

بررسی و تعیین ترسیب کربن آلی در خاک و پوشش گیاهی درختان در جنگل خیرودکنار مازندران بخش گرازبن*

منوچهر زرین‌گوش¹، زیبا نعلبندی قره‌قیه²، ویلما بارام زاده³، محمد علی صباغی⁴

تاریخ دریافت: 92/4/29 تاریخ پذیرش: 92/8/6

چکیده

این مطالعه در 1100 هکتار از جنگل خیرودکنار بخش گرازبن بر مقیاس 1:25000 و گسترشگاه درختی اجرا گردید. هدف اصلی این مطالعه تعیین ترسیب کربن آلی (Sequestration) در ارتباط با مشخصات فیزیکی، شیمیایی و پوشش گیاهی درختان در منطقه فوق بود.

پس از مطالعات و تشریح پروفیل‌ها از اعماق صفر تا 30 و از 30 تا 60 و 60 تا 100 سانتی‌متری عمق خاک نمونه‌برداری گردید. نمونه‌های جمع‌آوری شده مورد تجزیه فیزیکی و شیمیایی قرار گرفتند.

اندازه‌گیری‌های انجام شده شامل بافت، وزن مخصوص ظاهری، pH، آهک، کربن آلی بودند. در محاسبه حاصل ضرب کربن آلی در وزن مخصوص ظاهری و عمق خاک ترسیب کربن تعیین گردید. میانگین ترسیب در ضخامت‌های فوق به ترتیب از بالا به پایین عبارت بود از 686، 310 و 302 تن در هکتار و در ضخامت صفر تا 100 سانتی‌متری عمق خاک مقدار میانگین ترسیب در 32 پروفیل برابر 1298 تن در هکتار تعیین گردید. میانگین کربن آلی ذخیره‌شده در پوشش درختی برابر 106 تن در هکتار تعیین شد. با اندازه‌گیری کربن رادیواکتیو C^{14} سن تشکیل خاک تا عمق یک متری 6839 ± 440 سال محاسبه گردید. با مطالعه و تشریح پروفیل‌ها، دو رده غالب لویسول (Luvisols) و کامبی‌سول (Cambisols) برابر آلفی‌سول و انسپتی‌سول در رده بندی آمریکایی در منطقه تعیین شد.

واژه‌های کلیدی: ترسیب کربن (Sequestration)، پروفیل خاک، ذخیره کربن، کربن رادیواکتیو (C^{14})

* مستخرج از طرح پژوهشی مصوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

1- استاد دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

2- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

3- استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

4- مهندس کارشناس ارشد، مؤسسه مهندسی آب و خاک، وزارت جهاد کشاورزی

مقدمه

در دو دهه اخیر تغییرات مهمی در آب و هوای کره زمین ایجاد شده است. مهم‌ترین عامل این تغییرات افزایش درجه حرارت کره زمین می‌باشد.

عامل اصلی افزایش درجه حرارت بی‌اکسید کربن است که توسط سوخت مواد فسیلی مانند بنزین، گازوئیل، ذغال سنگ در آتمسفر در قسمت میانی آن یعنی تروپوسفر (Troposphere) متمرکز می‌گردد (حالت گلخانه‌ای) (لیتیوس و همکاران^۱، ۲۰۰۸). مقدار گاز بی‌اکسید کربن قبل از صنعتی شدن کشورهای غربی (۱۷۵۰ میلادی) برابر ۲۸۰ppmv بوده است و با صنعتی شدن مقدار گاز بی‌اکسید کربن افزایش یافته است (۳۸۰ppmv) (پولسون و زو^۲، ۲۰۰۵).

آتش‌سوزی جنگل‌ها و نیز تخریب خاک نیز باعث متصاعد شدن بی‌اکسید کربن می‌باشد (لال و همکاران^۳، ۲۰۰۹).

خاک مهم‌ترین مخزن کربن (به صورت مواد آلی) است (باجیز^۴، ۲۰۰۴) این میزان سه برابر کربن در تمام گیاهان کره زمین و دو برابر کربن در آتمسفر می‌باشد. باجیز (۲۰۱۰) مقدار آن را در خاک‌های جهان ۲۵۰۰ تا ۳۰۰۰ ژیگاتون محاسبه نموده است (هر ژیگاتون برابر یک میلیارد تن است). مقدار کربن در خاک‌های جنگلی ۲ تا ۳ برابر بیش از کربن در خاک‌های مناطق خشک می‌باشد (بیتوا و همکاران^۵، ۲۰۰۴، گایرارد و همکاران^۶، ۲۰۱۰).

گیاهان در اثر عمل فتوسنتز بی‌اکسید کربن را جذب می‌نمایند. ریزش سالیانه برگ‌ها، شاخه به-انضمام باکتری‌ها و موجودات ریز در خاک تحت تأثیر باکتری‌ها و عوامل آب و هوایی به تدریج اکسید شده و به مواد آلی تبدیل می‌گردند. قسمتی از مواد آلی سریعاً اکسیده می‌گردد و قسمت دیگر طی زمان کم‌وبیش طولانی تحت تأثیر فرایندهای-متعددی مانند بیوتوربایسیون (Bioturbation) و پدوتوربایسیون (Pedoturbation) در داخل خاکدانه‌ها متمرکز می‌گردد. این فرایند را سکستراسیون (Sequestration) می‌نامند که ترجمه آن به فارسی ترسیب است. کربن آلی در خاک را در دو حالت مطالعه می‌نمایند. یکی مقدار آن در خاک بر حسب درصد و دومی مقدار ترسیب آن است. مقدار کربن را یا بر حسب گرم در سانتی‌مترمربع یا کیلوگرم در مترمربع و یا بر حسب تن در هکتار تعیین می‌نمایند.

هدف ما در این بررسی تعیین و ترسیب کربن آلی در خاک بر حسب تن در هکتار بود. مقدار ترسیب کربن آلی در خاک تحت تأثیر آب و هوا، مشخصات پوشش گیاهی و مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌باشد (شارما و همکاران^۷، ۲۰۰۷). به علت ناچیز بودن پوشش گیاهی و نیز بالا بودن درجه حرارت آتمسفر مقدار آن در خاک‌های مناطق خشک بسیار کمتر از خاک‌های مناطق مرطوب می‌باشد. مقدار ترسیب کربن در خاک کویری میغان تا عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر زیر پوشش گونه‌های *Holoxylum persicum* و *Nitraria shoberi* به ترتیب ۱۸/۴۴ و ۱۶/۹۸

^۱ Letteus, et al.
^۲ Powlson and Zou
^۳ Lal, et al.
^۴ Bajez, N. W.,
^۵ Bettiwa et al.,
^۶ Girard, et al.,

^۷ Sharma, et al.,

پولادی و همکاران (1392) تأثیر جنگل‌کاری صنوبر و توسکا سی‌ساله را روی ذخیره کربن آلی مورد مطالعه قرار داده و مشاهده نموده‌اند که ترسیب کربن در خاک زیر درختان صنوبر 23/13 تن و در خاک زیر توسکا 7/14 تن در هکتار می‌باشد. به نظر می‌رسد درختان جوان تأثیری در ذخیره‌سازی کربن ایفا نمی‌نمایند. زیرا مقدار کربن جذب شده برابر کربن دفع شده توسط تنفس آنان می‌باشد.

نوبخت و همکاران (1390) مقدار ترسیب را در جنگل‌کاری خالص سوزنی‌برگان تعیین نمودند. آنها نشان دادند که مقدار ترسیب کربن در عمق صفر تا 20 سانتی‌متری در خاک زیر درختان *Picea abies* برابر 134/3 تن در هکتار و در خاک زیر درختان کاج سیاه *Pinus nigra* برابر 94/7 تن می‌باشد. طی مطالعاتی که (پارسامنش و همکاران¹، 2011) روی خاک‌های ورتی‌سول کرمانشاه سنندج انجام داده‌اند ثابت کردند که اولاً میانگین ترسیب تا عمق یک متری برابر 1430 تن در هکتار بوده و ثانیاً مقدار مواد آلی طی بیست سال کشت و کار 50 درصد کاهش یافته است (در اثر شخم‌زدن که باعث اکسید شدن مواد آلی و متصاعد شدن گاز دی‌اکسید کربن شده است).

پهلوان یلی (1392) طی بررسی ترسیب کربن در سه نوع کاربری (باغ مرکبات، شالیزار و جنگل) در قسمتی از اراضی رامسر تا عمق یک متری ثابت کرده‌است که میانگین ترسیب کربن در جنگل 4532/35 تن در هکتار، در باغ مرکبات 2997/66 تن در هکتار و در شالیزار برابر

تن در هکتار تعیین شده‌است (میرطالی و همکاران، 1390).

ترسیب کربن در خاک تحت تأثیر درصد شیب نیز می‌باشد (بهرامی و همکاران، 1392). هرچه درصد شیب کمتر باشد مقدار ترسیب بیشتر است. دلیل آن ضخامت بیشتر خاک در اراضی که شیب کمتری دارند می‌باشد.

در مناطق خشک مانند خاک‌های شور و گچی و آهکی در منطقه دشت قزوین و زنجان، مقدار ترسیب را بر اساس مشخصات خاک و پوشش، گیاهی تعیین می‌نمایند. مقدار ترسیب در خاک‌های آهکی که زیر کشت گندم قرار گرفته - است بیش از خاک‌های گچی با پوشش گیاهی تنک مانند *Artemisia* و خاک‌های شور با پوشش گیاهی مقاوم به شوری مانند سالیکورنیا (*Salicornia*) می‌باشد (زرین‌کفش و دیگران، 1392).

مطالعات انجام شده روی خاک‌هایی که پوشش گیاهی از درختان تشکیل گردیده‌است کم و بیش متفاوت از خاک‌های مناطق خشک بدون پوشش درختی می‌باشد. مثلاً طبق مطالعات ورامش و همکاران (1389) در پارک جنگلی چیتگر مقدار ترسیب خاک در عمق صفر تا 30 سانتی‌متری زیردرخت افاقیا 19/78 تن در هکتار و در خاک زیر درختان کاج تهران 5/7 تن در هکتار می‌باشد.

دلیل این کاهش ترسیب عبارت است از: اولاً طول عمر درختان که از کاشت آنها بیش از 50 سال نمی‌گذرد، ثانیاً وجود خاک‌های کم عمق با بافت سبک و فقیر از رس در این منطقه.

¹ Parsamanesh, et al.,

پهن‌برگان و سوزنی‌برگان 8/5 کیلوگرم در مترمربع اندازه‌گیری شده است.

Roos (2009) ترسیب کربن را در سه نوع اکوسیستم به طریق زیر تعیین نموده است (برحسب تن در هکتار).

درختان	خاک‌ها	
135	269	1- جنگل مناطق گرم و مرطوب
106	165	2- جنگل مناطق معتدله
2/47	46/9	3- جنگل مناطق نیمه خشک

مطالعه و بررسی خاک‌های جنگلی ایران نسبت به خاک‌های فلات و سایر مناطق ایران کمتر مورد توجه قرار گرفته است. اولین مطالعات در سال 1354، سپس در سال 1358 و 1385 (زرین‌کفش) انجام گرفته است. چند رساله دکترا مانند مطالعات صالحی 1370 و احمدی 1386 و پایان‌نامه کارشناسی ارشد شیخ‌الاسلامی 1370 را می‌توان نام برد. تمام این مطالعات روی صفات فیزیکی، شیمیایی و رده‌بندی خاک‌ها انجام گرفته است و نه درباره ترسیب کربن. مطالعات ما روی 32 پروفیل و هر یک در سطح از صفر تا 30، 30 تا 60 و 60 تا 100 سانتی‌متر برای اولین بار در جنگل‌های شمال ایران انجام گردیده است. مشخصات عمومی به انضمام مطالعات انجام شده به ترتیب مورد بحث قرار می‌گیرند.

2682/55 تن در هکتار بوده است. دلایل این کاهش در دو حالت آخری، کاهش لاشبرگ‌ها از- یک‌طرف و عملیات کشاورزی در اراضی شالیزارها از طرف دیگر می‌باشد. مواد آلی در خاک به تدریج در اثر عوامل متعددی مانند عملیات کشاورزی، تبدیل جنگل‌ها به مراتع و به گیاهان زراعی و فرسایش خاک اکسیدشده و تبدیل به بی‌اکسید کربن می‌گردد. بی‌اکسید کربن متصاعد شده و وارد اتمسفر می‌شود (افزایش حالت گلخانه‌ای و افزایش گرمایش). طبق نظریات (بتینا و همکاران¹، 2004) در جهان سالیانه 25 ژیگاتون خاک در اثر فرسایش تخریب می‌گردد، که اگر مقدار مواد آلی آن 4 درصد باشد در اثر تخریب خاک و اکسیدشدن مواد آلی، سالیانه حدود یک ژیگاتون بی‌اکسید کربن وارد اتمسفر می‌گردد.

روستا (1390) مقدار ترسیب کربن آلی در درختان جنگلی ایران را 80 میلیون تن تعیین نموده است. به نظر ایشان جذب سالیانه بی‌اکسید کربن درختان برابر 8 میلیون تن می‌باشد. طبق مطالعات لل² در سال 2005 مقدار ترسیب کربن در جنگل‌های معتدله مرطوب در مساحتی برابر 104 میلیون هکتار در خاک 153 میلیارد تن و در درختان 139 میلیارد تن می‌باشد.

ترسیب کربن در خاک تحت تأثیر گونه‌های پوشش گیاهی می‌باشد مثلاً طبق مطالعات Batjes و همکاران (2009) ترسیب کربن در خاک زیر پوشش مراتع برابر 2/49 کیلوگرم در مترمربع و در زیر پوشش درختان سوزنی‌برگان 10 کیلوگرم در مترمربع و در خاک زیرپوشش درختان مخلوط

¹ Beteina *et al.*

² Lal

موقعیت منطقه مورد مطالعه

مجموعه جنگل پژوهشی آموزشی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران در 15 کیلومتری شهرستان نوشهر در مجاورت روستای نجارده قرار دارد.

در این مطالعه سری گرازین در این جنگل مورد مطالعه قرار گرفته است. حداقل و حداکثر ارتفاع در این سری 550 تا 1380 متر از سطح دریا می‌باشد. از نقطه نظر فیزیوگرافی این منطقه از پستی بلندی‌های کوچک و بزرگ تشکیل گردیده (تشکیلات کارستیک) و مساحت آن برابر 1100 کیلومتر مربع می‌باشد. طول جغرافیای آن برابر $51^{\circ}36'30''$ تا $51^{\circ}39'30''$ و عرض جغرافیایی آن بین $36^{\circ}32'00''$ تا $36^{\circ}34'00''$ می‌باشد.

مشخصات آب و هوایی

بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده از ایستگاه هواشناسی نوشهر و با در نظر گرفتن گرادیان-بارندگی و درجه حرارت به ازای هر صدمتر ارتفاع میانگین درجه حرارت حرارتی سالیانه از 1340 تا 1378 برابر 15/89 و میانگین سالیانه نزولات آسمانی برابر 1150 میلی‌متر تعیین شده است (خاکساریان، 1390).

مشخصات زمین شناسی

بر اساس نقشه زمین شناسی سنگ مادر خاک‌ها از سنگ‌های آهکی متعلق به دوران ژوراسیک تشکیل گردیده است. به علت پدیده کارستیک پستی و بلندی‌های متعددی در سراسر این منطقه حکم‌فرما می‌باشد. در بعضی از قسمت‌ها درصد شیب از 60 درصد بیشتر می‌باشد.

مشخصات پوشش گیاهی

گونه‌های گیاهی را می‌توان در دو سطح مورد مطالعه قرار داد:

گونه‌های درختی و گونه‌های علفی (کف جنگل)

1- گونه‌های درختی

<i>Quercus castaefolia</i>	بلوط
<i>Carpinus betulus</i>	ممرز
<i>Parrotia persican c.a. mey</i>	انجیلی
<i>Alnus subcordat c.a. mey</i>	توسکا
<i>Fagus orientalis lipski</i>	راش
<i>Fraxinus excelsior L.</i>	ون (زبان گنجشک)

بیش از 60 درصد درختان از گونه‌های راش و ممرز تشکیل یافته‌است.

2- پوشش علفی (کف جنگل)

گونه‌های شناخص پوشش علفی از اسیدی

پسندهای ملایم تا خنثی پسند متمایل به اسیدی تشکیل گردیده‌اند، تعدادی از آنها را که می‌توان به نام بی‌اواندیکاتور (Bioindicator) نامید (زرین- کفش، 2013):

<i>Viola sylvestris</i>	بنفشه جنگلی
<i>Arum maculatum</i>	
<i>Asperula odorata</i>	آسپیرولا معطر
<i>Epimedium pinatum</i>	علف بی ثمر
<i>Lamium galeobdolon</i>	
<i>Stachy sylvatica</i>	
<i>Geranium rotundifolium</i>	شمعدانی برگ دایره‌ای
<i>Euphorbia amygdaloides</i>	شیر سگ
<i>Mercurialis perennis</i>	علف جیوه

(پوشش گیاهی کف جنگل نقش مهمی در ذخیره‌سازی کربن آلی در خاک ایفا می‌نماید).

2- مطالعات آزمایشگاهی

بافت خاک را هنگام مطالعات مورفولوژی نیمرخ‌ها با روش لمسی انجام داده‌ایم در خیلی موارد جواب آن بهتر از روش هیدرومتری است. بافت خاک در آزمایشگاه روش هیدرومتری (چگالی سنج) بای کاس

وزن مخصوص ظاهری با روش سیلندر

pH = با کمک pH متر برقی

EC = هدایت الکتریکی با کمک هدایت سنج

در عصاره اشباع

آهک خاک = توسط کالسی متر

کربن آلی = روش والکی، بلاک

تعیین زمان ماندگاری کربن آلی با اندازه‌گیری

کربن رادیواکتیو ^{14}C

تعیین مشخصات مینرالوژی خاک توسط

دیفراکتومتر

برای تعیین مقدار ترسیب کربن آلی در خاک

لازم است حاصل ضرب وزن مخصوص ظاهری

ضخامت خاک و مقدار کربن آلی درصد را

محاسبه نمود. با این تناسب مقدار ترسیب را

مواد و روش‌ها

مطالعه‌ها در منطقه در دو مرحله انجام گردیده‌است: مرحله اول مربوط می‌گردد به بررسی مشخصات صحرایی (میدانی) و مرحله دوم شامل تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های جمع‌آوری شده می‌باشد.

1- مطالعات صحرایی میدانی و

نمونه‌برداری

مطالعات صحرایی روی پروفیل‌های خاک بر اساس نقشه کسترشگاه تیپ‌های جنگلی بخش گرازبن منطبق بر اشل 1:25000 انجام شد. نقاط مطالعاتی تعیین شده و در تمام پروفیل‌ها از ضخامت‌های صفر تا 30 و 30 تا 60 و 60 تا 100 سانتی‌متری سطح خاک مورد بررسی مورفولوژی قرار گرفت و سپس از هر ضخامت حدود 2 کیلوگرم خاک جمع‌آوری‌های شده و به آزمایشگاه خاک‌شناسی منتقل گردید.

قبل از برداشت نمونه برای تعیین وزن-مخصوص ظاهری با سیلندری کوچک از خاک نمونه‌برداری گردید.

تعیین نموده‌ایم.

$$Q=10 \times OC \times Bd \times E$$

Q = مقدار کربن بر حسب تن در هکتار

OC = درصد کربن

Bd = وزن مخصوص ظاهری بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب

E = ضخامت خاک بر حسب سانتی‌متر

مشخصات مینرالوژی خاک

با کمک دستگاه دیفراکتومتری (اشعه X) کانی‌های شاخص این نوع خاک‌ها به صورت کلی در سه افق اندازه‌گیری شده‌است.

در افق A: رس‌های اسمکتات، کانی‌های مختلط، ایلات، کائولینت

در افق Bt_1 : رس‌های اسمکتات، کانی‌های مختلط، ورمیکولیت، کائولینت

در افق Bt_2 : رس ورموکولیت مشخص کننده تحولات رس‌ها می‌باشد.

مشخصات خاک‌های منطقه

به موازات تعیین ترسیب کربن مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های این منطقه مورد مطالعه قرار گرفت. از نقطه نظر صفات فیزیکی این خاک‌ها در اکثر پروفیل‌ها بافت سنگینی دارند. لوم رسی در افق A و رسی در افق B. ساختمان خاک در افق‌های سطحی گرانولار و در افق‌های عمیق چند ضلعی متمایل به منشوری است. pH اکثر افق‌ها کمتر از 7/5 و تا مرز 4/5 نیز می‌رسد. مقدار آهک افق‌ها کمتر از 2 درصد است. کربن آلی افق‌های سطحی 2/5 تا 4/5 در نوسان است. درحالی‌که در افق‌های عمیق کمتر از 1/5 درصد است. از نقطه نظر رده‌بندی، رده‌ها یا واحدهای غالب از واحد کامبی سول (انسپتی

زمان ماندگاری کربن آلی در خاک گرازین (سن خاک‌ها)

با اندازه‌گیری تشعشعات کربن رادیواکتیو (کربن 14) در افق‌های خاک رده لوویسول (آلفی سول) زمان تشکیل کربن آلی که مربوط می‌گردد به تعیین سن خاک برای اولین بار در ایران اندازه‌گیری شده‌است:

افق	
A	1363 ± 245 سال
Bt_1	4828 ± 732 سال
Bt_2	6839 ± 440 سال

چنین به نظر می‌رسد که زمان تشکیل خاک و استمرار پوشش درختی بیش از رقم تعیین شده توسط کربن 14 می‌باشد. در آفریقای مرکزی خاک‌هایی مورد مطالعه قرار گرفته که زمان تشکیل آنها بیش از 10 هزار سال محاسبه شده است (Duchaufour, 2001). به عقیده همین محقق لازم است برای تعیین سن خاک از روش‌های دیگری نیز استفاده نمود مانند گرده‌شناسی (Polynology) و دیرینه‌شناسی.

بنابر نظر تری‌گوبوف، جنگل‌های ایران پس از آخرین دوره یخچال‌های کره زمین استمرار یافته‌اند. لازم به یادآوری است که 12 هزار سال است که از آخرین دوره یخچال می‌گذرد.

سول) و لوویسول (آلفی سول) تشکیل آرایه شده است. گردیده‌اند. مشخصات دو پروفیل شاهد در جدول

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی نیمرخ شاهد (لوویسول (آلفی سول))

افق	ضخامت (cm)	ماسه (%)	سیلت لای (%)	رس (%)	وزن مخصوص ظاهری (g/cm ³)	آهک (%)	کربن آلی (%)	pH	CEC (centM/kg)	Ca+Mg (centM/kg)	اشباع بازی (%)
A1	0-16	35	43	22	1/2	0/8	3/43	5/8	21	7	31
A2/E	16-42	32	45	33	1/4	0/03	1/42	5/6	23	9	39
Bt1	42-65	25	31	44	1/5	0/06	1/2	5/9	30	10	33
Bt2	65-120	21	30	49	1/6	0/5	0/6	6/1	35	12	34

جدول ۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی نیمرخ شاهد (کامبی سول (انسپتی سول))

افق	ضخامت (cm)	ماسه (%)	لای (%)	رس (%)	وزن مخصوص ظاهری (g/cm ³)	آهک (%)	pH	کربن آلی (%)	CEC (centM/kg)	Ca+Mg (centM/kg)	اشباع بازی (%)
A1	0-15	37	42	21	1/2	0/8	6/1	2/56	21/2	4	28
BW1	15-62	26	41	33	1/4	0/9	6/2	1/5	24/3	5/6	21
BW2	62-120	21	43	36	1/6	1/2	6/4	0/5	33	9	27

محاسبه و تعیین ترسیب کربن در خاک و درختان

۱- ترسیب کربن در خاک

همان طوری که در مقدمه یادآوری شد کلمه ترسیب یا سکتراسیون (Sequestration) یعنی در بند و گرفتار شدن در اطراف و داخل

خاکدانه‌ها می‌باشد.

زمان توقف لاشبرگ‌ها در سطح خاک خیلی کوتاه می‌باشد و نباید در محاسبه ترسیب گنجانیده شود.

میانگین ترسیب به ترتیب زیر تعیین شده است:

از صفر تا 30 سانتی متری = 686 تن در هکتار
 از 30 تا 60 سانتی متری = 310 تن در هکتار
 از 60 تا 100 سانتی متری = 302 تن در هکتار
 از صفر تا 100 سانتی متری = 1298 تن در هکتار

۲- تعیین مقدار ترسیب کربن در حجم

سرپایی توده درختان

با تعیین قطر و ارتفاع درختان حجم آنها از جدول حجم گونه‌های جنگلی شمال کشور که

مقدار کربن آلی ترسیب شده در لایه سطحی

بیشتر از لایه‌های زیرین است. دلیل آن مقدار کربن آلی در لایه سطحی است که بیش از لایه‌های زیرین است.

توسط دفتر جنگلداری در اردیبهشت 1381 تهیه شده است، استفاده گردید. برای تعیین مقدار کربن بر حسب تن در هکتار برای هر گونه درخت از ضریب ثابتی در نظر گرفته شده است.

نتایج تعیین شده برای 12 گونه درخت در جدول 3 منعکس شده است. بر اساس انطباق تنه های درختی با ترسیب کربن در خاک زیر پوشش درختان در جدول 4 ارایه شده است.

جدول 3- مشخصات 12 گونه درخت بر حسب مقدار ذخیره کربن (تن در هکتار)

نام گونه	حجم در هکتار	درصد حجم	حجم مترمکعب	وزن مخصوص مترمکعب در تن	بیوماس تن در هکتار	درصد کربن	کربن ذخیره شده (t/h)	کربن ذخیره شده شاخ و برگها (t/h)
راش	260/52	56/65	221/442	0/55	121/7931	49/1	59/80	2/99
ممرز	108/3	23/63	92/055	0/68	62/5974	47/65	29/83	1/49
افرا	34/8	8/16	29/58	0/49	14/4942	49/5	7/17	0/36
توسکا	28/41	6/02	24/1485	0/37	8/934945	49/84	4/45	0/22
بلوط	13/29	2/95	11/2965	0/64	7/22976	51/4	3/71	0/19
نمدار	4/69	1/22	3/9865	0/47	1/873655	48/4	0/90	0/05
شیردار	3/8	0/84	3/23	0/44	1/4212	49	0/7	0/03
ملج	0/55	0/12	0/4675	0/54	0/025245	49/4	0/12	0/006
انجیلی	0/39	0/02	0/3315	0/66	0/21879	48/5	0/11	0/005
گیلاس	0/09	0/022	0/0765	0/59	0/045135	46/8	0/02	0/001
ون	0/09	0/02	0/0765	0/51	0/039015	50/2	0/02	0/0009
خرمندی	0/03	0/006	0/0255	0/57	0/014535	46/62	0/007	0/00033
جمع کل						-	106/837	5/34

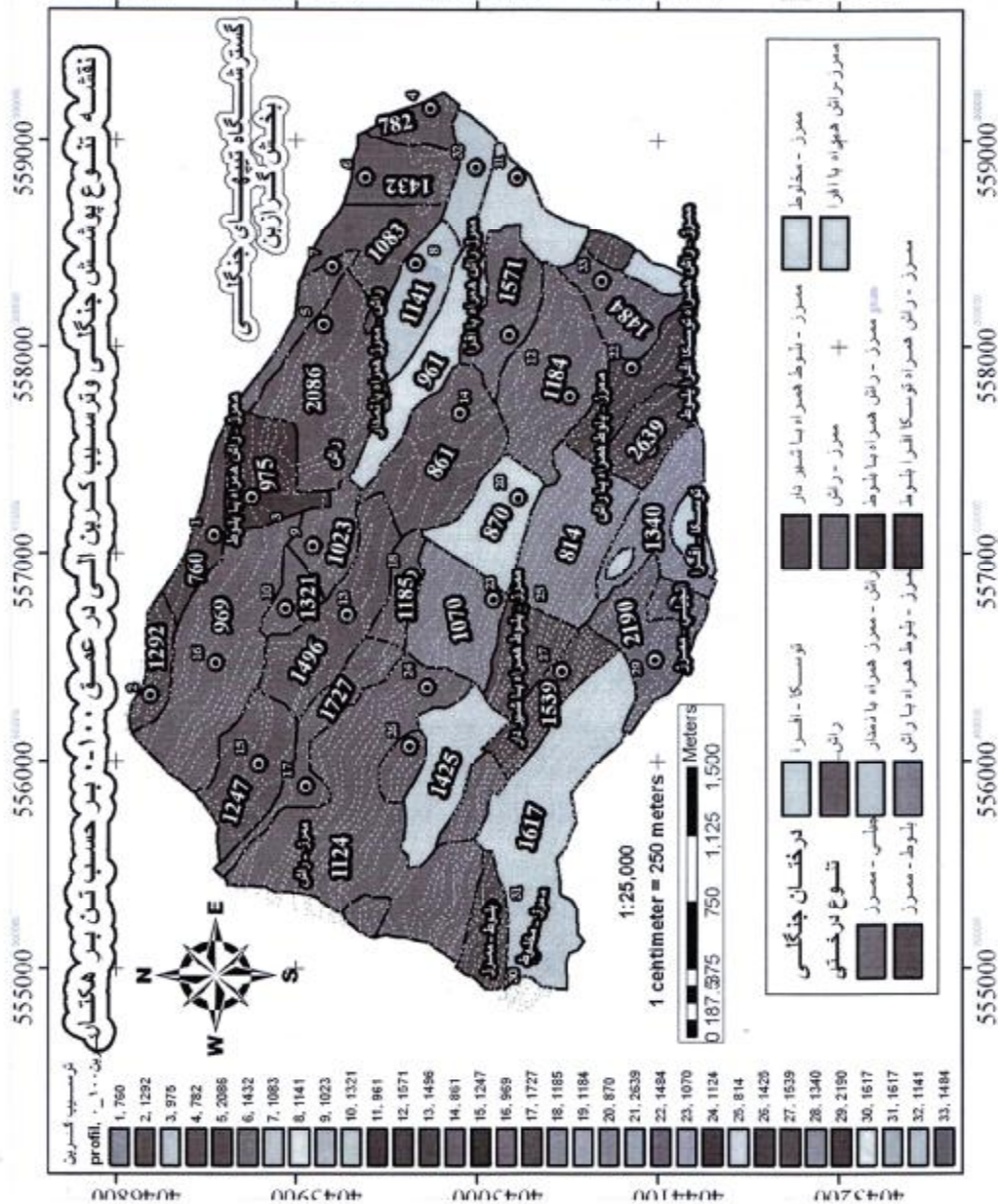
کربن ذخیره شده = درصد کربن × بیوماس درختی

که بیش از جنگلها مناطق معتدله اروپا می باشد.

مجموع مقدار کربن در تنه درختان و شاخ و برگ برابر 112/17 تن در هکتار تعیین شده است

جدول 4- ترسیب (تراکم) کربن آلی در پروفیل‌های خاک بر حسب تن در هکتار
در بخش گرازین در ارتباط با تیپ‌های جنگلی

تیپ‌های جنگلی بخش گرازین	0-100cm	0-30cm	پروفیل
مرز، راش	760	551	1
مرز، بلوط، راش	1339	654	2
مرز، بلوط همراه با راش	975	408	3
مرز، بلوط همراه با شیردار	1359	227	4
مرز، راش همراه با توسکا افرا بلوط	2150	1732	5
مرز بلوط همراه با شیردار	1432	786	6
مرز، راش	1083	669	7
مرز، راش	1141	624	8
مرز، راش	1023	634	9
مرز، راش همراه با بلوط	1551	657	10
مرز، راش	961	590	11
مرز، راش	1571	819	12
مرز، راش	1607	1113	13
مرز، راش	861	518	14
مرز، راش همراه با نمدار	1257	657	15
مرز، راش	969	534	16
مرز، راش	1727	694	17
توسکا، افرا	1185	757	18
مرز، راش همراه با بلوط	1184	597	19
مرز، راش	870	509	20
مرز آمیخته	2629	1169	21
مرز، راش	1484	764	22
مرز، راش همراه با بلوط	1070	362	23
مرز، راش همراه با افرا	900	649	24
ون خالص	814	480	25
بلوط، مرز	1425	842	26
مرز، راش	1539	600	27
بلوط، مرز	1340	809	28
انجیلی، مرز	2190	1177	29
بلوط، مرز	1617	486	30
مرز، راش همراه با بلوط	1683	535	31
مرز، راش	711	407	32



هکتار و در بقیه گونه‌ها خیلی کمتر است. مقدار کربن در اندام هوایی 12 گونه برابر با 106/8 تن در هکتار بوده که با در نظر گرفتن مقدار کربن در شاخ و برگ به 112/17 تن در هکتار افزایش می‌یابد. در خاتمه سعی شد بین کربن آلی ترسیب

با استفاده از جدول فوق نقشه ترسیب کربن در عمق صفر تا 100 سانتی متری ترسیم شد. با توجه به جدول 4 ثابت شده است که مقدار ذخیره شده کربن در اندام هوایی درخت راش و ممرز بیش از درختان دیگر است. در گونه‌های راش 59/80 تن در هکتار، در ممرز 29/8 تن در

اتمسفر و سه برابر بیش از کربن تمام گیاهان است.

کربن آلی به صورت مواد آلی در اطراف و داخل خاکدانه‌ها قرار می‌گیرند. هرچه قطر خاکدانه‌ها کوچک‌تر باشد زمان پایداری آن بیشتر است (زو و همکاران، ۲۰۰۴). قطر خاکدانه‌ها بزرگ حدود ۲ میلی‌متر، خاکدانه‌های کوچک از یک میلی‌متر و نهایتاً با رس کمپلکس رس + هوموس با قطر ۱ میکرومتر می‌باشد.

در جنگل گرازین ۳۲ پروفیل حفر شده‌است و در هر پروفیل از ضخامت‌های مختلف صفر تا ۳۰ سانتی‌متری و از ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری و از ۶۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متری جمعاً ۱۲۸ نمونه خاک مورد آزمایش قرار گرفته‌است. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها مورد تجزیه و تفسیر قرار گرفته‌اند. بافت خاک در اکثر نمونه‌ها لوم رسی یا لوم تشخیص داده شده‌است. pH در تمام نمونه‌های کمتر از ۷/۵ است و بین ۴/۵ تا ۶ در نوسان است. آهک نمونه‌ها کمتر از ۲ درصد می‌باشد. کربن آلی خاک‌ها در قسمت‌های سطحی بین ۱/۵ تا ۳/۵ درصد و در افق‌های عمیق کمتر از یک درصد است. در دو نمونه سطحی کربن آلی برابر ۶ تا ۷ درصد می‌باشد.

ترسیب کربن از صفر تا ۳۰ و از صفر تا ۱۰۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری شده‌است. میانگین ترسیب از صفر تا ۳۰ سانتی‌متر ۶۸۶ تن و از صفر تا ۱۰۰ سانتی‌متری ۱۲۹۸ تن تعیین گردیده‌است. مضافاً مقدار ترسیب کربن در دو پروفیل شاهد نیز از صفر تا ۱۲۰ سانتی‌متری اندازه‌گیری شده‌است.

مقدار ترسیب تا عمق ۱۲۰ سانتی‌متری در رده

شده در خاک در اعماق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری و صفر تا ۱۰۰ سانتی‌متری بر حسب گونه‌های غالب تیپ درختی تعیین و این ارتباط را به صورت جدول ۴ منعکس شود (نقشه تیپ رویشگاه‌های جنگلی اقتباس از اعتماد استفاده شده‌است).

نتیجه‌گیری

دانشمندان معتقدند که اگر این افزایش دمای سطح کره زمین با همین روند ادامه یابد در سال ۲۰۵۰ میلادی میانگین درجه حرارت کره زمین ۴ درجه افزایش خواهد یافت. نتایج حاصله برای زندگی تمام موجودات از گیاهان تا جانوران تا انسان فاجعه‌بار خواهد بود. یکی از عوامل مهم افزایش درجه حرارت همان تشکیل حالت گلخانه‌ای است. گازهای متصاعدشده به‌ویژه دی‌اکسید کربن که ناشی از سوخت مواد فسیلی است که عامل بیش از ۹۰ درصد حالت گلخانه‌ای است.

کاهش مقدار گاز کربنیک در اتمسفر می‌تواند در جلوگیری افزایش درجه حرارت موثر باشد. روش‌های متعددی وجود دارد که در این قسمت به آن پرداخته نشده، اما آن قسمت که مربوط به این مقوله می‌باشد جلوگیری از متصاعد شدن گاز کربنیک از خاک به اتمسفر است (در اثر اکسید شدن مواد آلی) (Powlson, et al., 2010).

خاک بزرگ‌ترین مخزن گاز کربنیک است. متخصصان FAO محاسبه نمودند که مقدار کربن ترسیب شده در خاک بیش از ۱۵۰۰ میلیارد تن می‌باشد. یعنی دو برابر بیش از کربن موجود در

خاک در گسترشگاه‌های جنگلی را به کمک نرم‌افزار GIS ترسیم شدند.

در اثر مطالعات فوق این نتیجه حاصل شد که مقدار ترسیب کربن در عمق یک متری در هزار و ده هکتار جنگل گرازین برابر 1310980 تن می‌باشد. با اضافه کردن مقدار کربن درختان این میزان 1312160 تن خواهد بود. بر اساس نظریات خاک‌شناسان مانند Girard و همکاران (2010) نصف مواد آلی از کربن تشکیل یافته است در اثر تخریب مواد آلی که عامل مهم ثبات و پایداری خاک است کاهش می‌یابد و در ضمن با اکسید شدن آن گاز بی‌اکسید کربن متصاعد شده و وارد اتمسفر شده (ایجاد حالت گلخانه‌ای) که باعث افزایش درجه حرارت کره زمین می‌گردد.

کامبی سول (انسپتی سول) 2162 و در پروفیل لوویسول برابر 3216 تن در هکتار می‌باشد.

بافت قسمت اعظم پروفیل (لایه‌ها) رسی یا لوم رسی است. رس خاک‌ها متورم و چسبیده و از نوع اسمکتات و ورمی کولیت (در افق B) است.

طول زمان تشکیل این خاک‌ها تا عمق یک متری با اندازه‌گیری کربن 14 (راديواکتیو) بیش از 6839 ± 444 سال تعیین گردید.

میانگین ترسیب کربن (ذخیره کربن) در درخت راش 59/8 تن در هکتار و برای گونه ممرز 29/8 تن در هکتار محاسبه گردید. مقدار ترسیب در گونه‌های دیگر خیلی کمتر از دو گونه فوق می‌باشد. نهایتاً نقشه‌های ترسیب کربن از سطح خاک تا عمق یک متری و نقشه ترسیب

منابع

1. احمدی، توفیق، 1386. تعیین مشخصات فیزیکی، شیمیایی و رده‌بندی و همچنین ارزیابی خاک‌های جنگلی منطقه نم‌خانه جنگل‌های خیرودکنار نوشهر در ارتباط با جوامع گیاهی، رساله دکترا دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.
2. بهرامی، بهنام، عرفانزاد، رضا و جواد معتمدی، 1392. اثر شیب و نوع پوشش گیاهی بر میزان ترسیب کربن خاک در مراتع خشک و نیمه خشک شمال غرب ایران (مطالعه موردی مراتع خانقاه سرخ ارومیه)، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع)، جلد 27، شماره 4.
3. پهلوان یلی، ز، 1392. بررسی ارتباط کربن آلی در سیستم‌های پوشش گیاهی مختلف (باغ، زراعی و جنگل) با مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها از بخشی از اراضی رامسر، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج.
4. روستا، طویی، 1390. مقدمه‌ای بر اهمیت و نقش ترسیب کربن جنگل‌ها در رابطه با تغییر اقلیم در ایران و جهان، پنجمین همایش مهندسی محیط زیست.
5. زرین کفش، منوچهر، 1345. مشخصات خاک‌های جنگل منطقه لاجیم زیر آب، نشریه دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، شماره 14.
6. زرین کفش، منوچهر، 1348. بررسی خاک‌های جنگلی قسمتی از جنگل‌های اسالم و بندر گز، نشریه دانشکده جنگلداری (دانشکده منابع طبیعی فعلی)، شماره 17، ص 63-96.
7. زرین کفش، منوچهر و آزاده رضایی کلانتری، 1385. بررسی و تعیین مشخصات و خصوصیات خاک‌های جنگلی در ارتباط با جوامع اکولوژی گیاهی در چند منطقه از جنگل‌های شمال ایران، فصلنامه تخصصی علوم و فنون منابع طبیعی سال اول، پیش شماره اول.
8. زرین کفش، منوچهر، صباغی، محمدعلی و زیبا نعلبندی قره‌قیه، 1392. بررسی و تعیین کربن آلی در سه نوع خاک با سه نوع پوشش گیاهی در اراضی نیمه خشک استان‌های قزوین و زنجان، موافقت چاپ در فصلنامه پژوهش‌های محیط زیست.
9. شیخ الاسلامی، هادی، 1370. بررسی تأثیر ارتفاع، شیب و پوشش گیاهی در تغییر و تحولات قسمتی از خاک‌های منطقه اسالم، پایان‌نامه فوق لیسانس (کارشناسی ارشد) گروه خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.
10. خاکساریان، فرهاد، 1391. تأثیر لندفرم‌ها بر تشکیل، رده‌بندی و تهیه نقشه خاک (با استفاده از GIS) خاک‌های جنگلی خیرودکنار نوشهر (سری گرازی) پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج.
11. صالحی، علی، 1383. بررسی تغییرات خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک در ارتباط با پوشش درختی در بخش نم‌خانه خیرودکنار، رساله دکترا، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
12. میرطالبی، آزاده، عبدی، نوراله و جواد قربیگو، 1390. مقایسه میزان ترسیب کربن آلی خاک در تیپ‌های گیاهی *Nitraria shoberi* و *Haloxylon persicum* در شمال شرقی کویر میقان، دومین همایش ملی مقابله با بیابان‌زایی و توسعه پایدار تالاب‌های کویر ایران.
13. نویخت، عباسعلی، پورمجیدیان، محمدرضا، حاجتی، سیدمحمد و اصغر فلاح، 1390. محاسبه مقدار ترسیب کربن در جنگل خالص سوزنی‌برگان و پهن‌برگان (مطالعه موردی طرح جنگلداری ده‌میان مازندران)، مجله جنگل ایران، 3(1): 23-13.
14. ورامش، سعید، حسینی، سیدمحسن، عبدی، نوراله و مسلم اکبری‌نیا، 1389. اثرهای جنگل‌کاری در افزایش ترسیب کربن و بهبود برخی ویژگی‌های خاک، مجله جنگل ایران، 2(1): 25-35.

15. Balesdent, J., 2009. Unite de recherche geochimie des sols et des eaux (GSE). Europole Mediterranee. Arbois-BP. 135-45. Aix provence.
16. Batjes, N.W., 2010. A global frame work of soil organic carbon stocks under native vegetation for use with the simple assessment option of the carbon, benefils project system.
17. Batjes, N.W., Estimation of soil carbon gains upon improved management, within croplands and grasslands of Africa, Environment development and suistability, 2004. Volume 6, Issue 1-2pp, 133-143.
18. Batjes, N.W., Total Carbon and nitrogen, In the soils of the world. Soil science, European Journal of soil science. Volume 47 Issue 2 page 151-163, Article, First, 2005.
19. Bettina, J., Tamon, Y., Ludwig, B., Heiners, F., 2004. Storage of organic carbon in aggregate and density fraction of siltysol under different type of landuse. Geoderma, Volume 128, 2005, pp 63-79.
20. Parsamanesh, N., Zarrinkafsh, M., Shahoei, S., 2001. The study of the effects of soil depth changes on the amount of carbon sequestration and some other parametes in part of Iran vertisols, published by World Academic Org. UK, London, 2011.
21. Dichaouf, Ph., 2002. Introduction of soil science. Dunod.
22. Girard, C.G., Walter, C. Remy, J. Bertulin, J. Morel, J. 2010. Sols and Environment.
23. Henderson, G.S., 1995. Soil organic matter: a link between forest Anagemet and productivity in: Bighan, J.M. Bartels (EDS) Carbon forms and functions in forest soil. Society Hadison.
24. Lal, R., 2001. The potential of soil carbon sequestration in forest ecosystems to nitigate the greenhouse effect. Soil Science Society of America. Madison WI.
25. Lal, R., 2004. Soil carbon sequestration to mitigate. climate change geoderma 123, I 22.
26. Lal, R., 2005. Forest soil and carbon sequestration forest ecology and mangement 220 (2005), 242-258.
27. Lettens, S.N.A. Orshoven, J., Perrin, D. Van Wesemael, B., Bart Musy, 2008. Organic carbon stocks changes of forest biomass in Belgium. Derived from forest inventory data in a spatially explicit approach ANN. For. Sci. 65(2008) 604.
28. Powlson, D.S., 2011. Soil carbon sequestration tomitiqate climate change British society of soil sciences 62:427.
29. Roos, W., Gorte, 2009. Carbon sequestration in forest congressional reserch seruice 7-5700. www.crs.gf.rl314.
30. UWDP, 2000. Carbon sequestration in the desertified range lands of Hossein Abad South Khorasan, through community based management, program coordination, pp. 1-7.
31. Zarrinkafsh, M., Nalabandi Ghreghiye, Z., 2013. Identification of the bioindicator of plants for the some soil characteristics of hyrcanian forest of Iran, Journal of Egnest Ruther Ford Science.
32. Zou, X.M., Ruan, H.H., Fu, Y., Yang, X.D.L.Q., Sha, Estimating soil labile organic carbon and potential turnover rates using A sequential fumigation, Incubation procedure, 2005. Soil biology, Biochemistry, 37(2005), 1923-1928.

