



دانشگاه گنبدکاووس

نشریه "حفاظت زیست‌بوم گیاهان"

دوره هفتم، شماره پانزدهم

<http://pec.gonbad.ac.ir>

## بر آورد میزان ترسیب کربن توده‌های شاخه‌زاد بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) در کامفیروز استان فارس

سید کاظم بردبار\*

استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، شیراز

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۳/۱۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۸/۳۰

### چکیده

در این پژوهش، با تعداد ۴۲ قطعه نمونه ۲۰۰۰ مترمربعی به شکل مستطیل و ابعاد ۵۰×۴۰ متر با استفاده از روش تصادفی- سیستماتیک و شبکه آماری ۵۰۰×۱۰۰۰ متری نسبت به آمار برداری از منطقه اقدام گردید. سپس با در دست داشتن آمار درختان و وضعیت پراکنش در طبقات قطری تعداد ۳۰ اصله درخت شاخه‌زاد بلوط ایرانی با حداقل قطر جست ۵ سانتی‌متر به صورت آمار برداری طبقه‌بندی تصادفی انتخاب و مشخصه‌هایی مثل تعداد جست، قطر جست، ارتفاع کل، ارتفاع تاج، قطر بزرگ و کوچک تاج آن‌ها اندازه‌گیری شد. درختان بلوط ایرانی موجود در منطقه به طبقات قطری ۵ سانتی‌متری تقسیم شده و در هر طبقه ۳ درخت مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. نمونه‌هایی نیز از اندام‌های مختلف درخت مثل لاشبرگ، تنه، سرشاخه و برگ تهیه و مقدار درصد کربن خالص در هر کدام از گونه‌ها در آزمایشگاه به طور مجزا محاسبه شد. برای تعیین میزان کربن موجود در خاک، نمونه خاک هر کدام از قطعات تهیه و در آزمایشگاه میزان کربن آلی در خاک اندازه‌گیری شد. نتایج این تحقیق نشان داد میزان کربن ترسیب شده در هر هکتار ۲۷/۸ تن بوده که ۱۶ تن آن در خاک و ۱۱/۸ تن مربوط به اندام‌های مختلف درختان بلوط ایرانی می‌باشد که معادل ۱۰۲/۰۹ (۵۸/۹۵) تن در خاک و ۴۳/۱۴ تن در اندام‌های مختلف (تن دی‌اکسید کربن جذب‌شده در هکتار است. نتایج آزمون دانکن نشان داد بین کربن ترسیب شده در تنه با سایر قسمت‌های درختان و همچنین بین کلاسه‌های قطری مختلف جست‌ها اختلاف معنی‌داری وجود دارد. برآورد ارزش اقتصادی ترسیب کربن در این توده نشان داد که هر هکتار از جنگل بلوط ۴۰ ساله از نظر ترسیب کربن، ارزشی معادل ۶۱۹۳/۹۴ دلار داشته که ارزش سالانه آن برابر ۱۵۴/۸۴ دلار است.

واژه‌های کلیدی: استان فارس، بلوط ایرانی، ترسیب کربن، شاخه زاد

\* ایمیل نویسنده: Sbordbar86@gmail.com

## مقدمه

اکوسیستم‌های جنگلی قابلیت بالایی جهت ذخیره کربن به صورت چوب و سایر مواد آلی دارند. البته جنگل می‌تواند در افزایش گاز کربنیک جو از طریق آتش‌سوزی، جنگل‌زدایی، صدمه به درختان و از بین رفتن آن‌ها و تجزیه مواد چوبی و ضایعات چوبی سهیم باشد. جنگل‌ها می‌توانند از طریق افزایش زی‌توده و تجمع مواد آلی سبب کاهش گاز کربنیک در فضا گردد. جنگل‌های جوان در حال رشد مقدار کربن زیادی را تثبیت می‌کنند، در حالی‌که در جنگل‌های بالغ مقدار تثبیت و انتشار دی‌اکسید کربن با هم برابری می‌کند. گازهای گلخانه‌ای از قبیل بخار آب، گاز کربنیک ( $\text{CO}_2$ )، متان ( $\text{CH}_4$ ) و دی‌اکسید ازت ( $\text{NO}_2$ )، CFCs می‌توانند اشعه مادون قرمز را جذب کنند و باعث افزایش درجه حرارت زمین شوند. افزایش غلظت این گازها به‌خصوص گاز کربنیک ناشی از عواملی مانند سوخت‌های فسیلی، جنگل‌زدایی و آزادسازی کربن در اثر تغییرات سازند زمین و انجام فعالیت‌های کشاورزی است که این امر باعث بروز خشک‌سالی و سیل‌های خانمان برانداز می‌شود. در واقع حدود نیمی از سهم گرم شدن گلخانه‌ای زمین به علت افزایش گاز کربنیک است که قبل از دوره صنعتی شدن تا به امروز غلظت این گاز در اتمسفر ۲۵ درصد افزایش یافته است و سرعت رشد آن نیم درصد در سال است (Petit et al., 1999). از زمان شروع انقلاب صنعتی در قرن نوزدهم غلظت گاز کربنیک در اتمسفر از ۲۸۰ ppm به ۳۶۵ ppm در حال حاضر رسیده است (Hui et al., 2017). ترسیب کربن در زی‌توده گیاهی و خاک‌هایی که تحت این زی‌توده هستند ساده‌ترین و به‌لحاظ اقتصادی عملی‌ترین راهکار ممکن جهت کاهش دی‌اکسید کربن اتمسفری است (William, 2002). عمده‌ترین منابع ذخیره‌سازی کربن پوشش گیاهی به‌خصوص جنگل‌ها هستند. اکوسیستم‌های جنگلی دنیا در صورت فعالیت در جهت ذخیره کربن قادرند سالانه حدود ۲/۳ گیگا تن کربن را حبس نمایند (Watson et al., 2000). اندازه‌گیری زی‌توده درختان یکی از نیازهای اساسی در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی جنگل و بررسی‌های جریان انرژی در بوم‌سازگان به‌حساب می‌آید (Zianis et al., 2005). در رابطه با ترسیب کربن در عرصه‌های جنگلی در سه دهه اخیر تحقیقات گسترده‌ای در ایران و جهان بر روی این موضوع انجام گرفته است. روستا و همکاران (۱۳۹۲) در جنگل تحقیقاتی بنه فیروزآباد فارس مقدار ترسیب کربن در هر هکتار توده جنگلی ۱/۹۹ تن و در کل جنگل با مساحت ۹۳۷۴ هکتار، ۱۸۶۵۴ تن برآورد شده است. در خاک این توده نیز ۱۲/۷۸ تن در هکتار به دست آمد. در بررسی که در جنگل کاری‌های اکالیپتوس و آکاسیا در اراضی پخش سیلاب انجام شده میزان ترسیب کربن اندام‌های گیاهی تا ۷/۸ تن در هکتار برآورد شده است (بردبار و مرتضوی جهرمی، ۱۳۸۵). همچنین محمودی طالقانی و همکاران (۱۳۸۶) در تحقیقی به منظور بررسی تأثیر آمیختگی گونه‌ها و تیپ جنگل در مقدار ترسیب کربن خاک در حوضه ۴۵ جنگل‌های شمال کشور مقدار کربن ترسیب شده در

افق معدنی خاک را در طرح جنگلداری دلدره ۲۸۳/۸ تن به دست آوردند و نشان دادند حجم در هکتار، آمیختگی و تیپ جنگل رابطه مستقیمی با زی توده جنگل دارد و به افزایش ذخیره کربن خاک کمک می کند. خادمی و همکاران (۱۳۸۹) اعلام کردند که میزان ۲۱/۱۷ تن در هکتار در مدت ۱۴ سال توسط گونه اوری (*Quercus macranthera*) در منطقه اندبیل خلخال ذخیره شده است. ایران منش و همکاران (۱۳۹۳) در جنگل های لردگان استان چهارمحال بختیاری، زی توده و اندوخته کربن روی زمینی در دو فرم رویشی بلوط را مورد بررسی قرار داده اند که متوسط زی توده روی زمینی در هر درخت در فرم تک پایه ۳۷۴/۱ و جست گروه ۱۴۶/۳ کیلوگرم به دست آمد که نشان دهنده ۲/۵ برابر بودن متوسط زی توده در درختان تک پایه نسبت به جست گروه هاست. عبدی و همکاران (۱۳۸۷) باهدف برآورد ظرفیت ترسیب کربن توسط جنس گون در گون زارهای استان مرکزی، مجموع کربن ترسیب شده در واحد سطح را ۳۲/۹۵ تن در هکتار به دست آوردند که ۸۷/۴۳ درصد از کل ترسیب کربن را کربن آلی خاک تشکیل داد. ورامش (۱۳۸۸) میزان کربن ترسیب شده در پارک جنگلی چیتگر تهران را در زی توده گونه های کاج تهران، سرو نقره ای، آفاقیا و زبان گنجشک برآورد کرد. در این بررسی کاج تهران بیشترین مقدار ترسیب کربن را داشت. این توده پس از ۴۰ سال ۹۴۸ تن زی توده تولید کرد. آفاقیا، سرو نقره ای و زبان گنجشک نیز به ترتیب با ترسیب کربن حدود ۴۱۲/۳۴، ۲۶۴/۲ و ۸۳/۷۲ تن در هکتار در رتبه های بعدی قرار گرفتند. سهم خاک از کل ترسیب کربن در توده کاج تهران ۱۰/۸ درصد و در دیگر توده ها به ترتیب ۱۸/۲۹، ۱۵/۸۵ و ۳۲/۱۵ درصد به دست آمد. اندرو (Andrew, 2010) مقدار زی توده و کربن ذخیره شده در جنگل پهن برگ و سوزنی برگ Clatstop آمریکا را به ترتیب ۲۸/۱۱ و ۱۳۶/۷ تن در هکتار برآورد کرد که این مقدار کربن از اندازه گیری کربن موجود در برگ، سرشاخه، تنه و ریشه درختان به دست آمد. گرنزویگ و همکاران (Grunzweig et al., 2003) بیان کردند توسعه جنگل کاری ها در مناطق خشک اثر معنی داری بر ترسیب کربن داشته و علاوه بر این، مزایایی چون احیای پوشش گیاهی در اراضی تخریب شده، کاهش رواناب و فرسایش، جلوگیری از فشردگی خاک ها و بهبود شرایط زیستی حیات وحش را به دنبال دارد.

شاولیق و لاست (Shauvlieghe and Lust, 1999) در شمال بلژیک ذخیره کربن در سیستم های مختلف کاربری اراضی را اندازه گیری نموده و نتیجه گرفتند که توده های مسن تر اهمیت بیشتری در ذخیره کربن خاک مخصوصاً کربن پایدار خاک داشتند. ارزیابی پتانسیل گونه های مختلف درختی از جنبه ترسیب کربن در شمال شرق چین نشان داد که تفاوت های زیادی بین گونه های مختلف از نظر ترسیب کربن وجود دارد، به طوری که پهن برگان دارای قابلیت بیشتری از نظر ترسیب کربن هستند. توماس و همکاران (Thomas et al., 2007) در پژوهشی، زی توده هوایی در اندام های مختلف

توده‌های شاخه‌زاد دو گونه بلوط (*Q. laeta* and *Q. castanea*) را در مناطق مرکزی مکزیک مورد بررسی قرار دادند و معادلات توانی با متغیر قطر برابر سینه برای برآورد زی توده ارائه دادند. مقدار زی توده در اکوسیستم‌های جنگلی و در نتیجه مقدار ذخیره کربن علاوه بر اینکه بیانگر توان تولید در واحد سطح یا زمان می‌باشد، بر چرخه‌های بیوشیمیایی جنگل نیز تأثیر می‌گذارد (Husch et al., 2003).

پیلی و همکاران (Pilli et al., 2012) تخصیص کربن (Carbon Allocation) در اندام‌های مختلف به عنوان یک فرایند کلیدی در چرخه کربن محسوب شده و با توجه به اینکه اندام‌های مختلف درخت، طول عمر و نرخ تجزیه متفاوتی دارند، مقدار کربن موجود در هر اندام، زمان باقی ماندن کربن در اکوسیستم و چرخه کربن آن را تعیین می‌کند.

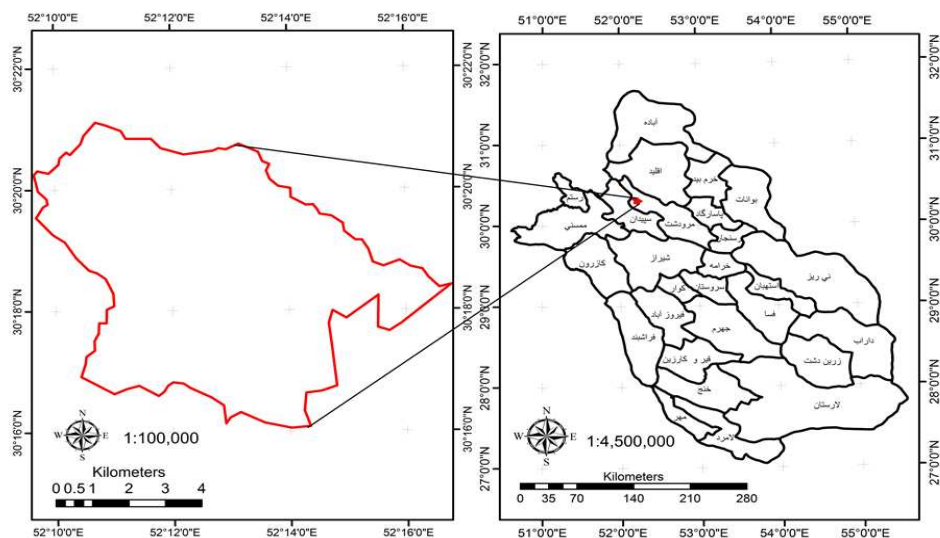
کامپیولی و همکاران (Campioli et al., 2008) و موکونن (Muukkonen, 2006) در ارزیابی کربن و زی توده جنگل‌های فنلاند، سریع‌ترین نرخ تجزیه را برای ریز ریشه‌ها و برگ و کمترین نرخ را برای تنه درختان معرفی کردند.

کاهش تراکم جنگل بر اثر عملیات تنک کردن تأثیر معنی‌داری بر میزان ترسیب کربن دارد (Pukkala, 2016). در تحقیقی که بر روی توده‌های دست‌کاشت کاج در اسپانیا انجام شده میزان ترسیب کربن کمتری نسبت به توده‌های پهن‌برگ و آمیخته به دست آمد (Rio et al, 2017).

#### مواد و روش‌ها

##### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه با مساحتی معادل ۱۰۴۲۱ هکتار در حوضه آبخیز سد درودزن بین عرض‌های شمالی ۸° ۳۰' تا ۳۰° ۳۰' و طول‌های شرقی ۵۲° ۱۰' تا ۵۲° ۱۱' و در فاصله ۱۱۰ کیلومتری شمال شهر شیراز، ۷۰ کیلومتری غرب مرودشت، در بخش کامفیروز واقع و از لحاظ تقسیمات کشوری جزو حوزه شهرستان مرودشت استان فارس می‌باشد. این ناحیه از شمال به رودخانه کر و اراضی علی‌آباد، از مشرق به رودخانه کر و سد درودزن، از غرب به بلندی‌های کوه سفید و از جنوب به اراضی روستای تنگ ممو محدود می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان فارس

درختان نمونه براساس آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تکرار مورد بررسی قرار گرفت. به منظور تعیین تعداد درختان بلوط در طبقات قطری مختلف، ابتدا با تعداد ۴۲ قطعه نمونه ۲۰۰۰ مترمربعی به شکل مستطیل با ابعاد  $۵۰ \times ۴۰$  متر با استفاده از روش تصادفی- سیستماتیک و شبکه آماری  $۱۰۰۰ \times ۵۰۰$  متری نسبت به آمار برداری از منطقه اقدام گردید. سپس جهت محاسبه وزن زی توده تولید شده گونه بلوط ایرانی در منطقه مورد مطالعه با در دست داشتن آمار درختان و وضعیت پراکنش در طبقات قطری، تعداد ۳۰ اصله درخت شاخه‌زاد با حداقل قطر جست ۵ سانتی‌متر به صورت تصادفی انتخاب و مشخصه‌هایی مثل تعداد جست، قطر جست، ارتفاع کل، ارتفاع تاج، قطر بزرگ و کوچک تاج اندازه‌گیری شد. برای این منظور دامنه قطری درختان بلوط موجود در منطقه به طبقات قطری ۵ سانتی‌متری تقسیم و در هر طبقه حداقل ۳ درخت بررسی شد. به منظور تعیین وزن تر اندام‌های مختلف درخت (برگ، سرشاخه و تنه) در ابتدای فصل پاییز با پایان فصل رویش و قبل از خزان درختان، از هر طبقه قطری یک جست قطع‌شده و وزن‌کشی اندام‌های مختلف در محل به‌وسیله ترازو انجام و میزان وزن هر کدام از اندام در کلاسه‌های مختلف قطری درختان، محاسبه وزن کل

زی توده تولیدی انجام شد. به منظور تعیین وزن لاشبرگ ریخته شده در زیر درختان نمونه قطعات نمونه کوچک یک مترمربعی به صورت تصادفی پیاده و لاشبرگ موجود در آن‌ها برداشت و توزین شدند تا متوسط وزن لاشبرگ یک متر مربع در توده بلوط به دست آید.

از اندام‌های مختلف درختان بلوط (شامل برگ، سرشاخه، تنه) و لاشبرگ تعداد سه نمونه به آزمایشگاه منتقل شد و در آون و در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت نگهداری شد تا وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شود. سپس جهت تعیین درصد کربن آلی اندام‌های مورد مطالعه، نمونه‌های خشک شده پس از توزین در کوره الکتریکی با دمای ۳۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد (Verloo, 1996)، پس از خاکستر شدن کامل، مجدداً توزین شدند.

با تعیین وزن خاکستر و با در دست داشتن وزن اولیه و نسبت کربن آلی به مواد آلی (رابطه ۱) میزان کربن آلی در هر کدام از اندام‌های درختان به صورت جداگانه محاسبه و در نهایت با در دست داشتن وزن اولیه و درصد کربن آلی برای هر کدام از اندام‌ها، به صورت جداگانه ضریب تبدیل محاسبه شد (بردبار، ۱۳۸۵؛ عبدی، ۱۳۸۷؛ Birdsey, 1992).

$$OC = 0.54 \times OM \quad \text{رابطه ۱}$$

کربن آلی: OC، مواد آلی: OM

به منظور تعیین میزان ترسیب کربن در خاک، به دلیل عمق کم خاک و بالا بودن سنگ مادری آهکی در منطقه از عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتری پلات‌های ۵×۵ متر برای اندازه‌گیری کربن آلی خاک استفاده شد. نمونه‌ها به روش ترکیبی از چهار جهت پلات برداشت و سپس مخلوط گردید و در نهایت یک نمونه از هر پلات برداشت شد. برای لحاظ کردن اثر تاج در میزان کربن آلی خاک، نمونه‌هایی نیز در زیر تاج درختان برداشت شده و بدون قرار گرفتن در معرض نور خورشید، در هوای آزاد خشک و به آزمایشگاه منتقل و با استفاده از روش والکی‌بلاک (رابطه ۲) کربن آلی آن به دست آمد (محمودی طالقانی و همکاران، ۱۳۸۶).

$$OC = 1000 \times \%OC * E * Bd \quad \text{رابطه ۲}$$

کربن آلی: Oc، عمق (cm): E، چگالی ظاهری خاک: Bd

در نهایت از نرم‌افزار Excel به عنوان بانک اطلاعاتی ذخیره و از برنامه SPSS برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد.

## نتایج

۱. **ضریب تبدیل:** ضریب تبدیل وزن تر اندام‌های مختلف بلوط ایرانی به کربن، مطابق با شیوه ذکر شده در روش تحقیق محاسبه گردیده که نتایج آن در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱- نتایج ضریب تبدیل وزن تر اندام‌های مختلف بلوط ایرانی به کربن آلی به درصد

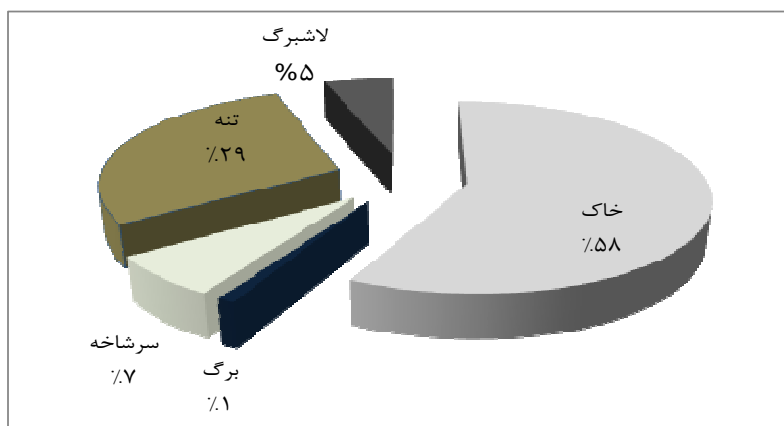
نوع زی توده	چوب	سرشاخه	برگ	لاشبرگ
ضریب تبدیل به درصد	۲۵/۵	۲۹/۳	۲۴/۰۵	۲۴

۲. **میزان ترسیب کربن روی زمینی:** با استفاده از ضریب تبدیل زی توده به کربن آلی در اندام‌های مختلف گونه بلوط ایرانی، میزان کربن ترسیب شده در هر کدام از اندام‌ها و مجموع آن محاسبه شده است. با در نظر گرفتن تعداد در پلات و سطح پلات (۲۰۰۰ مترمربع)، تعداد پایه در هکتار محاسبه و ترسیب کربن برای یک درخت در تعداد در هکتار ضرب و در نتیجه میزان ترسیب کربن در یک هکتار از جنگل بلوط به دست آمد. با توجه به مساحت جنگل، ترسیب کربن در تمام جنگل توسط گونه بلوط محاسبه شد (جدول ۲). ترسیب کربن لاشبرگ نیز با محاسبه میانگین وزن لاشبرگ در هکتار و در نظر گرفتن ضریب تبدیل ۱۳۶۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد.

جدول ۲- مقدار کربن آلی ترسیب شده در خاک و اندام‌های مختلف گونه بلوط ایرانی

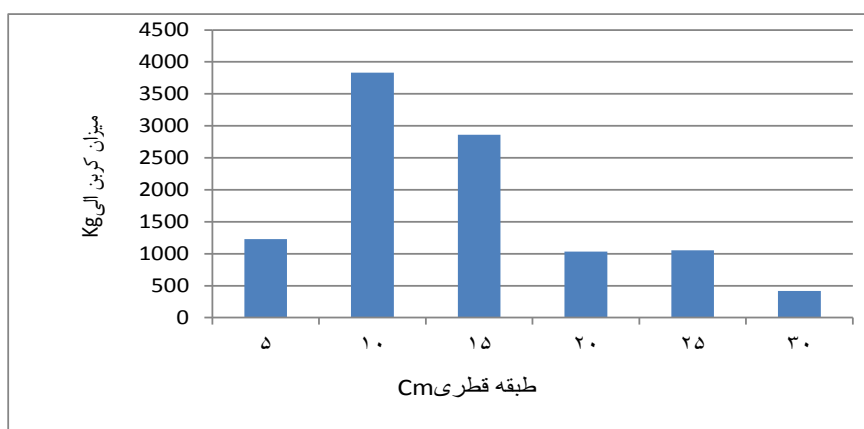
عنوان	تنه	سرشاخه	برگ	لاشبرگ	خاک	جمع
مقدار کربن آلی در هکتار (تن)	۸/۰۷	۱/۹۵	۰/۲۸	۱/۵	۱۶	۲۷/۸
مقدار کربن آلی در کل جنگل مورد مطالعه (تن)	۸۴۰۹۷/۴۷	۲۰۳۲۰/۹۵	۲۹۱۷/۸۸	۱۵۶۳۱/۵	۱۶۶۷۳۶	۲۸۹۷۰۳/۸

مقدار ترسیب کربن در اندام‌های مختلف تجزیه آماری شد که نتیجه تجزیه واریانس نشانگر اختلاف معنی‌دار بین ترسیب کربن در اندام‌ها در سطح ۹۹ درصد اطمینان است. با در نظر گرفتن مقدار کربن آلی ترسیب شده در هر کدام از اجزاء اکوسیستم جنگل شاخه‌زاد بلوط کامفیروز فارس درصد سهم هر کدام از اجزا در شکل (۲) مشاهده می‌شود.



شکل ۲- درصد سهم هرکدام از قسمت‌های مختلف اکوسیستم در ترسیب کربن

با توجه به تعداد در هکتار هر طبقه قطری گونه بلوط ایرانی مقدار کربن آلی ترسیب شده در طبقات مختلف قطری در شکل (۳) نشان داده شده است.



شکل ۳- رابطه بین طبقات قطری و ترسیب کربن در هکتار گونه بلوط ایرانی

به منظور مقایسه مقدار ترسیب کربن اندام‌های چهارگانه (برگ، سرشاخه، تنه و لاشبرگ) تجزیه واریانس و آزمون دانکن مقدار ترسیب کربن بین اندام‌های مختلف گونه بلوط ایرانی انجام گرفت که نتایج در جداول (۳ و ۴) نشان داده شده است.



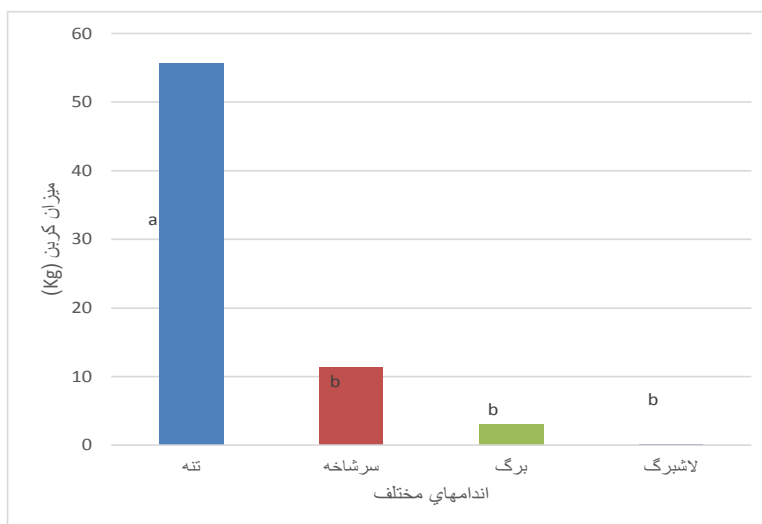
جدول ۳- تجزیه واریانس مقایسه ترسیب کربن در اندام‌های مختلف گونه بلوط ایرانی

عنوان	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F
بین اندام‌ها	۳	۱۴۹۶۶/۳۱۵	۴۹۸۸/۷۷	۳۶۶/۸*
خطا	۲۸	۱۶۶۹۶/۰۳۳	۵۹۶/۲۸۷	
جمع	۳۱	۳۱۶۶۲/۳۴۷		

\*\* معنی‌داری در سطح ۱ درصد

جدول ۴- نتایج آزمون دانکن برای مقایسه میانگین ذخیره اندام‌های مختلف گونه بلوط ایرانی

عنوان	میانگین وزن کربن ذخیره شده (کیلوگرم)	کلاس
تنه	۵۵	A
سرشاخه	۱۱/۳۴	B
برگ	۲	B
لاشیرگ	۰/۱۴	B



شکل ۴- رابطه بین طبقات قطری و ترسیب کربن در هکتار گونه بلوط ایرانی

## بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر میزان ذخیره در توده‌های شاخه زاد بلوط ایرانی در طرح جنگل‌داری کامفیروز به عنوان نمونه‌ای بارز از توده‌های شاخه‌زاد بلوط در استان فارس را مورد بررسی قرار داده است. نتایج حاکی از آن است که در هر هکتار از جنگل بلوط شاخه‌زاد با عمر ۴۰ ساله ۱۶ تن کربن در خاک ذخیره و با توجه به مساحت ۱۰۴۲۱ هکتاری طرح مورد مطالعه در کل عرصه مطالعاتی ۱۶۶۷۳۶ تن کربن در خاک ذخیره شده است؛ که در مقایسه با تحقیق روستا و همکاران (۱۳۹۲) که در جنگل تحقیقاتی بنه فیروزآباد فارس انجام و میزان ترسیب کربن خاک ۱۲/۷۸ تن در هکتار برآورد گردید، میزان بیشتری می‌باشد که از دلایل این افزایش می‌توان به تراکم بیشتر بلوط نسبت به بنه در توده اشاره کرد همچنین وضعیت اقلیمی متفاوت در دو منطقه و شرایط رویشی بهتر در منطقه مورد مطالعه نیز اثرگذار می‌باشند؛ از طرفی دیگر در منطقه مورد مطالعه به دلیل اجرای طرح جنگل‌داری و عدم حضور دام برگشت مواد آلی به خاک بیشتر هست در صورتی که در جنگل تحقیقاتی بنه فیروزآباد دام حضور دائم دارد. با توجه به این که بر اساس سوابق موجود میانگین سن توده‌های شاخه‌زاد مورد بررسی ۴۰ سال می‌باشد، ذخیره سالانه کربن در خاک ۰/۴ تن و جذب سالانه دی‌اکسید کربن ۱/۴۶ تن می‌باشد که شاولیق و لاست (Shauvlieghe and Lust, 1999) در شمال بلژیک ذخیره کربن در سیستم‌های مختلف کاربری اراضی را اندازه‌گیری نموده و نتیجه گرفتند که توده‌های مسن‌تر اهمیت بیشتری در ذخیره کربن خاک مخصوصاً کربن پایدار خاک داشتند که این مطلب در تحقیق حاضر نیز مورد تأیید قرار گرفته است.

اندازه‌گیری زی توده درختان یکی از نیازهای اساسی در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی جنگل و بررسی‌های جریان انرژی در بوم‌سازگان به حساب می‌آید و در سالیان اخیر این موضوع مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است (Zianis et al., 2005). مقدار زی توده در اکوسیستم‌های جنگلی و در نتیجه مقدار ذخیره کربن علاوه بر اینکه بیانگر توان تولید در واحد سطح یا زمان می‌باشد، بر چرخه‌های بیوشیمیایی جنگل نیز تأثیر می‌گذارد (Husch et al., 2003).

نتیجه محاسبات انجام شده بر روی میزان کربن ذخیره شده در اندام‌های هوایی این است که اندام‌های مختلف گونه بلوط ایرانی توانسته است در مدت ۴۰ سال، ۱۱/۸ تن در هکتار کربن را ذخیره کند. در نتایج خادمی و همکاران (۱۳۸۹) اعلام شد که میزان ۲۱/۱۷ تن در هکتار در مدت ۱۴ سال توسط گونه اوری (*Quercus macranthera*) ذخیره شده است. از دلایل این اختلاف می‌توان به عواملی چون عدم دسترسی به منطقه، تراکم بیشتر گونه‌ها و حاصلخیزی بیشتر خاک اشاره که در منطقه خلخال مشاهده می‌شود. همچنین در نتایج تحقیق ایران‌منش و همکاران (۱۳۹۳) به تأثیر معنی‌دار مبدأ درختان بلوط ایرانی در تولید زی توده و در نتیجه میزان ذخیره کربن اشاره شده و دلیل

آن نیز ساختار و فرم رویشی درختان بلوط ایرانی ربط داده شده بطوریکه در این گونه به طور معمول شاخه‌های جانبی از ارتفاع حداکثر ۲/۵ متری شروع شده و بنابراین قسمت زیادی از زی توده درخت، شاخه‌های اصلی و فرعی منشعب از تنه هستند که در تاج درخت قرار دارند به همین دلیل می‌توان نتیجه گرفت که منطقه موردنظر از پتانسیل بالایی جهت ذخیره کربن برخوردار بوده و با افزایش موجودی و یا تغییر فرم جنگل از شاخه‌زاد و شاخه و دانه‌زاد به دانه‌زاد جذب و ذخیره کربن به بیش از این مقدار افزایش یافته و تأثیر بسزایی در کاهش کربن اتمسفری خواهد داشت. همچنین نتایج نشان داد اختلاف معنی‌داری بین ترسیب کربن در تنه با اندام‌های مختلف درخت مشاهده می‌شود. نتایج (ایران منش و همکاران، ۱۳۹۳) نیز بیشترین تولید زی توده و در نتیجه بیشترین ذخیره کربن را در تنه درختان بلوط ایرانی به دست آورده که با اندام‌های دیگر اختلاف معنی‌داری را نشان داده است. نتایج پژوهش روستا و همکاران (۱۳۹۲) در جنگل‌های بنه و بادام و بردبار و مرتضوی (۱۳۸۵) در جنگل‌کاری‌های اکالیپتوس و آکاسیا در استان فارس نیز مشابه نتایج این تحقیق بود. در تشریح تئوری پایداری درخت بیان شده است که قطر تنه درخت، مقدار تراکم چوب تنه و جایگاه درخت از نظر اندازه در جنگل، در تعیین زی توده روی زمینی درخت اهمیت دارد. تخصیص کربن (Carbon Allocation) در اندام‌های مختلف به عنوان یک فرایند کلیدی در چرخه کربن محسوب شده و با توجه به اینکه اندام‌های مختلف درخت، طول عمر و نرخ تجزیه متفاوتی دارند، مقدار کربن موجود در هر اندام، زمان باقی ماندن کربن در اکوسیستم و چرخه کربن آن را تعیین می‌کند (Pilli et al., 2012). در ارزیابی کربن و زی توده جنگل‌های فنلاند، سریع‌ترین نرخ تجزیه را برای ریز ریشه‌ها و برگ و کمترین نرخ را برای تنه درختان معرفی شده است (Campioli et al., 2008; Muukkonen, 2006).

تحقیق حاضر نشان داد بین ذخیره کربن در طبقات قطری مختلف بلوط اختلاف معنی‌داری وجود دارد. طبقات قطری ۱۰ و ۱۵ سانتی‌متری نسبت به طبقات قطری دیگر میزان قابل توجهی از کربن را ذخیره کرده‌اند که دلیل آن تعداد زیاد جست‌های با قطر ۱۰ و ۱۵ سانتی‌متری و تقریباً همسال بودن توده‌های شاخه‌زاد موجود می‌باشد.

میزان ارزش اقتصادی ذخیره کربن بلوط در مدت ۴۰ سال در منطقه کامفیروز با در نظر گرفتن میانگین ارزش مالیات کربن در کشورهای مختلف (۶۱ دلار بر تن) ۱۰۸۶/۸ دلار و ارزش سالانه آن ۲۷/۱۴۵ دلار محاسبه شده است. بنابراین برای افزایش ذخیره کربن و ارزش آن می‌بایست تولید جنگل را افزایش داد که این کار از طریق غنی‌سازی جنگل از طریق نهال‌کاری و یا جنگل‌کاری امکان‌پذیر می‌باشد.

با توجه به شرایط اقتصادی-اجتماعی حاکم بر جنگل‌های بلوط زاگرس و حضور بسیار زیاد دام و در نظر گرفته شدن این منطقه به عنوان قطب دامداری و کشت زیراشکوب دیم در اکثر این جنگل‌ها

روزبه‌روز شاهد کاهش وضعیت کمی و کیفی این جنگل‌ها خواهیم بود و براساس آمار مرکز جنگل‌های خارج از شمال (یوسفی، ۱۳۸۵)، ۸۹/۲ درصد از این جنگل‌ها دارای تاج پوشش زیر ۲۵ درصد می‌باشند که با تمهیدات حفاظتی و حذف عوامل تخریب با توجه به قدرت جست‌دهی درختان بلوط می‌توان با افزایش تاج پوشش میزان تولید زی‌توده و در نتیجه میزان ذخیره کربن را به عنوان یک ارزش اقتصادی دنبال کرد که درنهایت ضمن حفظ و احیاء جنگل‌های بلوط به عنوان منابع عمده تولید اکسیژن، آب و حفاظت از خاک، از مجامع بین‌المللی نیز اعتبارات مناسبی جهت توسعه این جنگل‌ها در عرصه‌های تخریب یافته گرفت؛ البته با توجه به وجود مسائل پیچیده در اکوسیستم‌های جنگلی و تأثیر شرایط مختلف مدیریتی در توان نگهداری طولانی مدت کربن در قسمت‌های مختلف اکوسیستم‌های جنگلی نیاز به بررسی روند جذب روزانه گازکربنیک در درختان بلوط می‌باشد که به عنوان تحقیقات بعدی توصیه می‌شود.

#### منابع

- ایران‌منش، ی.، ثاقب طالبی، خ.، سهرابی ه.، جلالی، س.ع.، حسینی، س.م. ۱۳۹۳. زی توده و اندوخته گیری روی زمینی در دو فرم رویشی بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) در جنگل‌های لردگان استان چهارمحال بختیاری، فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. ۲۲(۴)، ۷۴۹-۷۶۲.
- بردبار، س.ک.، مرتضوی جهرمی، س.م. ۱۳۸۵. بررسی پتانسیل ذخیره کربن در جنگل‌کاری‌های اکالیپتوس و اکاسیا در مناطق غربی استان فارس، پژوهش و سازندگی، ۷۰: ۹۵-۱۰۳.
- خادمی، ا.، بابایی کفاکی، س.، متاجی، ا. ۱۳۸۹. نقش جنگل‌های شاخه زاد بلوط در ذخیره کربن و جذب CO<sub>2</sub>. فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. ۱۸(۲)، ۲۴۲-۲۵۲.
- روستا، ط.، فلاح، ا.، امیرنژاد، ح. ۱۳۹۲. برآورد موجودی ذخیره کربن گونه بنه (*Pistacia atlantica* Desf.) (مطالعه موردی: جنگل تحقیقاتی بنه و بادام فیروزآباد فارس). مجله جنگل ایران. ۵(۲). ۱۳۱-۱۳۹.
- عبدی، ن.، ح.، مداح عارفی.، زاهدی امیری. ق. ۱۳۸۷. برآورد ترسیب کربن در گون‌زارهای استان مرکزی (مطالعه موردی منطقه مالیر شهرستان شازند)، تحقیقات مرتع و بیابان، ۲، ۲۶۹-۲۸۲.
- محمودی طالقانی، ع.، زاهدی امیری، ق.، عادلی، ا.، ثاقب طالبی، خ. ۱۳۸۶. برآورد میزان ترسیب کربن خاک در جنگل‌های تحت مدیریت (مطالعه موردی جنگل گلبن در شمال کشور). فصلنامه جنگل و صنوبر ایران، ۱۵ (۳): ۲۴۱-۲۵۲.

ورامش، س. ۱۳۸۸. برآورد میزان ترسیب کربن در جنگل شهری (مطالعه موردی پارک چیتگر تهران)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس، ۱۵۰ ص.

یوسفی، پ. ۱۳۸۵. طرح تعیین تراکم تاج پوشش جنگل‌های زاگرس، مرکز جنگل‌های خارج از شمال سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، ۶۷ ص.

Andrew, Y. 2010. Carbon estimating of forest biomass for the Clatsop State Forest, Resources Planning Program, Oregon, 31pp.

Birdsey, R.A. 1992. Carbon storage and accumulation in United States forest ecosystems, Washington D.C:U.S. Department of Agriculture Forest Service, Washington Office, 51pp.

Campioli, M., Verbeeck, H., Lemeur, R., Samson, R. 2008. Carbon allocation among fineroots, above and belowground wood in a deciduous forest and its implication to ecosystem C cycling: a modelling analysis, *Biogeosciences Discuss*, 5: 3781–3823.

Grunzweig, J. M., Line, T., Rotenberg, E., Schwartz, A., Yakir, D. 2003. Carbon sequestration in arid-land forest. *Journal Global Change Biology*. 9(5): 791-799.

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

Hui, D., Deng, Q., Tian, H., Luo, Y. 2017. Climate change and carbon sequestration in forest ecosystems. *Handbook of climate change mitigation and adaptation*, 555-594.

Muukkonen, P. 2006. Forest inventory-based large-scale forest biomass and carbon budget assessment: new enhanced methods and use of remote sensing for verification. Ph.D. Thesis of Geography, University of Helsinki, Faculty of Science, 49 p.

Petit, J.R., Jouzel, J., Raynaud, D., Barkov, N.I., Barnola, J.M. Basile Doelsch, I., Bender, M., Chappelaz, J., Davis, M., Delayque, G., Delmotte, M., Kotlyakov, V.M., Legrand, M., Lipenakov, V.Y., Lorius, C., Pepin, L., Ritz, C., Saltzman, E., Stievenard, M. 1999. Climate and atmospheric history of past 420000 years from the Vostock ice core, Antarctica. *Nature*. 399:429-436.

Pilli, R. 2012. Calibrating CORINE Land Cover 2000 on forest inventories and climatic data: an example for Italy. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 19:59-71. - doi: 10.1016/j.jag.2012.04.016.

Pukkala, T. 2016. Which type of forest management provides most ecosystem services? *Forest Ecosystems* 3: 9.

Shauvlieghe, M., Lust, N. 1999. Carbon accumulation and allocation after afforestation of a pasture with pink oak (*Quercus Palustris*) and ash (*Fraxinus excelsior*). *Silva Gandevenensis* 6.

- Río, M., Barbeito, I., Bravo-Oviedo, A., Calama, R., Cañellas, I., Herrero, C., Montero, G., Moreno-Fernández, D., Ruiz-Peinado, R., Bravo, F. 2017. Mediterranean pine forests: Management effects on carbon stocks. In: Managing forest ecosystems: The challenge of climate change; Bravo F, LeMay V, Jandl R, Gadow K (Eds). Kluwer Acad Publ, pp: 301-327.
- Thomas, S.C., Malczewski, G., Sapruff, M. 2007. Assessing the potential of native treespecies for carbon sequestration forestry in Northeast China. *Journal of Environmental Management*, 85: 663–671.
- Watson, A.D., Edmondson, D.G., Bone, J.R., Mukai, Y., Yu, Y., Du, W., Stillman, D.J., Roth, S.Y. 2000. Ssn6-Tup1 interacts with class I histone deacetylases required for repression. *Genes Dev.* 14, 2737–2744.
- Verloo, M. 1996. Soil chemistry and fertility, Ghent university press, 100pp.
- William, E. 2002. Carbon Dioxid Fluxes in a semi arid environment with high carbonate soils. *Agricultural and Forest Meteorology*. 116: 91 – 102.
- Zianis, D., Muukkonen, P., Mäkipää, R., Mencuccini, M. 2005. Biomass and Stem Volume quations for Tree Species in Europe. *SilvaFennica. Monographs* 4, 52p.