

ارزشگذاری اقتصادی حاصل از ترسیب کربن در درختچه سیاه تاغ *Haloxylon aphyllum (Minkw) Iljin.* (مطالعه موردی: بخش بهمن ابرکوه استان یزد) (مقاله پژوهشی)

۱- غلامرضا درخشان، دانشجوی دکتری، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

۲- کاظم کمالی علی آباد^{*}، دانشیار، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
k.kamali@yazd.ac.ir

۳- محمد حسین مختاری، استاد، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

۴- اصغر مصلح آرانی، استاد، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

۵- علی بمان میرجلیلی، محقق پژوهشی، بخش تحقیقات جنگل و مرتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.

دریافت: ۱۴۰۴/۱۲/۲۰

پذیرش: ۱۴۰۵/۰۴/۱۵

چکیده

ارزشگذاری خدمات غیربازاری اکوسیستم‌های جنگلی نظیر ترسیب کربن از نظر اقتصادی و اجتماعی بسیار مهم بوده زیرا مدیریت در این زمینه علاوه بر افزایش منافع اقتصادی از خسارت‌های اجتماعی ناشی از تخریب اکوسیستم جلوگیری خواهد کرد. این تحقیق در محدوده طرح ترسیب کربن بخش بهمن ابرکوه استان یزد در جنگل‌های دست کاشت سیاه تاغ (*Haloxylon aphyllum*) به مساحت ۱۶۰ هکتار انجام شد. هدف از این تحقیق، برآورد ارزش اقتصادی ترسیب کربن در اندام‌های هوایی و زیرزمینی در توده سیاه تاغ بود. پس از اندازه‌گیری میزان درصد پوشش گیاهی، تراکم و وزن تر و خشک اندام‌های گیاهی و میزان خاکستر خام در آزمایشگاه در اندام‌های برگ و ساقه و ریشه درختچه سیاه تاغ، میزان کربن آلی ذخیره شده در پنج پایه معرف سیاه تاغ با روش احتراق در کوره الکتریکی محاسبه شد. نتایج نشان داد که میانگین میزان کربن ذخیره شده در اندام برگ ۳۵.۳۳ کیلوگرم در هکتار و میزان جذب دی اکسید کربن ۲۵.۹۴ کیلوگرم در هکتار در سال، میانگین میزان کربن ذخیره شده در اندام ساقه ۶۳.۲۲ کیلوگرم در هکتار و میزان جذب دی اکسید کربن ۴۶.۴۰ کیلوگرم در هکتار در سال، و میانگین میزان کربن ذخیره شده در اندام ریشه ۲۴.۰۲ کیلوگرم در هکتار و میزان جذب دی اکسید کربن ۱۷.۶۳ کیلوگرم در هکتار در سال بود. جهت ارزشگذاری این توده از روش هزینه‌های خسارت اجتناب شده استفاده شد. با این احتساب، ارزش اقتصادی ترسیب کربن کل عرصه برابر ۶۲۷،۵۵۱.۵۹ میلیون ریال بود. لذا کمی‌سازی ترسیب کربن اتمسفری برای گونه‌های جنگلی و مرتعی در اکوسیستم‌های طبیعی به جهت حفظ و ارتقاء تأمین خدمات غیربازاری هم از جنبه انسانی و هم از جنبه اقتصادی بسیار مهم خواهد بود.

واژگان کلیدی: پوشش گیاهی، خدمات غیربازاری، خاکستر خام، کربن، هزینه خسارت اجتناب شده.

مقدمه

حفاظت و حمایت از این گنجینه‌های ارزشمند طبیعی را در جامعه ایجاد می‌کند. اطلاع و آگاهی از میزان منافع منابع محیط‌زیستی، نیازمند ارزشگذاری این منابع است. منابع طبیعی در جهان کنونی سرمایه‌های ارزشمندی هستند که حفظ آن‌ها باید در

نقش مؤثر منابع محیط‌زیستی در ادامه روند توسعه پایدار و حفظ حیات بشر سبب شده تا توجه اقتصاددانان به نقش‌های غیربازاری این منابع متمرکز شود. اطلاع از میزان منفعی که با تخریب منابع محیطی از دسترس جامعه خارج می‌شود، انگیزه

ردیف اساسی‌ترین تلاش‌های انسان قرار گیرد. تخریب بوم‌سازگان و افت کمی و کیفی خدمات اکوسیستمی، نه فقط بر رشد اقتصادی کنونی اثر منفی دارد، بلکه ظرفیت موجود برای رشد پایدار اقتصادی در آینده را نیز متأثر خواهد کرد. امروزه تخریب و زوال منابع محیط‌زیست و آلودگی‌های ایجاد شده در آن به مقدار زیادی به دلیل عدم وجود بازار برای کالاها و خدمات اکولوژیکی است [۱۷]. از آنجایی که خدمات اکوسیستم به‌طور کامل در بازارهای تجاری قابل دادوستد نیستند یا به گونه‌ای که قابلیت مقایسه با خدمات اقتصادی و سرمایه تولید باشند، کمی‌سازی نمی‌شوند و اغلب اهمیت بسیار کمی در سیاست‌گذاری‌ها دارند. از این رو حفظ و ارتقاء تأمین خدمات غیربازاری یک اکوسیستم نظیر ترسیب کربن اتمسفری هم از جنبه انسانی و هم از جنبه اقتصادی بسیار مهم است. از طرفی یافتن راهکاری جهت مدیریت اصولی می‌تواند به حفظ ارزش کمک کند، چرا که افزایش غلظت کربن در اتمسفر پیامدهای ناگواری را به دنبال خواهد داشت. براساس پیش‌بینی انتشار گاز دی اکسید کربن در جهان با ادامه یافتن روند کنونی استفاده از سوخت‌های فسیلی، میزان انتشار گاز دی اکسید کربن طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۵ به‌طور متوسط سالانه ۱/۷۵ درصد افزایش خواهد یافت و در سال ۲۰۲۵ به ۳۸۲۶۳/۱۹ میلیون تن خواهد رسید [۱۳].

در این میان ارزشگذاری کارکردهای کالا و خدمات محیط‌زیست از دیدگاه اقتصاددانان و اکولوژیست‌ها برای شناخت منافع محیط‌زیستی و اکولوژیکی مراتع توسط انسان، شناسایی سهم مراتع در رفاه اجتماعی، ارائه مسائل و مشکلات محیط‌زیستی کشور به تصمیم‌گیرندگان، ارزیابی میزان خسارت‌های اجتماعی ایجاد شده به‌وسیله تخریب اکوسیستم مراتع و جلوگیری از تخریب و بهره‌برداری بی‌رویه منابع طبیعی صورت می‌گیرد [۱۶]. در ایران مطالعات مختلفی در خصوص توان اکوسیستم‌های جنگلی و مرتعی در ترسیب کربن پرداخته شده است [۲، ۴]. در مطالعه‌ای با عنوان

برآورد ارزش اقتصادی کارکرد ترسیب کربن در دو توده جنگلی خالص و آمیخته راش، ارزش اقتصادی کارکرد ترسیب کربن در توده خالص راش را ۹/۵ میلیون ریال و توده آمیخته راش را ۸/۳ میلیون ریال (هکتار در سال) برآورد شد [۲]. طی مطالعه‌ای در مورد ارزشگذاری اقتصادی برخی خدمات اکوسیستمی جنگل‌های شمال ایران، میزان ارزش اقتصادی جنگل با در نظرگیری کارکردهای تولید چوب، حفاظت خاک و حفاظت آب به‌ترتیب ۵۰ میلیون ریال در هکتار، ۲۲ میلیون ریال در هکتار و ۳۲۰ میلیون ریال در هکتار و در مجموع ۳۹۲ میلیون ریال در هکتار در سال پایه ۱۴۰۳ برآورد شد [۸]. هدف از این تحقیق برآورد ارزش اقتصادی کارکرد ترسیب کربن در جنگل‌های دست کاشت سیاه‌تاغ می‌باشد.

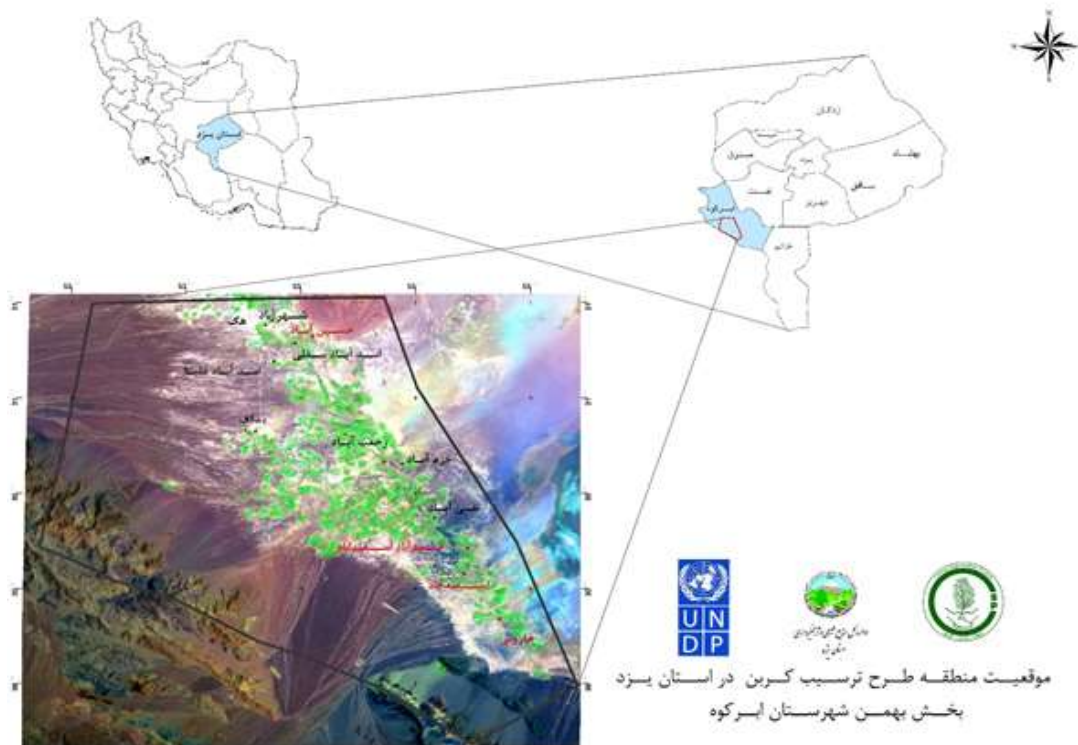
مواد و روش‌ها

مشخصات جغرافیایی و اقلیمی منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در بخش بهمن شهرستان ابرکوه در روستاهای اسفندار و بخشی از دهستان مهرآباد انجام شد. این منطقه از شرق به کفه ابرکوه از غرب به مرز دهستان فراغه از شمال به مرز دهستان تیرجرد و از جنوب به استان فارس محدود می‌شود. منطقه اجرای طرح ترسیب کربن دارای مساحتی برابر ۶۹۸۸۷ هکتار می‌باشد. علل انتخاب این پایلوت وجود کانون‌های بحرانی فرسایش بادی و وابستگی امرار و معاش روستائیان به کشاورزی و دامداری، فقر پوشش گیاهی، پایین بودن کیفیت آب و خاک و کاهش عملکرد محصولات زراعی و وجود روحیه مشارکت در جوامع محلی بود. شغل اصلی مردم منطقه کشاورزی و دامداری و محصولات عمده کشاورزی پسته، گندم و جو می‌باشد. سیستم دامداری سنتی و نوع دام از گوسفند و گاو می‌باشد. منطقه مورد مطالعه از دو تیپ گیاهی شامل تیپ درمنه دشتی (*Artemisia seiberi*) و تیپ اشنان (*Seidlitzia rosmarinus*) می‌باشد. بهره‌برداری از

بارندگی سالانه منطقه اجرای طرح ۸۵/۳ میلی‌متر با میزان تبخیر و تعرق پتانسیل ۳۰۹۵ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۶/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

گیاهان دارویی مانند انگوزه شیرین و آویشن در منطقه رواج دارد، نهالکاری سیاه تاغ (*Haloxylon aphyllum*) در تیپ گیاهی اشنان به مساحت ۱۶۰ هکتار در سال ۱۳۹۲ انجام شده است. متوسط



شکل ۱- موقعیت محدوده نقشه مطالعاتی در استان

روش تحقیق

محاسبه کربن آلی در درختچه سیاه تاغ

پس از بازدیدهای میدانی شاخص‌های پوشش گیاهی از جمله تراکم، درصد پوشش گیاهی، وزن خشک و تر بیوماس هوایی و زیرزمینی و سن توده سیاه تاغ با استفاده از روش قطعه نمونه و به صورت تصادفی محاسبه گردید. بدین منظور برای محاسبه تعداد نمونه از رابطه ۱:

رابطه (۱):

$$N = \frac{t^2 s^2}{p^2 x^2}$$

که در آن N تعداد نمونه لازم، t از جدول T استیودنت با سطح احتمال مورد نظر (۰/۱۰)، X میانگین نمونه اولیه، p حدود خطا که معمولاً برابر ۰/۱ و ۰/۱- و S^2 واریانس نمونه‌های اولیه است، استفاده شد. تعداد پلات لازم براساس رابطه ۱، ۴۵

نمونه محاسبه شد، همچنین ابعاد پلات با استفاده از روش حداقل سطح محاسبه شد که ابعاد ۱۰×۱۰ متر مربعی مشخص شد [۱۲]. لازم به ذکر است که سن توده تاغ ۵ ساله بود.

سپس در داخل هر پلات با ابعاد ۱۰×۱۰ متر مربعی، پایه‌های گیاهی جهت تعیین تراکم شمارش گردیده و میزان درصد تاج پوشش و تولید محاسبه بدین صورت که در هر یک از پلات‌ها از اندام‌های هوایی (برگ و ساقه) به تعداد ۱ نمونه با اره قطع و از اندام زیرزمینی (ریشه) به طریق حفاری ریشه که در این روش ریشه‌هایی با ضخامت بیشتر از ۲ میلی‌متر تا عمق نفوذ ریشه (۶۰ سانتی‌متری) به تعداد ۱ نمونه برداشت شد. با استقرار ۴۵ پلات در توده به طور متوسط در هر پلات ۱/۰۹ پایه و در سطح ۱ هکتار ۱۰۹ پایه در هکتار شمارش شد که از میان آنها ۵ پایه که به عنوان معرف تمام پایه‌ها بود، انتخاب شد.

سپس طبق رابطه ۲ میزان کربن آلی محاسبه خواهد شد.

رابطه (۳):

$$OC = 0.58OM$$

رابطه (۴):

$$Z = \frac{OC}{A}$$

OC: وزن کربن آلی

Z: ضریب تبدیل کربن آلی

با داشتن میزان زی توده خشک اندام هوایی (تولید ماده خشک) بر حسب کیلوگرم بر هکتار و ضرب آن در ضریب تبدیل کربن آلی (Z) میزان کربن ترسیب شده یا ذخیره شده بر حسب کیلوگرم بر هکتار در اندام هوایی بدست خواهد آمد. برای زی توده خشک اندام زیرزمینی (ریشه) نیز همین محاسبات صورت خواهد گرفت.

بعد از این مرحله اگر میزان کربن ترسیب شده یا ذخیره شده بر حسب کیلوگرم بر هکتار در هر نمونه (اندام هوایی یا زیرزمینی) را در عدد ۳/۶۷ ضرب شود، میزان جذب دی اکسید کربن براساس کیلوگرم بر هکتار بر سن توده بدست خواهد آمد، چنان چه این مقدار بر سن توده تقسیم شود، میزان جذب دی اکسید کربن براساس کیلوگرم بر هکتار در سال بدست خواهد آمد [۳]. نهایتاً برای محاسبه ارزش اقتصادی ترسیب کربن باید میزان جذب دی اکسید کربن را در ارزش قیمت ۱ تن کربن (دلار) براساس بانک جهانی و سازمان حفاظت محیط زیست و ضرائب EPA آمریکا ضرب کرد.

نمونه برداری در نیمه دوم اردیبهشت ماه انجام شد چون در این زمان گیاهان حداکثر رشد را در منطقه دارند و برگ ها به حد قابل قبول می رسند ولی بعد از آن به علت شروع گرما در منطقه رشد محدود می شود. نمونه های برداشت شده از هر تکرار به تفکیک هر یک از اندام های گیاهی در توده تاغ در داخل پاکت های جداگانه جمع آوری گردید و به آزمایشگاه انتقال داده شد و زیست توده وزن تر هر یک از اندام های گیاهی توزین گردید. بعد از تعیین زیست توده وزن تر، نمونه ها در درجه حرارت ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت در آون قرار داده شدند و بعد از سپری شدن زمان معین وزن خشک نمونه ها توسط ترازو دیجیتال توزین گردید [۴، ۱۰]. بعد از این مرحله برای تعیین کربن آلی از روش احتراق در کوره الکتریکی استفاده شد، بدین صورت که مقداری از نمونه های خشک شده توسط آسیاب برقی به صورت پودر کرده و وزن اولیه هر نمونه (A) یادداشت گردیده سپس این پودرها را در دمای ۶۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴ ساعت سوزانده و وزن نمونه های سوخته شده را با ترازوی دسیکاتور بدست آورده که همان میزان خاکستر (B) می باشد با تعیین وزن خاکستر، وزن اولیه و نسبت کربن آلی به مواد آلی، میزان کربن آلی ذخیره شده در هر پایه سیاه تاغ طبق رابطه ۲ بدست خواهد آمد.

رابطه (۲):

$$OM = \frac{A - B}{A} \times 100$$

OM: درصد ماده آلی

A: وزن اولیه پودر شده نمونه (گرم)

B: وزن خاکستر (گرم)



شکل ۲- تصویری از بیرون آوردن ریشه درختچه سیاه تاغ

نتایج

پس از اندازه گیری پارامترهای میدانی و آزمایشگاهی
نتایج مورد تحلیل قرار گرفت.

ترسیب کربن در اندام‌های هوایی و زیرزمینی

سیاه تاغ

جدول ۱- داده‌های آزمایشگاهی اندام‌های مختلف در ۵ پایه درختچه سیاه تاغ

اندام گیاهی	پایه	نمونه اولیه پودر شده (گرم)	درصد خاکستر	وزن خاکستر (گرم)	درصد مواد آلی (%OM)	درصد کربن آلی (%OC)	وزن کربن آلی (WOC)	ضریب Z
برگ	۱	۲	۲۴.۹۲	۰.۵۰	۷۵.۰۸	۴۳.۵۵	۰.۸۷	۰.۴۴
	۲	۲	۲۳.۸۴	۰.۴۸	۷۶.۱۶	۴۴.۱۷	۰.۸۸	۰.۴۴
	۳	۲	۲۲.۹۸	۰.۴۶	۷۷.۰۲	۴۴.۶۷	۰.۸۹	۰.۴۵
	۴	۲	۲۳.۳۲	۰.۴۷	۷۶.۶۸	۴۴.۴۷	۰.۸۹	۰.۴۴
	۵	۲	۲۵.۹۴	۰.۵۲	۷۴.۰۶	۴۲.۹۵	۰.۸۶	۰.۴۳
میانگین								
ساقه	۱	۲	۹.۲۶	۰.۱۹	۹۰.۷۴	۵۲.۶۳	۱.۰۵	۰.۵۳
	۲	۲	۱۰.۱	۰.۲۰	۸۹.۹	۵۲.۱۴	۱.۰۴	۰.۵۲
	۳	۲	۹.۴۳	۰.۱۹	۹۰.۵۷	۵۲.۵۳	۱.۰۵	۰.۵۳
	۴	۲	۱۰.۱	۰.۲۰	۸۹.۹	۵۲.۱۴	۱.۰۴	۰.۵۲
	۵	۲	۹.۱۱	۰.۱۸	۹۰.۸۹	۵۲.۷۲	۱.۰۵	۰.۵۳
میانگین								
ریشه	۱	۲	۱۷.۶۹	۰.۳۵	۸۲.۳۱	۴۷.۷۴	۰.۹۵	۰.۴۸
	۲	۲	۱۷.۷۱	۰.۳۵	۸۲.۲۹	۴۷.۷۳	۰.۹۵	۰.۴۸
	۳	۲	۱۷.۷۷	۰.۳۶	۸۲.۲۳	۴۷.۶۳	۰.۹۵	۰.۴۸
	۴	۲	۱۷.۸۸	۰.۳۶	۸۲.۱۲	۴۷.۶۳	۰.۹۵	۰.۴۸
	۵	۲	۱۷.۹۹	۰.۳۶	۸۲.۰۱	۴۷.۵۷	۰.۹۵	۰.۴۸
میانگین								
۱۷.۸۰۸								

نتایج جدول ۱ داده‌های آزمایشگاهی را نشان می‌دهد ضریب Z یا ضریب تبدیل کربن آلی از نسبت وزن کربن آلی هر پایه گیاهی به وزن نمونه اولیه پودر شده محاسبه شد.

جدول ۲- نتایج میزان کربن ذخیره شده در بیوماس هوایی (برگ و ساقه) (کیلوگرم در هکتار)

اندام گیاهی	پایه	وزن خشک بیوماس هوایی (گرم)	میزان کربن ذخیره شده در هر پایه (گرم)	میزان کربن ذخیره شده در بیوماس هوایی در سطح یک هکتار (کیلوگرم)	میزان جذب دی اکسید کربن بر حسب کیلوگرم در هکتار در سال
برگ	۱	۸۴۹	۳۶۹.۷۱	۳۵.۳۳	۲۵.۹۴
	۲	۷۲۶	۳۲۰.۶۹		
	۳	۶۹۸	۳۱۱.۸۱		
	۴	۷۶۹	۳۴۲.۰۱		
	۵	۶۴۴	۲۷۶.۶۳		
میانگین		۷۳۷.۲	۳۲۴.۱۷		
ن					

۱	۱۲۷۵	۶۷۱.۰۲		
۲	۱۰۸۹	۵۶۷.۸۳		
۳	۱۰۴۸	۵۵۰.۵۲	۶۳.۲۲	۴۶.۴۰
۴	۱۱۵۴	۶۰۱.۷۲		
۵	۹۶۵	۵۰۸.۷۱		
میانگین	۱۱۰۶.۲	۵۷۹.۹۶		
ن				

نتایج جدول ۲ نشان داد که متوسط وزن خشک برگ ۵ پایه درختچه سیاه تاغ ۷۳۷/۲ گرم می‌باشد، چنانچه وزن خشک برگ هر پایه را در ضریب Z همان پایه ضرب شود، میزان کربن ذخیره شده یا ترسیب شده در همان پایه برای اندام برگ بدست خواهد آمد که متوسط میزان کربن ذخیره شده برگ در ۵ پایه برابر ۳۲۴/۱۷ گرم و با احتساب ۱۰۹ پایه در هکتار میزان کربن ذخیره شده در برگ در سطح

یک هکتار برابر ۳۵/۳۳ کیلوگرم خواهد بود. با توجه به این که سن توده درختچه سیاه تاغ ۵ سال بوده است چنانچه این مقدار (۳۵/۳۳) را در عدد ۳/۶۷ ضرب و بر مقدار ۵ سال تقسیم شود میزان جذب دی اکسید کربن بر حسب کیلوگرم در هکتار در سال برای برگ بدست خواهد آمد. برای اندام ساقه نیز به همین صورت محاسبات انجام شده است که برابر ۴۶/۴۰ می‌باشد.

جدول ۳- نتایج میزان کربن ذخیره شده در بیوماس زیرزمینی (ریشه) (کیلوگرم در هکتار)

اندام گیاهی	وزن خشک بیوماس زیرزمینی (گرم)	میزان کربن ذخیره شده در هر پایه (گرم)	میزان کربن ذخیره شده در بیوماس زیرزمینی در سطح یک هکتار (کیلوگرم)	میزان جذب دی اکسید کربن بر حسب کیلوگرم در هکتار در سال
۱	۵۳۱	۲۵۳.۵۰		
۲	۴۵۳	۲۱۶.۲۱		
۳	۴۳۶	۲۰۷.۹۴	۲۴.۰۲	۱۷.۶۳
۴	۴۸۱	۲۲۹.۱۰		
۵	۴۱۰	۱۹۵.۰۲		
میانگین	۴۶۲.۲	۲۲۰.۳۵		
ن				

نتایج جدول ۳ نشان داد که متوسط وزن خشک ریشه ۵ پایه درختچه سیاه تاغ ۴۶۲/۲ گرم می‌باشد، چنانچه وزن خشک ریشه هر پایه را در ضریب Z همان پایه ضرب شود، میزان کربن ذخیره شده یا ترسیب شده در همان پایه برای اندام ریشه بدست خواهد آمد که متوسط میزان کربن ذخیره شده ریشه در ۵ پایه برابر ۲۲۰/۳۵ گرم و با احتساب ۱۰۹ پایه در هکتار میزان کربن ذخیره شده در ریشه در سطح یک هکتار برابر ۲۴/۰۲ کیلوگرم خواهد بود. با توجه به این که سن توده درختچه سیاه تاغ ۵ سال بوده

است چنانچه این مقدار (۲۴/۰۲) را در عدد ۳/۶۷ ضرب و بر مقدار ۵ سال تقسیم شود میزان جذب دی اکسید کربن بر حسب کیلوگرم در هکتار در سال برای ریشه بدست خواهد آمد که برابر ۱۷/۶۳ می‌باشد.

برآورد ارزش اقتصادی کارکرد ترسیب کربن در توده سیاه تاغ

جدول ۴- ارزش اقتصادی ترسیب کربن در توده سیاه تاغ

ترسیب اندام هوایی (کیلوگرم در هکتار)	ترسیب اندام زیرزمینی (کیلوگرم در هکتار)	ترسیب کل (کیلوگرم در هکتار)	ارزش اقتصادی ترسیب کربن (ریال/ هکتار در سال)	ارزش اقتصادی ترسیب کربن کل عرصه (ریال/ در سال)
۹۸.۵۵	۲۴.۰۲	۱۲۲.۵۷	۳۹۲۲۱۹۷۴۸۶.۷۱	۶۲۷۵۵۱۵۹۷۸۷۳.۱۵

نتایج جدول ۴ نشان داد که در اکوسیستم‌های مرتعی ارزش اقتصادی ترسیب کربن برابر ۳۲۰۰۰۰۰۰ ریال برای هر کیلوگرم در هکتار در سال طبق روش هزینه خسارت اجتناب شده می‌باشد (۳۲) دلار براساس دلار ۱۰۰۰۰۰ تومانی) با این احتساب ارزش اقتصادی کل توده سیاه تاغ با وسعت ۱۶۰ هکتار برابر ۶۲۷۵۵۱۵۹۷۸۷۳ ریال معادل ۶۲۷۵۵۱/۵۹ دلار می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

با این تحقیق مشخص شد که اهمیت اقتصادی پروژه‌های مرتع‌کاری از نظر ترسیب کربن بیشتر می‌باشد. نتایج این تحقیق همانند بسیاری از تحقیقات مشابه انجام شده در دنیا نشان می‌دهد که کاشت گونه‌های مختلف در عرصه‌های جنگلی و مرتعی به‌صورت مصنوعی می‌تواند میزان ترسیب کربن متفاوتی را نمایان کند. ترسیب کربن در توده گیاهی بهترین، آسان‌ترین و به‌لحاظ اقتصادی عملی‌ترین راهکار ممکن جهت کاهش دی اکسید اتمسفری است. از این رو این گونه علاوه بر این که نقش مؤثری در افزایش پوشش گیاهی و حفاظت خاک دارد، در دستیابی به ارزش اقتصادی از طریق ترسیب کربن و تولید اکسیژن نیز اهمیت زیادی دارد و می‌تواند به مدیران و سیاستگذاران در برنامه‌ریزی و اجرای بهتر طرح‌های مرتعداری کمک کند. در این خصوص یو و همکاران [۱۹] اعلام کردند، اکوسیستم‌های مرتعی بر خلاف جنگل‌ها عمده کربن را در بخش خاک ذخیره می‌نمایند.

نتایج بررسی حاضر نشان داد که ذخیره کربن در بیوماس اندام هوایی (برگ (۳۵/۳۳) kg/ha) و ساقه (۶۳/۲۲) kg/ha)، بیش از ریشه‌ها (۲۴/۰۲) kg/ha) بود به‌طوری‌که در ساقه‌ها بیشتر از برگ بود. این

نتیجه با نتایج مطالعات مشابه دیگر در این زمینه مطابقت دارد [۱، ۵، ۱۱]. این محققان اذعان داشتند که هر چه اندام گیاه به سمت چوبی شدن پیش رود، میزان ترسیب کربن بیشتر خواهد شد زیرا وزن بیوماس هوایی بیشتر از بیوماس زمینی می‌باشد. ایندوفور [۶] نیز متفاوت بودن سهم اندام‌های گیاهی در ترسیب کربن و توانایی بیشتر اندام‌های چوبی در این فرایند را تأیید کرد. نتیجه تحقیق حاضر نیز بیشتر بودن میزان ترسیب را در ساقه نسبت به برگ این ادعا را ثابت خواهد کرد.

میزان کل کربن ترسیب‌شده توسط زیست توده تاغ در منطقه مورد مطالعه برابر ۱۲۲/۵۷ kg/ha بود که با نتیجه تحقیق [۱۸] در مورد میزان کل کربن ترسیب شده توسط زیست توده‌های تاغ و آتریپلکس در استان خراسان جنوبی (۳۶۴ و ۱۰۷/۶۴ kg/ha) همخوانی دارد. ضمن آن که میزان ترسیب کربن تحت تأثیر عواملی چون درصد پوشش گیاهی، نوع گونه گیاهی، مقدار لاشبرگ، نوع کاربری اراضی و مدیریت متفاوت است [۹، ۱۵].

همچنین ارزش اقتصادی توده سیاه تاغ در منطقه مورد مطالعه با وسعت ۱۶۰ هکتار برابر ۶۲۷۵۵۱/۵۹ میلیون ریال بود. در همین زمینه مطالعات مشابهی همچون زرنیدیان و همکاران [۲۰] که ارزش اقتصادی در اکوسیستم‌های جنگلی و مرتعی منطقه حفاظت شده ارسباران محاسبه و ارزش اقتصادی کارکرد تنظیمی‌گاز در اکوسیستم جنگلی منطقه را ۹۹/۲۵۷۱۲ میلیون ریال و اکوسیستم مرتعی منطقه ۶۲/۳۷۷۷ میلیون ریال و در مجموع ۱۶۱/۲۹۴۹۰ میلیون ریال برآورد کردند، انجام شده است. ارزش کل اکوسیستم مرتعی طالقان میانی را ۱۲۲۲۶۷/۳ میلیون ریال [۱۴] و ارزش اقتصادی کربن ذخیره

مراجع به شمار می‌آید. بنابر این، کمی‌سازی این مهم در خصوص گونه‌های گیاهی و خاک هر منطقه روش مناسبی برای حفاظت، توسعه و ارزش‌گذاری واقعی اکوسیستم‌های طبیعی بخصوص می‌باشد.

شده در خاک تالاب گندمان ۵۸۹۴۲۴۲۲۰ ریال در هکتار [۷] برآورد شده است.

لذا مطالعه در زمینه ترسیب کربن گونه‌های جنگلی متفاوت در اندام‌های گیاهی و خاک بسیار ضروری بوده و ترسیب کربن اتمسفری یکی از مهمترین کارکردهای اکوسیستم‌های طبیعی خصوصاً

References

- [1]. Aradottir, A. L., Svavarsdottir, K., Jonsson, T. H., & Guobergsson, G. (2000). Carbon accumulation in vegetation and soils by reclamation of degraded areas. *Icelandic agricultural sciences*, 13, 99-113.
- [2]. Badeyan, Z., Mashayekhi, Z., Zebardast, L., & Mobarghaei, N. (2014). Economic valuation of carbon sequestration function in the mixed and pure beech stands (case study: Kheyrud forests). *Journal of Environmental Researches*, 5(9), 147-156. <https://doi.org/20.1001.1.20089597.1393.5.9.14.7> (in Farsi)
- [3]. BakhtiarvandBakhtiari, S., & Sohrabi, H. (2011). *The feasibility of carbon trading through afforestation projects around industrial areas*. Paper presented at the First Conference on New Approaches in Energy Conservation, Amirkabier University (Tehran, Iran). <https://search.isc.ac/dl/search/defaultta.aspx?DTC=36&DC=48884> (in Farsi)
- [4]. Bordbar, S., & MORTAZAVI, J. S. (2006). Carbon sequestration potential of Eucalyptus camaldulensis Dehnh. and Acacia salicina Lindl. plantation in western areas of Fars province. (in Farsi)
- [5]. Gholami, H., Azarnivand, H., & Biniaz, M. (2014). Study and Comparison of the carbon sequestration by Atriplex canescens and Hulthemia persica in Nowdahak Range Research Station, Qazvin province. *Environmental Erosion Research*, 4(2), 40-52. 20.1001.1.22517812.1393.4.2.6.7. (in Farsi)
- [6]. Indufor. (2002). *Assessing Forest Based carbon sinks in the Kyoto protocol Forest Management and Carbon sequestration*. Retrieved from
- [7]. Iranmanesh, Y., Jahanbazi Gujani, H., Shirmardi, H. A., Shamsodini, S., & Habibi, M. (2020). Economic valuation of carbon sequestration, O2 production and forage in Gandoman wetland. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 27(2), 262-275. <https://doi.org/10.22092/ijrdr.2020.122766.1752> (in Farsi)
- [8]. KeivanBehjou, F. (2025). *Economic valuation of some ecosystem services of northern Iranian forests*. Paper presented at the First International Congress on Nature-Based Ecological Restoration (with emphasis on the conservation of the Bactrian camel), University of Mohaghegh Ardabili. <https://civilica.com/doc/2189693> (in Farsi)
- [9]. Kilbride, C., Byrne, K., & Gardiner, J. (1999). *Carbon sequestration and Irish forests*: Dublin Coford.
- [10]. Korkanc, S. Y. (2014). Effects of afforestation on soil organic carbon and other soil properties. *Catena*, 123, 62-69. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.07.009>
- [11]. Laclau, P. (2003). Biomass and carbon sequestration of ponderosa pine plantations and native cypress forests in northwest Patagonia. *Forest ecology and management*, 180(1-3), 317-333. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00580-7](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00580-7)
- [12]. Mesdaghi, M. (2016). *Range land and Range management*.: Astan Quds Razavi Publications. (in Farsi)
- [13]. Mollamohammadi Ravari, M., Amirteymouri, S., & Shamshadi, K.

- (2013). *Prediction the world's carbon dioxide emissions during the years 2025 to 2010*. Paper presented at the Proceeding of the 8th Iranian Agricultural Economics Biennial Conference, Shiraz. (in Farsi)
- [14]. Mousavi, S. A., Arzani, H., Sharzei, G., Azarnivand, H., Farahpour, M., Engel, S., Alizadeh, E., & Nazari-Samani, A. (2014). Economic valuation of rangelands' soil conservation function, Case of Mid-Taleghan rangelands. *Journal of Range and Watershed Managment*, 67(2), 317-331. <https://doi.org/10.22059/jrwm.2014.51835> (in Farsi)
- [15]. Singh, G., Bala, N., Chaudhuri, K., & Meena, R. (2003). Carbon sequestration potential of common access resources in arid and semi-arid regions of northwestern India. *Indian Forester*, 129(7), 859-864. [doi/full/10.5555/20033173932](https://doi.org/10.5555/20033173932)
- [16]. Sisak, L., Riedl, M., & Dudik, R. (2016). Non-market non-timber forest products in the Czech Republic—Their socio-economic effects and trends in forest land use. *Land Use Policy*, 50, 390-398. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.10.006>
- [17]. Stapleton, L. M., & Garrod, G. D. (2008). Do we ecologically model what we economically value? *Ecological Economics*, 65(3), 531-537. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.07.020>
- [18]. Yousefi, M. (2013). *Estimation of carbon sequestration in two desert plants Haloxylon sp. and Atriplex canescens (Case study: Hoseinabad Gheinab area, South Khorasan province*. (Master's thesis), Shiraz University, College of Agriculture and Natural Resources. <https://search.isc.ac/dl/search/defaultta.aspx?DTC=16&DC=23963> (in Farsi)
- [19]. Yu, G. R., Zhu, X. J., Fu, Y. L., He, H. L., Wang, Q. F., Wen, X. F., Li, X. R., Zhang, L. M., Zhang, L., & Su, W. (2013). Spatial patterns and climate drivers of carbon fluxes in terrestrial ecosystems of China. *Global Change Biology*, 19(3), 798-810. [doi/full/10.5555/20133065629](https://doi.org/10.5555/20133065629)
- [20]. Zarandian, A., Musazadeh, R., & Mirzaei, F. (2012). *Estimating the economic value of the regulatory function of gas in forest and rangeland ecosystems of the Arasbaran Protected Area*. Paper presented at the 2nd Conference on Environmental Planning and Management, University of Tehran. (in Farsi)

Economic valuation of carbon sequestration in *Haloxylon aphyllum*(Minkw) Iljin. shrubs (Case study: Bahman Abarkuh district, Yazd province) (Research Paper)

1- Gholamreza Derakhshan, PhD Student, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran.

2- Kazem Kamali Aliabad*, Associate Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran.

k.kamali@yazd.ac.ir

3- Mohammad Hossein Mokhtari, Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran.

4- Asghar Mosleh Arani, Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran.

5- Ali-Beman Mirjalili, Researcher, Forest and Rangeland Research Department, Yazd Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran.

Received: 11 Mar. 2026

Accepted: 6 Jul. 2026

Abstract

The economic and social valuation of non-market forest ecosystem services, such as carbon sequestration, is highly important, because management in this area, in addition to increasing economic benefits, will prevent the social damages caused by ecosystem degradation. this research was conducted within the area of the carbon sequestration project in the Bahman Abarkuh district of Yazd province in the 160-hectare *Haloxylon aphyllum* plantation forests. The aim of this research was to estimate the economic value of carbon sequestration in the aerial and underground organs of *Haloxylon aphyllum* stands. After measuring the percentage of vegetation cover, density, fresh and dry weight of plant organs, and the amount of raw ash in the laboratory in the leaf, stem, and root organs of the black alder shrub, the amount of organic carbon stored in five representative stands of *Haloxylon aphyllum* was calculated using the combustion method in an electric furnace. The results showed that the average amount of carbon stored in the leaf organs was 35.33 kg/ha and the rate of carbon dioxide absorption was 25.94 kg/ha/year, the average amount of carbon stored in the stem organs was 63.22 kg/ha and the rate of carbon dioxide absorption was 46.40 kg/ha/year, and the average amount of carbon stored in the root organs was 24.02 kg/ha and the rate of carbon dioxide absorption was 17.63 kg/ha/year. The avoided damage cost method was used to value this stand. With this calculation, the economic value of carbon sequestration for the entire area was 627,551.59 million rials. Therefore, quantifying atmospheric carbon sequestration for forest and rangeland species in natural ecosystems will be very important in order to maintain and enhance the provision of non-market services from both a human and economic perspective.

Keywords: Vegetation Cover, Non-Market Services, Raw Ash, Carbon, Avoided Damage Cost.