



DOI:10.22144/ctu.jsi.2021.036

## ĐÁNH GIÁ SỰ TÍCH LŨY CARBON TRONG ĐẤT RỪNG NGẬP MẶN TẠI VƯỜN QUỐC GIA MŨI CÀ MAU

Lê Tấn Lợi<sup>1\*</sup>, Nguyễn Ngọc Duy<sup>1</sup>, Nguyễn Như Quỳnh<sup>2</sup> và Nguyễn Xuân Hoàng<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

<sup>2</sup>Học viên cao học Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

\*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Lê Tấn Lợi (email: ltloi@ctu.edu.vn)

### Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 12/04/2021

Ngày nhận bài sửa: 28/09/2021

Ngày duyệt đăng: 15/11/2021

### Title:

Assessment on carbon accumulation of mangrove forests in national park of Ca Mau cape

### Từ khóa:

Đánh giá, mũi Cà Mau, rừng ngập mặn, tích tụ carbon, Vườn Quốc gia

### Keywords:

Evaluation, mangrove forests states, carbon accumulation, Ca Mau Cape, National Park

### ABSTRACT

The study aims to assess the accumulation of carbon in the mangrove forest in Ca Mau Cape National Park. Soil samples were collected in 5 layers with an even thickness of 20 cm. The indicators were analyzed such as soil bulk density, pH, electric conductivity and salinity concentration, organic matter and carbon content. Soil bulk density fluctuations decreased with depth and did not differ among layers and among three forest states. The indicator of pH among layers and among three forest states did not differ and fluctuated around the neutral range. The EC tends to increase with depth, and differed among layers and among three forest states. The salt concentration varies unevenly and gradually increased with depth, and there were different among layers and among three forest states. Organic matter was varied unevenly, mostly tending to decrease with depth. The carbon accumulation content decreased with depth and remained mostly constant among layers and among three forest states. Soil bulk density and organic matter are closely related to carbon accumulation content.

### TÓM TẮT

Nghiên cứu nhằm đánh giá sự tích lũy carbon trong đất rừng ngập mặn tại Vườn Quốc gia mũi Cà Mau. Mẫu đất được thu ở 5 tầng có độ dày đều nhau là 20 cm. Các chỉ tiêu được phân tích: dung trọng, pH, độ dẫn điện (EC), độ mặn, chất hữu cơ (CHC), hàm lượng carbon (C). Dung trọng biến động giảm dần theo độ sâu và không khác biệt giữa các tầng và giữa 3 trạng thái rừng. pH giữa các tầng và 3 trạng thái rừng đều không khác biệt và nằm trong khoảng trung tính. EC có xu hướng tăng dần theo độ sâu và có khác biệt giữa các tầng và giữa 3 trạng thái rừng. Độ mặn biến động không đều và tăng dần theo độ sâu, và có khác biệt giữa các tầng và giữa 3 trạng thái rừng. Chất hữu cơ biến động không đều, phần lớn có xu hướng giảm theo độ sâu. Hàm lượng carbon tích tụ giảm dần theo độ sâu và hầu hết không khác biệt giữa các độ sâu và 3 trạng thái rừng. Dung trọng và chất hữu cơ có tương quan chặt với hàm lượng carbon.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Rừng đóng vai trò quan trọng không thể thiếu đối với việc duy trì sự sống trên trái đất thông qua

sự hấp thụ và tích tụ carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) (Brack, 2019) và cung cấp oxygen cho bầu khí quyển duy trì sự sống của nhân loại. Rừng hấp thụ khoảng 1/12

lượng CO<sub>2</sub> trong khí quyển và lưu trữ khoảng 72% tổng lượng carbon trong các bể chứa trên toàn cầu (Malhi et al., 2002). Trong đó, 1/2 được hấp thụ bởi rừng nhiệt đới và rừng cận nhiệt đới (Canadell & Raupach, 2008). Ngược lại, trong giai đoạn 2011-2015 trên toàn cầu đã mất đi 0,57 Gt carbon, trong đó, nạn phá rừng vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới trong cùng giai đoạn này đã làm phát thải trở lại khí quyển 0,8 Gt và 0,27 Gt carbon đối với 2 loại rừng tương ứng (Federici et al., 2015).

Sự tích lũy carbon hữu cơ trong các hệ sinh thái rừng có thể thay đổi do tác động bởi con người như việc phá rừng để sản xuất, phát triển ngành du lịch sinh thái, ngoài ra còn do môi trường thay đổi làm tăng nhiệt độ bầu khí quyển làm mực nước biển dâng, hạn hán, cháy rừng đã làm cho rừng bị suy thoái dẫn đến giảm sự hấp thụ CO<sub>2</sub> (Müller et al., 2014).

Rừng ngập mặn chiếm một phần nhỏ bề mặt trái đất, nhưng có vai trò quan trọng trong việc đóng góp vào các dịch vụ hệ sinh thái, bao gồm lưu trữ carbon (C) (Viên Ngọc Nam, 2016). Tuy nhiên, khả năng tích tụ carbon của rừng ngập mặn không đồng nhất do sự phân bố trên toàn cầu với các điều kiện tác động của hệ sinh thái khác nhau. Sự biến động của nhiệt độ, độ ẩm, tính chất nền đất và tính chất thủy triều (Chapman, 1977; Phan & Hoang, 1993; Saenger & Snedaker, 1993), hay sự thay đổi địa hình, chất khoáng hữu dụng, độ tơi xốp của đất, tốc độ gió, dòng chảy và năng lượng sóng triều cũng làm thay đổi sự tích tụ carbon (Robertson & Alongi, 1992). Nghiên cứu của André (2018) về tác động của các quá trình địa mạo và môi trường ven biển trong gần 50 năm qua cho thấy lượng carbon hữu cơ trong đất đã giảm thấp đến 50% (chênh lệch khoảng 200 Mg/ha), riêng ở bờ biển các đồng bằng trề giảm đến 86% (khoảng 400 Mg/ha).

Đã có các nghiên cứu trước đây có liên quan đến sự tích lũy hữu cơ trong đất rừng ngập mặn tại vùng Đồng bằng sông Cửu Long, như ảnh hưởng của dạng lập địa và tần số ngập triều lên tính chất lý hóa học đất tại rừng ngập mặn Cần Giờ của Lê Tân Lợi (2011) và ảnh hưởng của cao trình đến khả năng tích lũy carbon dưới mặt đất của rừng ngập mặn Cồn Ông Trang huyện Ngọc Hiển của Lê Tân Lợi và Lý Hằng Ni (2015), cũng như nghiên cứu ảnh hưởng của cao trình đến sự tích lũy carbon cho các kiểu rừng ngập mặn Cà Mau của Nguyễn Hà Quốc Tín và ctv. (2014).

Để góp phần làm phong phú hơn nguồn dữ liệu khoa học về sự tích tụ carbon trong các hệ sinh thái rừng nói chung và hệ sinh thái rừng ngập mặn ở vùng Đồng bằng sông Cửu Long nói riêng, mục tiêu nghiên cứu của đề tài là đánh giá khả năng tích tụ carbon trong đất ở 3 trạng thái rừng khác nhau tại Vườn Quốc gia Mũi Cà Mau, từ đó góp phần cho giải pháp bảo vệ và phát triển hệ sinh thái rừng ngập mặn và tăng sự tích tụ carbon trong các hệ sinh thái rừng nói chung.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Bố trí nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện và thu thập số liệu vào tháng 3 năm 2021 tại khu vực rừng ngập mặn thuộc Vườn Quốc gia Mũi Cà Mau, tại 3 địa điểm tương ứng với 3 trạng thái rừng: ngập mặn thường xuyên, ngập mặn không thường xuyên và ngập mặn có kiểm soát.

Trạng thái rừng ngập mặn thường xuyên là rừng phòng hộ ven biển có địa hình thấp và có điều kiện ngập hàng ngày theo triều biển. Rừng nơi đây mang đặc tính phát triển theo điều kiện tự nhiên, không có sự tác động của con người.

Trạng thái rừng ngập mặn không thường xuyên có đặc tính giống như rừng ngập mặn thường xuyên. Tuy nhiên, do rừng có địa hình cao hơn nên chỉ bị ngập vào thời gian triều biển dâng cao không bị ngập hàng ngày theo triều biển. Rừng nơi đây mang đặc tính phát triển theo điều kiện tự nhiên, không có sự tác động của con người.

Trạng thái rừng ngập mặn có kiểm soát là khu vực thuộc các hộ dân quản lý kết hợp với nuôi tôm nên nước được quản lý theo cách lấy nước theo thủy triều mỗi tháng 2 lần. Rừng nơi đây phát triển dưới tác động của con người trong quá trình kết hợp nuôi tôm.

Trên mỗi trạng thái rừng lập ô tiêu chuẩn với diện tích 200 m<sup>2</sup> (10 m x 20 m) và được lập lại 3 lần trên mỗi trạng thái rừng. Các ô tiêu chuẩn được xác định theo các vị trí tọa độ được trình bày trong Bảng 1.

Trên mỗi ô tiêu chuẩn tiến hành khoan khảo sát và thu thập mẫu đất ở độ sâu 100 cm. Mẫu đất được thu ở 5 tầng được chia đều nhau được tính từ mặt đất đến độ sâu 100 cm, mỗi tầng có độ dày 20 cm: 0 - 20 cm, 20 - 40 cm, 40 - 60 cm, 60 - 80 cm và 80 - 100 cm.

**Bảng 1: Tọa độ (hệ thập phân) vị trí các ô tiêu chuẩn thu mẫu**

TT	Trạng thái rừng	OTC	Độ vĩ Nam	Độ kinh Đông
1	Rừng ngập thường xuyên	1	8.572995°	104.876070°
		2	8.573112°	104.876255°
		3	8.709999°	104.219999°
2	Rừng ngập không thường xuyên	1	8.575229°	104.859559°
		2	8.576780°	104.877006°
		3	8.576790°	104.869180°
3	Rừng ngập có kiểm soát	1	8.779999°	104.989999°
		2	8.623374°	104.852777°
		3	8.623347°	104.852886°



**Hình 1: Vị trí nghiên cứu**

**2.2. Phân tích và đo đạc các chỉ tiêu**

Mỗi tầng thu 01 mẫu đất đủ lượng để thực hiện phân tích các chỉ tiêu về dung trọng, pH, EC và CHC và carbon trong đất.

– Dung trọng:

Dung trọng của đất (g/m<sup>3</sup>) = Khối lượng khô của đất (g)/Thể tích mẫu đất (m<sup>3</sup>)

Trong đó:

$$\text{Thể tích mẫu đất} = 5 * \left[ \pi * R^2 - \left( \frac{R^2}{2} \right) * \left( \left( \pi * \frac{n^\circ}{180} \right) - \sin(n^\circ) \right) \right] \text{ (Kauffman \& Donato, 2012)}$$

Trong đó: + 5 là độ dài 5 cm của mẫu đất được cắt.

R là bán kính ống khoan đất (2 cm).

n<sup>0</sup> là số đo góc chắn phần ống bị cắt (90<sup>0</sup>)

– **Giá trị pH và EC:** Được đo bằng máy đo pH và EC cầm tay (HACH 40d PHC 201 SN 183402617826) với tỷ lệ 1:5.

– **Độ mặn (%o):** được đo bằng thiết bị khúc xạ kế.

– **% carbon trong đất:** được tính được tính theo công thức:

$$\%C = (m_{105}^{0C} - m_{550}^{0C}) / 1,8 \text{ (TCVN: 6642 2000)}$$

Trong đó:

m<sub>105</sub><sup>0C</sup>: Khối lượng đất sau khi sấy ở lò sấy 105<sup>0C</sup>

m<sub>550</sub><sup>0C</sup>: Khối lượng đất sau khi đốt ở lò vô cơ hóa mẫu 550<sup>0C</sup>

– **Hàm lượng carbon trong đất:** tính theo công thức của Kauffman & Donato (2012):

$$C \text{ (tấn/ha)} = \text{dung trọng đất (g/cm}^3\text{)} \times \text{độ dày của tầng đất (cm)} \times \% C$$

Số liệu thu được sau khi phân tích từ mẫu được tổng hợp và thống kê mô tả bằng Excel (2016) và xử lý thống kê bằng phần mềm SPSS (phiên bản 20) với phép kiểm định Duncan ( $P < 0,05$ ).

– Vì mối quan hệ giữa tính chất đất và sự tích lũy carbon trong đất không phải là quan hệ tuyến tính nên phương trình hồi quy số mũ (exponential regression) được dùng để phân tích mối tương quan giữa tính chất đất và sự tích lũy carbon trong đất.

### 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

#### 3.1. Tính chất đất

##### 3.1.1. Dung trọng của đất

– Kết quả nghiên cứu cho thấy dung trọng đất rừng ở cả 3 trạng thái rừng không cao và biến động trong khoảng từ 1,10 g/cm<sup>3</sup> đến 0,61 g/cm<sup>3</sup> và có xu hướng giảm dần theo độ sâu. Qua phân thống kê cho thấy, phần lớn không có sự khác biệt giữa các tầng

ở cả 3 trạng thái rừng, ngoại trừ ở độ sâu 80-100 cm ở điều kiện ngập thường xuyên có khác biệt nhỏ hơn so với độ sâu 0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm và ở rừng ngập có kiểm soát độ sâu 80-100 cm khác biệt nhỏ hơn so với độ sâu 0-20 cm. So sánh trong cùng độ sâu giữa các trạng thái rừng cho thấy phần lớn các độ sâu không có sự khác biệt thống kê, ngoại trừ độ sâu 0-20 cm của trạng thái rừng ngập không thường xuyên khác biệt nhỏ hơn rừng ngập thường xuyên và ở độ sâu 20-40 cm và 40-60 cm của rừng ngập có kiểm soát có khác biệt nhỏ hơn so với rừng ngập thường xuyên.

– Nhìn chung, dung trọng biến động không lớn nhưng đều có xu hướng giảm dần theo độ sâu. Điều này cũng phù hợp với nghiên cứu của Nguyễn Hoàng Trí (1999) tại Cà Mau. Tác giả cũng cho rằng dung trọng đất sẽ tăng dần từ tầng mặt đến các tầng đất sâu hơn do càng xuống sâu thành phần cơ giới nặng hơn, nhưng lại có xu hướng giảm khi đến độ sâu lớn 80-100 thành phần cơ giới có sự pha trộn với lớp cát được bồi tụ bởi quá trình hình thành của phù sa biển.

**Bảng 1: Dung trọng đất (g/cm<sup>3</sup>)**

Độ sâu (cm)	Trạng thái rừng		
	Ngập thường xuyên	Ngập không thường xuyên	Ngập có kiểm soát
0-20	1,10 ± 0,05 <sup>a,A</sup>	0,79 ± 0,01 <sup>a,B</sup>	0,95 ± 0,23 <sup>a,AB</sup>
20-40	0,97 ± 0,06 <sup>a,A</sup>	0,84 ± 0,07 <sup>a,AB</sup>	0,76 ± 0,10 <sup>ab,B</sup>
40-60	0,96 ± 0,06 <sup>a,A</sup>	0,82 ± 0,03 <sup>a,AB</sup>	0,73 ± 0,14 <sup>ab,B</sup>
60-80	0,87 ± 0,17 <sup>ab,A</sup>	0,81 ± 0,09 <sup>a,A</sup>	0,74 ± 0,12 <sup>ab,A</sup>
80-100	0,67 ± 0,22 <sup>b,A</sup>	0,77 ± 0,14 <sup>a,A</sup>	0,61 ± 0,16 <sup>b,A</sup>

Ghi chú: Trong cùng một cột số có mẫu tự thường theo sau giống nhau và trong cùng một hàng số có mẫu tự in hoa theo sau giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê.

##### 3.1.2. Giá trị pH

Giá trị pH trong đất của các tầng theo độ sâu của cả 3 trạng thái rừng đều không có biến động lớn và có xu hướng giảm dần theo độ sâu, tuy nhiên không có khác biệt qua phân tích thống kê. Ở trạng thái rừng ngập thường xuyên, pH biến động cao nhất là 7,29 (20-40 cm) đến thấp nhất là 6,59 (80-100 cm). Ở trạng thái rừng ngập không thường xuyên, pH biến động từ 7,11 (20-40 cm) đến 7,04 (80-100 cm). Còn ở rừng ngập có kiểm soát pH dao động từ 7,40 (20-40 cm) giảm xuống 6,46 (80-100 cm).

Nhìn chung, sự biến động pH trong đất giữa 3 trạng thái rừng ngập mặn nằm trong khoảng trung tính và có quy luật giảm dần khi ở tầng đất sâu hơn. Kết quả này phù hợp với các kết quả nghiên cứu của Lê Tấn Lợi (2011) tại Khu dự trữ sinh quyển Cần Giờ, cho rằng giá trị pH dao động trong khoảng từ 6,0 đến 7,5. Khi so sánh giữa 3 trạng thái rừng với nhau cho thấy kết quả cũng tương tự. pH giữa 3 trạng thái rừng tương ứng với mỗi độ sâu đều không có sự khác biệt khi phân tích thống kê (Bảng 2).

**Bảng 2: Giá trị pH trong đất**

Độ sâu (cm)	Trạng thái rừng		
	Ngập thường xuyên	Ngập không thường xuyên	Ngập có kiểm soát
0-20	7,29 ± 0,07 <sup>a,A</sup>	7,11 ± 0,13 <sup>a,A</sup>	7,40 ± 0,28 <sup>a,A</sup>
20-40	7,43 ± 0,22 <sup>a,A</sup>	7,05 ± 0,47 <sup>a,A</sup>	7,35 ± 0,05 <sup>a,A</sup>
40-60	7,08 ± 0,29 <sup>a,A</sup>	6,81 ± 0,05 <sup>a,A</sup>	7,17 ± 0,49 <sup>ab,A</sup>
60-80	7,21 ± 0,44 <sup>a,A</sup>	6,94 ± 0,23 <sup>a,A</sup>	7,16 ± 0,29 <sup>ab,A</sup>
80-100	6,59 ± 0,13 <sup>b,A</sup>	7,04 ± 0,29 <sup>a,A</sup>	6,46 ± 0,58 <sup>b,A</sup>

Ghi chú: Trong cùng một cột số có mẫu tự thường theo sau giống nhau và trong cùng một hàng số có mẫu tự in hoa theo sau giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê.

**3.1.3. EC trong đất**

Kết quả thống kê cho thấy EC trong các tầng đất giữa 3 trạng thái rừng có xu hướng tăng dần theo độ sâu và có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê. Đối với rừng ngập thường xuyên, EC ở độ sâu 0-20 cm không khác biệt với 20-40 cm và 80-100 cm, nhưng có khác biệt với độ sâu 40-60 cm và 60-80 cm, do EC tăng dần nhưng đến độ sâu 80-100 cm lại giảm nên không có sự khác biệt. Đối với rừng ngập có

kiểm soát, độ sâu 0-20 cm và 20-40 cm cũng không có khác biệt, nhưng cả hai đều có khác biệt với các độ sâu còn lại. Riêng đối với rừng ngập không thường xuyên, sự khác biệt giữa các độ sâu không tìm thấy (Bảng 3). Kết quả cho thấy hầu hết EC ở 3 trạng thái rừng đều có quy luật biến động tăng dần theo độ sâu. Nguyên nhân do tầng đất càng sâu thì khoáng sét càng nhiều nên có độ mặn do muối hòa tan cao.

**Bảng 3. Giá trị EC (µs/cm) của đất**

Độ sâu (cm)	Trạng thái rừng		
	Ngập thường xuyên	Ngập không thường xuyên	Ngập có kiểm soát
0-20	2.986,67 ± 430,16 <sup>c,B</sup>	7.156,67 ± 620,43 <sup>a,A</sup>	2.343,67 ± 1365,74 <sup>c,B</sup>
20-40	4.013,33 ± 474,27 <sup>bc,B</sup>	8.126,67 ± 967,75 <sup>a,A</sup>	4.063,33 ± 2294,72 <sup>bc,B</sup>
40-60	5.613,33 ± 1425,84 <sup>ab,A</sup>	8.056,67 ± 752,95 <sup>a,A</sup>	8.100,00 ± 3739,04 <sup>ab,A</sup>
60-80	7.190,00 ± 2248,29 <sup>a,A</sup>	9.093,33 ± 1517,90 <sup>a,A</sup>	9.573,33 ± 2191,10 <sup>a,A</sup>
80-100	2.886,60 ± 430,16 <sup>c,B</sup>	9.110,00 ± 1075,13 <sup>a,A</sup>	10.290,00 ± 2737,81 <sup>a,A</sup>

Ghi chú: Trong cùng một cột số có mẫu tự thường theo sau giống nhau và trong cùng một hàng số có mẫu tự in hoa theo sau giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê.

Khi so sánh EC trong cùng độ sâu giữa 3 trạng thái rừng cũng cho thấy EC có độ sâu ở tầng 0-20 cm, 20-40 cm và 80-100 cm cũng có khác biệt giữa 3 trạng thái rừng, nhưng ở độ sâu 40-60 cm và 60-80 cm thì không có khác biệt. Đối với rừng ngập không thường xuyên và rừng ngập có kiểm soát, nồng độ EC cao hơn do đất có thời gian không ngập làm tăng sự tích tụ muối trong đất (Bảng 3). Kết quả nghiên cứu này phù hợp với kết quả nghiên cứu của Lê Tấn Lợi và ctv. (2018) khi nghiên cứu carbon tích lũy tại vùng ven biển tỉnh Bạc Liêu.

**3.1.4. Độ mặn trong đất**

Phân tích độ mặn do muối natri trong đất ở cả 3 trạng thái rừng cũng cho kết quả tương tự, độ mặn cũng có quy luật tăng dần theo độ sâu và có xu hướng giảm khi ở độ sâu 80-100 cm. Đối với rừng ngập thường xuyên, biến động từ 20 % (0-20 cm) đến 38,67 % (60-80 cm) và giảm xuống 35 % (80-100 cm) và có sự khác biệt khi phân tích thống kê. Đối với rừng ngập không thường xuyên, độ mặn biến động từ 37 % (0-20 cm) đến 51 % và không

có khác biệt thống kê. Còn đối với rừng ngập có kiểm soát, khi phân tích có sự khác biệt thống kê và độ mặn biến động từ 22 % (0-20 cm) đến 47,33 % (60-80 cm) và giảm xuống còn 42,33 % (80-100 cm).

So sánh độ mặn trong cùng độ sâu giữa 3 trạng thái rừng cho kết quả tầng 0-20 cm, 20-40 cm và 80-100 cm của trạng thái rừng ngập thường xuyên có khác biệt với rừng ngập không thường xuyên, nhưng không khác biệt với rừng có kiểm soát, và rừng ngập có kiểm soát lại không khác biệt với rừng ngập không thường xuyên. Tuy nhiên, ở độ sâu 40-60 cm và 60-80 cm, độ mặn gần như không có khác biệt, ngoại trừ rừng ngập thường xuyên có khác biệt với rừng có kiểm soát (Bảng 4).

Đối với rừng ngập mặn có độ mặn biến động phụ thuộc vào từng trạng thái rừng với ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố như địa hình, thời gian ngập và độ sâu ngập, thời tiết... Tuy nhiên, nhìn chung độ mặn có biến động theo quy luật nhất định.

**Bảng 4: Độ mặn trong đất (%)**

Độ sâu (cm)	Trạng thái rừng		
	Ngập thường xuyên	Ngập không thường xuyên	Ngập có kiểm soát
0-20	20,00 ± 2,65 <sup>c,B</sup>	37,00 ± 6,0 <sup>a,A</sup>	22,00 ± 12,29 <sup>c,AB</sup>
20-40	26,33 ± 10,6 <sup>bc,B</sup>	43,00 ± 8,19 <sup>a,A</sup>	29,33 ± 13,0 <sup>bc,AB</sup>
40-60	34,33 ± 2,08 <sup>ab,A</sup>	45,00 ± 4,0 <sup>a,A</sup>	42,33 ± 9,50 <sup>ab,A</sup>
60-80	38,67 ± 3,21 <sup>a,B</sup>	46,00 ± 6,24 <sup>a,AB</sup>	47,33 ± 2,52 <sup>a,A</sup>
80-100	35,00 ± 4,58 <sup>ab,B</sup>	51,00 ± 12,29 <sup>a,A</sup>	42,33 ± 3,79 <sup>ab,AB</sup>

Ghi chú: Trong cùng một cột số có mẫu tự thường theo sau giống nhau và trong cùng một hàng số có mẫu tự in hoa theo sau giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê.

**3.1.5. Chất hữu cơ (%)**

Nhìn chung, chất hữu cơ trong đất ở 3 trạng thái rừng đều có xu hướng giảm theo độ sâu và tăng trở lại khi đến độ sâu 80-100 cm. Kết quả này cũng phù hợp với nghiên cứu của Nguyễn Hà Quốc Tín (2015) trên 3 dạng lập địa rừng huyện Ngọc Hiển. Nguyên nhân do phần lớn vật rụng tích tụ trên bề mặt đất và bị phủ sa vùi lấp lần lượt trên các tầng đất được bồi tụ và phân hủy qua thời gian dài nên lượng hữu cơ giảm dần theo độ sâu. Tuy nhiên, ở độ sâu 100 trở đi, hàm lượng thường tăng do gặp tầng phù sa biển còn lưu giữ nhiều hữu cơ.

So sánh giữa các độ sâu cho thấy hầu hết không có biến động lớn và không có sự khác biệt khi phân

tích thống kê. Hàm lượng chất hữu cơ biến động thấp nhất là 8,79 % (0-20 cm) đến cao nhất là 10,49 % (80-100 cm). Tương tự từ 8,32 % (40-60 cm) đến 10,27 % (80-100 cm) đối với trạng thái ngập không thường xuyên và 9,41 % (60-80 cm) đến 9,80 % (0-20 cm) (Bảng 5).

Khi so sánh giữa 3 trạng thái rừng ở cùng độ sâu, hàm lượng chất hữu cơ cũng không có biến động lớn. Tuy nhiên, ở trạng thái rừng ngập thường xuyên, chất hữu cơ ở các độ sâu đều có sự khác biệt nhỏ hơn có ý nghĩa thống kê so với các độ sâu tương ứng của 2 trạng thái rừng còn lại, ngoại trừ ở độ sâu 80-100 cm thì không có sự khác biệt.

**Bảng 5: Hàm lượng chất hữu cơ trong đất (%)**

Độ sâu (cm)	Trạng thái rừng		
	Ngập thường xuyên	Ngập không thường xuyên	Ngập có kiểm soát
0-20	8,79 ± 0,50 a,B	10,00 ± 1,18 a,A	9,80 ± 1,25 a,A
20-40	8,21 ± 1,41 a,B	10,53 ± 2,92 a,A	9,49 ± 1,90 a,A
40-60	7,09 ± 1,21 a,B	8,32 ± 2,10 a,A	9,98 ± 2,12 a,A
60-80	8,46 ± 3,21 a,B	9,88 ± 0,71 a,A	9,41 ± 0,30 a,A
80-100	10,49 ± 0,51 a,A	10,27 ± 0,41 a,A	9,76 ± 0,53 a,A

Ghi chú: Trong cùng một cột số có mẫu tự thường theo sau giống nhau và trong cùng một hàng số có mẫu tự in hoa theo sau giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê.

**3.2. Khả năng tích lũy carbon trong đất**

**3.2.1. Hàm lượng carbon trong các độ sâu (%)**

Kết quả phân tích thống kê hàm lượng carbon ở 3 trạng thái rừng cho thấy gần như không có sự khác biệt về sự tích lũy carbon ở các độ sâu và trong cùng

trạng thái rừng và các độ sâu tương ứng giữa 3 trạng thái rừng. Chỉ riêng ở tầng 60-80 cm và 80-100 cm thì hàm lượng tích lũy carbon trong đất ở rừng ngập có kiểm soát có sự khác biệt nhỏ hơn và có ý nghĩa thống kê so với hai độ sâu tương ứng của hai trạng thái rừng còn lại (Bảng 6).

**Bảng 6: Hàm lượng carbon trong các độ sâu (%)**

Độ sâu (cm)	Trạng thái rừng		
	Ngập thường xuyên	Ngập không thường xuyên	Ngập có kiểm soát
0-20	21,22 ± 2,34 a,A	17,64 ± 0,68 a,A	22,44 ± 12,39 a,A
20-40	20,51 ± 0,56 a,A	20,18 ± 4,87 a,A	13,21 ± 2,32 a,A
40-60	16,38 ± 3,51 a,AB	13,57 ± 2,13 a,A	15,54 ± 1,77 a,A
60-80	14,60 ± 2,14 a,B	18,08 ± 4,35 a,A	16,31 ± 5,82 a,A
80-100	12,49 ± 3,27 a,B	17,53 ± 5,32 a,A	14,24 ± 2,32 a,A

Ghi chú: Trong cùng một cột số có mẫu tự thường theo sau giống nhau và trong cùng một hàng số có mẫu tự in hoa theo sau giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê.

Hàm lượng tích lũy carbon trong đất phân bố không đồng đều trong các tầng đất, nhưng có xu hướng giảm dần theo độ sâu. Kết quả này cũng tương đồng với kết quả về hàm lượng chất hữu cơ khi phân tích ở trên và cũng phù hợp với kết quả nghiên cứu của Lê Tấn Lợi và Lý Hằng Ni (2017) khi nghiên cứu sự tích lũy carbon trong đất tại rừng ngập mặn cồn Ông Trang, Cà Mau. Ngoài lượng carbon có trong phù sa đem đến và lắng tụ trên nền rừng, phần lớn lượng carbon được tích tụ bởi các vật rụng tại chỗ. Do đó, tùy vào loại rừng và sự sinh trưởng của rừng, cũng như chế độ thủy văn và đặc điểm ngập triều mà lượng vật rụng được để lại trên nền rừng nhiều hay ít, từ đó dẫn đến sự thay đổi lượng carbon trong đất (Chapman, 1977; Phan & Hoang, 1993; Robertson & Alongi, 1992; Saenger & Snedaker, 1993). Cũng như đã phân tích ở trên, lượng vật rụng để lại trên bề mặt rừng sẽ được phân hủy lần lượt theo thời gian trong điều kiện yếm khí và sự vùi lấp của lớp trầm tích, vì thế càng xuống sâu lượng tích tụ của carbon càng giảm và ngược lại độ sâu càng gần mặt đất thì lượng carbon càng cao.

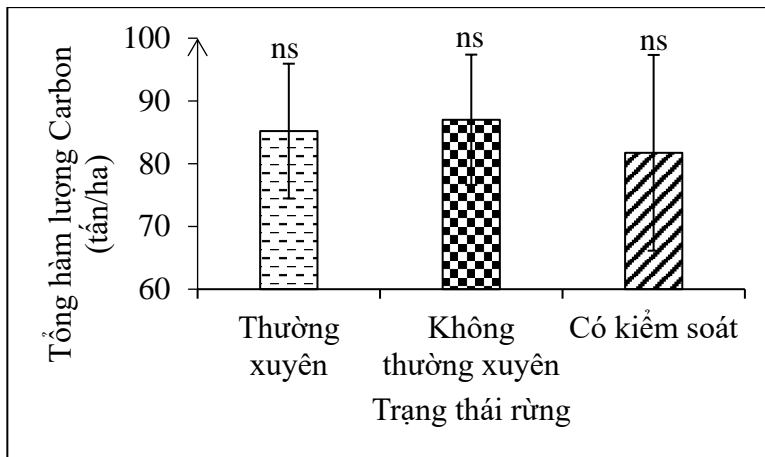
3.2.2. Tổng hàm lượng carbon trong đất

Tổng hàm lượng C (T/ha) trong độ sâu 0-100 cm giữa 3 trạng thái rừng ngập mặn biến động không nhiều, thấp nhất là ở trạng thái rừng ngập có kiểm soát 81,736 T/ha đến trạng thái rừng ngập thường xuyên là 85,203 T/ha và cao nhất là trạng thái rừng ngập không thường xuyên là 87,00 T/ha (Hình 2). Tuy nhiên, không tìm thấy sự khác biệt thống kê giữa 3 trạng thái rừng. Lượng carbon tích tụ trong

điều kiện nghiên cứu này thấp hơn kết quả của Lê Tấn Lợi và Lý Hằng Ni (2017).

Sự tích tụ carbon bị tác động mạnh bởi nhiều yếu tố như địa hình, thủy văn và mức độ ngập trên nền rừng. Phần lớn địa hình cao lượng vật rụng sẽ ít bị rửa trôi do sự ngập lũ, ngược lại với địa hình thấp các vật rụng khi rơi trên nền rừng sẽ bị rửa trôi nhiều hơn. Tuy nhiên, ở lập địa cao thường không có hoặc có ít lượng carbon tích tụ do phù sa mang đến. Ngoài ra, còn tùy vào lượng vật rụng do mức độ phát triển của rừng, vì thế, có sự khác biệt về lượng carbon tích tụ.

Trong nghiên cứu này, hầu hết 3 trạng thái rừng đều có mức độ ngập lũ khác nhau, nhưng hình thành trong cùng khu vực thuộc Vườn Quốc gia mũi Cà Mau. Vì rừng có cùng đặc điểm hình thành và thời gian bồi tụ giống nhau nên lượng carbon tích tụ trong thời gian qua không khác nhau. Mặc dù tổng lượng carbon không có sự khác biệt thống kê giữa 3 trạng thái rừng, nhưng rừng ngập có kiểm soát có xu hướng thấp nhất. Nguyên nhân do người dân trồng rừng kết hợp với nuôi tôm nên họ đã có tác động nhiều đến lượng vật rụng tích tụ (lấy nước và xả nước theo thủy triều có thể làm rửa trôi lượng lớn vật rụng ra sông), rừng ngập thường xuyên cũng là một nguyên nhân làm vật rụng bị rửa trôi, nếu rừng ngập không thường xuyên thì trạng thái rừng này là có thể lưu giữ lại được nhiều vật rụng trên nền rừng, từ đó giúp lượng carbon tích tụ nhiều hơn. Điều này có thể chứng minh qua lượng hữu cơ tích tụ ở các tầng mặt thường cao hơn tầng bên dưới.

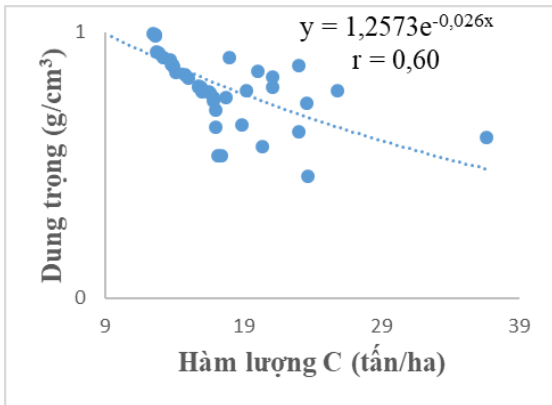


Hình 2. Tổng hàm lượng carbon tích tụ ở độ sâu 0-100 cm trên 3 trạng thái rừng (ns: không khác biệt có ý nghĩa thống kê)

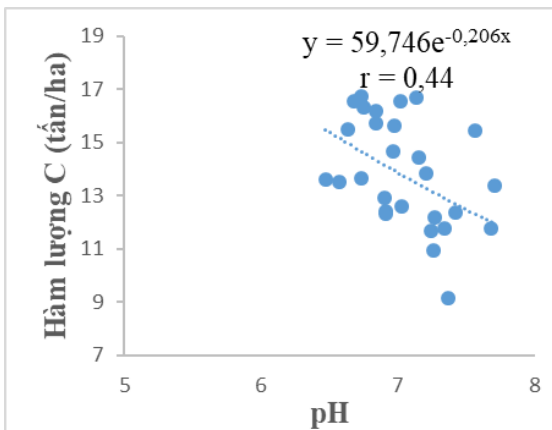
### 3.3. Tương quan hàm lượng tích lũy carbon và tính chất đất

Qua đánh giá mối quan hệ giữa hàm lượng carbon tích lũy và một số tính chất đất như dung trọng, pH, EC, độ mặn và chất hữu cơ trong đất cho thấy hầu hết đều có tương quan với nhau. Ngoại trừ, độ mặn trong đất gần như không có tương quan với hàm lượng carbon tích tụ.

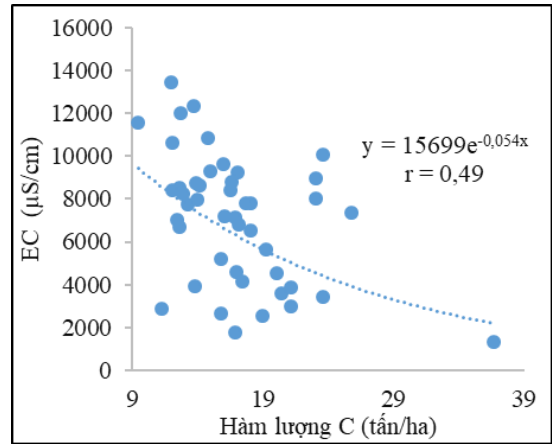
Dung trọng trong đất có tương quan khá chặt với hàm lượng tích lũy carbon trong đất và có hệ số tương quan  $r = 0,60$  (Hình 3). Do dung trọng trong đất có tương quan rất chặt với chất hữu cơ và chất hữu cơ lại có tương quan chặt với hàm lượng carbon tích tụ trong đất. Vì thế, hàm lượng carbon trong đất càng cao thì dung trọng càng thấp và ngược lại.



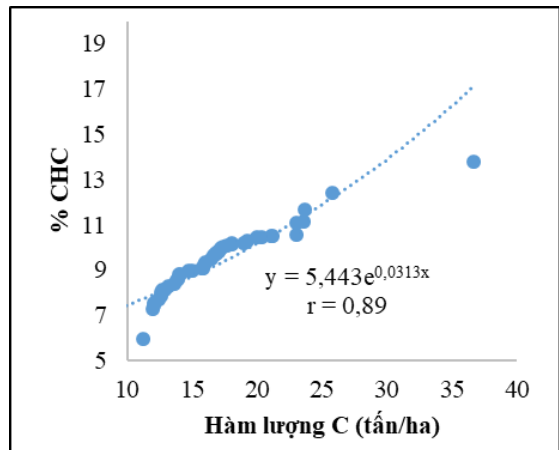
Hình 3. Tương quan giữa dung trọng và hàm lượng carbon



Hình 4. Tương quan giữa pH và hàm lượng carbon



Hình 5. Tương quan giữa EC và hàm lượng carbon



Hình 6. Tương quan giữa chất hữu cơ và hàm lượng carbon

Nồng độ pH cũng có tương quan đến hàm lượng carbon tích tụ trong đất rừng, nhưng có mức độ tương quan kém với hệ số tương quan  $r = 0,44$ . Do chỉ số pH trong điều kiện đất rừng ngập mặn phần lớn đều biến động trong khoảng trung tính đến hơi kiềm nên nó ít tác động đối với quá trình phân hủy hữu cơ của vi sinh vật (Hình 4).

Tương tự như pH, EC cũng có mối tương quan với hàm lượng tích lũy carbon trong đất, nhưng ở mức độ kém với hệ số tương quan  $r = 0,49$  (Hình 5). Tuy nhiên, đây là mối tương quan nghịch, do các muối hòa tan thường sinh ra và có nhiều ở các khoáng sét vì thế đất có hàm lượng sét càng cao, thì khả năng càng có nhiều các muối hòa tan. Tuy nhiên, đối với đất rừng ngập mặn luôn trong điều kiện khử các muối hòa tan ít được hình thành nên sự tương quan này thể hiện không rõ. Điều này giải



thích cho mối tương quan giữa carbon và nồng độ EC đất trong điều kiện nghiên cứu này.

Đối với chất hữu cơ qua phân tích cho thấy có sự tương quan rất chặt với hàm lượng carbon trong đất với hệ số tương quan  $r = 0,89$  (Hình 6). Vì carbon là thành phần cơ bản của mọi chất hữu cơ nên nó giải thích rất rõ mối quan hệ kéo theo giữa hàm lượng hữu cơ và hàm lượng carbon trong nghiên cứu này.

#### 4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đất rừng ngập mặn tại Vườn Quốc gia Mũi Cà Mau cho thấy dung trọng đất không cao và đều biến động giảm dần theo độ sâu. Chỉ số pH trong các tầng đất và giữa 3 trạng thái rừng đều biến động trong khoảng trung tính. Nồng độ EC trong đất có sự khác biệt không đều giữa 3 trạng thái rừng và giữa các độ sâu. EC trong cả 3 trạng thái rừng đều có xu hướng tăng dần theo độ sâu. Nồng độ muối trong đất cũng biến động không đều, đồng thời có xu hướng tăng dần theo độ sâu, có sự khác biệt giữa các tầng và giữa 3 trạng thái rừng. Chất hữu cơ biến động không đều, nhưng có xu hướng giảm dần theo độ sâu và tăng trở lại khi đến độ sâu hơn 80-100 cm.

Hàm lượng carbon tích tụ đều giảm dần theo độ sâu ở cả 3 trạng thái rừng và hầu hết không có sự khác biệt hàm lượng carbon tích tụ giữa các độ sâu và giữa 3 trạng thái rừng. Kết quả phân tích tương quan cho thấy chỉ có dung trọng, pH, EC và chất hữu cơ là có tương quan với hàm lượng carbon tích lũy. Trong đó, dung trọng và chất hữu cơ có mức độ tương quan rất chặt.

Nghiên cứu còn giới hạn, chỉ nghiên cứu sự tích tụ carbon trong đất của 3 trạng thái rừng và một số tính chất đất tại Vườn Quốc gia Mũi Cà Mau; vì thế, cần mở rộng nghiên cứu ở nhiều nơi và khảo sát chi tiết hơn nữa các điều kiện tác động đến dự tích tụ carbon.

#### LỜI CẢM ƠN

Xin cảm ơn Dự án Nâng cấp Trường Đại học Cần Thơ VN14-P6 bằng nguồn vốn vay ODA từ Chính phủ Nhật Bản đã tài trợ cho nghiên cứu này.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

André S. R. (2018). Global controls on carbon storage in mangrove soils. *Nature Climate Change*.  
 Canadell J.G, & Raupach M.R. (2008). Managing forests for climate change mitigation. *Science*, 320 (1456–1457). pmid:18556550.

Brack D. (2019). *Background analytical study: Forests and climate change*.  
<https://www.un.org/esa/forests/wp-content/uploads/2019/03/UNFF14-BkgdStudy-SDG13-March2019.pdf>.  
 Chapman V.J. (1977). *Introduction in ecosystems of the world I*. Wet Coastal Ecosystems. Amsterdam: Elsevier.  
 Federici, S., Tubiello, F.N., Salvatore, M., Jacobs, H. & Schmidhuber J. (2015). New estimates of CO<sub>2</sub> forest emissions and removals: 1990–2015. *Forest Ecology and Management*, 352, 89–98.  
 Lê Tấn Lợi. (2011). Ảnh hưởng của dạng lập địa và tần số ngập triều lên tính chất lý hóa học đất tại khu dự trữ sinh quyển rừng ngập mặn Cần Giờ. *Tạp chí khoa học Đại học Cần Thơ*, 18a, 1-10. <https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2016.525>.  
 Malhi, Y., Meir, P. & Brown, S., (2002). Forests, carbon and global climate. *133 Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 360(1797), 1567-1591.  
 Müller R, Pacheco P, Montero J.C. (2014). The context of deforestation and forest degradation in Bolivia. Centre for International Forestry Research. [https://www.cifor.org/publications/pdf\\_files/OccPapers/OP-108.pdf](https://www.cifor.org/publications/pdf_files/OccPapers/OP-108.pdf).  
 Nguyễn Hoàng Trí. (1999). *Sinh thái học rừng ngập mặn*. Nhà xuất bản Nông nghiệp Hà Nội.  
 Nguyễn Hà Quốc Tín, Lê Tấn Lợi & Đỗ Thanh Tân Em. (2014). Research on carbon accumulation of *Rhizophora apiculata* on different mangrove types at Ngoc Hien district Ca Mau province. *Journal of Science and Technology*, 52(3A), 274-279.  
 Phan, N. H. & Hoang, T. S. (1993). *Mangroves of Vietnam*. IUCN, The World Conservation Union.  
 Robertson, A. I & Alongi, D. M. (1992). *Tropical Mangrove Ecosystems*. Coastal and Estuarine Studies 41. American Geophysical Union. Washington D.C.  
 Saenger, P. & Snedaker, S.C. (1993). Pantropical trends in mangrove above-ground biomass and annual litter fall. *Oecologia*, 96, 293 – 299.  
 Spivak, A. C., Sanderman, J., Bowen, J. L., Canuel, E. A. & Hopkinson, C. S. (2019). Global-change controls on soil-carbon accumulation and loss in coastal vegetated ecosystems. *Nature Geoscience*, 12(9), 685-692.  
 Viên, N.N., Sasmito, S.D., Murdiyarto, D., Purbopuspito, J. & Mackenzie, R.A. (2016). Carbon stocks in artificially and naturally regenerated mangrove ecosystems in the Mekong Delta. *Wetlands Ecol Manage*, 24(2), 231-244.