

ĐÁNH GIÁ LƯỢNG CARBON TÍCH TỤ TRONG RỪNG NGẬP MẶN KHU VỰC VEN BIỂN MŨI CÀ MAU, TỈNH CÀ MAU

Nguyễn Thị Hải Lý¹ và Lư Ngọc Trâm Anh^{2*}

¹Khoa Nông nghiệp, Tài nguyên và Môi trường, Trường Đại học Đồng Tháp, Việt Nam

²Bộ môn Sinh học, Trường Đại học Đồng Tháp, Việt Nam

*Tác giả liên hệ: Lư Ngọc Trâm Anh, Email: lntanh@dthu.edu.vn

Lịch sử bài báo

Ngày nhận: 03/8/2024; Ngày nhận chỉnh sửa: 14/9/2024; Ngày duyệt đăng: 16/9/2024

Tóm tắt

Rừng ngập mặn hình thành và phát triển ở khu vực ven biển có vai trò quan trọng trong hấp thụ và tích trữ carbon. Lượng carbon tích trữ trong hệ sinh thái rừng ngập mặn thay đổi, phụ thuộc và nhiều yếu tố khác nhau. Mục tiêu của nghiên cứu này là khảo sát thành phần loài thực vật ngập mặn ở khu vực ven biển Mũi Cà Mau, tỉnh Cà Mau và đánh giá phân bố trữ lượng carbon theo khoảng cách tính từ mép biển. Nghiên cứu đã lập 30 ô tiêu chuẩn (10 m x 10 m), đặt ở các khoảng cách là 0 m, 50 m, 100 m, 200 m và 500 m tính từ mép biển. Kết quả đã ghi nhận được 7 loài thực vật thân gỗ thuộc 4 họ. Kết quả nghiên cứu cũng đã ước tính lượng carbon trong sinh khối trên mặt đất dao động từ $72,81 \pm 29,03$ tấn/ha đến $124,49 \pm 40,59$ tấn/ha, và trong sinh khối dưới mặt đất dao động từ $32,89 \pm 13,71$ tấn/ha đến $50,92 \pm 18,09$ tấn/ha. Lượng carbon đất cao nhất là ở khu vực cách mép biển là 500 m, trung bình khoảng $45,69 \pm 4,26$ tấn/ha (tầng 0-20 cm) và $104,34 \pm 8,80$ tấn/ha (tầng 20-60 cm). Nghiên cứu góp phần cung cấp dữ liệu cho việc đánh giá trữ lượng carbon rừng, cơ sở khoa học cho công tác quản lý và phát triển hệ sinh thái rừng ngập mặn.

Từ khóa: Carbon đất, khu vực ven biển, rừng ngập mặn, sinh khối, trữ lượng carbon.

DOI: <https://doi.org/10.52714/dthu.13.8.2024.1349>.

Trích dẫn: Nguyễn, T. H. L., & Lư, N. T. A. (2024). Đánh giá lượng carbon tích tụ trong rừng ngập mặn khu vực ven biển mũi Cà Mau, tỉnh Cà Mau. *Tạp chí Khoa học Đại học Đồng Tháp*, 13(8), 3-10. <https://doi.org/10.52714/dthu.13.8.2024.1349>.
Copyright © 2024 The author(s). This work is licensed under a CC BY-NC 4.0 License.

ASSESSING CARBON ACCUMULATION IN MANGROVES IN THE COASTAL AREA OF CA MAU CAPE, CA MAU PROVINCE

Nguyen Thi Hai Ly¹ and Lu Ngoc Tram Anh^{2*}

¹Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment,
Dong Thap University, Cao Lanh 870000, Vietnam

²Division of Biology, Dong Thap University, Cao Lanh 870000, Vietnam

*Corresponding author: Lu Ngoc Tram Anh, Email: lntanh@dthu.edu.vn

History article

Received: 03/8/2024; Received in revised form: 14/9/2024; Accepted: 16/9/2024

Abstract

Mangrove forests growing in coastal areas play an important role in carbon sequestration and storage. The amount of carbon stored in mangrove ecosystems varies, depending on many different factors. The aim of this study is to survey the species composition of mangrove plants in the coastal area of Ca Mau cape, Ca Mau province and assess the distribution of carbon stocks relative to the distance from the sea edge. The study established 30 quadrats (10 m x 10 m), located at distances of 0 m, 50 m, 100 m, 200 m and 500 m from the sea edge. The results determined 7 species of woody plants belonging to 4 families. The study results also estimated the amount of carbon in above-ground biomass ranging from 72.81 ± 29.03 tons/ha to 124.49 ± 40.59 tons/ha, and in below-ground biomass ranging from 32.89 ± 13.71 tons/ha to 50.92 ± 18.09 tons/ha. The highest soil carbon content was in the area 500 m from the sea edge, averaging about 45.69 ± 4.26 tons/ha (0-20 cm layer) and 104.34 ± 8.80 tons/ha (20-60 cm layer). The study contributes to providing data for assessing forest carbon stocks, a scientific basis for the management and development of mangrove ecosystems.

Keywords: Biomass, carbon stocks, coastal areas, mangroves, soil carbon.

1. Đặt vấn đề

Biến đổi khí hậu là một trong những vấn đề toàn cầu hiện nay. Nguyên nhân quan trọng hàng đầu gây ra hiện tượng nóng lên toàn cầu là sự gia tăng lượng khí thải carbon (Bindu & cs., 2020). Do đó, việc tăng các bể chứa carbon trong các hệ sinh thái là giải pháp quan trọng nhằm ứng phó với biến đổi khí hậu, giảm lượng khí nhà kính trong khí quyển. Trong đó, hệ sinh thái rừng ngập mặn có vai trò quan trọng trong chu trình carbon toàn cầu, giúp hấp thụ và cố định carbon trong sinh khối và trong đất (Matsui, 2010). Do vai trò quan trọng trong việc cung cấp dịch vụ sinh thái, nên rừng ngập mặn được sự quan tâm nghiên cứu của nhiều nhà khoa học trên thế giới. Khả năng hấp thụ carbon trung bình hàng năm của hệ sinh thái rừng ngập mặn được ước tính từ 6 đến 8 tấn CO₂/ha (Harishma & cs., 2020). Đất rừng ngập mặn có hàm lượng carbon dao động từ trung bình đến cao, chiếm từ 71 - 98% khu vực cửa sông và 49 - 90% khu vực ven biển (Donato & cs., 2012). Tuy nhiên, việc lượng hoá trữ lượng carbon ở rừng ngập mặn gặp nhiều khó khăn và chưa đồng bộ về số liệu, cách tính toán. Do đó, nghiên cứu, ước tính trữ lượng carbon trong các bể chứa trên và dưới mặt đất của rừng ngập mặn là rất cần thiết cho công tác quản lý và phát triển hệ sinh thái rừng ngập mặn.

Vườn quốc gia (VQG) Mũi Cà Mau được thành lập ngày 14 tháng 7 năm 2003 theo Quyết định số 142/2003/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ; được UNESCO công nhận là khu Dự trữ sinh quyển thế giới vào ngày 26 tháng 5 năm 2009. Do điều kiện tự nhiên thuận lợi, khu vực Mũi Cà Mau là môi trường sinh thái thích hợp cho sinh trưởng và phát triển của các loài thực vật ngập mặn (Phan & cs., 1999). Theo Lư & Nguyễn (2020), các quần xã thực vật ngập mặn phát triển nối tiếp nhau theo đặc điểm thổ nhưỡng, chế độ triều và các điều kiện tự nhiên khác ở từng khu vực. Nhiều tác giả đã công bố các công trình nghiên cứu về rừng ngập mặn liên quan đến cấu trúc, đa dạng sinh học và trữ lượng carbon trong sinh khối và trong đất rừng ngập mặn ở Mũi Cà Mau. Tuy nhiên, nghiên cứu này sẽ đánh giá và phân tích sự phân bố thực vật ngập mặn và khả năng tích tụ carbon của rừng ngập mặn theo khoảng cách từ bờ biển và trong nội địa ở khu vực ven biển Mũi Cà Mau nhằm góp phần bổ sung nguồn dữ liệu khoa học cho hệ sinh thái rừng ngập mặn ở VQG Mũi Cà Mau.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Địa điểm nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện ở phân khu 4, phân khu 3 và phân khu 2 thuộc VQG Mũi Cà Mau. Rừng ngập mặn nơi đây mang tính tự nhiên, không chịu tác động của con người. Trên cơ sở dữ liệu ảnh viễn thám Landsat và bản đồ hiện trạng rừng VQG Mũi Cà Mau, nghiên cứu đã sử dụng phần mềm Google Earth Pro để xác định, bố trí tuyến và các ô tiêu chuẩn (OTC) để đo đếm (Hình 1). Thời gian khảo sát, thu mẫu và phân tích mẫu từ tháng 02 đến tháng 8 năm 2022.



a) Bản đồ hiện trạng rừng VQG Mũi Cà Mau (Trung tâm nghiên cứu rừng và đất ngập nước, 2012)



b) Vị trí các ô tiêu chuẩn

Hình 1. Khu vực nghiên cứu

2.2. Phương pháp điều tra ô tiêu chuẩn

Nghiên cứu thực hiện 6 tuyến thu mẫu (2 tuyến/phân khu). Mỗi tuyến bố trí 5 OTC với kích thước mỗi OTC là 100 m² (10 m x 10 m). Các OTC được đặt ở các khoảng cách lần lượt là 0m, 50m, 100m, 200m và 500m tính từ mép biển vào đất liền (Hình 1b). Tổng số OTC được khảo sát trong nghiên cứu này là 30

OTC. Trong quá trình khảo sát thực địa, GPS cầm tay được sử dụng để xác định hướng tuyến và ghi nhận tọa độ của mỗi OTC.

Ở mỗi OTC, tiến hành xác định thành phần loài và mật độ các loài thực vật ngập mặn thân gỗ, đo đường kính thân cây ở chiều cao 1,3 m ($D_{1,3}$). Sau đó, tiến hành thu mẫu đất ở hai tầng đất bao gồm tầng 0 - 20 cm và tầng 20 - 60 cm. Mẫu đất được lấy bằng ống Ring với thể tích 100 cm³.

2.3. Phương pháp định danh

Các loài thực vật trong ô tiêu chuẩn được xác định tên khoa học theo phương pháp hình thái so sánh dựa vào tài liệu của Phan & cs. (1999) và Duke (2012) và phân loại theo hệ thống phân loại thực vật có hoa APG IV (2016).

2.4. Phương pháp phân tích mẫu đất

Các mẫu đất được đem về phòng thí nghiệm để xác định dung trọng và hàm lượng carbon (%). Mẫu đất trong Ring được sấy ở 105°C trong 24 giờ để xác định dung trọng. Hàm lượng carbon trong đất được phân tích theo phương pháp Walkley - Black.

2.5. Phương pháp xác định trữ lượng carbon

- Đánh giá tích tụ carbon trong từng tầng đất của khu vực nghiên cứu được xác định theo công thức (1) của Murdiyarso và cộng sự (Murdiyarso & cs., 2009):
 Trữ lượng C đất (tấn/ha) = [Dung trọng đất (g/cm³) x Độ sâu (cm) x C (%)] (1)

Trong đó:

C (%) là hàm lượng carbon đất;

Độ sâu là 20 đối với tầng đất 0 - 20 cm và 40 đối với tầng 20 - 60 cm;

- Đánh giá tích tụ carbon trong sinh khối trên và dưới mặt đất bằng phương trình sinh khối trên mặt đất và sinh khối dưới mặt đất của (Komiyama & cs., 2008) để tính sinh khối của cây.

Sinh khối trên mặt đất:

$$AGB = 0,251 \times \rho \times D_{1,3}^{2,46} \text{ (kg)} \quad (2)$$

Sinh khối dưới mặt đất:

$$BGB = 0,199 \times \rho^{0,899} \times D_{1,3}^{2,22} \text{ (kg)} \quad (3)$$

Trong đó: ρ là tỉ trọng là tỉ trọng gỗ (g/cm³).

Tỉ trọng gỗ của các loài ở khu vực nghiên cứu: Mắm trắng (*Avicennia alba*): 0,7; Mắm đen (*Avicennia officinalis*): 0,67; Vẹt tách (*Bruguiera parviflora*): 0,84; Đước đôi (*Rhizophora apiculata*): 0,88; Bần trắng (*Sonneratia alba*): 0,64; Xu ổi (*Xylocarpus granatum*): 0,8; Đà vôi (*Ceriops tagal*): 0,7 (Lu, 2020).

Tính lượng carbon cho sinh khối trên mặt đất theo phương trình của IPCC (2006):

$$C_{AGB} = 0,47 \times AGB \quad (4)$$

Tính lượng carbon cho sinh khối dưới mặt đất theo phương trình của Kauffman & Donato (2012):

$$C_{BGB} = 0,39 \times BGB \quad (5)$$

2.6. Phương pháp phân tích xử lý số liệu

Nghiên cứu dùng phần mềm Microsoft Office Excel để xử lý số liệu ban đầu, so sánh trung bình hai mẫu (kiểm định T-test) bằng phần mềm SPSS IBM 22.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Thành phần thực vật thân gỗ ở khu vực nghiên cứu

Kết quả khảo sát 30 OTC theo hướng từ bờ biển vào trong nội địa ở các tiểu khu 4 và 5 (phân khu 2); tiểu khu 2 và 3 (phân khu 3); tiểu khu 1 và 8 (phân khu 4) đã ghi nhận được 7 loài thực vật thân gỗ thuộc 4 họ. Trong đó, họ Rhizophoraceae có 3 loài gồm Đước đôi (*Rhizophora apiculata*), Vẹt tách (*Bruguiera parviflora*) và Đà vôi (*Ceriops tagal*); họ Acanthaceae có 2 loài là Mắm đen (*Avicennia officinalis*) và Mắm trắng (*Avicennia alba*); họ Lythraceae chỉ có loài Bần trắng (*Sonneratia alba*) và họ Meliaceae cũng chỉ có 1 loài là Xu ổi (*Xylocarpus granatum*) (Bảng 1).

Bảng 1. Thành phần thực vật ngập mặn thân gỗ ở khu vực nghiên cứu

STT	Tên Việt Nam	Tên khoa học	Họ
1	Đước đôi	<i>Rhizophora apiculata</i> Blume	<i>Rhizophoraceae</i>
2	Đà vôi	<i>Ceriops tagal</i> (Perr.) C.B. Rob.	<i>Rhizophoraceae</i>
3	Vẹt tách	<i>Bruguiera parviflora</i> (Roxb.) Wight & Arn. ex Griff.	<i>Rhizophoraceae</i>
4	Mắm đen	<i>Avicennia officinalis</i> L.	<i>Acanthaceae</i>
5	Mắm trắng	<i>Avicennia alba</i> Blume	<i>Acanthaceae</i>
6	Bần trắng	<i>Sonneratia alba</i> J.E. Smith	<i>Lythraceae</i>
7	Xu ổi	<i>Xylocarpus granatum</i> Koen	<i>Meliaceae</i>

Mật độ cá thể và đường kính thân cây có sự thay đổi theo khoảng cách đặt các OTC khi khảo sát. Mật độ cá thể của từng loài có sự thay đổi đáng kể khi di chuyển từ mép biển và đất liền (Bảng 2). Trong đó, hai loài Mắm trắng (*A. alba*) và Mắm đen (*A. officinalis*) có xu hướng giảm mật độ từ 0 m đến 500 m và có sự khác biệt thống kê ở hai vị trí là 0 m và 500 m ($p<0,05$). Đường kính thân trung bình lại có xu hướng tăng từ ngoài biển vào nội địa. Ngược lại, mật độ và đường kính thân cây của Đước đôi (*R. apiculata*) có xu hướng gia tăng và có sự khác biệt thống kê ở hai vị trí là 0 m và các khoảng cách còn lại ($p<0,05$). Còn các cá thể Vẹt tách (*B. parviflora*) không xuất hiện khu vực mép biển (0 m), nhưng lại có mặt ở khoảng cách 50 m, 100 m, 200 m và 500 m. Nghiên cứu phù hợp với ghi

nhận của Nguyen & cs. (2023). Ở khu vực Mũi Cà Mau, Mắm trắng (*A. alba*) chiếm ưu thế ở các OTC hướng ra biển tại các điểm bồi tụ, nhưng sự ưu thế của loài này giảm dần khi khoảng cách từ bờ biển ngày càng tăng. Trong khi đó, Đước đôi (*R. apiculata*) và Mắm đen (*A. officinalis*) tăng mật độ, thay thế hoặc chiếm ưu thế trên các nền lập địa ổn định. Theo Phạm & cs. (2014), các vùng đất mới bồi tụ hàng năm tại khu vực bờ Tây là môi trường thuận lợi cho loài Mắm trắng (*A. alba*) phát triển. Đây là loài cây tiên phong, thích nghi tốt trên những bãi bồi mới lấn ra biển, trở thành giá thể giữ trụ mầm của cây Đước và các loài cây khác. Sự phân bố này phản ánh khả năng thích ứng của các loài cây ngập mặn và vai trò cụ thể của loài trong bối cảnh các quá trình và điều kiện khu vực ven biển có sự thay đổi theo khoảng cách.

Bảng 2. Mật độ và đường kính cây ngập mặn thân gỗ ở khu vực nghiên cứu

Tên loài	Khoảng cách tính từ mép biển				
	0 m	50 m	100 m	200 m	500 m
Mật độ (cây/ha)					
<i>R. apiculata</i>	1.783±155 ^a	2.033±130 ^{ab}	1.867±476 ^a	2.483±649 ^b	2.283±14133 ^{ab}
<i>A. officinalis</i>	283±60 ^b	216±53 ^{ab}	100±24 ^{ab}	67±16 ^a	67±16 ^a
<i>A. alba</i>	1.917±114 ^a	1.967±194 ^a	1.700±167 ^a	1.317±130 ^{ab}	783±46,7 ^b
<i>B. parviflora</i>	0 ^a	283±38 ^b	333±42 ^{bc}	467±42 ^{bc}	533±60 ^c
Đường kính thân cây (cm)					
<i>R. apiculata</i>	6,50±0,56 ^a	7,80±0,93 ^{ab}	8,80±1,46 ^{ab}	10,08±1,67 ^{bc}	11,60±3,16 ^c
<i>A. officinalis</i>	7,25±3,20 ^a	6,37±2,92 ^a	11,43±6,02 ^b	10,04±4,62 ^{ab}	13,03±6,79 ^b
<i>A. alba</i>	10,26±2,91 ^a	10,67±3,84 ^a	11,59±4,19 ^a	11,80±3,96 ^a	11,05±1,33 ^a
<i>B. parviflora</i>	-	7,51±1,37 ^a	7,89±1,41 ^{ab}	9,55±2,21 ^b	8,17±0,31 ^{ab}

Ghi chú: Theo khoảng cách, các giá trị có các chữ cái (a, b) theo sau khác nhau là khác nhau có ý nghĩa thống kê và ngược lại.

3.2. Trữ lượng carbon ở khu vực nghiên cứu

3.2.1. Trữ lượng carbon trong sinh khối

Sinh khối trên mặt đất (ABG) và sinh khối dưới mặt đất (BGB) có xu hướng tăng dần từ ven biển vào đến khoảng cách 200 m (Bảng 3). Giá trị ABG dao động từ 154,93±61,76 tấn/ha đến 264,86±86,36 tấn/ha và BGB dao động từ 84,33±35,15 tấn/ha đến 130,56±46,39 tấn/ha. Sinh khối trên và dưới mặt đất có giá trị cao nhất

ở khu vực cách mép biển 200 m (ABG) và 500 m (BGB). Giá trị ABG và BGB thấp nhất ở ven biển ($p<0,05$). Tương tự, carbon trong sinh khối trên và dưới bề mặt đất cũng có xu hướng tăng dần và đạt trữ lượng cao nhất ở khu vực cách mép biển 200 m. Trong đó, CABG là 124,49±40,59 tấn/ha và CBGB là 50,92±18,09 tấn/ha. Sự tích lũy carbon trong sinh khối trên và dưới bề mặt đất có sự khác biệt thống kê ở mép biển và 200 m ($p<0,05$).

Bảng 3. Trữ lượng carbon trong sinh khối của thực vật thân gỗ theo khoảng cách

Khoảng cách (m)	Sinh khối		Carbon trong sinh khối	
	ABG (tấn/ha)	BGB (tấn/ha)	CABG (tấn/ha)	CBGB (tấn/ha)
0	154,93±61,76 ^a	84,33±35,15 ^a	72,81±29,03 ^a	32,89±13,71 ^a
50	183,13±62,95 ^a	94,01±33,30 ^{ab}	86,07±29,58 ^a	36,67±12,90 ^{ab}
100	206,98±52,69 ^{ab}	109,20±21,84 ^{ab}	97,28±24,76 ^{ab}	42,59±8,52 ^{ab}
200	262,33±44,58 ^b	120,60±22,09 ^{ab}	123,30±20,95 ^b	47,04±8,61 ^{ab}
500	264,86±86,36 ^b	130,56±46,39 ^b	124,49±40,59 ^b	50,92±18,09 ^b

Ghi chú: Theo khoảng cách, các giá trị có các chữ cái (a, b) theo sau khác nhau là khác nhau có ý nghĩa thống kê ở mức 5% và ngược lại.

So với các nghiên cứu tương tự ở khu vực Cồn Trong, cửa sông Ông Trang và cửa sông Vàm Lũng cho thấy carbon trong sinh khối trên bề mặt đất và dưới bề mặt đất trong khu vực này có giá trị không khác biệt lớn từ ven biển đến khoảng cách 50 m. Theo Lu & cs. (2017), trữ lượng carbon tích tụ trong sinh khối trên mặt đất trung bình là $155,69 \pm 59,82$ tấn/ha, trong khi đó lượng carbon trong sinh khối dưới mặt đất trung bình là $53,1 \pm 18,62$ tấn/ha. Theo Nguyễn (2018), sự tích lũy carbon trên mặt đất giữa ba dạng lập địa cửa sông, ven sông và ven biển lần lượt là 152,05; 158,84; 76,54 tấn/ha; Hàm lượng tích lũy carbon trong sinh khối dưới mặt đất ở lập địa cửa sông cao nhất với trữ lượng là 64,12 tấn/ha, lập địa ven sông có trữ lượng carbon tích lũy là 56,86 tấn/ha và lập địa ven biển với trữ lượng carbon tích lũy là 30,91 tấn/ha. Kết quả phân tích cho thấy sự khác biệt về khoảng cách từ mép biển, kiểu lập địa và thủy triều có thể tác động tới thành phần loài, mật độ, đường kính thân cây và mức độ đa dạng thực vật thân gỗ ngập mặn. Đây là các yếu tố có ảnh hưởng đến khả năng tích tụ carbon trong sinh khối. Harishma & cs. (2020) chỉ ra rằng sinh khối ở các vùng rừng ngập mặn khác nhau sẽ bị ảnh hưởng bởi khoảng cách từ mép biển đến hệ thống rừng ngập mặn. Theo đó, giá trị sinh khối trên mặt đất có xu hướng tương đối thấp ở các rừng ngập mặn gần biển nhất.

3.2.2. Trữ lượng carbon trong đất

Kết quả phân tích cho thấy trữ lượng carbon đất được tích tụ ở tầng 20 - 60 cm, cao hơn tầng 0 - 20 cm. Đồng thời khả năng tích tụ carbon trong đất có xu hướng tăng dần từ 0 m đến 500 m.

Ở tầng 0 - 20 cm, trữ lượng carbon đạt cao nhất là $45,69 \pm 4,26$ tấn/ha (ở 500 m) và thấp nhất là $38,30 \pm 6,29$ tấn/ha (ở 0 m). Tương tự, ở tầng 20 - 60 cm, trữ lượng carbon đạt cao nhất là $104,34 \pm 8,80$ tấn/ha (ở 500 m) và thấp nhất là $90,50 \pm 8,17$ tấn/ha (ở 0 m). Như vậy, đất rừng ngập mặn ở khu vực cách mép biển 500 m trở vào nội địa có trữ lượng carbon cao hơn khu vực ven biển (sự khác biệt có ý nghĩa thống kê). Theo Donato & cs. (2012), trữ lượng carbon trong đất có tăng nhẹ theo khoảng cách đến 135 m tính từ mép biển, do có sự tăng độ sâu của đất, nhưng không có ý nghĩa nhiều về mặt thống kê. Tuy nhiên, xét về tổng trữ lượng carbon trong đất, lớp đất nông hơn tại rừng ngập mặn có hàm lượng carbon hữu cơ trong đất cao hơn. Trữ lượng carbon đất tăng dần theo tuổi đất rừng ngập mặn, do vật rơi rụng được tích tụ và chất hữu cơ được phân hủy trong đất tăng dần theo thời gian hình thành (Lu & cs., 2023). Trong hệ sinh thái rừng ngập mặn, ngoài lượng carbon có nguồn gốc từ phù sa, thì lượng carbon trong đất rừng chủ yếu được tích tụ từ vật rơi rụng. Quá trình bồi tụ, nâng cao dần địa hình hệ sinh thái rừng ngập mặn ở khu vực ven biển Tây diễn ra theo quá trình diễn thế sinh thái. Khu vực ven biển hình thành sau, sinh khối của các loài thực vật thấp hơn và xác thực vật tích tụ trên sàn rừng chưa nhiều, đồng thời, hoạt động của thủy triều cũng ảnh hưởng đến quá trình tích tụ và phân giải các chất hữu cơ trong đất. Kết quả nghiên cứu đã cho thấy trữ lượng carbon trong đất rừng khu vực ven biển thấp hơn so khu vực trong nội địa (tính từ khoảng cách 500 m so với mép biển).

Bảng 4. Trữ lượng carbon trong đất ở khu vực nghiên cứu

Khoảng cách (cm)	Dung trọng (g/cm ³)		Carbon đất (%)		Trữ lượng carbon đất (tấn/ha)	
	Tầng 0-20 cm	Tầng 20-60 cm	Tầng 0-20 cm	Tầng 20-60 cm	Tầng 0-20 cm	Tầng 20-60 cm
0	0,73±0,08 ^a	0,84±0,12 ^a	2,45±0,36 ^a	2,67±0,37 ^a	38,30±6,29 ^a	90,50±8,17 ^a
50	0,87±0,02 ^{ab}	0,86±0,01 ^{ab}	2,53±0,20 ^a	2,66±0,14 ^a	41,97±4,77 ^{ab}	92,23±5,12 ^a
100	0,87±0,04 ^{ab}	0,86±0,02 ^{ab}	2,60±0,23 ^a	2,50±0,22 ^a	42,80±5,63 ^{ab}	95,80±6,63 ^{ab}
200	0,88±0,12 ^{ab}	0,87±0,02 ^{ab}	2,53±0,30 ^a	2,47±0,24 ^a	43,74±5,89 ^b	94,97±8,40 ^{ab}
500	0,91±0,07 ^b	0,93±0,06 ^b	2,50±0,41 ^a	2,62±0,16 ^a	45,69±4,26 ^b	104,34±8,80 ^b

Ghi chú: Theo khoảng cách, các giá trị có các chữ cái (a, b) theo sau khác nhau là khác nhau có ý nghĩa thống kê ở mức 5% và ngược lại.

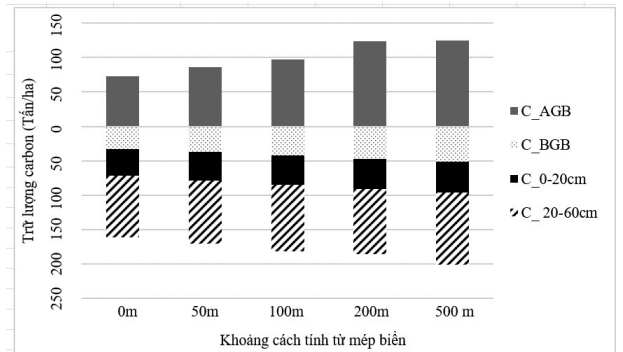
Kết quả này tương tự với nghiên cứu của Lu & cs. (2023) ở khu vực cửa sông Ông Tráng, trữ lượng carbon đất có xu hướng phân bố ở tầng 0 - 20 cm thấp hơn ở tầng 20 - 60 cm; cụ thể là lượng carbon tích tụ trong đất dao động từ 41,29 ± 12,14 tấn/ha ở tầng 0 - 20 cm đến 80,98 ± 26,31 tấn/ha ở tầng 20 - 60 cm. Theo Donato & cs. (2012), trữ lượng carbon trong đất có tăng nhẹ theo khoảng cách từ mép biển vào sâu bên trong, nhưng sự thay đổi theo yếu tố khoảng cách từ 0 m đến 135 m ít có độ biến thiên cao và không có ý nghĩa nhiều về mặt thống kê.

Hai yếu tố liên quan trực tiếp đến sự phân bố của trữ lượng carbon đất là dung trọng và hàm lượng carbon trong đất. Giá trị dung trọng cao hơn khi tiến dần vào các khoảng cách 50 m, 100 m, 200 m và 500 m (Bảng 4). Dung trọng có giá trị nhỏ nhất ở mép biển, 0,73±0,08 g/cm³ ở tầng 0 - 20 và 0,84±0,12 g/cm³ ở tầng 20 - 60; và cao nhất ở 500 m, 0,91±0,07 g/cm³ ở tầng 0 - 20 và 0,93±0,06 g/cm³ ở tầng 20 - 60 (p<0,05). Hàm lượng carbon trong đất dao động từ 2,45±0,36 % đến 2,50±0,41% ở tầng 0 - 20 cm; và từ 2,47±0,24 % đến 2,67±0,37% ở tầng 20 - 60 cm. Tuy nhiên hàm lượng carbon đất không khác biệt thống kê giữa các khoảng cách.

3.2.3. Đánh giá khả năng tích trữ carbon trong các bể chứa theo khoảng cách

Trữ lượng carbon trong các bể chứa ở khu vực mép biển là thấp nhất, và tăng dần ở các khoảng cách 50 m, 100 m, 200 m và 500 m (Hình 2). Khả năng tích trữ carbon cũng có sự khác nhau ở các dạng bể chứa. Carbon tích trữ trong sinh khối chiếm 50,42% và trong đất chiếm 49,58%. Carbon trong sinh khối bao gồm carbon trong sinh khối trên và dưới mặt đất dao động từ 45,07% đến 55,12%, cao nhất ở 200 m

và thấp nhất ở 0 m; trong khi carbon tích tụ trong đất dao động từ 44,88% đến 54,93% thấp nhất là ở khoảng cách 200 m.



Hình 2. Khả năng tích trữ carbon trong các bể chứa theo khoảng cách

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu đã ghi nhận được 7 loài thực vật thân gỗ thuộc 4 họ. Trong đó, hai họ ưu thế ở khu vực nghiên cứu là Rhizophoraceae và Avicenniaceae. Mật độ cá thể và đường kính thân cây có sự thay đổi đáng kể khi di chuyển từ mép biển và nội địa. Trong khi mật độ của Mắm trắng (*A. alba*) và Mắm đen (*A. officinalis*) có xu hướng giảm từ 0 m đến 500 m, đường kính thân trung bình lại có xu hướng tăng từ ngoài biển vào nội địa. Ngược lại, mật độ và đường kính thân cây của Đước đôi (*R. apiculata*) có xu hướng gia tăng và có sự khác biệt thống kê ở hai vị trí là 0 m và các khoảng cách còn lại.

Sự tích lũy carbon tăng dần từ ven biển vào trong nội địa. Sinh khối trên mặt đất dao động từ 154,93±61,76 tấn/ha (0 m) đến 262,33±44,58 tấn/ha (200 m) và sinh khối dưới mặt đất dao động từ 84,33±35,15 tấn/ha (0 m) đến 130,56±46,39 tấn/ha (500 m). Trữ lượng carbon trong đất ở tầng 0 - 20 cm

dao động từ 38,30±6,29 (0 m) đến 43,74±5,89 (200 m); ở tầng 20 - 60 cm dao động từ 90,50±8,17 (0 m) đến 104,34±8,80 (500 m). Carbon tích trữ trong sinh khối chiếm 50,42% và trong đất chiếm 49,58%. Nghiên cứu cho thấy rừng ngập mặn VQG Mũi Cà Mau có trữ lượng carbon khá lớn và do đó cần được bảo tồn và quản lý bền vững, để duy trì cùng với sự gia tăng lượng lưu trữ carbon ở khoảng cách 200 m trở vào so với mép biển.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được hỗ trợ bởi đề tài mã số B2022.SPD.05.

Hai tác giả đóng góp như nhau trong bài báo này.

Tài liệu tham khảo

- Bindu, G., Rajan, P., Jishnu, E. S., & Ajith, J. K. (2020). Carbon stock assessment of mangroves using remote sensing and geographic information system. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 23(1), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2018.04.006>
- Donato, D. C., Kauffman, J. B., Murdiyarso, D., Kurnianto S., Stidham, M., & Kanninen, M. (2012). *Rừng ngập mặn trong những kiểu rừng giàu trữ lượng các-bon nhất ở vùng nhiệt đới*. CIFOR. <http://dx.doi.org/10.17528/cifor/003759>
- Duke, N. (2012). *Mangroves of the Kien Giang biosphere reserve Vietnam*, Deutsche Gesellschaft für GIZ.
- Harishma, K. M., Sandeep, S., & Sreekumar, V. B. (2020). Biomass and carbon stocks in mangrove ecosystems of Kerala, southwest coast of India. *Ecological Processes*, 9(1), 31. <https://doi.org/10.1186/s13717-020-00227-8>
- Kauffman, J. B., & Donato, D. (2012). *Protocols for the measurement, monitoring and reporting of structure, biomass and carbon stocks in mangrove forests*, Working Paper, Bogor, Indonesia, CIFOR.
- Lu, N. T. A. (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
- Lu, N. T. A., & Nguyễn, T. H. L. (2020). Đặc điểm của các quần xã thực vật ngập mặn ở khu vực Mũi Cà Mau. *Rừng và Môi Trường*, 99, 42-46.
- Lu, N. T. A., Nguyễn, T. H. L., & Nguyễn, P. M. T. (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. <https://doi.org/10.52714/dthu.12.2.2023.1038>
- Lu, N. T. A., Võ, H. A. T., & Viên, N. N. (2017). Trữ lượng carbon đất của rừng ngập mặn ở Cồn Ngoài Vườn Quốc gia Mũi Cà Mau. *Rừng và Môi Trường*, 83, 38-41.
- Matsui, N., Suekuni, J., Nogami, M., Havanond, S. & Salikul, P. (2010). Mangrove rehabilitation dynamics and soil organic carbon changes as a result of full hydraulic restoration and re-grading of a previously intensively managed shrimp pond. *Wetlands Ecology and Management*, 18, 233-242. <https://doi.org/10.1007/s11273-009-9162-6>
- Nguyễn, H. Q. T. (2018). *Ảnh hưởng của các dạng lập địa và chế độ triều lên khả năng tích lũy carbon của rừng ngập mặn tại tỉnh Cà Mau*. Trường Đại học Cần Thơ, Việt Nam.
- Nguyen, L. T. M., Hoang, H. T., Choi, E., & Park, P. S. (2023). Distribution of mangroves with different aerial root morphologies at accretion and erosion sites in Ca Mau Province, Vietnam. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 287, 108324. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2023.108324>
- Phạm, H. N., Trương, Q. H., & Lê, K. S. (2014). Thảm thực vật rừng ngập mặn khu vực mũi Cà Mau. *VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences*, 30(4), Article 4. <https://js.vnu.edu.vn/EES/article/view/780>
- Phan, N. H., Trần, V. B., Viên, N. N., Hoàng, T. S., Vũ, T. T., Lê, T. T., Nguyễn, H. T., Mai, S. T., & Lê, X. T. (1999). *Rừng ngập mặn Việt Nam*. Nhà xuất bản Nông nghiệp.
- Trung tâm nghiên cứu rừng và đất ngập nước (FORWET). (2012). *Báo cáo xây dựng Dự án Điều chỉnh đầu tư bảo vệ và phát triển Vườn quốc gia Mũi Cà Mau giai đoạn 2012 -2016*.

ĐẶC ĐIỂM CẤU TRÚC RỪNG TRỒNG: RỪNG TRỒNG KÊ LÍP VÀ RỪNG TRỒNG KHÔNG KÊ LÍP TẠI VƯỜN QUỐC GIA U MINH HẠ, TỈNH CÀ MAU

Trần Quốc Khải*, Huỳnh Kiệt Anh Tuấn, Nguyễn Tấn Truyền, Nguyễn Hoài Linh,
Dương Văn Nhã và Ngô Minh Sang

Vườn quốc gia U Minh Hạ, tỉnh Cà Mau, Việt Nam

*Tác giả liên hệ: Trần Quốc Khải, Email: tranquockhainhrx2009@gmail.com

Lịch sử bài báo

Ngày nhận: 08/10/2023; Ngày nhận chỉnh sửa: 18/4/2024; Ngày duyệt đăng: 25/4/2024

Tóm tắt

Nghiên cứu được thực hiện nhằm mục đích xác định cấu trúc rừng Tràm trồng tại Vườn Quốc gia U Minh Hạ, tỉnh Cà Mau. Số liệu được thu thập từ 65 ô đo đếm 100 m^2 ($10\text{ m} \times 10\text{ m}$) cho hai kiểu rừng Tràm trồng: rừng trồng kê líp và rừng trồng không kê líp tại Vườn quốc gia U Minh Hạ. Kết quả cho thấy đối với rừng trồng kê líp đường kính trung bình $10,4 \pm 0,2\text{ cm}$; chiều cao vút ngọn trung bình $10,7 \pm 0,1\text{ m}$ với trữ lượng bình quân là $213,93\text{ m}^3/\text{ha}$. Đối với khu vực rừng trồng không kê líp, đường kính trung bình $8,2 \pm 0,1\text{ cm}$; chiều cao vút ngọn trung bình là $7,7 \pm 0,1\text{ m}$ với tổng trữ lượng trung bình là $100,03\text{ m}^3/\text{ha}$. Phân bố phần trăm số cây theo cấp đường kính ($N\%/D_{1,3}$) của rừng trồng tại khu vực nghiên cứu có thể được mô phỏng bằng phân bố lý thuyết Weibull. Phương trình mô phỏng cho mối tương quan $H_{vn}/D_{1,3}$ của kiểu rừng trồng kê líp là $H_{vn} = 1/(0,0639 + 0,2727/D_{1,3})$, rừng trồng không kê líp là $H_{vn} = 1/(0,0822 + 0,4345/D_{1,3})$.

Từ khóa: Cà Mau, cấu trúc, rừng trồng, U Minh Hạ, Vườn Quốc gia.

DOI: <https://doi.org/10.52714/dthu.13.8.2024.1350>.

Trích dẫn: Trần, Q. K., Huỳnh, K. A. T., Nguyễn, T. T., Nguyễn, H. L., Dương, V. N., & Ngô, M. S. (2024). Đặc điểm cấu trúc rừng trồng: rừng trồng kê líp và rừng trồng không kê líp tại Vườn Quốc gia U Minh Hạ, tỉnh Cà Mau. *Tạp chí Khoa học Đại học Đồng Tháp*, 13(8), 11-18. <https://doi.org/10.52714/dthu.13.8.2024.1350>.

Copyright © 2024 The author(s). This work is licensed under a CC BY-NC 4.0 License.

STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF PLANTATION FOREST: RAISED BED FOREST AND NON-RAISED BED FOREST IN U MINH HA NATIONAL PARK, CA MAU PROVINCE

Tran Quoc Khai*, Huynh Kiet Anh Tuan, Nguyen Tan Truyen, Nguyen Hoai Linh,
Duong Van Nha, and Ngo Minh Sang

U Minh Ha National Park, Ca Mau Province, Vietnam

**Corresponding author: Tran Quoc Khai, Email: tranquockhainhrx2009@gmail.com*

Article history

Received: 08/10/2023; Received in revised form: 18/4/2024; Accepted: 25/4/2024

Abstract

This study is to determine the structure of Melaleuca forests planted in U Minh Ha National Park, Ca Mau province. Data were collected from 65 measuring plots of 100 m² (10 m x 10 m) for two types of Melaleuca plantations: raised bed forest and non-raised bed forest in U Minh Ha National Park. The results showed that for raised bed forest the average diameter was 10.4 ± 0.2 cm; The average height was 10.7 ± 0.1 m with an average mass was 213.93 m³/ha. For the non-raised bed forest, the average diameter was 8.2 ± 0.1 cm; The average height was 7.7 ± 0.1 m with an average mass was 100.03 m³/ha. The percentage distribution of trees by diameter class (N%/D_{1,3}) of planted forests in the study area can be simulated by Weibull theoretical distribution. The simulation equation for the relationship H_{vn}/D_{1,3} of the raised bed forest and the non-raised bed forest was $H_{vn} = 1/(0.0639 + 0.2727/D_{1,3})$ and $H_{vn} = 1/(0.0822 + 0.4345/D_{1,3})$, respectively.

Keywords: *Ca Mau, National Park, plantation forest, Structural, U Minh Ha*

1. Đặt vấn đề

Vườn Quốc gia U Minh Hạ là khu rừng đặc dụng của tỉnh Cà Mau có giá trị cao về bảo tồn các nguồn tài nguyên sinh vật của hệ sinh thái rừng Tràm ngập phèn đặc trưng của vùng Đồng bằng Sông Cửu Long. Vườn Quốc gia U Minh Hạ được thành lập theo Quyết định số 112/QĐ-TTg, ngày 20/01/2006 của Thủ tướng Chính phủ trên cơ sở chuyển khu bảo tồn thiên nhiên Vồ Dơi thành Vườn Quốc gia U Minh Hạ và Quyết định số 1024/QĐ-TTg ngày 07/6/2016 của Thủ tướng Chính phủ về việc phê duyệt điều chỉnh tăng diện tích Vườn Quốc gia U Minh Hạ tỉnh Cà Mau. Theo đó, tổng diện tích tự nhiên của Vườn Quốc gia U Minh Hạ là 8.527,8 ha. Tổng diện tích đất có rừng là 7.632,1 ha, trong đó diện tích rừng trồng là 5.871,4 ha chiếm khoảng 76,9% diện tích đất có rừng và 68,9% tổng diện tích đất tự nhiên của đơn vị. Diện tích rừng trồng phân bố trên hai loại lập địa là trồng kê líp 1.324,23 ha và trồng không lên líp 4.547,17 ha (Vườn Quốc gia U Minh Hạ, 2021).

Rừng trồng Tràm (*Melaleuca cajuputi*) chiếm tỷ lệ rất lớn và có vai trò sinh thái quan trọng trong vùng. Trồng rừng mật độ cao có thể cản trở tái sinh tự nhiên của các loài cây thân gỗ bản địa khác và hạn chế sự di chuyển của các loài động vật lớn. Tuy nhiên, các nghiên cứu về cấu trúc rừng trồng và áp dụng trong bảo tồn cũng như phòng cháy chữa cháy rừng tại Vườn quốc gia U Minh Hạ còn rất hạn chế. Do đó, nghiên cứu này được thực hiện để đánh giá một số đặc điểm cấu trúc quan trọng của rừng Tràm trồng, bao gồm các chỉ tiêu về nhân tố cấu trúc, phân bố số cây của tầng cây gỗ theo cấp đường kính và chiều cao vút ngọn. Kết quả của nghiên cứu này sẽ góp phần bổ sung những hiểu biết về cấu trúc của rừng Tràm trồng trên đất phèn và là cơ sở khoa học cho việc đề xuất các giải pháp phù hợp nhằm bảo vệ và phát triển rừng bền vững trên đất phèn.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Rừng Tràm (*Melaleuca cajuputi*) trồng trên 02 kiểu lập địa của Vườn Quốc gia U Minh Hạ: kê líp và không kê líp.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp thu thập số liệu

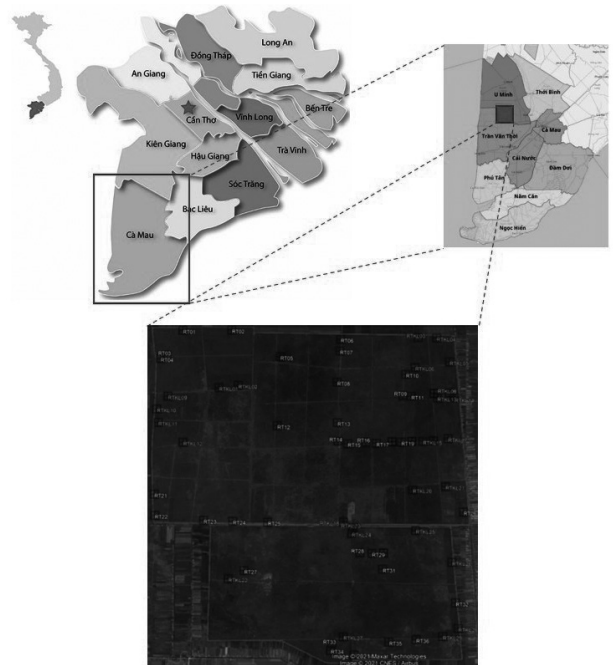
Tiến hành lập 65 ô đo đếm (ODD) hình chữ nhật được bố trí ngẫu nhiên, diện tích mỗi ô là 100 m² (10 m x 10 m). Trong đó rừng trồng kê líp: 29 ô đo đếm,

rừng trồng không kê líp 36 ô đo đếm. Các số liệu thực vật thân gỗ được thu thập bao gồm:

- Đánh dấu và đo đếm toàn bộ số cây có đường kính thân cây tại vị trí 1,3 m ($D_{1,3}$) từ 6 cm trở lên (tương đương với chu vi thân cây tại vị trí 1,3 m là 18,8 cm).

- Đo đường kính thân cây $D_{1,3}$ thông qua đo chu vi thân cây $C_{1,3}$ ($D_{1,3} = C_{1,3}/\pi$).

- Xác định chiều cao vút ngọn H_{vn} của cây bằng thước Blume - Leiss với độ chính xác 0,5 m.



Hình 1. Vị trí các ô tiến hành đo đếm tại Vườn Quốc gia U Minh Hạ

2.2.2. Phương pháp xử lý số liệu

- Một số chỉ tiêu về điều tra lâm phần

Các nhân tố cấu trúc bao gồm mật độ (N), đường kính trung bình ($D_{1,3}$), chiều cao vút ngọn trung bình (H_{vn}), tổng tiết diện ngang (G) và trữ lượng (M): $M = N \cdot V$, trong đó:

- + V là thể tích thân cây (m³), được xác định bởi công thức: $V = G \cdot H_{vn} \cdot f$

G: Tiết diện ngang tại vị trí 1,3 mét (m²)

H_{vn} : chiều cao vút ngọn (m)

f: Hình số thân cây ($f = 0,50$)

- + N: Mật độ cây (cây/ha)

- Quy luật kết cấu lâm phần

Quy luật kết cấu lâm phần là phân bố số cây theo

cấp đường kính ($N/D_{1,3}$) hay phân bố phần trăm số cây theo cấp đường kính ($N\%/D_{1,3}$) và phân bố số cây theo cấp chiều cao (N/H_{vn}) hay phân bố phần trăm số cây theo cấp đường kính ($N\%/H_{vn}$). Theo đó, nghiên cứu tiến hành thử nghiệm 03 dạng hàm lý thuyết (Mayer, Weibull, khoảng cách), các hàm toán học này đã được nhiều tác giả xác định rằng là mô hình lý thuyết tối ưu để mô phỏng quy luật phân bố số cây theo cấp đường kính và chiều cao trong nghiên cứu cấu trúc của lâm phần (Trần, 1990; Bảo-Huy, 2009; Nguyễn, 2014; Nguyễn, 2018; Phạm & Cao, 2018; Cao & Đỗ, 2019; Cao & cs., 2019):

* Hàm Meyer: Hàm có dạng: $f_x = \alpha \cdot e^{-\beta \cdot x}$

Trong đó: f_x là tần số quan sát; x là đại lượng quan sát; α và β là các tham số của hàm Meyer

* Hàm Weibull

Hàm mật độ có dạng $f_x(x) = \alpha \cdot \lambda \cdot x^{\alpha-1} \cdot e^{-\lambda \cdot x^\alpha}$

Tham số α đặc trưng cho độ lệch của phân bố, tham số λ đặc trưng cho độ nhọn của phân bố.

Dựa vào phân bố thực nghiệm để chọn tham số α :

+ Phân bố lệch trái: $1 < \alpha < 3$

+ Phân bố dạng lệch phải: $\alpha > 3$

+ Phân bố tiệm cận phân bố chuẩn: $\alpha = 3$

+ Phân bố có dạng phân bố giảm: $\alpha = 1$

* Hàm phân bố khoảng cách:

$$f(x) = \begin{cases} \gamma & \text{với } x = 0 \\ 100 \cdot (1-\alpha)(1-\gamma)\alpha^{x-1} & \text{với } x \geq 1 \end{cases}$$

trong đó: α và γ là 2 tham số. Phân bố khoảng cách có 1 đỉnh ở cỡ thứ 2 sau đó giảm dần khi x tăng.

$$\gamma = \frac{f_0}{n}$$

$$\alpha = 1 - \frac{(n - f_0)}{\sum f_i X_i}$$

f_0 : tần số quan sát tương ứng với tổ đầu tiên; n : dung lượng mẫu; $x = (x_i - x_1)/k$ với k là cự ly tổ; x_i : cỡ đường kính thứ i ; x_1 : cỡ đường kính của tổ thứ nhất

- Tương quan giữa chiều cao vút ngọn và đường kính thân cây ($H_{vn}/D_{1,3}$)

Xác định mối tương quan $H_{vn}/D_{1,3}$ trên cơ sở xây dựng một số phương trình toán học thử nghiệm. Lựa

chọn phương trình có hệ số xác định (R^2) lớn và các chỉ số sai lệch tính theo phần trăm (MAE); sai tiêu chuẩn ước lượng (SEE); tổng bình phương sai lệch (SSR) nhỏ, đồng thời phương trình đơn giản trong tính toán sẽ được lựa chọn.

- Phần mềm xử lý số liệu

Nhóm nghiên cứu sử dụng một số phần mềm: Microsoft Excel 2007, Statgraphics Centurion XV version 15.1.02 để phân tích và xử lý số liệu. Phương pháp xử lý số liệu được thực hiện theo hướng dẫn Bảo Huy, 2009.

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Cấu trúc rừng trồng Vườn Quốc gia U Minh Hạ

Số liệu đặc trưng mẫu của rừng trồng kê líp được tổng hợp từ 29 ô đo đếm (diện tích mỗi ô đo đếm 100 m²). Kết quả tính toán cho thấy, đường kính trung bình là 10,4 ± 0,2 cm (biến động từ 3,8 - 22,0 cm); chiều cao vút ngọn trung bình là 10,7 ± 0,1 m (biến động từ 6 - 16 m); tiết diện ngang trung bình là 0,0093 ± 0,003 m²/cây (0,0011 - 0,0380 m²/cây); thể tích thân cây trung bình là 0,0477 ± 0,0019 m³/cây (biến động từ 0,0031 - 0,2325 m³/cây). Qua đó cũng tính toán được mật độ cây trung bình của rừng trồng kê líp trong khu vực nghiên cứu là 4.486 cây/ha với tổng tiết diện ngang thân cây là 41,60 m²/ha và trữ lượng bình quân là 213,93 m³/ha.

Đối với kiểu rừng trồng không kê líp, đã tiến hành lập 36 ô đo đếm, diện tích mỗi ô đo đếm là 100 m². Kết quả tính toán cho thấy đường kính trung bình của cây cá thể của rừng trồng không kê líp là 8,2 ± 0,1 cm (đường kính nhỏ nhất là 3,2 cm và lớn nhất là 20,3 cm); chiều cao vút ngọn trung bình là 7,7 ± 0,1 m (chiều cao thấp nhất là 3 m, cao nhất là 13 m); tiết diện ngang trung bình là 0,0058 ± 0,0002 m²/cây (tiết diện ngang thân cây dao động từ 0,008 - 0,0324 m²/cây); thể tích thân cây bình quân 0,0215 ± 0,0008 m³/cây (dao động từ 0,0011 - 0,1348 m³/cây). Ngoài ra cũng tính toán được mật độ cây trung bình của kiểu rừng trồng không kê líp là 4.650 cây/ha, tiết diện ngang trung bình 26,80 m²/ha, trữ lượng trung bình là 100,03 m³/ha.

Bảng 1. Đặc trưng cấu trúc của hai kiểu rừng trồng tại Vườn Quốc gia U Minh Hạ

Kiểu rừng	N (cây/ha)	$\overline{D}_{1,3}$ (cm)	\overline{H}_{vn} (m)	\overline{G} (m ² /ha)	\overline{M} (m ³ /ha)
Rừng trồng kê líp	4.486	10,4	10,7	41,60	213,93
Rừng trồng không kê líp	4.650	8,2	7,7	26,80	100,03

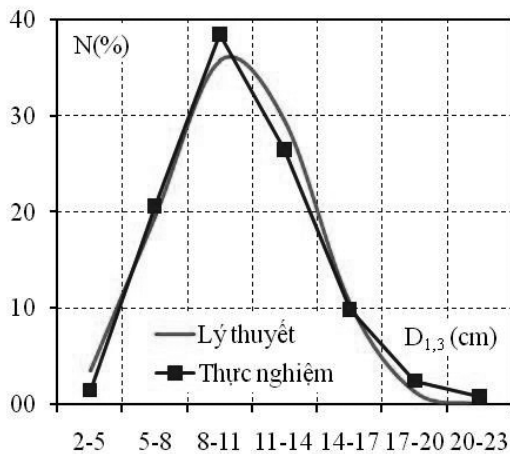
3.2. Phân bố phần trăm số cây theo đường kính ($N\%/D_{1,3}$)

Phân bố số cây theo cấp đường kính ($N/D_{1,3}$) hay phân bố phần trăm số cây theo cấp đường kính ($N\%/D_{1,3}$) phản ánh tỷ lệ số cây theo đường kính ở một đơn vị diện tích hay phản ánh phản ứng mức độ tác động giữa các cá thể trong lâm phần. Phân bố ($N/D_{1,3}$) hay ($N\%/D_{1,3}$) được xem là một trong những quy luật quan trọng trong kết cấu của lâm phần vì nó thể hiện quy luật sắp xếp các quần thể cấu tạo nên quần

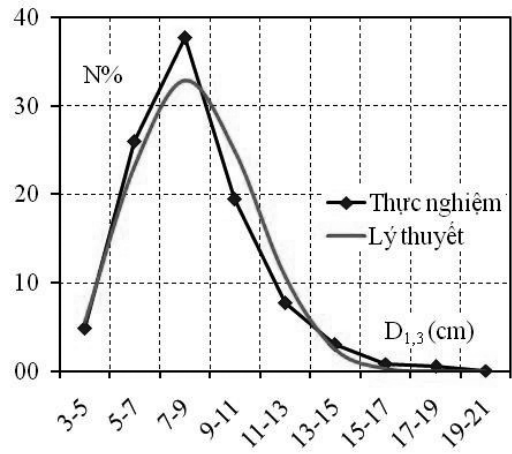
thể cây rừng trong không gian theo thời gian. Từ quy luật phân bố số cây theo cấp đường kính có thể đánh giá được kết cấu của rừng, đề xuất các giải pháp lâm sinh phù hợp để xây dựng quần xã có năng suất và ổn định cao. Kết quả nghiên cứu cho thấy, hàm Weibull hai tham số thể hiện tốt nhất mối quan hệ giữa phần trăm số cây ($N\%$) với đường kính thân cây ($D_{1,3}$) của cả hai kiểu rừng: rừng trồng kê líp và rừng trồng không kê líp tại Vườn Quốc gia U Minh Hạ. Kết quả phương trình tương quan được tổng hợp ở Bảng 2.

Bảng 2. Kết quả mô phỏng quy luật tương quan $N\%/D_{1,3}$ cho hai kiểu rừng trồng tại Vườn Quốc gia U Minh Hạ

Kiểu rừng	Phân bố	Các tham số				χ^2 tính	χ^2 bảng	Kết luận
		α	β	γ	λ			
Rừng trồng kê líp	Weibull	2,895			0,001	1,06	5,99	H_0^+
	Mayer	20,390	0,090			180,55	5,99	H_0^-
	Khoảng cách	0,577		0,015		30,95	5,99	H_0^-
Rừng trồng không kê líp	Weibull	2,567			0,010	2,55	7,81	H_0^+
	Mayer	165,480	0,325			114,88	3,84	H_0^-
	Khoảng cách	0,788		0,006		60,10	11,07	H_0^-



(a) Rừng trồng kê líp



(b) Rừng trồng không kê líp

Hình 2. Biểu đồ so sánh giá trị lý thuyết và thực nghiệm của phân bố $N\%/D_{1,3}$

Kết quả nghiên cứu cho thấy sự phân bố của cả hai kiểu rừng tại Vườn Quốc gia U Minh Hạ đều có dạng 1 đỉnh lệch trái (Hình 2), số cây tập trung nhiều nhất ở cỡ đường kính trung bình từ 7 - 11 cm (từ 8 - 11 cm đối với rừng trồng kê líp và 7 - 9 cm đối với rừng trồng không kê líp). Do đó có thể cải thiện tình hình rừng bằng cách loại bỏ những cây có phẩm chất kém, những cây quá già cỗi để tạo không gian sinh trưởng các những cây kế cận.

3.3. Phân bố phần trăm số cây theo cấp chiều cao ($N\%/H_{vn}$)

Kết quả mô phỏng phân bố phần trăm số cây ($N\%$) với chiều cao vút ngọn (H_{vn}) bằng 3 hàm phân bố lý thuyết: Weibull, Mayer và khoảng cách đối với kiểu rừng trồng kê líp và rừng trồng không kê líp tại Vườn Quốc gia U Minh Hạ được tổng hợp ở Bảng 3.

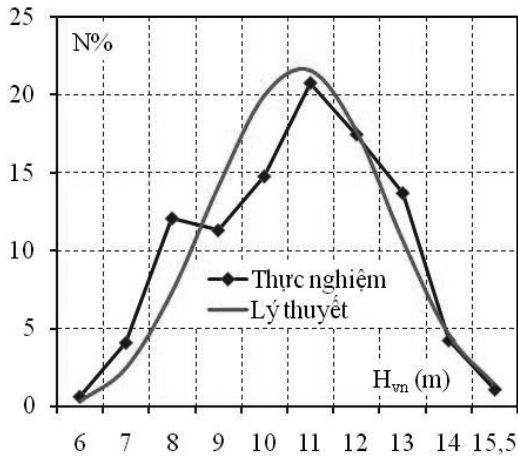
Kết quả tổng hợp ở Bảng 3 cho thấy sự phân bố

$N\%/H_{vn}$ của cả hai kiểu rừng tại Vườn Quốc gia U Minh Hạ đều phù hợp với phân bố Weibull (χ^2 tính < χ^2 bảng). Phân bố $N\%/H_{vn}$ có dạng 1 đỉnh hơi lệch

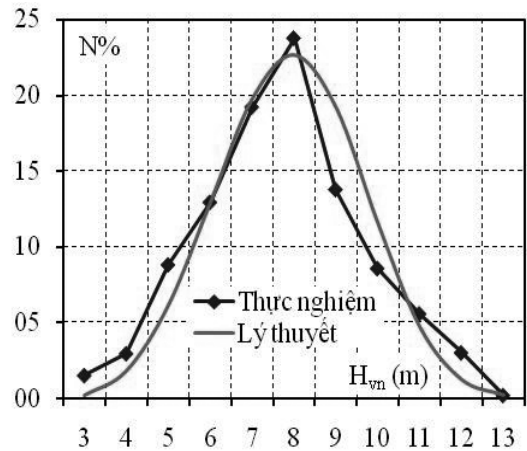
phải ($\alpha > 3$) (Hình 3), số cây tập trung nhiều nhất ở cỡ đường kính trung bình từ 11 cm đối với rừng trồng kê líp và 8 cm đối với rừng trồng không kê líp.

Bảng 3. Kết quả mô phỏng quy luật tương quan $N\%/H_{vn}$ cho hai kiểu rừng trồng tại Vườn Quốc gia U Minh Hạ

Kiểu rừng	Phân bố	Các tham số				χ^2 tính	χ^2 bảng	Kết luận
		α	β	γ	λ			
Rừng trồng kê líp	Weibull	3,339			0,003	6,86	9,49	H_0^+
	Mayer	0,788	0,006			60,11	11,07	H_0^-
	Khoảng cách	4,504		-0,033		89,19	14,07	H_0^-
Rừng trồng không kê líp	Weibull	3,695			0,001	6,67	9,49	H_0^+
	Mayer	13,491	0,119			86,84	7,81	H_0^-
	Khoảng cách	0,790		0,015		66,03	11,07	H_0^-



(a) Rừng trồng kê líp



(b) Rừng trồng không kê líp

Hình 3. Biểu đồ so sánh giá trị lý thuyết và thực nghiệm của phân bố $N\%/H_{vn}$

3.4. Tương quan giữa chiều cao vút ngọn với đường kính thân cây ($H_{vn}/D_{1,3}$)

Trong nghiên cứu lâm nghiệp, việc xác định mối tương quan giữa các nhân tố điều tra là hết sức cần thiết. Trong các điều tra về cây rừng cho thấy chỉ tiêu về H_{vn} và $D_{1,3}$ có mối quan hệ với nhau. Ứng với mỗi cỡ đường kính có thể xác định được chiều cao vút ngọn của cây thông qua một số hàm toán học với

sai số nhất định. Đồng thời, trong lâm nghiệp yếu tố chiều cao H_{vn} thường khó xác định và kém chính xác hơn đường kính thông qua xác định chu vi thân cây.

Để xác định mối tương quan giữa chiều cao và đường kính cây tại khu vực nghiên cứu, đề tài đã tiến hành thăm dò một số phương trình tương quan nhằm lựa chọn phương trình phù hợp nhất. Kết quả thăm dò được tổng hợp ở Bảng 4 và Bảng 5:

Bảng 4. Các phương trình thăm dò tương quan $H_{vn}/D_{1,3}$ rừng trồng kê líp

STT	Phương trình thăm dò	Chỉ tiêu so sánh			
		R^2 (%)	SEE	MAE	SSR
1	$H_{vn} = \sqrt{-40,172 + 69,996 \cdot \ln(D_{1,3})}$	95,8	8,61	7,28	1261,02
2	$H_{vn} = 2,8975 + 3,4383 \cdot \ln(D_{1,3})$	95,7	0,43	0,37	3,08
3	$H_{vn} = 1/(0,0639 + 0,2727/D_{1,3})$	95,5	0,01	0,00	0,00
4	$H_{vn} = (2,0203 + 0,5440 \cdot \ln(D_{1,3}))^2$	95,3	0,07	0,06	0,09
5	$H_{vn} = \exp(1,5630 + 0,3466 \cdot \ln(D_{1,3}))$	94,4	0,05	0,04	0,04

Bảng 5. Các phương trình thăm dò tương quan $H_{vn}/D_{1,3}$ rừng trồng không kê líp

STT	Phương trình thăm dò	Chỉ tiêu so sánh			
		R ² (%)	SEE	MAE	SSR
1	$H_{vn} = 1/(0,0822 + 0,4345/D_{1,3})$	69,9	0,02	0,01	0,01
2	$H_{vn} = \exp(2,3958 - 2,9707/D_{1,3})$	64,9	0,15	0,10	0,33
3	$H_{vn} = (3,2662 - 3,9422/D_{1,3})^2$	62,0	0,21	0,15	0,67
4	$H_{vn} = 10,4502 - 21,1375/D_{1,3}$	59,1	1,20	0,84	21,66
5	$H_{vn} = \text{sqrt}(103,531 - 313,055/D_{1,3})$	53,0	20,1	13,8	6077,64

Theo kết quả từ Bảng 4 cho thấy các phương trình thăm dò có R² biến động từ 94,4% - 95,8% điều này thể hiện mối quan hệ giữa chiều cao và đường kính thân cây của rừng trồng kê líp tại khu vực nghiên cứu có mối quan hệ chặt chẽ với nhau. Nếu dựa vào hệ số R² thì phương trình được chọn là phương trình 1 vì có hệ số R² cao nhất (95,8%), còn nếu dựa vào các yếu tố MAE, SEE, SSR thì phương trình được chọn là phương trình 3. Qua phân tích, so sánh các yếu tố, nhóm nghiên cứu chọn phương trình biểu diễn tương quan giữa chiều cao và đường kính thân cây của rừng trồng kê líp có dạng:

$$H_{vn} = 1/(0,0639 + 0,2727/D_{1,3})$$

(Với R² = 95,5%; 3,8 cm ≤ D_{1,3} ≤ 22,0 cm)

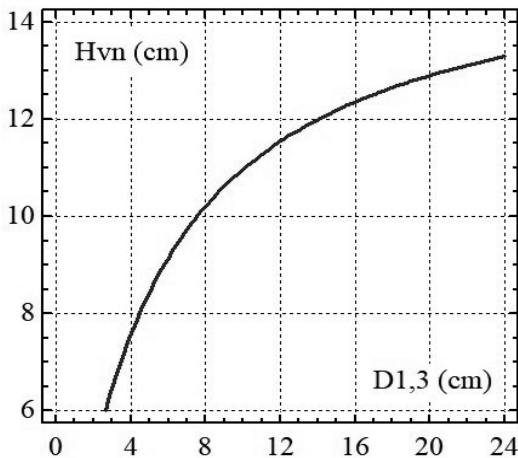
Kết quả tổng hợp ở Bảng 5 cho thấy, hệ số xác

định của các phương trình thăm dò tương đối thấp (53,0% - 69,9%) chứng tỏ giữa H_{vn} và D_{1,3} của rừng trồng không kê líp có mối quan hệ không chặt chẽ. Theo khảo sát thì một số khu vực đo đếm cây Tràm đang có hiện tượng bị suy thoái (khô, chết ngọn), điều này ảnh hưởng đến việc xây dựng phương trình H_{vn}/D_{1,3}. Qua so sánh các chỉ tiêu thì phương trình được chọn để thể hiện mối tương quan giữa chiều cao và đường kính thân cây của kiểu rừng trồng không kê líp có dạng:

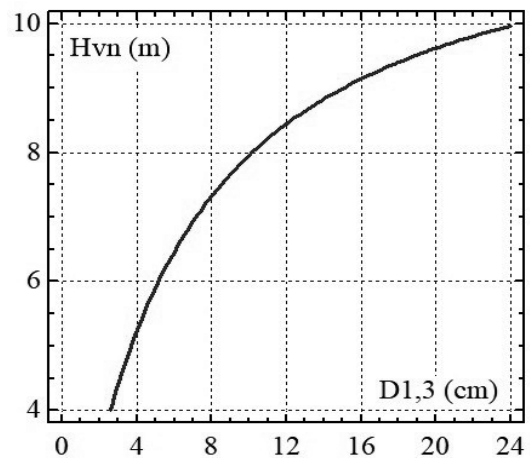
$$H_{vn} = 1/(0,0822 + 0,4345/D_{1,3})$$

(Với R² = 69,9%; 3,2 cm ≤ D_{1,3} ≤ 20,3 cm)

Đồ thị biểu diễn tương quan giữa chiều cao vút ngọn (H_{vn}) và đường kính (D_{1,3}) ở hai kiểu rừng: rừng trồng kê líp và rừng trồng không kê líp được thể hiện ở Hình 4:



(a) Rừng trồng kê líp



(b) Rừng trồng không kê líp

Hình 4. Tương quan $H_{vn}/D_{1,3}$ của rừng trồng kê líp và rừng trồng không kê líp tại Vườn Quốc gia U Minh Hạ

4. Kết luận và kiến nghị

4.1. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy mật độ bình quân của rừng trồng kê lúp là 4.486 cây/ha với trữ lượng bình quân là 213,93 m³/ha; mật độ bình quân của rừng trồng không kê lúp là 4.650 cây/ha, trữ lượng trung bình là 100,03 m³/ha. Hàm phân bố lý thuyết Weibull thể hiện tốt nhất cho quy luật phân bố phần trăm số cây theo cấp đường kính ($N\%/D_{1,3}$). Phương trình mô phỏng cho mối tương quan $H_{vn}/D_{1,3}$ của kiểu rừng trồng kê lúp là $H_{vn} = 1/(0,0639 + 0,2727/D_{1,3})$, rừng trồng không kê lúp là $H_{vn} = 1/(0,0822 + 0,4345/D_{1,3})$.

4.2. Kiến nghị

Cần nghiên cứu thêm mối quan hệ giữa cấu trúc rừng (đường kính trung bình, chiều cao trung bình, độ tàn che, tỷ lệ cây tốt,...) với chiều sâu ngập nước.

Lời cảm ơn: Bài báo này sử dụng một phần dữ liệu tại kết quả nghiên cứu của tác giả chính trong Luận văn Thạc sỹ Khoa học Lâm nghiệp ngành Lâm học - Trường Đại học Nông Lâm Thành phố Hồ Chí Minh. Xin chân thành cảm ơn quý đồng nghiệp tại Vườn Quốc gia U Minh Hạ đã hỗ trợ hoàn thành bài viết này.

Tài liệu tham khảo

Bào, H. (2009). *Thống kê tin học trong Lâm nghiệp, áp dụng phần mềm Statgraphics Centurion và MS. Excel (Dùng cho cao học Lâm nghiệp)*. Trường Đại học Tây Nguyên.

Cao, T. T. H., & Đỗ, H. H. (2019). Một số đặc điểm cấu trúc và đa dạng loài cây gỗ rừng tự nhiên

trạng thái IIIA1 ở sườn Đông và sườn Tây tại Phân khu phục hồi sinh thái của Vườn Quốc gia Ba Vì, Hà Nội. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp, số 1*, 45-51.

Cao, T. T. H., Nguyễn, Đ. C., Bùi, M. H., & Nguyễn, V. B. (2019). Một số đặc điểm cấu trúc và đa dạng loài cây gỗ của rừng lá rộng thường xanh tại Vườn quốc gia Ba Bè. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp, số 3*, 35-45.

Phạm, Q. V., & Cao, T. T. H. (2018). Một số đặc điểm cấu trúc và đa dạng loài tầng cây cao của rừng tự nhiên trạng thái IIIA tại huyện An Lão, tỉnh Bình Định. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp, số 1*, 69-78.

Nguyễn, M. C. (2018). *Đặc điểm cấu trúc và đa dạng thực vật thân gỗ của các trạng thái rừng tại Khu Bảo tồn thiên nhiên Núi Ông, tỉnh Bình Thuận. Luận án Tiến sĩ Lâm nghiệp*. Trường Đại học Nông Lâm Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam.

Nguyễn, T. B. (2014). Nghiên cứu một số đặc điểm cấu trúc và tính đa dạng sinh học kiểu rừng kín thường xanh hỗn giao lá rộng và cây lá kim tại Vườn Quốc gia Bidoup - Núi Bà. *Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp, số 2*, 3255-3263.

Trần, V. C. (1990). *Khả năng ứng dụng mô phỏng toán để nghiên cứu một vài đặc trưng cấu trúc và động thái của hệ sinh thái rừng Khộp Tây Nguyên*. Luận án Phó Tiến sĩ Nông học. Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam.

Vườn Quốc gia U Minh Hạ. (2021). *Phương án Quản lý rừng bền vững (Đối với rừng đặc dụng) giai đoạn 2021 - 2030*.