌های گیاهی و مقدار ذخیره کربن آنها مورد پوشش قرار می‌دهد.

نتیجه‌گیری

- به‌طور کلی می‌توان اذعان کرد که ذخایر کربن خشک‌دارها (سریا و افتاده) در منطقه مورد پژوهش، تحت Heidari Safari Kouchi, A.; Moradian Fard, F.; Eskandari, A.; Rostami Shahraji, T., Investigation of Some Quantitative and Qualitative Characteristics of Persian Oak (*Quercus brantii* Lindl.) in Bazoft Forests of Chahar Mahal and Bakhtiari Province. *Iranian Journal of Zagros Forests Researches* **2015**, 2 (1), 75-91. (In Persian)
- Hosseinzadeh, J.; Najafifar, A., Study of association between diameter and height of trees and decline distribution in oak forest stands of Ilam province. *Journal of Wood & Forest Science and Technology* **2016**, 23 (2), 75-87. (In Persian)
- Iwashita, D. K.; Litton, C. M.; Giardina, C. P., Coarse woody debris carbon storage across a mean annual temperature gradient in tropical montane wet forest. *Forest Ecology and Management* **2013**, 291, 336-343.
- Kimberley, M. O.; Beets, P. N.; Paul, T. S., Comparison of measured and modelled change in coarse woody debris carbon stocks in New Zealand's natural forest. *Forest Ecology and Management* **2019**, 434, 18-28.
- Law, S.; Eggleton, P.; Griffiths, H.; Ashton, L.; Parr, C., Suspended dead wood decomposes slowly in the tropics, with microbial decay greater than termite decay. *Ecosystems* **2019**, 22 (6), 1176-1188.
- Marshall, A. R.; Willcock, S.; Platts, P.; Lovett, J. C.; Balmford, A.; Burgess, N.; Latham, J.; Munishi, P.; Salter, R.; Shirima, D., Measuring and modelling above-ground carbon and tree allometry along a tropical elevation gradient. *Biological Conservation* **2012**, 154, 20-33.

- McEwan, R. W.; Lin, Y.-C.; Sun, I.-F.; Hsieh, C.-F.; Su, S.-H.; Chang, L.-W.; Song, G.-Z. M.; Wang, H.-H.; Hwang, J.-L.; Lin, K.-C., Topographic and biotic regulation of aboveground carbon storage in subtropical broad-leaved forests of Taiwan. *Forest Ecology and Management* **2011**, 262 (9), 1817-1825.
- Mirzaei, M.; Bonyad, A.E.; Akhavan, R.; Naghdi, R., Decline modelling of *Quercus brantii* under effects of physiographic factors in Dalab forests of Ilam. *Forest Research and Development* **2019**, 5 (2), 329-342. (In Persian)
- Mori, S.; Itoh, A.; Nanami, S.; Tan, S.; Chong, L.; Yamakura, T., Effect of wood density and water permeability on wood decomposition rates of 32 Bornean rainforest trees. *Journal of Plant Ecology* **2014**, 7 (4), 356-363.
- Nguyen, H.; Herbohn, J.; Firn, J.; Lamb, D., Biodiversity-productivity relationships in small-scale mixed-species plantations using native species in Leyte province, Philippines. *Forest Ecology and Management* **2012**, 274, 81-90.
- Paquette, A.; Messier, C., The effect of biodiversity on tree productivity: from temperate to boreal forests. *Global Ecology and Biogeography* **2011**, 20 (1), 170-180.
- Parnian Kalayeh, S.; Moradi, M.; Sefidi, k.; Basiri, R., Coarse and Fine Woody debris and mortality rate of Persian Oak estimation in relation to some environmental factors in Zagros Oak Forest (Case study: Tange Alamdar, Behbahan). *Iranian Journal of Forest* **2020**, 11(4), 519-532. (In Persian)
- Pourhashemi, M.; Zandebasiri, M.; Panahi, P., Structural characteristics of oak coppice stands of Marivan Forests. *Iranian Journal of Plant Research* **2015**, 27 (5), 766-776. (In Persian)
- Sedighi, F.; Taheri Abkenar, K.; Heidari Safari Kouchi, A., Effect of physiographic factors on quantitative characteristics of cypress (*Juniperus excelsa* M. Bieb) trees (case study: Spiro cypress habitat-Damghan). *Forest Research and Development* **2020**, 6 (1), 29-42. (In Persian)
- Sefidi, K.; Marvie Mohadjer, M.R., Characteristics of coarse woody debris in successional stages of natural beech (*Fagus orientalis*) forests of Northern Iran. *Iranian Journal of Forest Science* **2010**, 56 (1), 7-17. (In Persian)
- Sefidi, K.; sharari, M.; Esfandiari darabad, F.; Azarian, M., The role of physiography characteristics of forest site on distribution of coarse woody debris and tree species in a mixed beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forest, northern Iran. *Iranian Journal of Wood and Forest Science and Technology* **2016**, 23 (4), 65-86. (In Persian)
- Zhu, B.; Wang, X.; Fang, J.; Piao, S.; Shen, H.; Zhao, S.; Peng, C., Altitudinal changes in carbon storage of temperate forests on Mt Changbai, Northeast China. *Journal of plant research* **2010**, 123 (4), 439-452.
- Zobeiry, M. *Forest Biometrics*, 1th ed.; Tehran Univ, Press 2002; p 428. (In Persian)
- Zobeiry, M. *Forest Inventory* (Measurement of Tree and Stand), 2th ed.; Tehran Univ: Press 2000; p 401. (In Persian)

Changes in carbon storage of *Quercus brantii* Lindl in relation to physiographic factors of Zagros forests

A. Sarvazad^{*1}, A. Fallah² and A. A. Vahedi³

1- PhD Student of Forestry, Faculty of Natural Resources, Sari Agriculture Science and Natural Resources University, Sari, I. R. Iran. (ali.sar1886@gmail.com)

2- Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Sari Agriculture Science and Natural Resources University, Sari, I. R. Iran. (fallaha2007@yahoo.com)

3- Assistant Professor, Natural resources Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, I. R. Iran. (as.vahedi@areeo.ac.ir)

Received: 24.11.2021 Accepted: 22.03.2022

Abstract

The aim of this study was to investigate the changes in the amount of dead wood carbon storage of *Quercus brantii* Lindl in relation to physiographic factors in Qalajeh forest of Kermanshah province. For this purpose, an area of Qalajeh forest with an altitude range of 1400-2100 meter was selected, and the area was divided into seven elevation classes with a difference of 100 meters. Then, at the level of each elevation class, one-hectare sample plots with three replications were implemented to estimate the amount of standing and fallen dead wood carbon storage. In each sample plot, while specifying the slope and direction, in addition to quantitative measurements in line with the research goal in relation to standing dead wood, the sample line in parallel and at a suitable distance from each other to check and measure the fallen dead wood whose diameter was greater than or equal to 2 cm for necessary measurements were implemented. The results of Pearson correlation test showed that there is a significant negative correlation between the amount of standing and fallen dead wood carbon storage with the altitude factor. Also, the results of analysis of variance showed that the changes in dead wood carbon storage of *Quercus brantii* Lindl in different physiographic units did not have a significant difference, which shows that the changes in dead wood carbon storage of *Quercus brantii* Lindl trees in the study area are independent of the Physiographic factors effects.

Keywords: Fallen dead wood, Standing dead wood, Qalajeh, Elevation gradient.

* Corresponding author

Tel: +989382103348