

NGHIÊN CỨU LƯỢNG CARBON TRONG ĐẤT RỪNG NGẬP MẶN TRÊN CỎN CÁT Ở CỬA SÔNG CỬA LỚN, HUYỆN NGỌC HIỂN, TỈNH CÀ MAU

Lư Ngọc Trâm Anh^{1*}, Nguyễn Thị Hải Lý² và Nguyễn Phan Minh Trung³

¹Phòng Khoa học và Công nghệ, Trường Đại học Đồng Tháp

²Khoa Nông nghiệp và Tài nguyên môi trường, Trường Đại học Đồng Tháp

³Phòng Thanh tra - Pháp chế, Trường Đại học Đồng Tháp

*Tác giả liên hệ: lntanh@dthu.edu.vn

Lịch sử bài báo

Ngày nhận: 23/11/2021; Ngày nhận chỉnh sửa: 13/7/2022; Ngày duyệt đăng: 27/7/2022

Tóm tắt

Rừng ngập mặn hình thành trên các cồn cát ở phía Tây sông Cửa Lớn là vùng đất được bồi tụ tự nhiên, có ý nghĩa sinh thái, môi trường quan trọng. Nghiên cứu được tiến hành ở khu vực này với mục tiêu đánh giá trữ lượng carbon của đất rừng trong điều kiện tự nhiên, không có sự tác động của con người. Phương pháp nghiên cứu bao gồm đo đạc một số chỉ tiêu về thổ nhưỡng trong các ô tiêu chuẩn, thu mẫu đất và phân tích trong phòng thí nghiệm. Kết quả nghiên cứu đã xác định được hàm lượng carbon trung bình ở hai tầng đất là $3,09 \pm 0,88\%$ và $2,85 \pm 0,95\%$. Lượng carbon tích tụ trong đất ở các cồn có sự khác biệt. Đây là dẫn liệu cho các nghiên cứu tiếp theo cũng như góp phần cung cấp cơ sở khoa học cho việc đánh giá khả năng tích tụ carbon của rừng ngập mặn, phục vụ công tác quản lý, bảo tồn và phát triển rừng ngập mặn ở khu vực.

Từ khóa: Carbon đất, cửa sông Cửa Lớn, rừng ngập mặn, tỉnh Cà Mau.

DOI: <https://doi.org/10.52714/dthu.12.2.2023.1038>

Trích dẫn: Lư Ngọc Trâm Anh, Nguyễn Thị Hải Lý và Nguyễn Phan Minh Trung. (2023). Nghiên cứu lượng carbon trong đất rừng ngập mặn trên cồn cát ở cửa sông Cửa Lớn, huyện Ngọc Hiển, tỉnh Cà Mau. *Tạp chí Khoa học Đại học Đồng Tháp*, 12(2), 107-113.

INVESTIGATING SOIL CARBON STOCK OF MANGROVE ON ISLAND AT CUA LON ESTUARY, NGOC HIEN DISTRICT, CA MAU PROVINCE

Lu Ngoc Tram Anh^{1*}, Nguyen Thi Hai Ly², and Nguyen Phan Minh Trung³

¹Research Affairs Office, Dong Thap University

²Faculty of Agriculture and Environment Resources, Dong Thap University

³Office of Inspection and Legal Affairs, Dong Thap University

*Corresponding author: lntanh@dthu.edu.vn

Article history

Received: 23/11/2021; Received in revised form: 13/7/2022; Accepted: 27/7/2022

Abstract

Mangrove forest shaped on islands in the West of Cua Lon river that is naturally accreted land with important ecological and environmental significance. The study was conducted to assess the soil carbon storage of mangrove forest in natural condition without human impact. The research methods included measuring the soil parameters in quadrats, collecting soil samples, and analyzing soil samples in the laboratory. The results showed that the average carbon content in two soil layers was $3.09 \pm 0.88\%$ and $2.85 \pm 0.95\%$. The soil carbon stock among islands had differences. This is the initial data for further research as well as contributes to scientific background for assessing the carbon accumulation of mangrove forest serving the management, conservation, and development of the forest in the region.

Keywords: Soil carbon, Cua Lon estuary, Mangrove forest, Ca Mau Province.

1. Mở đầu

Rừng ngập mặn được hình thành ở vùng ven biển, là một hệ sinh thái có trữ lượng carbon khá cao. Trong đó, đất rừng ngập mặn là bể chứa carbon quan trọng. Lượng carbon tích tụ trong đất rừng ngập mặn dao động từ 72 ± 12 g/m²/năm đến 174 ± 23 g/m²/năm (Alongi, 2014; Lovelock và cs., 2014) hoặc từ $121 \pm 6,1$ đến $602,7 \pm 30,3$ g/m²/năm ở Việt Nam (MacKenzie và cs., 2016). Theo thời gian, lượng carbon trong đất tăng dần. Do đó, xác định lượng carbon trong đất rừng ngập mặn có ý nghĩa quan trọng trong việc đánh giá khả năng hấp thụ carbon của hệ sinh thái rừng ngập mặn.

Tỉnh Cà Mau có nhiều vùng được hình thành do quá trình bồi tụ tự nhiên, đặc biệt là các cồn cát hình thành ở cửa sông. Đây là khu vực thuận lợi cho cây rừng ngập mặn phát triển. Trong đó, Cồn Ông Trang, thuộc Vườn Quốc gia Mũi Cà Mau bao gồm những cồn cát được bồi tụ bởi phù sa của dòng chảy sông Cửa Lớn và trầm tích của dòng thủy triều biển Tây. Dòng chảy sông Cửa Lớn đổ ra biển, nhưng do tác động của thủy triều theo hướng vào đất liền nên tạo ra các cồn ở cửa sông có hình dạng vuông góc với đường bờ biển. Cho đến nay, Cồn Ông Trang vẫn là khu vực được bảo vệ nghiêm ngặt, chưa có sự tác động của con người. Do đó, nghiên cứu trữ lượng carbon trong đất rừng ngập mặn ở Cồn Ông Trang có ý nghĩa khoa học và thực tiễn, góp phần vào công tác đánh giá trữ lượng carbon của rừng ngập mặn ở khu vực. Đây là cơ sở cho chi trả dịch vụ môi trường rừng, qua đó góp phần phát triển hệ sinh thái rừng ngập mặn, tăng bề hấp thụ carbon cho khu vực.

2. Địa điểm, phương pháp nghiên cứu

2.1. Địa điểm nghiên cứu

Phạm vi nghiên cứu là các cồn cát nằm ở cửa Ông Trang, phía Tây sông Cửa Lớn thuộc địa phận huyện Ngọc Hiển, tỉnh Cà Mau. Các cồn bao gồm Cồn Trong, Cồn Ngoài và Cồn Mới được gọi chung là Cồn Ông Trang. Trong đó, Cồn Trong hình thành sớm nhất, diện tích Cồn Trong năm 1962 là 16,34 ha. Cồn Ngoài xuất hiện vào khoảng những năm 1980, đến năm 1992 có diện tích là 55,79 ha. Cồn Mới mới bắt đầu hình thành vào khoảng những năm 2000 (Lu Ngọc Trâm Anh, 2020).



Hình 1. Khu vực nghiên cứu

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp điều tra ô tiêu chuẩn và thu mẫu đất

Nghiên cứu đã thiết kế các ô tiêu chuẩn trên bản đồ. Trước hết xác định các tuyến điều tra theo hướng Đông Bắc - Tây Nam cắt ngang qua các cồn. Trên các tuyến, bố trí các ô tiêu chuẩn với diện tích 100 m² (10 m x 10 m).

Tiến hành thu mẫu đất trong các ô tiêu chuẩn. Sử dụng khoan để lấy mẫu đất từ tầng mặt xuống độ sâu 60 cm. Mẫu đất được lấy đại diện ở tầng đất 0 - 20 cm và tầng đất 20 - 60 cm. Tiến hành đo độ mặn trong hai tầng đất bằng khúc xạ kế đo độ mặn, đo pH đất bằng pH kế tại hiện trường.

2.2.2. Phương pháp phân tích các chỉ tiêu trong mẫu đất

Các mẫu đất được đem về phòng thí nghiệm để phân tích hàm lượng carbon, nitrogen tổng, phosphor tổng và potassium tổng. Hàm lượng carbon trong đất được phân tích theo phương pháp Walkley - Black. Nitrogen tổng được xác định bằng phương pháp Kjeldahl (Bremner). Phosphor tổng được xác định bằng phương pháp trắc quang, đo “màu xanh molybden”. Potassium tổng được xác định bằng máy quang kế ngọn lửa ở bước sóng 768 nm.

2.2.3. Phương pháp xử lý số liệu

Số liệu thu thập được tính toán và xử lý thống kê bằng phần mềm Microsoft Excel 2016 và Statgraphics Centurion XV.I. Xác định lượng carbon trong từng tầng đất của khu vực nghiên cứu theo công thức (1) của Murdiyarsa và cs. (2009):

$$\text{Cđất (tấn/ha)} = [\text{Dung trọng đất (g/cm}^3\text{)} \times \text{Độ sâu (cm)} \times \text{Hàm lượng C}] \times 100 \quad (1)$$

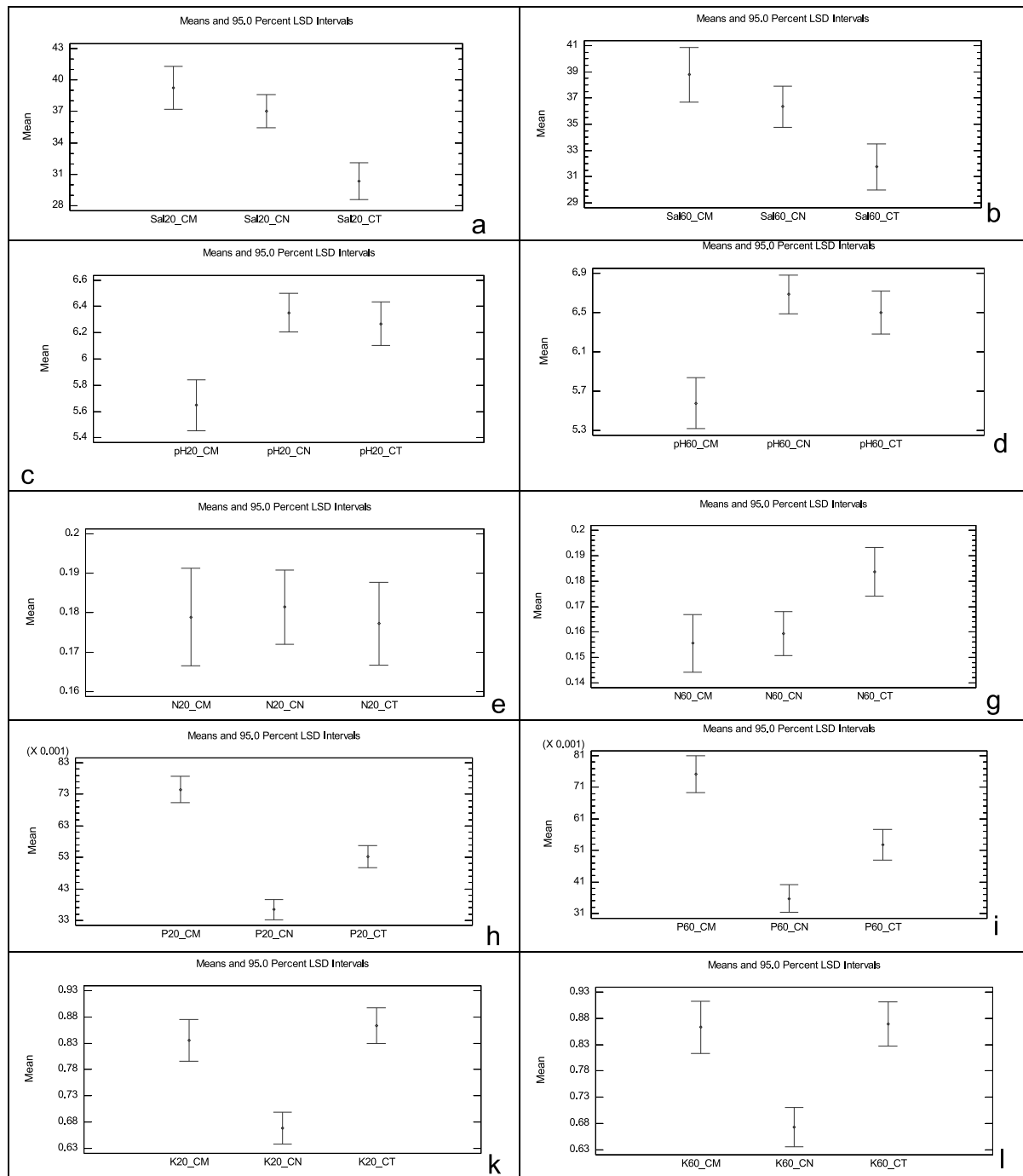
Trong đó: Hàm lượng carbon (C) được biểu thị bằng số thập phân.

Độ sâu: 20 đối với tầng đất 0 - 20 cm, 40 đối với tầng 20 - 60 cm.

100 là hệ số chuyển đổi từ đơn vị g/cm² sang tấn/ha.

Dung trọng đất được tính theo công thức (2).

Dung trọng của đất (g/cm³) = Khối lượng khô của đất (g)/Thể tích mẫu đất (cm³) (2)



Hình 2. Giá trị trung bình các yếu tố thổ nhưỡng của các cón

a) Độ mặn (%) tầng 0 - 20 cm, b) Độ mặn (%) tầng 20 - 60 cm, c) pH tầng 0 - 20 cm, d) pH tầng 20 - 60 cm, e) %N tầng 0 - 20 cm, g) %N tầng 20 - 60 cm, h) %P₂O₅ tầng 0 - 20 cm, i) %P₂O₅ tầng 20 - 60 cm, k) %K₂O tầng 0 - 20 cm, l) %K₂O tầng 20 - 60 cm

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Tính chất lý hóa của đất rừng ngập mặn ở khu vực nghiên cứu

Các cồn hình thành ở cửa Ông Trang cùng chịu tác động của dòng chảy sông Cửa Lớn và thủy triều biên Tây. Do đó, các thông số về đặc tính thổ nhưỡng của rừng ngập mặn ở các cồn đều không có sự khác biệt lớn. Độ mặn trung bình của Cồn Ông Trang là $34,71 \pm 6,65\%$ (tầng 0 - 20 cm) và $34,99 \pm 6,22\%$ (tầng 20 - 60 cm), pH trung bình là $6,25 \pm 0,68$ (tầng 0 - 20 cm) và $6,42 \pm 0,84$ (tầng 20 - 60 cm). Hàm lượng nitrogen tổng, phosphor tổng và potassium tổng lần lượt là $0,178 \pm 0,038\%$; $0,056 \pm 0,020\%$; $0,810 \pm 0,122\%$ ở tầng đất 0 - 20 cm và $0,169 \pm 0,037\%$; $0,056 \pm 0,025\%$; $0,817 \pm 0,163\%$ ở tầng đất 20 - 60 cm. Tuy nhiên, các cồn có thời gian hình thành khác nhau và nằm ở các vị trí khác nhau ở cửa sông nên có một số đặc điểm khác nhau về chỉ tiêu thổ nhưỡng.

Độ mặn cùng với pH đất là những chỉ tiêu quan trọng ảnh hưởng đến sự phân bố của các loài cây ngập mặn, từ đó tác động đến bể chứa carbon trong đất rừng. Đất rừng ngập mặn ở nhiều khu vực trên thế giới hầu hết dao động ở mức trên 30‰ (Hossain và Nuruddin, 2016). Độ mặn trung bình của đất rừng ngập mặn ở Cồn Trong là $31,06 \pm 4,35\%$ (tầng đất 0 - 20 cm) và $32,19 \pm 3,71\%$ (tầng đất 20 - 60 cm); độ mặn đo được ở Cồn Ngoài và Cồn Mới cao hơn (sự khác biệt có ý nghĩa thống kê). Bên cạnh đó, pH của Cồn Mới trung bình ở hai tầng đất là $5,65 \pm 0,65$ và $5,58 \pm 0,64$ thấp hơn so với Cồn Trong và Cồn Ngoài. Như vậy, khi rừng ngập mặn mới hình thành, đất rừng có độ mặn cao và pH thấp.

Hàm lượng trung bình (%) của nitrogen, phosphor và potassium ở các cồn nhìn chung không có sự dao động giữa hai tầng đất. Theo Võ Nguơn Thảo và cs. (2013), hàm lượng đạm tổng trong đất ở Cồn Ông Trang nhìn chung ở mức thấp từ $0,13 \pm 0,007\%$ đến $0,20 \pm 0,018\%$ và không thay đổi theo mùa. Kết quả phân tích về hàm lượng đạm trong nghiên cứu này là $0,156 \pm 0,025\%$ (Cồn Mới) và $0,184 \pm 0,043\%$ (Cồn Trong), không khác biệt nhiều và nằm trong khoảng dao động về giá trị nitrogen trong đất rừng ngập mặn ở một số khu vực khác trên thế giới, từ 0,09% đến 0,97% (Hossain và Nuruddin, 2016) hoặc từ $0,04 \pm 0,004\%$ đến $0,18 \pm 0,01\%$, theo Salmo và cs. (2013), mặc dù thấp hơn so với hàm lượng đạm

tổng số ở vịnh Khambhat, Gujarat, dao động từ 1,2 - 4,7% (Devi và Pathak, 2016).

Tương tự, trung bình hàm lượng phosphor tổng ($\%P_2O_5$) trong đất rừng ngập mặn ở các cồn là 0,036 - 0,75% lớn hơn so với giá trị phosphor tổng 0,022% ở vịnh Khambhat (Devi và Pathak, 2016). Hàm lượng potassium ($\%K_2O$) trung bình từ 0,663% đến 0,869%. Nhìn chung, hàm lượng phosphor tổng và potassium tổng ở Cồn Ngoài thấp hơn so với hai khu vực còn lại. Điều này là do vị trí địa lý của Cồn Ngoài, Cồn Ngoài nằm ở ngoài cửa sông, chịu tác động mạnh mẽ của thủy triều, do đó hàm lượng tích tụ của phosphor và potassium tích tụ trong đất rừng sẽ thấp hơn so với hai cồn còn lại.

3.2. Hàm lượng (%) carbon trong đất rừng ngập mặn

Các cồn ở cửa Ông Trang được hình thành ở những khoảng thời gian khác nhau. Kết quả phân tích hàm lượng carbon trong hai tầng đất cho thấy hàm lượng carbon có sự khác nhau giữa các cồn.

Bảng 1. Hàm lượng carbon (%) trong đất rừng ngập mặn ở Cồn Ông Trang

Khu vực	Tầng đất 0 - 20 cm (%)	Tầng đất 20 - 60 cm (%)
Cồn Trong	$3,49 \pm 0,7^a$	$3,27 \pm 0,93^a$
Cồn Ngoài	$3,47 \pm 0,66^a$	$3,24 \pm 0,67^a$
Cồn Mới	$2,26 \pm 0,66^b$	$1,96 \pm 0,41^b$
Cồn Ông Trang	$3,09 \pm 0,88$	$2,85 \pm 0,95$
Trung bình \pm SD		

Ghi chú. Chữ cái khác nhau trên cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$).

Hàm lượng carbon trong đất ở khu vực Cồn Mới thấp nhất, với tỉ lệ $2,26 \pm 0,66\%$ ở tầng đất 0 - 20 (cm) và $1,96 \pm 0,41\%$ ở tầng đất 20 - 60 (cm), sự khác biệt có ý nghĩa thống kê so với hai khu vực còn lại Cồn Trong và Cồn Ngoài. Điều này chứng minh rằng, khu vực nào hình thành sớm hơn sẽ tích tụ lượng carbon cao hơn. Cồn Mới hình thành sau nên các loài thực vật trên cồn này còn nhỏ và xác thực vật tích tụ trên sàn rừng chưa nhiều. Do đó hàm lượng carbon trong đất thấp hơn so với hai cồn còn lại.

Theo nghiên cứu của Devi và Pathak (2016) tại 3 địa điểm khác nhau của vịnh Khambhat, hàm lượng

carbon trong tầng đất 0 - 10 cm dao động từ $0,17 \pm 0,02\%$, $1,09 \pm 0,07\%$ đến $1,52 \pm 0,04\%$. Hàm lượng carbon trong đất ở vùng ven biển trung bình là $14,6\%$, vùng cửa sông là $7,9\%$ và giảm theo độ sâu (Donato và cs., 2011). Như vậy, sự khác nhau giữa các giá trị về hàm lượng carbon là do phương pháp thu mẫu và phân tích mẫu đất khác nhau, cũng như đặc điểm thổ nhưỡng ở các địa điểm nghiên cứu khác biệt nhau.

So sánh hàm lượng carbon giữa tầng đất 0 - 20 cm và tầng 20 - 60 cm ở cả 3 khu vực nghiên cứu (bằng phần mềm thống kê) cho thấy hàm lượng carbon (%) không khác biệt giữa hai tầng đất ở khu vực Cồn Trong và Cồn Ngoài. Trong khi đó, ở Cồn Mới, hàm lượng carbon (%) giữa hai tầng đất có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$).

Như vậy, hàm lượng carbon tầng mặt (tầng 0 - 20 cm) cao hơn hàm lượng carbon trong tầng đất 20 - 60 cm. Tuy nhiên, theo thời gian, khi rừng trưởng thành thì hàm lượng carbon tầng 0 - 20 cm và tầng 20 - 60 cm không có sự khác biệt. Như vậy, sự khác biệt giữa các tầng đất thể hiện rõ ở giai đoạn đầu của sự hình thành rừng ngập mặn.

3.3. Lượng carbon (tấn/ha) trong đất

Tích tụ carbon trong đất rừng cũng được phân tích ở các tầng đất 0 - 20 cm và 20 - 60 cm dựa trên

số liệu về hàm lượng (%) carbon, tỉ trọng và độ sâu tầng đất. Kết quả phân tích thể hiện ở Bảng 2. Rừng ngập mặn Cồn Trong và Cồn Ngoài được hình thành từ trước những năm 1980, do đó lượng carbon tích tụ trong đất rừng cao hơn so với Cồn Mới.

Phân tích số liệu ở Bảng 2 cho thấy, lượng carbon tích tụ trong đất dao động từ $41,29 \pm 12,14$ tấn/ha ở tầng 0 - 20 cm đến $80,98 \pm 26,31$ tấn/ha ở tầng 20 - 60 cm. Kết quả này tương đương với kết quả nghiên cứu của Nguyễn Thị Hồng Hạnh và Đàm Trọng Đức (2017), lượng carbon tích lũy tầng 0 - 20 trung bình là $42,83 - 48,9$ tấn/ha, lượng carbon tích lũy ở tầng 20 - 60 trung bình $72,1 - 84,23$ tấn/ha.

Lượng carbon tích tụ trong tầng đất 0 - 60 cm ở Cồn Trong trung bình là $137,41 \pm 30,10$ tấn/ha, không chênh lệch nhiều so với kết quả nghiên cứu của Lê Tấn Lợi và Lý Hằng Ni (2015) với lượng carbon tích lũy trong tầng đất 0 - 50 là $144,06$ tấn/ha. Tuy nhiên, kết quả của nghiên cứu này lại cao hơn so với kết quả nghiên cứu của Nguyễn Thị Hồng Hạnh (2014) với lượng carbon tích lũy trong đất của rừng Bần chua và rừng Trang dao động từ $68,37$ đến $92,18$ tấn/ha. Sự khác nhau này là do tuổi rừng và thành phần loài cây rừng ngập mặn ở các khu vực nghiên cứu là khác nhau.

Bảng 2. Lượng carbon tích tụ trong đất theo địa điểm nghiên cứu

Khu vực	Tầng đất 0 - 20 cm (tấn/ha)	Tầng đất 20 - 60 cm (tấn/ha)	Tầng đất 0 - 60 cm (tấn/ha)
	(1)	(2)	(1) + (2)
Cồn Trong	$46,49 \pm 11,95^a$	$90,34 \pm 24,61^a$	$136,89 \pm 32,55^a$
Cồn Ngoài	$44,93 \pm 10,11^a$	$92,47 \pm 24,34^a$	$137,41 \pm 30,10^a$
Cồn Mới	$31,24 \pm 6,90^b$	$58,95 \pm 14,84^b$	$90,19 \pm 19,03^b$
Cồn Ông Trang	$41,29 \pm 12,14$	$80,98 \pm 26,31$	$122,27 \pm 35,47$
	Trung bình \pm SD		

Ghi chú. Chữ cái khác nhau trên mỗi cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê $P < 0,05$.

Lượng carbon tích tụ trong đất tầng 0 - 20 (cm) cũng như tầng 20 - 60 (cm) có sự khác nhau giữa các khu vực nghiên cứu. Đồng thời, lượng carbon tích tụ ở cả hai tầng từ 0 - 60 (cm) ở Cồn Trong và Cồn Ngoài cao hơn so với Cồn Mới, và sự khác biệt có ý nghĩa thống kê. Điều này là bởi vì Cồn Trong và Cồn Ngoài được hình thành sớm hơn so với Cồn Mới. Như vậy, trữ lượng carbon đất tăng dần theo tuổi của

rừng ngập mặn; sau khi đất rừng tương đối ổn định, trữ lượng carbon đất sẽ ít có sự thay đổi.

4. Kết luận và kiến nghị

4.1. Kết luận

Hàm lượng carbon của đất rừng ngập mặn ở các cồn cát phía Tây sông Cửa Lớn dao động từ $2,26\%$ đến $3,49\%$ (tầng đất 0 - 20 cm) và $1,96\% - 3,27\%$

(tầng đất 20 - 60 cm). Giá trị về hàm lượng carbon giảm dần từ tầng đất 0 - 20 cm xuống tầng đất 20 - 60 cm ở giai đoạn đầu của sự phát triển rừng ngập mặn. Sau đó, lượng carbon tích tụ trong đất rừng không có sự khác nhau giữa tầng đất 0 - 20cm và 20 - 60 cm ở giai đoạn rừng trưởng thành. Đồng thời, lượng carbon tích tụ trong đất tăng dần theo tuổi rừng.

4.2. Kiến nghị

Cần có thêm nghiên cứu ở các tầng đất có độ sâu khác nhau để đánh giá được lượng carbon đất theo các độ sâu.

Tài liệu tham khảo

- Alongi, D.M. (2014). Carbon cycling and storage in mangrove forests. *Annual Review of Marine Science*, (6), 195-219. Devi, V. and Pathak, B. (2016). Ecological studies of mangroves species in Gulf of Khambhat, Gujarat. *Tropical Plant Research*, 3(3), 536-542.
- Donato, D.C., Kauffman, B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M. and Kanninen, M. (2011). Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience*, (4), 293-297. .
- Hossain, M.D. and Nuruddin, A.A. (2016). Soil and Mangrove: A Review. *Journal of Environmental Science and Technology*, (9), 198-207. Lê Tấn Lợi và Lý Hằng Ni. (2015). Ảnh hưởng của cao trình đến khả năng tích lũy các bon dưới mặt đất của rừng ngập mặn Cồn Ông Trang, huyện Ngọc Hiển, tỉnh Cà Mau. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, (MT2015), 208-217.
- Lovelock, C.E., Adame, M.F., Bennion, V., Hayes, M., O'Mara, J., Reef, R., and Santini, N.S. (2014). Contemporary rates of carbon sequestration through vertical accretion of sediments in mangrove forests and saltmarshes of South East Queensland, Australia. *Estuaries Coasts*, (37), 763-771.
- Lu Ngọc Trâm Anh. (2020). *Diễn thế nguyên sinh rừng ngập mặn ở Cồn Ông Trang thuộc Khu Dự trữ sinh quyển Mũi Cà Mau*. Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.
- MacKenzie, R.A., Foulk, P.B., Klump, J.V., Weckerly, K., Purbospito, J., Murdiyarso, D., Donata, D.C. and Nam V.N. (2016). Sedimentation and belowground carbon accumulation rates in mangrove forests that differ in diversity and land use: a tale of two mangroves. *Wetlands Ecol Manage*, (24), 245-261.
- Murdiyarso, D., Donato, D.C., Kauffman, J.B., Kurnianto, S., Stidham, M. and Kanninen, M. (2009). *Carbon storage in mangrove and peatland ecosystems, A preliminary account from plots in Indonesia*, CIFOR.
- Nguyễn Thị Hồng Hạnh. (2015). Nghiên cứu định lượng cacbon trong rừng ngập mặn trồng hỗn giao hai loài tại xã Nam Phú, huyện Tiền Hải, tỉnh Thái Bình. *Tạp chí Sinh học*, 37(1), 39-45.
- Nguyễn Thị Hồng Hạnh và Đàm Trọng Đức. (2017). Đánh giá khả năng tạo bể chứa carbon của rừng trồng thuần loài trang (*Kandelia obovata* Sheue, Liu & Yong) ven biển xã Đa Lộc, huyện Hậu Lộc, tỉnh Thanh Hóa. *Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội Chuyên san Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, 33(3), 14-25.
- Salmo III, S.G., Lovelock, C. and Duke, N.C. (2013). Vegetation and soil characteristics as indicators of restoration trajectories in restored mangroves. *Hydrobiologia*, (720), 1-8.
- Võ Ngon Thảo, Trương Thị Nga và Huỳnh Trọng Khiêm. (2013). Các yếu tố môi trường và các thành phần đạm trong rừng ngập mặn tại Cồn Ông Trang, tỉnh Cà Mau. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, (29A), 37-44.