علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و سوم، شماره سه، خرداد ماه ۱۴۰۰

برآورد ذخیره کربن خاک جنگل های حرا (*Avicennia marina* Forssk.) در استان بوشهر

مصطفی مرادی [1*]
moradi4@gmail.com
اکبر قاسمی [2]

تاریخ دریافت: ۹۵/۳/۴ **تاریخ پذیرش: ۹۵/۵/۲۰**

چکیده

زمینه و هدف: جنگل های مانگرو نقش مهمی در ذخیره کربن دارند، اما میزان ذخیره کربن آنها در میان اکوسیستم‌های مختلف و همچنین گونه‌های مختلف متفاوت است. متاسفانه این اکوسیستم‌ها در معرض خطر نابودی هستند و تا به حال مطالعه‌ای در رابطه با میزان ذخیره کربن جنگل های مانگرو در کشور صورت نگرفته است. بنابراین هدف این مطالعه برآورد ذخیره کربن موجود در خاک این جنگل های و مقایسه آن با دیگر جنگل های مانگرو در دنیا و همچنین دیگر جنگل های کشور می‌باشد.

مواد و روش‌ها: برای این منظور تعداد ۳۰ نمونه خاک به صورت تصادفی از دو عمق ۲۰-۰ و ۵۰-۲۰ سانتی‌متری در تابستان ۱۳۹۴ برداشت شد و میزان ذخیره کربن هر عمق مشخص شد. همچنین همبستگی بین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و ذخیره کربن خاک در این تحقیق بررسی شد.

یافته‌ها: میزان متوسط ذخیره کربن خاک در عمق ۲۰-۰ و ۵۰-۲۵ سانتی‌متری به ترتیب ۱۳/۶ و ۲۶/۲ تن در هکتار به‌دست آمد. این بدان معنی است که ارزش کربن ذخیره شده در خاک جنگل های حرا ۸۷۵۶ دلار در هکتار می‌باشد. نتایج همبستگی پیرسون نشان داد که ذخیره کربن خاک با درصد ازت و هدایت الکتریکی خاک همبستگی معنی‌داری دارد. اما دیگر پارامترهای مورد بررسی همبستگی معنی‌داری را با میزان ذخیره کربن خاک نشان ندادند.

بحث و نتیجه‌گیری: جنگل های حرا پتانسیل بسیار بالایی برای ذخیره کربن در خاک دارند که می‌تواند تحت تاثیر مقدار ازت و همچنین هدایت الکتریکی خاک باشد. وجود اذت بیشتر در عمق‌های پایینتر خاک باعث افزایش میزان ذخیره کربن خاک در عمق نسبت به سطح خاک شده است.

واژه‌های کلیدی: حرا، خاک، ذخیره کربن.

۱- دانشیار گروه جنگلداری، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان. *(مسوول مکاتبات)

۲- دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

J. Env. Sci. Tech., Vol 23, No. 3, June, 2021

Carbon Stock Estimation of *Avicennia Marina* (Forssk.) Forest Soil in Bushehr Province

Mostafa Moradi [1] [*]
moradi4@gmail.com
Akbar Ghasemi [2]

Admission Date:August 10, 2016 Date Received: May 24, 2016

Abstract

Background and Objectives: Mangrove forests play an important role in carbon stock, but the amount of carbon stocks in mangrove ecosystems and also different mangrove species are different. Unfortunately, these ecosystems are at dangerous and valuable area of them have been destroyed recently. Furthermore, no attempt was done to estimate mangrove soil carbon stock in our country. Then, the objective of this study was to estimate *A. marina* soil carbon stock and compare it with the other mangrove forest in the world and also with other forest ecosystems of the country.

Method: 30 soil samples were taken from the depth of 0-20 and 20-50 cm, in summer 2015. Then the carbon stock of each horizon was determined. Furthermore, correlation between soil carbon stock and soil physiochemical properties were determined.

Findings: In the present study, the average carbon stocks in 0-20 and 20-50 cm depth were 13.6 and 26.2 tons per hectare respectively. This means the carbon stock in *A. marina* soil values is 8756 dollars per hectare. Pearson correlation results revealed that soil carbon stock was significantly correlated with total soil nitrogen and electrical conductivity. While, there were no significant correlations between carbon stocks with the rest of studied parameters.

Discussion & Conclusion: Finally, we can't ignore the *A. marina* had high potential in soil carbon reservation and it can be affected by soil nitrogen and electrical conductivity. Higher soil carbon stock in subsoil compared to the topsoil can be related to the higher soil nitrogen of the subsoil.

Keywords: Avicennia Marina, Soil, Carbon Stock.

1- Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Iran ***(***Corresponding Author***)***
2- Ph.D. Candidate of Forestry, Dept. of Forestry, Faculty of Natural Resources Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University-Iran

مقدمه

امروزه گرم شدن کره زمین مسئله مهمی است که ناشی از آزاد سازی دی‌اکسید کربن، به عنوان مهمترین گاز گلخانه‌ای، در اثر فعالیتهای انسانی روی داده است (۱ و ۲). بنابراین ساده‌ترین و اقتصادی‌ترین راه برای کاهش این گاز استفاده از جنگل ها و خاک آنها است (۳ و ۴). البته باید توجه داشت که در سال های اخیر تغییر کاربری زمین از جنگل به دیگر کاربریها و همچنین انتشار گازهای گلخانه‌ای در ارتباط با سوخت های فسیلی، باعث اختلال در تعادل کربن شده است (۵).

به طور کلی جنگل ها حدود چهار میلیارد هکتار از سطح کره زمین را پوشانده‌اند (۶). بنابراین نقش مهمی در ذخیره سازی و ترسیب کربن اتمسفری بازی می‌کنند. چراکه جنگل ها حدود دو سوم کربن موجود در خشکی را در خود جای داده‌اند (۷) که نقش خاک جنگل ها حدود ۳۹ درصد از ذخیره کربن جهانی می‌باشد (۸). در یک اکوسیستم جنگلی، خاک می‌تواند تا چهار برابر بیشتر از بیومس بالای سطح خاک کربن را در خود ذخیره کند (۹). بنابراین به روشنی مشخص است که نقش اکوسیستم-های جنگلی و خصوصاً خاک جنگل در ذخیره کربن بر روی خشکیها بیشتر از هر اکوسیستم دیگری است (۸). از این رو مطالعات متعددی در داخل کشور بر روی نقش خاک در ذخیره کربن صورت گرفته است (۱۲-۱۰).

باید توجه داشت که پتانسیل جنگل ها و گونه‌های مختلف در ذخیره سازی و ترسیب کربن متفاوت است. بنابراین برای آگاهی از ذخیره واقعی اکوسیستم‌ها و گونه‌های مختلف جنگلی باید مطالعات مستقلی را بر روی آنها انجام داد، تا نقش واقعی آنها در میزان ذخیره کربن مشخص‌تر شود. در میان اکوسیستم‌های جنگلی مختلف جنگل های مانگرو نقش و جایگاه ویژه‌ای دارند. این جنگل ها در در محدوده جنگل های گرمسیری و نیمه گرمسیری رویش دارند جز اکوسیستم‌های اکوتن محسوب می‌شوند و خدمات متفاوتی را از جمله حفاظت از ساحل (۱۳) و تصفیه آب (۱۴) ارائه می‌دهند. علاوه بر خدماتی که گفته شد، این جنگل ها نقش مهمی در ذخیره کربن نیز دارند (۱۵) که میزان ذخیره کربن آنها در میان اکوسیستم‌های مختلف (۱۶) و همچنین گونه‌های مختلف (۱۷) متفاوت است. اما متاسفانه این اکوسیستم‌ها در معرض خطر نابودی هستند و سطح قابل توجهی از آن طی سال های اخیر از بین رفته است (۱۸-۱۹).

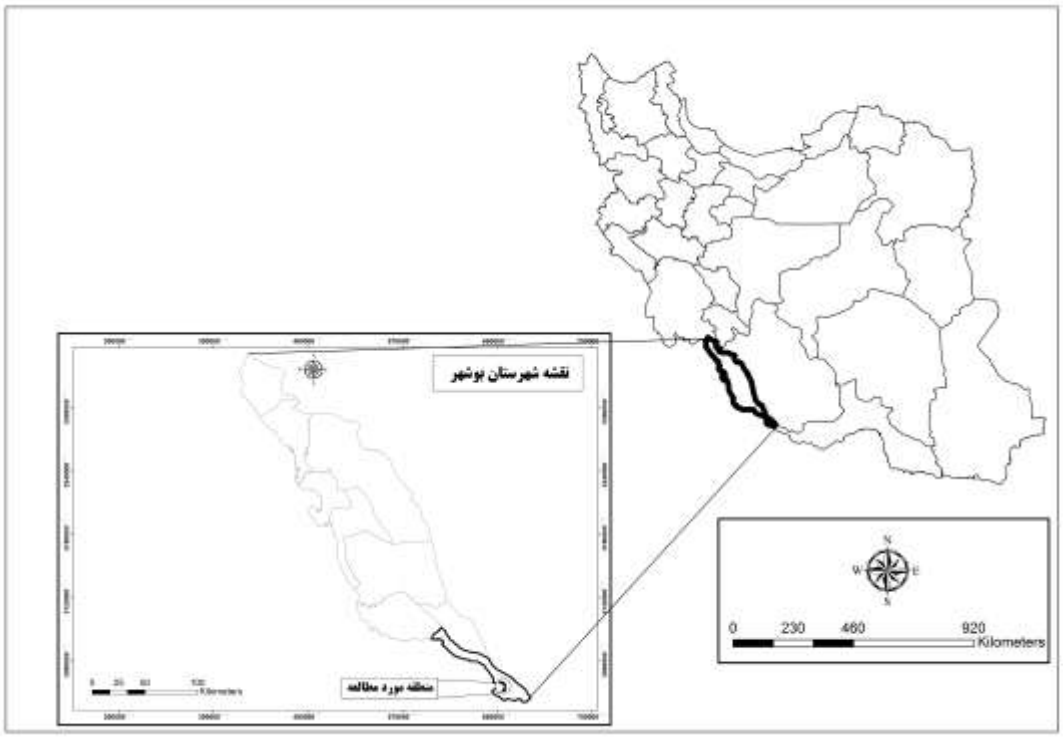
به طور کلی جنگل های مانگرو شامل غنی ترین جنگل ها از نظر ذخیره کربن می‌باشند که قسمت اعظم این کربن در خاک قرار دارد (۲۰ و ۲۱). به طوری که گفته می‌شود که ۵۰ تا ۹۰ درصد میزان کربن ذخیره شده در این اکوسیستم‌ها در خاک قرار دارد (۲۲-۲۴). بنابراین پتانسیل ترسیب و ذخیره کربن بالا، در کنار دیگر نقش‌های این جنگل ها نشان دهنده اهمیت بسیار فراوان آنها برای کره زمین می‌باشد.

امروزه مطالعات مختلفی در رابطه با نقش و جایگاه جنگل های مانگرو در کشورهای مختلف انجام شده که از آن جمله می‌توان به ژاپن (۲۲)، چین (۱۷)، تایلند (۲۵) و هند (۲۶) اشاره کرد. اما تا به حال مطالعه‌ای در رابطه با میزان ذخیره کربن جنگل های مانگرو در کشور ما صورت نگرفته است. بنابراین نیاز است تا جایگاه جنگل های مانگرو کشور در ذخیره کربن خاک مشخص شود. لذا هدف این مطالعه برآورد ذخیره کربن وجود در خاک جنگل های حرا و مقایسه آن با دیگر جنگل های مانگرو در دنیا و دیگر جنگل های کشور، به منظور مشخص کردن سهم این جنگل ها در میزان ذخیره کربن موجود در اکوسیستم‌های جنگلی کشور می‌باشد.

روش بررسی

منطقه مورد مطالعه واقع در استان بوشهر و شهرستان عسلویه می‌باشد. این منطقه در خلیج نایبند واقع شده که مساحتی حدود ۳۰۰ هکتار دارد. این منطقه در موقعیت جغرافیایی ۵۴ ۲۳′ ۲۷° تا ۳۴ ۲۹′ ۲۷° عرض شمالی و ۵۴ ۳۴′ ۵۲° تا ۱۷ ۴۱′ ۵۲° طول شرقی واقع شده است. متوسط درجه حرارت ۸ ماه از سال در این منطقه بالاتر از ۲۴ درجه سانتی‌گراد بوده و در طول سال کمتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد نیست. همچنین

متوسط بارندگی ایستگاه عسلویه براساس آمار ۲۷ ساله ، ۱۹۳/۳ میلی‌متر می باشد (شکل ۱)



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

Figure 1. Study site location in Bushehr province

نمونه برداری

برای محاسبه کربن آلی خاک در جنگل های حرا، تعداد ۳۰ نمونه خاک به صورت تصادفی از دو عمق ۲۰-۰ و ۵۰-۲۰ سانتی‌متری در تابستان ۱۳۹۴ برداشت شد (۱۵ نمونه خاک از هر عمق). علت انتخاب این عمق‌ها این بود که بعد از حفر پروفیل خاک دو افق کلی در خاک قابل تشخیص بود و عمق این افق‌ها مبنای نمونه برداری از خاک قرار گرفت. نمونه‌های جمع‌آوری شده به آزمایشگاه منتقل و بعد از عبور از الک ۲ میلی‌متری برای انجام آنالیزهای خاک مورد استفاده قرار گرفت. در این تحقیق وزن مخصوص ظاهری خاک با استفاده از استوانه محاسبه شد. همچنین کربن آلی خاک و ازت کل به ترتیب با استفاده از روش والکی و بلک (۲۷) و کجلدال (۲۸) محاسبه شدند. بافت خاک، اسیدیته و هدایت الکتریکی نیز به ترتیب به روش هیدرومتیر و با استفاده از عصاره گل اشباع محاسبه شدند.

در نهایت برای محاسبه ذخیره کربن خاک از فرمول زیر استفاده شد (۲۹).

$$Cs\left(\frac{ton}{ha}\right) = Bd\left(\frac{gr}{cm^3}\right) \times d(cm) \times C(\%) \qquad (۱)$$

در این معادله Cs برابر با ذخیره کربن خاک بر حسب تن در هکتار، Bd؛ وزن مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب، d؛ عمق نمونه برداری بر حسب سانتیمتر و C؛ کربن آلی خاک بر حسب درصد بود.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

کلیه داده‌های موجود با استفاده از آزمون کلوموگروف-اسمیرنوف مورد ارزیابی قرار گرفت و بعد از اطمینان از نرمال بودن، مورد بررسی‌های آماری قرار گرفتند. میزان ذخیره کربن در دو عمق مختلف با استفاده از آزمون *t*-student مورد ارزیابی قرار گرفت تا مشخص شود که آیا بین دو عمق مورد

مطالعه تفاوت معنی داری از نظر ذخیره کربن وجود دارد یا نه. همچنین میزان همبستگی بین ذخیره کربن خاک و پارامترهای فیزیکو شیمیایی خاک با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون مورد بررسی قرار گرفت. کلیه آزمونها با استفاده از نرم افزار SPSS ورژن ۱۶ انجام گرفت و نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel رسم شدند.

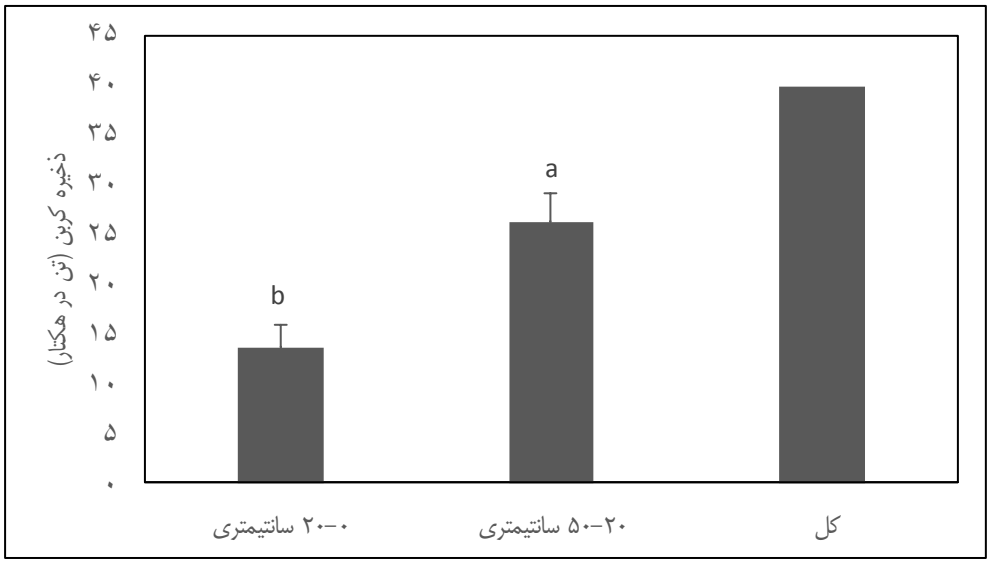
نتایج

ذخیره کربن خاک

ذخیره کربن خاک متغیری بود که در این مطالعه برای دو عمق مختلف محاسبه شد. در این مطالعه میزان متوسط ذخیره کربن خاک در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری ۱۳/۶ تن در هکتار به‌دست آمد. در حالی که میزان ذخیره کربن عمق دوم (۵۰-۲۰ سانتی متری) به طور متوسط برابر با ۲۶/۲ تن در هکتار به‌دست آمد. بنابراین در جنگل های حرا میزان ذخیره کربن خاک در افق-های پایین خاک بیشتر شده است (شکل ۲).

همچنین مطالعات مربوط به آنالیز مقایسه میانگین‌های مربوط به ذخیره کربن در عمق‌های مورد مطالعه نشان داد که این دو عمق از لحاظ ذخیره کربن کربن دارای اختلاف معنی داری در سطح یک درصد هستند (شکل ۲).

در این مطالعه میزان ذخیره کربن خاک در عمق ۲۰-۰ دامنه-ای از ۳ تا ۲۹ تن در هکتار داشت. در حالی میزان ذخیره کربن در عمق ۵۰-۲۰ سانتی‌متری دامنه‌ای از ۱۱/۳ تا ۴۰/۹ تن در هکتار داشت.



شکل ۲- ذخیره کربن خاک در عمق‌های مورد مطالعه

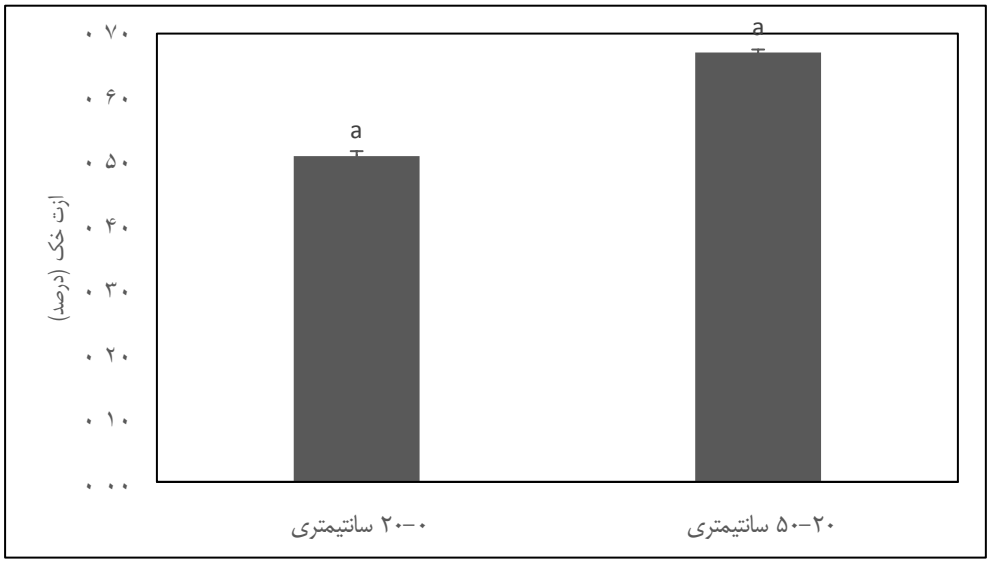
Figure 2. Soil carbon stock in studied horizons (bars represent standard error, means followed by the same letters are not significantly different at $p< 0.05$)

ازت خاک

ازت خاک نقش مهمی در تجزیه مواد آلی دارد بنابراین در این تحقیق میزان ازت خاک در افق‌های مورد مطالعه اندازه‌گیری شد. در این تحقیق ازت خاک در افق ۲۰-۰ و ۵۰-۲۰ سانتی-متری به طور متوسط به ترتیب ۰/۵۱ و ۰/۶۷ درصد اندازه-گیری شد. اگرچه میزان ازت خاک در افق دوم کمی بیشتر بود اما تفاوت معنی داری بین دو افق مشاهده نشد (شکل ۳).

نتایج همبستگی پیرسون نشان داد که بین ذخیره کربن خاک و درصد ازت رابطه معنی داری در سطح یک درصد وجود دارد. اما همبستگی معنی‌داری بین رابطه C/N و میزان ذخیره کربن خاک مشاهده نشد. همچنین ذخیره کربن خاک در جنگل های حرا همبستگی معنی‌داری با میزان هدایت الکتریکی خاک در سطح پنج درصد نشان داد. اما دیگر پارامترهای مورد بررسی

همبستگی معنی‌داری را با میزان ذخیره کربن خاک نشان ندادند (جدول ۱).



شکل ۳- میزان ازت خاک در عمق‌های مورد مطالعه

Figure 3. Soil Nitrogen in studied horizons of *A. marina* (bars represent standard error, means followed by the same letters are not significantly different at $p< 0.05$)

جدول ۱- همبستگی بین ذخیره کربن خاک با درصد ازت و رابطه C/N

Table 1. Person correlation coefficient between soil carbon stock and physiochemical properties

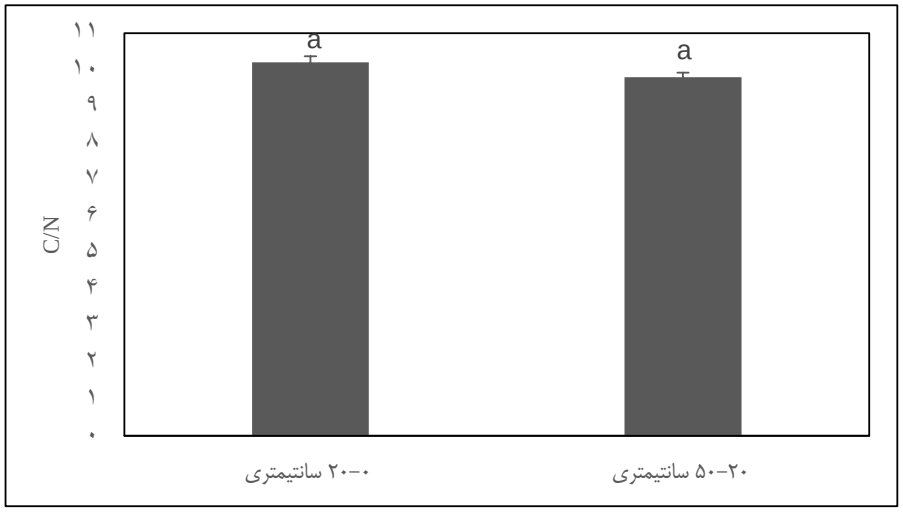
	N %	C/N	اسیدیته	EC	شن ٪	سیلت ٪	رس ٪	ذخیره کربن (ton/ha)
N %	۱							
C/N	-۰/۱۸۷	۱						
اسیدیته	-۰/۲۹۰	-۰/۰۱۱	۱					
EC	۰/۴۳۵*	-۰/۰۱۶	-۰/۶۷۸**	۱				
شن ٪	۰/۱۷۷	۰/۱۱۸	۰/۰۸۴	۰/۲۱۷	۱			
سیلت ٪	-۰/۱۳۵	۰/۰۴۸	-۰/۲۱۰	۰/۱۲۰	-۰/۸۳۸**	۱		
رس ٪	-۰/۱۴۵	-۰/۲۷۱	۰/۴۱۶*	-۰/۵۳۹****	-۰/۷۲۳**	۰/۲۹۹	۱	
ذخیره کربن (ton/ha)	۰/۹۱۵**	-۰/۲۲۶	-۰/۲۵۱	۰/۳۷۷*	۰/۰۹۲	-۰/۰۴۷	-۰/۱۰۵	۱

** معنی دار در سطح یک درصد

N: ازت خاک، EC: هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر).

نسبت C/N

C/N متغیر دیگری بود که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. متوسط رابطه C/N در عمق ۲۰-۰ و ۵۰-۲۰ سانتی-متری به ترتیب ۱۰/۲ و ۹/۸ بود. اگر چه بین رابطه C/N در بین عمق‌های مورد مطالعه تفاوت معنی داری مشاهده نشد اما این متغیر نشان داد که با افزایش عمق روندی کاهشی دارد (شکل ۴).



شکل ۴- نسبت C/N در عمق‌های مورد مطالعه

Figure 4. C/N in studied horizons of *A. marina* soil (bars represent standard error, means followed by the same letters are not significantly different at $p< 0.05$)

بحث و نتیجه‌گیری

اهمیت برآورد ذخیره کربن و مشخص کردن سهم جنگل های مانگرو و خصوصاً خاک جنگل های مانگرو در ذخیره کربن به این دلیل است که جنگل های مانگرو به همراه باتلاق ها حدود ۱۱ درصد کربن موجود در خاک را در خود جای داده‌اند (۳۰). این در حالی است که جنگل های مانگرو تنها ۰/۱ درصد سطح خشکیهای دنیا را به خود اختصاص داده‌اند (۳۱). نتایج حاصل از برآورد ذخیره کربن جنگل های حرا نشان داد که ذخیره کربن خاک در جنگل های حرا ۳۹/۸ تن در هکتار می‌باشد. البته باید توجه داشت که این میزان ذخیره کربن تا عمق ۵۰ سانتی‌متری است. در مقایسه با دیگر جنگل های حرا در چین که ذخیره کربن خاک را حدود ۱۹۱ و ۱۸۸ تن در هکتار محاسبه کرده بودند (۱۷ و ۳۲)، می‌توان گفت که جنگل های حرا در بوشهر مقدار بسیار کمتری از ذخیره کربن را در خاک جنگل در خود جای داده‌اند. این تفاوت زیاد یکی ناشی از عمق نمونه برداری است و دیگری بخاطر تفاوت در عرض جغرافیایی (۳۳) است. چرا که در این مطالعه ذخیره کربن خاک تا عمق ۵۰ سانتی‌متری محاسبه شد در حالی که در مطالعه Liu و همکاران (۲۰۱۴) و Wang و همکاران (۲۰۱۳) ذخیره کربن تا عمق ۱ متری خاک محاسبه شد است. البته این مسئله را نیز باید مد نظر قرار داد که اکوسیستم‌های مانگرو از لحاظ اکولوژیکی بسیار متنوع بوده و به همین خاطر ذخیره کربن آنها در مناطق مختلف متفاوت است (۲۱). از دیگر عوامل تاثیر گذار در ذخیره کربن جنگل های مانگرو می‌توان به تغییر ساختار و ترکیب این جنگل ها اشاره کرد که می‌تواند باعث تغییر در ذخیره کربن این اکوسیستم‌ها شود (۳۴ و ۳۵).

برای مشخص کردن جایگاه جنگل های مانگرو نسبت به دیگر اکوسیستم‌های جنگلی کشور می‌توان عنوان نمود که در جنگل‌های بلوط غرب مقدار ذخیره کربن در بیومس فرم دانه-زاد حدود نه تن در هکتار (۱۰)، در جنگل های کنار رودخانه‌ای بیش از ۵۰ تن در هکتار (۱۱) و در تپه‌های شنی تنها در عمق ۰-۵ سانتی‌متری بیش از ۴ تن در هکتار (۱۲) می‌باشد. در صورتی که شرایط سخت رویشگاهی را که درختان حرا در آن رویش دارند، مد نظر قرار دهیم ارزش جنگل های حرا در ذخیره کربن آنها نسبت به دیگر مناطق کشور بسیار روشن‌تر خواهد. درختان حرا در مناطقی رویش دارند که هیچ گونه گیاه دیگری قادر به رشد نیست. بنابراین نقش این جنگل ها در مناطقی با شرایط بارش کم، شوری بسیار بالا و محیط رشد ماندابی می‌تواند بسیار با اهمیت باشد.

با توجه به این‌که در این مطالعه متوسط ذخیره کربن خاک در عمق ۵۰ سانتی‌متری جنگل های حرا ۳۹/۸ تن در هکتار محاسبه شد، اگر هزینه هر تن کربن را معادل ۲۲۰ دلار در نظر بگریم (۳۶) مشخص خواهد شد که تنها ارزش ذخیره کربن موجود در خاک این جنگل ها معادل با ۸۷۵۶ دلار در هکتار خواهد بود. در این صورت می‌توان بیان نمود که اگر چه سهم ذخیره کربن جنگل های کشور در مقایسه با برخی نقاط دنیا کم است اما در مجموع این ذخیره مقدار قابل توجهی از کربن می‌باشد که نمی‌توان از آن چشم پوشی کرد.

رابطه C/N بیانگر سرعت تجزیه مواد می‌باشد و وابسته به نوع گونه گیاهی، مواد غذایی رویشگاه و سطح تجزیه مواد آلی خاک است (۳۷ و ۳۸). در این مطالعه این رابطه به طور میانگین در عمق اول و دوم به ترتیب ۱۰/۲ و ۹/۸ بود که نشان دهنده بالاتر بودن میزان ازت خاک در اعماق بیشتر خاک می‌باشد. علت بیشتر بودن ازت در عمق خاک می‌تواند ناشی از آبشویی ازت از افق سطحی و انتقال آن به افق‌های پایین‌تر باشد (۳۹). رابطه C/N در مطالعه ما در مقایسه با مطالعه Wang و همکاران (۲۰۱۳) که رابطه C/N را ۱۴/۵ به‌دست آورد، کمتر می‌باشد. پایین بودن این نسبت می‌تواند نشان دهنده افزایش سرعت تجزیه مواد و کاهش کربن ذخیره خاک می‌باشد (۴۲).

در این مطالعه ذخیره کربن در دو عمق ۲۰-۰ و ۵۰-۲۰ سانتی‌متری خاک محاسبه شد و نتایج حاکی از افزایش میزان ذخیره کربن در عمق دوم نسبت به عمق اول بود. البته دلیل امر می‌تواند ناشی از تفاوت در ضخامت لایه خاک می‌باشد. چرا که در عمق دوم ضخامت لایه ۳۰ سانتی‌متر بود که ۱۰ سانتی-متر بیشتر از ضخامت عمق اول می‌باشد. دلیل دیگر برای این مسئله می‌تواند ناشی از میزان ازت بیشتر خاک در عمق دوم باشد. چرا که در این مطالعه مشخص شد که بین ازت و ذخیره کربن خاک همبستگی معنی داری وجود دارد. این نتایج همسو با یافته‌های Varamesh و همکاران (۲۰۱۰) بود که نیتروژن خاک را به عنوان یک متغیر تاثیر گذار در ترسیب کربن عنوان کردند. در این مطالعه علاوه بر ازت، EC نیز از فاکتورهای موثر بر میزان ذخیره کربن در جنگل های حرا شناسایی شد که همسو با یافته‌های Abdi و همکاران (۲۰۰۹) می‌باشد. بنابراین با توجه به اینکه خصوصیات فیزیکی و شیمایی خاک در جنگل‌های مانگرو متفاوت است، می‌توان این عوامل را به عنوان متغیرهای تاثیر گذار در میزات ذخیره کربن در این جنگل ها نام برد (۴۲ و ۴۳).

مقایسه با دیگر اکوسیستم های کشور و با توجه به میزان ذخیره کربن آنها نمی‌توان از این مسئله که جنگل های حرا چه نقشی در ذخیره کربن دارند چشم پوشی کرد. بنابراین احیا و جنگلکاری در مناطق مستعد می‌توان علاوه بر بالابردن سرانه جنگل، جلوگیری از نابودی این جنگل ها و دیگر خدمات اکوسیستم، نقش مهمی نیز در ترسیب کربن بازی کند.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان انجام شده و لذا نویسندگان بر خود لازم می‌دانند به‌این وسیله مراتب قدردانی خود را ابراز نمایند.

Reference

1. Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change, Geoderma, 123, pp. 1-22.
2. Korner, C., 2003. Carbon limitation in trees. Journal of ecology, 91, pp. 4-17.
3. Tamartash, R., Tatian, M.R. and Yousefian, M. 2012. Effect of different vegetation types on carbon sequestration in rangeland of Miankaleh, Journal of Environmental Studies, 33 (62), pp. 45-54.
4. Kaul, M., Mohren, G.M.J. and Dadhwal, V.K. 2010. Carbon storage and sequestration potential of selected tree species in India, Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 15, pp. 489–510.
5. Wigley, T.M.L. and Schimel, D.S. 2000. The Carbon Cycle. Cambridge University Press, 310 pp.
6. Dixon, R.K. and Wisniewski, J. 1995. Global forest systems: an uncertain

response to atmospheric pollutants and global climate change. Water Air Soil Pollution, 85, pp. 101–110.

7. Brown, S., Hall, C.A.S., Knabe, W., Raich, J., Trexler, M.C. and Woomer, P. 1993. Tropical forests: their past, present, and potential role in the terrestrial C budget. Water, Air and Soil Pollution, 70, pp. 71–94.
8. Bolin, B., Sukumar, R., Ciais, P., Cramer, W., Jarvis, P., Kheshgi H., Nobre, C., Semenov, S. and Steffen, W. 2000. Global perspective. In: Watson, R.T., Noble, I.R., Bolin, B., Ravindranath, N.H., Verardo, D.J., Dokken, (Eds.), Land Use, Land-Use Change, and Forestry: A Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, New York, pp. 23–51.
9. Jandl, R., Lindner, M., Vesterdal, L., Bauwens, B., Baritz, R., Hagedorn, F., Johnson, D.W., Minkkinen, K. and Byrne, K.A. 2007. How strongly can forest management influence soil carbon sequestration? Geoderma, 137, pp. 253–268.
10. Alinejadi, S., Basiri, R., Tahmasebi Kohyani, P., Askari, Y., Moradi, M. 2016. Estimation of biomass and carbon sequestration in various forms of *Quercus brantii* Lindl. stands in Balout Boland, Dehdez. Iranian Journal of Forest, 8(2), pp. 129-139.
11. Forogh Nasaba, M., Moradi, M., Moradi, Gh., Taghizade-Mehrjardi, R. 2020. Topsoil Carbon Stock and Soil Physicochemical Properties in Riparian Forests and Agricultural Lands of Southwestern Iran. Eurasian Soil Science, 53(10), pp. 1389-1395.
12. Moradi, M., Imani, F., Naji, H.R., Moradi Behbahani, S., Ahmadi M.T. 2017. Variation in soil carbon stock and nutrient content in sand dunes after afforestation by *Prosopis juliflora* in the Khuzestan province (Iran). iForest, 10, pp. 585-589
13. Mazda, Y., Magi, M., Nanao, H., Kogo, M., Miyagi, T., Kanazawa, N., and Kobashi, D. 2002. Coastal erosion due to long-term human impact on mangrove forests. Wetlands Ecology and Management, 10, pp. 1–9.
14. Duke, N.C., Meynecke, J.O., Dittmann, S., Ellison, A.M., Anger, K., Berger, U., Cannicci, S., Diele, K., Ewel, K.C., Field, C.D., Koedam, N., Lee, S.Y., Marchand, C., Nordhaus, I. and Dahdouh-Guebas, F. 2007. A world without mangroves? Science, 317, pp. 41-42.
15. Kauffman, J.B., Heider, C., Cole, T., Dwire, K.A. and Donato, D.C. 2011 Ecosystem C pools of Micronesian mangrove forests: implications of land use and climate change. Wetlands, 31, pp. 343- 352.
16. Kristensen, E., Lee, S.Y., Marchand, C., Middelburg, J.J., Rivera-Monroy, V.H., Smith, T.J. and Twilley, R.R. 2008a. Mangrove production and carbon sinks: a revision of global budget estimates. Global Biogeochemical Cycles, 22, pp. 1–12.
17. Liu H., Ren, H., Hui, D., Wang, W., Liao, B. and Cao, Q. 2014. Carbon stocks and potential carbon storage in the mangrove forests of China. Journal of Environmental Management, 133, pp. 86-93.
18. Giri, C., Zhu, Z., Tieszen, L., Singh, A., Gillette, S. and Kelmelis, J. 2008.

Mangrove forest distributions and dynamics (1975–2005) of the tsunami-affected region of Asia. Journal of Biogeography, 35, pp. 519–528.

19. Moradi Behbahani, S., Moradi, M., Basiri, R., Mirzaei, J. 2017. Sand mining disturbances and their effects on the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in a riparian forest of Iran. Journal of Arid Land, 9(6), pp. 837-849.
20. Mcleod, E., Chmura, G.L., Bouillon, S., Salm, R., Björk, M., Duarte, C.M., Lovelock, C.E., Schlesinger, W.H. and Silliman, B.R. 2011. A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO_2. Frontiers in Ecology and the Environment, 9, pp. 552-560.
21. Kristensen, E., Bouillon, S., Dittmar, T. and Marchand, C. 2008. Organic carbon dynamics in mangrove ecosystems: a review. Aquatic Botany, 89, pp. 201-219.
22. Khan, M.N.I., Suwa, R. and Hagihara, A. 2007. Carbon and nitrogen pools in a mangrove stand of *Kandelia obovata* (S., L.) Yong: vertical distribution in the soil vegetation system. Wetlands Ecology and Management, 15, pp. 141-153.
23. Alongi, D.M., Clough, B.F., Dixon, P. and Tirendi, F. 2003. Nutrient partitioning and storage in arid-zone forests of the mangroves *Rhizophora stylosa* and *Avicennia marina*. Trees-Structure and Function, 17, pp. 51-60.
24. Donato, D.C., Kauffman, J.B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M. and Kanninen, M. 2011. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. Nature Geoscience, 4, pp. 293-297.
25. Jachowski, N.R.A., Quak, M.S.Y., Friess, D.A., Duangnamon, D., Webb, E.L. and Ziegler, A.D. 2013. Mangrove biomass estimation in Southwest Thailand using machine learning. Applied Geography, 45, pp. 311-321.
26. Ray, R., Ganguly, D., Chowdhury, C., Dey, M., Das, S., Dutta, M.K., Mandal, S.K., Majumder, N., De, T.K., Mukhopadhyay, S.K. and Jana, T.K. 2011. Carbon sequestration and annual increase of carbon stock in a mangrove forest. Atmospheric Environment, 45, pp. 5016-5024.
27. Walkley, A. and Black, I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. Soil Science, 63, pp. 251-263.
28. Bremner, J.M. and Mulvaney, C.S. 1982. Nitrogen total. In: Miller RH, Kieney DR (eds) Method of soil analysis- part 2: chemical and microbiological methods, 2nd edn. Agronomy series No. 9. American Society for Agronomy and Soil Sciences, Madison, pp. 595–624.
29. Stringer, C.E., Trettin, C.C., Zarnoch, S.J. and Tang, W. 2015. Carbon stocks of mangroves within the Zambezi River Delta, Mozambique. Forest Ecology and Management, 354, pp. 139-148.
30. Chmura, G.L., Anisfeld, S.C., Cahoon, D.R. and Lynch, J.C. 2003. Global carbon sequestration in tidal, saline wetland soils. Global

Biogeochemichemical Cycles, 17(4), pp. 1-12.

31. Jennerjahn, T.C. and Ittekot, V. 2002. Relevance of mangroves for the production and deposition of organic matter along tropical continental margins. Naturwissenschaften, 89, pp 23–30.
32. Wang, G., Guan, D., Peart, M.R., Chen, Y. and Peng, Y. 2013. Ecosystem carbon stocks of mangrove forest in Yingluo Bay, Guangdong Province of South China. Forest Ecology and Management, 310, p. 539–546.
33. Twilley, R.R., Chen, R.H. and Hargis, T. 1992. Carbon sinks in mangroves and their implications to carbon budget of tropical coastal ecosystems. Water, Air and Soil Pollution, 64, pp. 265-288.
34. Lacerda, L.D., Ittekkot, V., Patchineelam, S.R. 1995. Biogeochemistry of mangrove soil organic matter: a comparison between *Rhizophora* and *Avicennia* soils in South-eastern Brazil. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 40, pp. 713–720.
35. Gleason, S.M., and Ewel, K.C. 2002. Organic matter dynamics on the forest floor of a Micronesian mangrove forest: an investigation of species composition shifts. Biotropica, 34, pp. 190–198.
36. Moore, F.C. and Diaz, D.B. 2015. Temperature Impacts on Economic Growth Warrant Stringent Mitigation Policy. Nature Climate Change, 5(2), pp. 127-131.
37. Vestgarden, L.S. 2001. Carbon and nitrogen turnover in the early stage of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) needle litter decomposition: effects of internal and external nitrogen. Soil Biology & Biochemistry, 33 (4-5), pp. 465-474.
38. Prescott, C.E., 2005. Do rates of litter decomposition tell us anything we really need to know? *Forest Ecology and Management*, 220 (1-3), pp. 66–74.
39. Reef, R., Feller, I.C. and Lovelock, C.E. 2010. Nutrition of mangroves. Tree Physiology, 30, pp. 1148–1160.
40. Varamesh, S., Hosseini, S.M., Abdi, N., Akbarinia M. 2010. Increment of soil carbon sequestration due to forestation and its relation with some physical and chemical factors of soil. Iranian Journal of Forest, 2(1), 25-31. (In Persian)
41. Abdi, N., .Maddah Aref, H., Zahedi Amiri, Gh., Arzani, H. 2009. Investigation of carbon sequestration content in astragalus rangelands in Gholestankoh of Khansar. Watershed Management Researches (Pajouhesh & Sazandegi). 83, pp, 58-68. (In Persian)
42. Huxham, M., Langat, J., Tamooh, F., Kennedy, H., Mencuccini, M., Skov, M.W. and Kairo, J. 2010. Decomposition of mangrove roots: effects of location, nutrients, species identity and mix in a Kenyan forest. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 88, pp. 135–142.
43. Sherman, R.E., Fahey, T.J. and Martinez, P. 2003. Spatial patterns of biomass and aboveground net primary productivity in a mangrove ecosystem in the Dominican Republic. Ecosystems, 6, pp. 384–398.