

NGHIÊN CỨU ĐẶC ĐIỂM SINH TRƯỞNG, SINH KHỐI VÀ CARBON RỪNG NGẬP MẶN TỰ NHIÊN TẠI CẦN GIỜ, THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

Hoàng Văn Thoi¹, Bùi Nguyễn Thế Kiệt², Lê Thanh Quang¹,
Nguyễn Minh Hoan¹, Đinh Thị Phương Vy¹

*Viện Khoa học Lâm nghiệp Nam Bộ¹
Ban Quản lý rừng phòng hộ Cần Giờ²*

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện tại các tiểu khu 4A, 24, 6B, 15A, 14 và 21 thuộc Ban Quản lý Rừng phòng hộ huyện Cần Giờ, thời gian từ tháng 1 - 12 năm 2024, bằng cách thiết lập 18 tuyến điều tra, chiều dài mỗi tuyến trung bình 3.600 m, cự ly giữa các tuyến 1.000 - 1.500 m, tổng chiều dài 61.500 m đi qua các trạng thái rừng chính của khu vực nghiên cứu; trên các tuyến bố trí 54 ô tiêu chuẩn điển hình, diện tích 500 m²/ô, đại diện cho dạng lập địa 1 - sét mềm, ngập triều trung bình, mặn ít (Mi), lập địa 2 - sét mềm, ngập triều trung bình, mặn trung bình (M) và lập địa 3 - sét mềm, ngập triều trung bình, mặn nặng (Mn) và sự khác biệt về phân cấp giá trị của chỉ số thực vật (NDVI), cấp 0 (0 - 0,1), cấp 1 (0,1 - 0,2), cấp 2 (0,2 - 0,3), cấp 3 (0,3 - 0,4), cấp 4 (0,4 - 0,5) và cấp 5 (0,5 - 0,6) thu thập các chỉ tiêu đường kính ngang ngực (D_{1,3}), chiều cao vút ngọn (H_{vn}), chiều cao dưới cành (Hdc), đường kính tán cây (Dt), thành phần loài cây. Kết quả đã xác định (1) sinh trưởng D_{1,3}, H_{vn}, Hdc, Dt của các lâm phần rừng ngập mặn phụ thuộc vào dạng lập địa và chỉ số NDVI; gia tăng theo hướng tăng dần của cấp NDVI, cao nhất ở cấp 5 và thấp nhất ở cấp 0; tăng cao ở lập địa Mi và lập địa M và thấp ở lập địa Mn; (2) trữ lượng rừng thay đổi theo cấp NDVI và dạng lập địa; trữ lượng rừng gia tăng theo hướng tăng dần của cấp NDVI, cao nhất ở cấp 5 và thấp nhất ở cấp 0; trữ lượng cao ở lập địa Mi và lập địa M và thấp ở lập địa Mn; (3) sinh khối và khả năng tích lũy carbon cao ở lập địa Mi và lập địa M, thấp ở lập địa Mn; lập địa Mi và lập địa M với giá trị trữ lượng carbon cây là 84,78 tấn/ha và 77,42 tấn/ha khác biệt có ý nghĩa thống kê so với lập địa Mn là 65,37 tấn/ha; trữ lượng carbon thay đổi theo hướng tăng dần của chỉ số NDVI.

Từ khóa: Cấu trúc, lập địa, chỉ số NDVI, sinh trưởng, sinh khối, trữ lượng rừng

RESEARCH ON GROWTH CHARACTERISTICS, BIOMASS AND CARBON OF NATURAL MANGROVE FORESTS IN CAN GIO DISTRICT, HO CHI MINH CITY

Hoang Van Thoi¹, Bui Nguyen The Kiet², Le Thanh Quang¹, Nguyen Minh Hoan¹,

*Forestry Science Institute of South Vietnam¹
Can Gio Protection Forest Management Board²*

The study was conducted in 4A, 6B, 14, 15A, 21 and 24 compartments of Can Gio Forest Management Board, from January to December 2024, by establishing 18 survey lines, each line is 3,600 m long on average, the distance between lines is 1,000 - 1,500 m, the total length is 61,500 m passing through the main forest states of the study area; On the transects, 54 typical standard plots were arranged, with an area of 500 m²/plot, representing site type of clay, medium tidal flooding, low salinity (Mi), clay, medium tidal flooding, medium salinity (M) and clay, medium tidal flooding, high salinity (Mn) and the difference in the level of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), level 0 (0.0 - 0.1), level 1 (0.1 - 0.2), level 2 (0.2 - 0.3), level 3 (0.3 - 0.4), level 4 (0.4 - 0.5) and level 5 (0.5 - 0.6) to collect the following indicators: diameter at breast height (D_{1,3}), tree height (H_{vn}), tree height below the branch (Hdc), tree canopy diameter (Dt), tree species composition. The results determined that (1) the growth of D_{1,3}, H_{vn}, Hdc, Dt of restored and poor mangrove forest stands depends on the site type and NDVI index; increasing in the direction of increasing NDVI level, highest at level 5 and lowest at NDVI level 1; increasing at site Mi and site M and low at site Mn; (2) forest reserves change according to NDVI level and site type; forest reserves increased with increasing NDVI level, highest at level 5 and lowest at level 0; high reserves in site Mi and site M and low in site Mn; (3) biomass and carbon accumulation capacity were high in site Mi and site M, low in site Mn; site Mi and site M with tree carbon reserve values of 84.78 tons/ha and 77.42 tons/ha were statistically different from site Mn at 65.37 tons/ha; carbon reserves changed with increasing NDVI index.

Keywords: Structure, site, NDVI index, growth, biomass, forest reserves

I. GIỚI THIỆU

Rừng ngập mặn đóng vai trò quan trọng trong việc chắn sóng, chắn gió, điều hòa khí hậu, giảm ô nhiễm khu vực, giảm thiểu tác động của biến đổi khí hậu. Rừng ngập mặn góp phần phát triển kinh tế vùng ven biển như nuôi trồng, đánh bắt thủy sản, ương giống và bãi đẻ cho các nguồn lợi thủy sản có giá trị kinh tế cao như cá chẽm, cá mú, cá ngát, tôm, hào, nghêu, ốc các loại... (Alongi và Mukhopadhyay, 2015). Bên cạnh đó, các giá trị về gỗ và lâm sản ngoài gỗ là nguồn thu nhập rất lớn, các giá trị về cảnh quan môi trường là điểm du lịch sinh thái hấp dẫn, thu hút hàng chục ngàn lượt khách tới thăm mỗi năm, mang lại nguồn thu nhập đáng kể cho người dân địa phương. Với 13.490,20 ha diện tích rừng tự nhiên; trong đó khoảng 3.679 ha là rừng tự nhiên nghèo và rừng phục hồi 7.952 ha (UBND TP. Hồ Chí Minh, 2022) cũng đang có vai trò quan trọng trong việc duy trì tính đa dạng sinh học, phòng hộ môi trường sinh thái và sinh kế cho người dân. Tuy nhiên, các nghiên cứu về đặc điểm cấu trúc của rừng tự nhiên chủ yếu xác định thành phần loài, phạm vi phân bố... mà ít có các nghiên cứu về đặc điểm cấu trúc, sinh trưởng, sinh khối, định lượng carbon rừng.

Nghiên cứu này là một phần của đề tài “Nghiên cứu kỹ thuật làm giàu rừng ngập mặn ven biển Cần Giờ thích ứng với biến đổi khí hậu” với mục tiêu (i) xác định được một số đặc điểm sinh trưởng, trữ lượng, sinh khối và khả năng tồn trữ carbon của các trạng thái rừng và (ii) đánh giá sự khác biệt về các chỉ tiêu nghiên cứu theo các trạng thái rừng (thông qua các cấp NDVI) và theo các dạng lập địa chính.

Các kết quả tính toán về các chỉ tiêu sinh trưởng, sinh khối và carbon rừng giúp định lượng hóa để làm cơ sở đánh giá giá trị kinh tế, giá trị phòng hộ môi trường của rừng. Từ đó đề xuất các biện

pháp kỹ thuật gia tăng năng lực phòng hộ của hệ sinh thái rừng ngập mặn, nhằm ứng phó với biến đổi khí hậu.

II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

- Đối tượng nghiên cứu là rừng ngập mặn tự nhiên, nghiên cứu này tập trung vào đối tượng là các quần xã rừng ngập mặn nghèo và đang phục hồi, cụ thể là:

+ Rừng ngập mặn nghèo: 3.679,5 ha, bao gồm các quần xã Đước - Mắm, Đà - Mắm, Giá - Mắm, Mắm - Sứ.

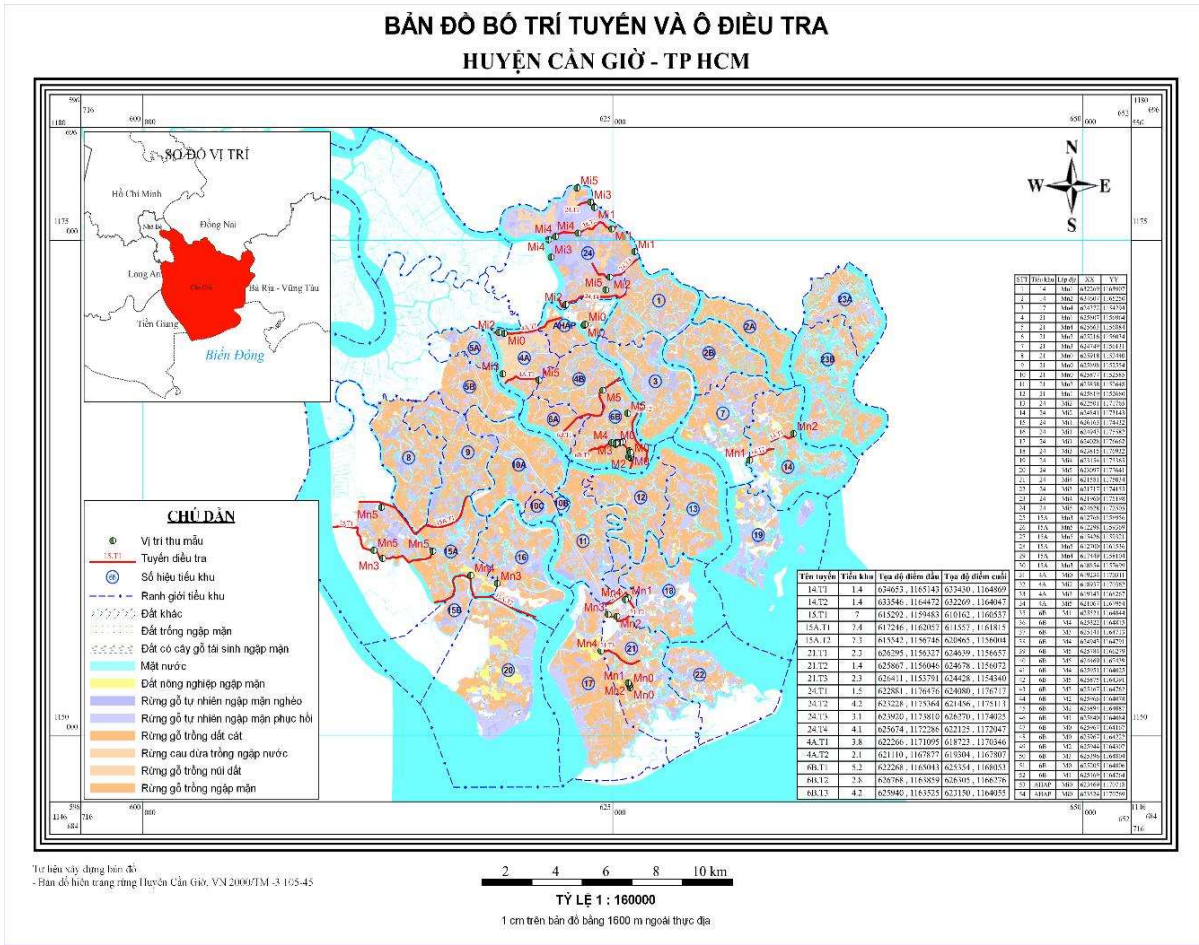
+ Rừng ngập mặn phục hồi: 7.952,9 ha, bao gồm các quần xã Đước - Đà - Mắm, Đà - Mắm, Giá - Mắm, Mắm - Sứ.

- Phạm vi nghiên cứu này được thực hiện tại tiểu khu 4A, 24 (lập địa 1: đất sét mềm, ngập triều trung bình, mặn ít - Mi), tiểu khu 6B, 15A (lập địa 2: đất sét mềm, ngập triều trung bình, mặn trung bình - M) và tiểu khu 14, 21 (lập địa 3: đất sét mềm, ngập triều trung bình, mặn nặng - Mn) thuộc Ban Quản lý Rừng phòng hộ huyện Cần Giờ, thành phố Hồ Chí Minh.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp bố trí tuyến và ô điều tra

Điều tra theo tuyến: Trên cơ sở bản đồ hiện trạng rừng, bản đồ lập địa ở khu vực rừng ngập mặn Cần Giờ, và kết quả thành lập bản đồ dựa vào chỉ số khác biệt thực vật (NDVI) năm 2023 (Hoàng Văn Thơi, 2024), tiến hành bố trí các tuyến điều tra đi qua các dạng lập địa và trạng thái rừng khác nhau để đánh giá hiện trạng rừng. Thiết lập các tuyến đi qua các dạng lập địa, trạng thái rừng và các cấp NDVI, trên các tuyến sẽ thiết lập các ô tiêu chuẩn tạm thời để điều tra chi tiết (hình 1).



Hình 1. Sơ đồ bố trí tuyến và ô điều tra

+ Số lượng 18 tuyến, chiều dài tuyến trung bình 3.600 m, cự ly giữa các tuyến 1.000 - 1.500 m, tổng chiều dài các tuyến 61.500 m.

+ Địa điểm các tuyến điều tra tại tiểu khu 4A, 24 (đất ngập mặn ít), tiểu khu 6B, 15A (đất ngập mặn trung bình) và tiểu khu 14, 21 (đất ngập mặn nặng).

- Lập ô tiêu chuẩn điển hình điều tra cấu trúc, sinh trưởng rừng, chất lượng rừng: Trên các tuyến điều tra, tùy theo hiện trạng rừng và lập địa, lập các ô tiêu chuẩn điển hình, tạm thời.

Số ô điều tra: 2 trạng thái × 3 dạng lập địa × 3 cấp NDVI × 3 ô = 54 ô.

Ô tiêu chuẩn là một hình chữ nhật có cạnh 25 × 20 m (500 m²) trong ô này tất cả các cây gỗ có đường kính ở độ cao 1,3 m ($D_{1,3} \geq 6$ cm (gọi là cây ở tầng cây cao) đều được đo ghi lại các thông số sau:

- Loài;
- Chiều cao vút ngọn H_{vn} (m);
- Chiều cao dưới cành H_{dc} (m);
- Đường kính ngang ngực $D_{1,3}$ (cm).

2.2.2. Phương pháp thu thập số liệu

Các chỉ tiêu nghiên cứu: Các chỉ tiêu điều tra, thu thập số liệu dựa theo Thông tư 33/2018/TT - BNN gồm: loài cây, $D_{1,3}$, H_{vn} , H_{dc} , Dt.

2.2.3. Phương pháp phân tích và xử lý số liệu

- Các chỉ tiêu sinh trưởng rừng ($D_{1,3}$, H_{vn} , H_{dc} , Dt) được tính bình quân

- Trữ lượng rừng được ước lượng bằng công thức: $M = GHF$, trong đó, tổng thiết diện ngang thân cây (G) = $N \times (D_{1,3}^2 \times 3,14)/4$ và F được tạm chấp nhận chung là 0,5 cho tất cả các loài.

- Sinh khối: Áp dụng phương trình ước lượng sinh khối khô. Tính sinh khối rừng theo công thức: Tổng SK = \sum Ski. Trong đó: Ski là sinh khối của loài i, dựa vào các phương trình toán học của các tác giả đã xây dựng cho loài i, chi tiết cho từng loài cây nêu trong bảng 1.

Bảng 1. Ước tính sinh khối khô cây cá thể theo loài cây và loại rừng

| Tên loài | Loại rừng | Wa (kg) | Wb (kg) | Wt (kg) | r (g/cm ³) | Nguồn |
|----------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Bần chua (<i>Sonneratia caseolaris</i>) | RTN | NA | NA | $Wt = 0,299 \times D^2,300$ | | Cecep Kusmana <i>et al.</i> (2018) |
| Bần ổi (<i>Sonneratia ovate</i> Back) | RTN | NA | NA | $Wt = 0,299 \times D^2,300$ | | Cecep Kusmana <i>et al.</i> (2018) |
| Bần trắng (<i>Sonneratia alba</i>) | RTN | $Wa = 0,1925 \times D^2,2953$ | $Wb = Wa \times 0,22$ | $Wt = Wa + Wb$ | | Bùi Thế Kiệt và Viên Ngọc Nam (2016) |
| | RRT | | | $Wt = 0,299 \times D^2,300$ | | Cecep Kusmana <i>et al.</i> (2018) |
| Cóc trắng (<i>Lumnitzera racemosa</i> Willd.) | RTN | $Wa = 0,17446 \times D^2,3263$ | $Wb = Wa \times 0,22$ | $Wt = Wa + Wb$ | | Phan Văn Trung <i>et al.</i> , 2005 |
| | RRT | $Wa = 0,075 \times D^2,3721$ | $Wb = Wa \times 0,22$ | $Wt = Wa + Wb$ | | Viên Ngọc Nam, 2011 |
| Cui (<i>Heritiera littoralis</i> Dryand) | RTN | $Wa = 0,251 \times p \times D^2,46$ | $Wb = 0,199 \times p^0,899 \times D^2,22$ | $Wt = Wa + Wb$ | 0,56 | Komiyama <i>et al.</i> (2005); IPCC, 2006 |
| Dà quánh (<i>Ceriops decandra</i>) | TN, RT | $Wa = 0,2079 \times D^2,407$ | $Wb = 0,199 \times p^0,899 \times D^2,22$ | $Wt = Wa + Wb$ | 0,884 | Binh, C.H & Nam, V.N, 2009; Komiyama <i>et al.</i> (2005) |
| Dà vôi (<i>Ceriops tagal</i> (Perr.) C. B. Roxb.) | RTN, RT | $Wa = 0,856 \times D^1,53$ | $Wb = 0,199 \times p^0,899 \times D^2,22$ | $Wt = Wa + Wb$ | 0,884 | Nam, V.N, 2010; Komiyama <i>et al.</i> (2005) |
| Đưng (<i>Rhizophora mucronata</i> Lam.) | RTN, RT | $Wa = 0,251 \times p \times D^2,46$ | $Wb = 0,199 \times p^0,899 \times D^2,22$ | $Wt = Wa + Wb$ | 0,792 | Komiyama <i>et al.</i> (2005) |
| Đước (<i>Rhizophora apiculata</i> Blume.) | TN, RT | | | $Wt = 0,72289 \times D^2,1326$ | | Huỳnh Đức Hoàn <i>et al.</i> , (2018) |
| Giá (<i>Excoecaria agallocha</i> L.) | RTN, RT | $Wa = 0,251 \times p \times D^2,46$ | $Wb = 0,199 \times p^0,899 \times D^2,22$ | $Wt = Wa + Wb$ | 0,726 | Komiyama <i>et al.</i> (2005) |
| Mắm biển (<i>Avicennia marina</i> (Forsk.) Vierh) | RTN | $Wa = 0,308 \times D^2,11$ | $Wb = 1,28 \times D^1,17$ | $Wt = Wa + Wb$ | | Comley and McGuinness (2005) |
| Mắm đen (<i>Avicennia officinalis</i> Vierh) | RTN, RT | $Wa = 0,308 \times D^2,11$ | $Wb = 1,28 \times D^1,17$ | $Wt = Wa + Wb$ | | Comley and McGuinness (2005) |

Ghi chú: Wa: Tổng sinh khối khô trên mặt đất cây cá thể, kg; Wb: Tổng sinh khối khô dưới mặt đất cây cá thể, kg; Wt: Tổng sinh khối khô trên mặt đất và dưới mặt đất cây cá thể, kg; D: Đường kính ngang ngực (cm); r(g/cm³): Khối lượng thể tích gỗ; R/s = 0,22: Tỷ lệ sinh khối dưới mặt đất và trên mặt đất mặc định cho rừng ngập mặn theo IPCC 2006.

- Đối với loài ngoài không được liệt kê tại bảng 1, sinh khối và carbon cây được tính theo công thức của Komiyama và đồng tác giả (2008):

$$Wt = Wa + Wb$$

+ Tổng sinh khối: Wt

+ Sinh khối trên mặt đất:

$$Wa(kg) = 0,251 \times p \times D_{1,3}^{2,46}$$

+ Sinh khối dưới mặt đất:

$$Wb(kg) = 0,199 \times p^{0,899} \times D_{1,3}^{2,22}$$

Trong đó: $D_{1,3}$ là đường kính thân cây tại vị trí 1,3 m. p: tỷ trọng gỗ. Tỷ trọng của 3 loài cây (Vẹt Tách, Đước Đồi, Mắm Trắng) (g/cm^3). Vẹt 0,74; Đước 0,85; Mắm 0,56 (World Agroforest Center, 2013).

- Trữ lượng Carbon và hấp thụ CO_2 trên mặt đất: Áp dụng hệ số chuyển đổi từ sinh khối khô qua carbon = 0,43.

2.2.4. Công cụ tính toán

Sử dụng phần mềm Excel và Stagraphic để xử lý thống kê.

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đánh giá các chỉ tiêu cấu trúc, sinh trưởng rừng theo cấp NDVI và lập địa

Bảng 2. Đặc điểm cấu trúc ($D_{1,3}$, H_{vn} , Hdc, Dt, N) cây thân gỗ rừng ngập mặn nghèo (NMN) và rừng phục hồi (NMP) theo dạng lập địa và NDVI tại vùng ven biển Cần Giờ

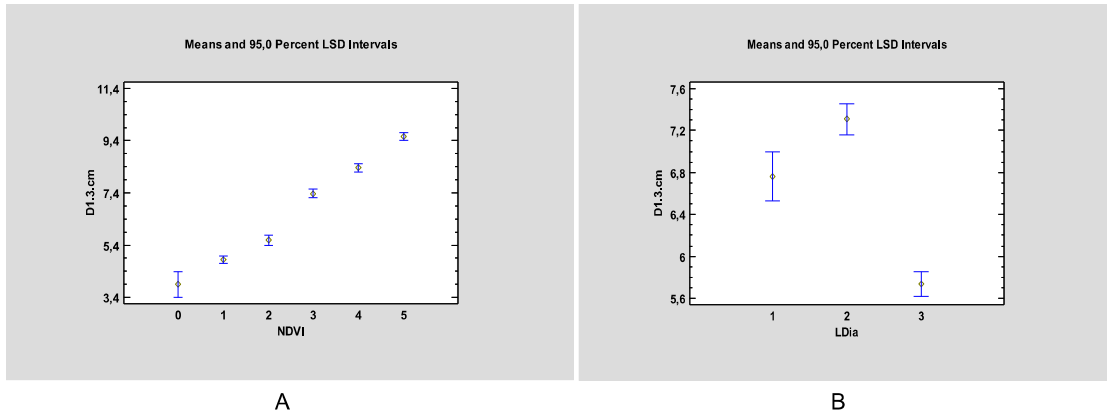
| Lập địa | Cấp NDVI | $D_{1,3}$ (cm) | H_{vn} (m) | Hdc (m) | Dt (m) | N (cây/ha) |
|---------|----------|----------------|--------------|---------|--------|------------|
| Mi | 0 | 2,9 | 2,4 | 1,0 | 0,4 | 500 |
| | 1 | 4,7 | 4,8 | 2,1 | 1,4 | 2.575 |
| | 2 | 5,6 | 5,3 | 3,7 | 1,8 | 2.800 |
| | 3 | 8,4 | 5,6 | 4,0 | 1,8 | 2.050 |
| | 4 | 9,4 | 6,3 | 4,4 | 2,0 | 2.233 |
| | 5 | 9,6 | 7,4 | 5,2 | 2,3 | 2.342 |
| M | 0 | 5,5 | 4,6 | 2,1 | 1,1 | 493 |
| | 1 | 6,3 | 5,9 | 3,4 | 1,1 | 2.373 |
| | 2 | 6,3 | 5,8 | 3,8 | 1,3 | 3.400 |
| | 3 | 7,8 | 6,7 | 4,5 | 1,5 | 2.967 |
| | 4 | 8,1 | 7,1 | 5,2 | 1,6 | 3.293 |
| | 5 | 9,8 | 8,1 | 5,4 | 1,9 | 2.307 |
| Mn | 0 | 3,3 | 2,9 | 1,3 | 0,7 | 653 |
| | 1 | 3,5 | 4,9 | 2,3 | 0,8 | 3.667 |
| | 2 | 4,8 | 4,9 | 2,8 | 0,9 | 2.927 |
| | 3 | 5,9 | 5,5 | 2,9 | 1,1 | 3.179 |
| | 4 | 7,5 | 6,5 | 4,4 | 1,4 | 2.293 |
| | 5 | 9,3 | 7,0 | 4,5 | 1,6 | 2.393 |

Ghi chú: (1) Dạng lập địa sét mềm, ngập triều trung bình, mặn ít (Mi); sét mềm, ngập triều trung bình, mặn trung bình (M) và sét mềm, ngập triều trung bình, mặn nặng (Mn);

(2) Giá trị của chỉ số thực vật (NDVI), cấp 0 (0 - 0,1), cấp 1 (0,1 - 0,2), cấp 2 (0,2 - 0,3), cấp 3 (0,3 - 0,4), cấp 4 (0,4 - 0,5) và cấp 5 (0,5 - 0,6)

- Về đường kính ($D_{1,3}$ cm): Phân tích kết quả tại bảng 2 cho thấy, chỉ số $D_{1,3}$ có xu hướng tăng dần từ cấp NDVI thấp đến chỉ số NDVI cao, cụ thể $D_{1,3}$ đạt 3,9 cm ở cấp 1, lên 9,6 cm đạt được ở cấp 6. Phân tích chỉ số $D_{1,3}$ giữa các cấp NDVI cho thấy, có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê. Điều đó chứng tỏ rằng sinh trưởng đường kính thân cây có tác dụng lên các cấp NDVI là khá rõ rệt (hình 2A).

Trái lại, khi xem xét kết quả về chỉ số $D_{1,3}$ theo lập địa, lại có xu hướng giảm dần từ lập địa M và lập địa Mi đến lập địa 3 Mn, cụ thể $D_{1,3}$ đạt 7,3 cm ở lập địa 2 và 6,8 cm ở lập địa Mi xuống còn 5,7 cm đạt được ở lập địa Mn. Phân tích chỉ số $D_{1,3}$ giữa các dạng lập địa, cho thấy, có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê. Điều đó cho thấy, yếu tố lập địa cũng ảnh hưởng lên sinh trưởng đường kính thân cây (hình 2B).



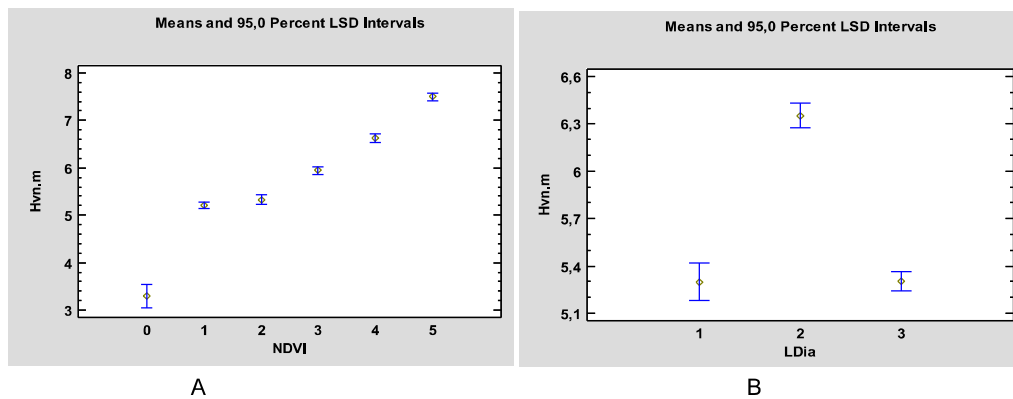
Ghi chú: L.Dia 1 là dạng lập địa Mi, L.Dia 2 là dạng lập địa M, L.Dia 3 là dạng lập địa Mn.

Hình 2. Phân bố đường kính bình quân ($D_{1,3}$ cm) của thực vật thân gỗ theo chỉ số NDVI (A) và lập địa (B)

- Về chiều cao (H_{vn}): Theo bảng 2, chiều cao lâm phần (H_{vn}) gia tăng từ cấp NDVI thấp đến cấp NDVI cao, cụ thể H_{vn} đạt 3,3 m ở chỉ số NDVI cấp 0, lên 7,5 m đạt được ở cấp 5. Phân tích chỉ số H_{vn} giữa các cấp NDVI cho thấy, có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê; tuy nhiên, khi so sánh bất cặp nhận thấy chiều cao ở cấp 1 và cấp 2 không có sự khác biệt có ý nghĩa; nhưng lại khác biệt với các cấp NDVI khác. Điều đó cho thấy, hầu hết các cấp độ NDVI là khác biệt

khá rõ rệt (hình 3A) và có liên quan đến chỉ số về chiều cao (H_{vn}).

Khi xem xét về chỉ số H_{vn} theo lập địa, cao nhất ở lập địa M, kế tiếp là lập địa Mi và lập địa Mn, cụ thể H_{vn} đạt 6,3 m ở lập địa M và 5,3 m ở lập địa Mi, và lập địa Mn. Phân tích chỉ số H_{vn} giữa các dạng lập địa, cho thấy, có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê. Điều đó cho thấy, yếu tố lập địa có ảnh hưởng rõ rệt lên sinh trưởng chiều cao vút ngọn của cây (hình 3B).



Ghi chú: L.Dia 1 là dạng lập địa Mi, L.Dia 2 là dạng lập địa M, L.Dia 3 là dạng lập địa Mn.

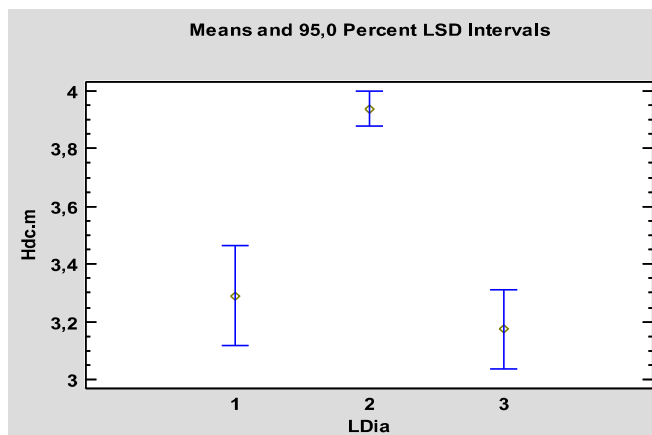
Hình 3. Phân bố chiều cao bình quân (H_{vn}) của thực vật thân gỗ theo chỉ số NDVI (A) và lập địa (B)

- Về chiều cao dưới cành (H_{dc}): Xem xét bảng 2 thấy rằng, chiều cao dưới cành của lâm phần (H_{dc}) gia tăng từ cấp NDVI thấp đến cấp NDVI cao, cụ thể H_{dc} chỉ đạt 1,0 m ở cấp 0, tăng lên 5,2 m đạt được ở cấp 5 ở lập địa Mi. Phân tích chỉ số

H_{dc} giữa các cấp NDVI cho thấy, có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê; khi so sánh bất cặp nhận thấy rằng một số cấp NDVI không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê. Điều đó chứng tỏ rằng, các cấp độ NDVI phân biệt chưa thật sự rõ rệt.

Kết quả tại bảng 2 cho thấy, chỉ số Hdc ở các dạng lập địa có sự chênh lệch nhau, cao nhất ở lập địa M, kế tiếp là lập địa Mi và thấp nhất ở lập địa Mn, cụ thể H_{vn} đạt 5,4 m ở lập địa M, kế đến 5,2 m ở lập địa Mi và 4,5 m đạt được ở lập địa Mn. Phân tích chỉ số Hdc giữa các dạng lập

địa, cho thấy, có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê, lập địa M và lập địa 3 khác biệt rõ rệt. Tuy nhiên, khác biệt này không rõ ở lập địa Mi so với lập địa lập địa M. Điều đó cho thấy, yếu tố lập địa cũng ảnh hưởng đến sinh trưởng chiều cao dưới cành của cây (hình 4).

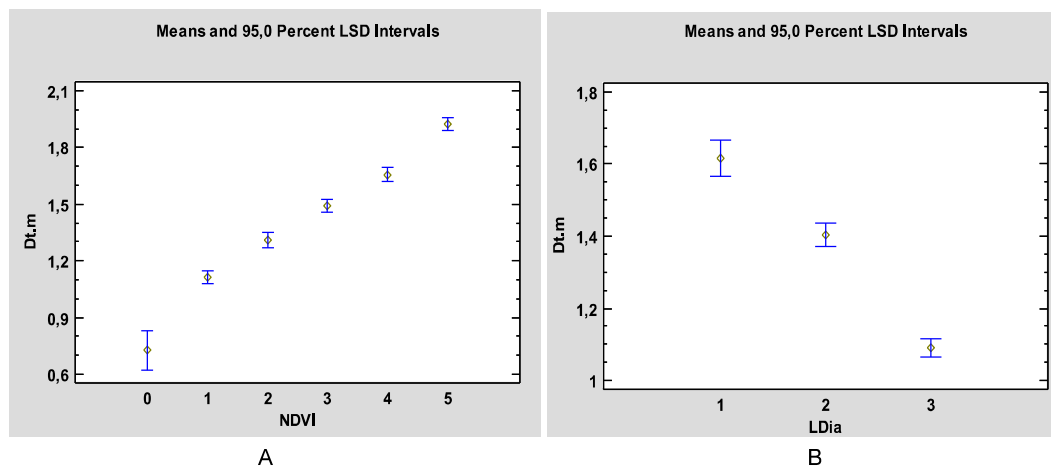


Ghi chú: L.Dia 1 là dạng lập địa Mi, L.Dia 2 là dạng lập địa M, L.Dia 3 là dạng lập địa Mn.

Hình 4. Phân bố chiều cao dưới cành bình quân (Hdc) của thực vật thân gỗ theo lập địa

- Về đường kính tán (Dt): Số liệu tại bảng 2 cho thấy, đường kính tán cây (Dt) gia tăng từ cấp NDVI thấp đến cấp NDVI cao, cụ thể Dt đạt 0,7 m ở chỉ số NDVI cấp 0, lên 1,7 m đạt được ở cấp 5. Phân tích chỉ số Dt giữa các cấp NDVI cho thấy, có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê. Điều đó chứng tỏ rằng, các cấp độ NDVI khác nhau dẫn đến đường kính tán khác biệt khá rõ rệt (hình

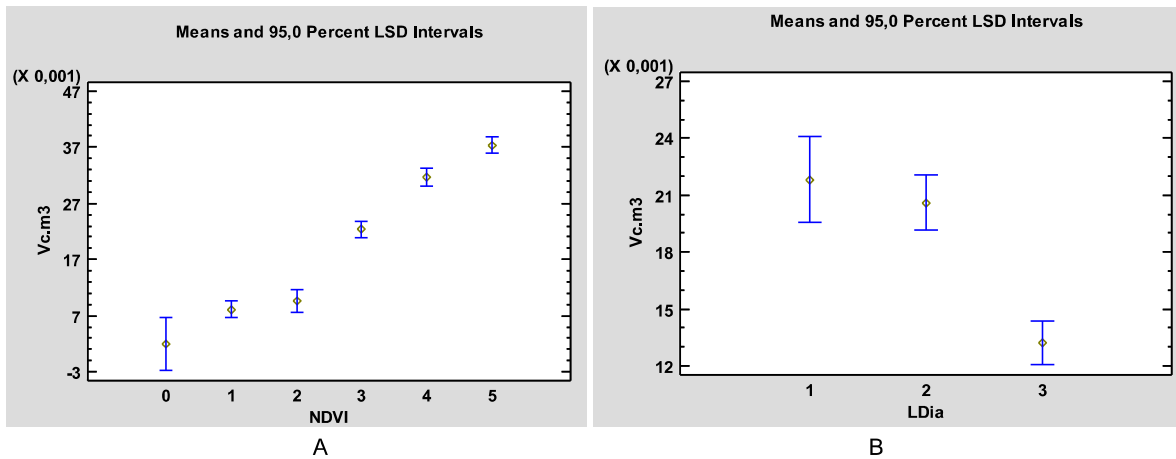
5A). Khi xem xét về chỉ số Dt theo lập địa, giảm dần theo hướng từ cấp lập địa Mi đến cấp lập địa Mn, cụ thể Dt đạt 1,6 m ở lập địa Mi, xuống 1,4 m ở lập địa M, và xuống còn 1,1 m ở lập địa Mn. Phân tích chỉ số Dt giữa các dạng lập địa cho thấy, có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê. Điều đó cho thấy, yếu tố lập địa có ảnh hưởng rõ rệt lên đường kính tán của cây (hình 5B).



Hình 5. Phân bố đường kính tán bình quân (Dt) của thực vật thân gỗ theo chỉ số NDVI (A) và lập địa (B)

- Về thể tích thân cây (Vc): Kết quả tính thể tích thân cây tại Hình 6A theo cấp NDVI chỉ ra rằng, thể tích thân cây bình quân của các trạng thái rừng gia tăng từ cấp NDVI thấp đến cấp NDVI cao. Theo đó, cấp 0 chỉ đạt 2,0341 dm³/cây, tăng lên 37,4022 dm³/cây đạt được ở cấp 5. Phân tích chỉ số Vc giữa các cấp NDVI cho thấy, có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê; tuy nhiên, khi so sánh bất cặp nhận thấy rằng một số cấp NDVI không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê như cấp 0 và cấp 1, giữa cấp 1 và cấp 2. Điều đó chứng tỏ rằng các cấp độ NDVI phân biệt chưa thật sự rõ rệt về thể tích thân cây (Vc) (hình 6A; 6B).

Về chỉ số thể tích thân cây ở các dạng lập địa có sự chênh lệch nhau, cao ở lập địa 1 (Mi) và lập địa 2 (M), thấp nhất ở lập địa 3 (Mn), cụ thể Vc đạt 21,8182 dm³/cây ở lập địa 1 và lập địa 2, thấp nhất là 13,2292 dm³/cây đạt được ở lập địa 3. Phân tích chỉ số Vc giữa các dạng lập địa, cho thấy, có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê, lập địa 1 và lập địa 2 khác biệt rõ rệt so với lập địa 3. Tuy nhiên, khác biệt này không rõ ở lập địa 1 so với lập địa 2. Điều đó cho thấy, yếu tố lập địa cũng ảnh hưởng đến sinh trưởng thể tích thân cây (bảng 2; hình 6).



Hình 6. Phân bố thể tích thân cây bình quân (Vc) của thực vật thân gỗ theo chỉ số NDVI (A) và lập địa (B)

3.2. Đánh giá trữ lượng, sinh khối và carbon rừng theo cấp NDVI và lập địa

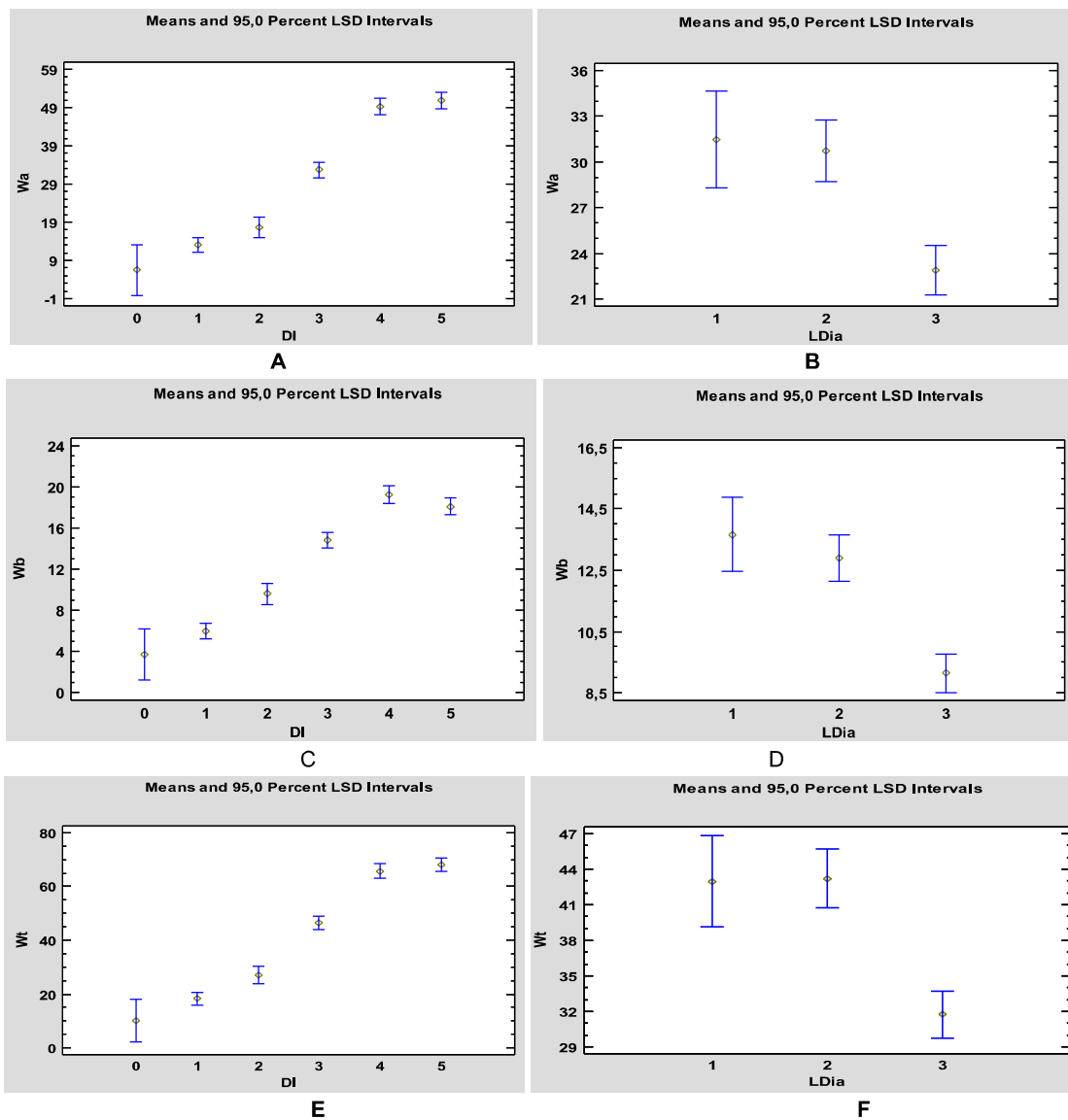
Kết quả tính toán về trữ lượng, sinh khối và carbon rừng xác định theo các cấp NDVI và lập địa được thể hiện trong bảng 3.

Bảng 3. Trữ lượng, sinh khối và carbon rừng bình quân của cây thân gỗ theo chỉ số NDVI và lập địa

| Lập địa | NDVI | M (m ³ /ha) | Wa (tấn/ha) | Wb (tấn/ha) | Wt (tấn/ha) | Ca (tấn/ha) | Cb (tấn/ha) | Ct (tấn/ha) |
|---------|------|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Mi | 0 | 0,70 | 0,05 | 0,01 | 0,06 | 0,02 | 0,0036 | 0,02 |
| | 1 | 18,50 | 36,76 | 17,12 | 44,56 | 15,81 | 7,36 | 19,16 |
| | 2 | 29,46 | 56,41 | 23,96 | 80,41 | 24,26 | 10,30 | 34,58 |
| | 3 | 63,46 | 86,03 | 43,96 | 124,19 | 36,99 | 18,90 | 53,40 |
| | 4 | 93,85 | 149,99 | 62,02 | 197,17 | 64,50 | 26,67 | 84,78 |
| | 5 | 97,45 | 105,97 | 41,05 | 147,40 | 45,57 | 17,65 | 63,38 |
| M | 0 | 2,98 | 7,11 | 4,31 | 11,28 | 3,06 | 1,85 | 4,85 |
| | 1 | 33,38 | 45,38 | 19,74 | 68,37 | 19,51 | 8,49 | 29,40 |
| | 2 | 33,58 | 64,63 | 41,35 | 102,90 | 27,79 | 17,78 | 44,25 |
| | 3 | 65,75 | 92,91 | 41,09 | 134,02 | 39,95 | 17,67 | 57,63 |

| Lập địa | NDVI | M (m ³ /ha) | Wa (tấn/ha) | Wb (tấn/ha) | Wt (tấn/ha) | Ca (tấn/ha) | Cb (tấn/ha) | Ct (tấn/ha) |
|---------|------|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 4 | 94,57 | 128,09 | 50,47 | 177,91 | 55,08 | 21,70 | 76,50 |
| | 5 | 98,75 | 142,07 | 43,72 | 180,05 | 61,09 | 18,80 | 77,42 |
| Mn | 0 | 0,95 | 3,40 | 1,53 | 4,95 | 1,46 | 0,66 | 2,13 |
| | 1 | 11,61 | 21,94 | 10,59 | 32,32 | 9,44 | 4,56 | 13,90 |
| | 2 | 24,91 | 41,50 | 23,59 | 64,99 | 17,85 | 10,15 | 27,95 |
| | 3 | 44,79 | 78,39 | 28,97 | 106,43 | 33,71 | 12,46 | 45,77 |
| | 4 | 55,89 | 95,61 | 33,70 | 125,72 | 41,11 | 14,49 | 54,06 |
| | 5 | 66,48 | 109,68 | 42,39 | 152,02 | 47,16 | 18,23 | 65,37 |

Ghi chú: (1) Wa: sinh khối trên mặt đất, Wb: Sinh khối dưới mặt đất, Wt: Tổng sinh khối;
 (2) Ca: Carbon trên mặt đất, Cb: Carbon dưới mặt đất, Ct: Carbon tổng.



Hình 7. Phân bố sinh khối trên mặt đất cây bình quân (Wa), dưới mặt đất (Wb) và tổng sinh khối (Wt) của thực vật thân gỗ theo chỉ số NDVI (A, C, E) và lập địa (B, D, F)

Phân tích số liệu tại bảng 3 cho thấy, trạng thái rừng phục hồi, trữ lượng rừng thay đổi theo các cấp NDVI và theo dạng lập địa, biến động mạnh từ 0,70 - 2,98 m³/ha ở cấp 0, tăng dần lên 11,61 - 33,38 m³/ha cấp 1. Trạng thái rừng nghèo, trữ lượng rừng cũng thay đổi theo các cấp NDVI và theo dạng lập địa, biến động mạnh từ 44,79 - 65,75 m³/ha ở cấp 3, tăng dần lên 66,48 - 98,75 m³/ha cấp 5.

Sinh khối rừng theo các cấp NDVI có xu hướng tăng dần từ thấp tới cao và có sự khác biệt thống kê giữa các lập địa. Ở cấp 0 sinh khối biến động từ 0,6 tấn/ha (Mi) đến 4,95 tấn/ha (Mn) và cao nhất là 11,28 tấn/ha (M); tiếp theo cấp 1 sinh khối lâm phần lập địa Mn là 32,32 tấn/ha và 44,56 tấn/ha ở lập địa Mi, cao nhất là lập địa M với 68,37 tấn/ha; tại cấp 5 sinh khối rừng lần lượt là 152,02 tấn/ha, 147,4 tấn/ha và 180,05 tấn/ha.

Sinh khối cây giữa các cấp NDVI có xu hướng tăng dần từ thấp tới cao và có sự khác biệt thống kê giữa chúng (hình 7C), ở cấp 0 và cấp 1 sinh khối cây là 10,15 kg/cây và 18,3 kg/cây; tiếp theo cấp 2 và 3 sinh khối cây là 27,06 kg/cây và 46,41 kg/cây; tại cấp 4 và cấp 5 sinh khối cây lần lượt là 65,71 kg/cây và 68,17 kg/cây. Theo hình 7C, sinh khối cây được phân thành 3 nhóm theo cấp NDVI; nhóm 1 gồm các cấp 0, 1 có sinh khối biến động từ 10,16 - 18,31 kg/cây khác biệt với các nhóm khác; nhóm 2 gồm cấp 2 có sinh khối cây bình quân 27,06 kg/cây, nhóm 3 gồm cấp 3 có sinh khối là 46,41 kg/cây khác biệt với nhóm 1, 2 và nhóm 4; nhóm 4 gồm các cấp 4 và 5 có sinh khối 65,71 kg/cây và 68,17 kg/cây có sự khác biệt so với các nhóm còn lại (hình 7E).

Sinh khối cây giữa các lập địa là không giống nhau (hình 7C), ở lập địa Mn sinh khối cây thấp nhất là 31,73 kg/cây, tiếp theo lập địa M sinh khối cây là 43,2 kg/cây và tại lập địa Mi sinh khối cây là 42,97 kg/cây. Tuy nhiên, sinh khối thân cây bình quân không có sự khác biệt giữa lập địa Mi và M, nhưng có sự khác biệt so với lập địa Mn (hình 7F).

Sự chênh lệch sinh khối trên có thể nói là do sự hiện diện của số lượng cây tại các ô tiêu chuẩn (bảng 3) và kích thước thân cây khác nhau.

Dựa vào công thức tương quan giữa sinh khối và tích lũy carbon của Komiyama và đồng tác giả (2008) ta thấy được, nếu sinh khối cao thì tích lũy carbon cao và ngược lại. Theo Wilson (2010), kích thước cây rừng và mật độ là những nhân tố chính quyết định sinh khối lâm phần, mật độ gỗ trong cây ảnh hưởng đến hàm lượng carbon trong cây. Kết quả tính toán lượng tích lũy carbon cây có sự khác biệt giữa ba dạng lập địa ($P < 0,05$). Trong đó, lập địa Mi và lập địa M với giá trị trữ lượng carbon cây là 84,78 tấn/ha và 77,42 tấn/ha khác biệt có ý nghĩa thống kê so với lập địa Mn là 65,37 tấn/ha. Lý do tại lập địa M các loài cây có sinh trưởng đường kính và mật độ cây cũng cao hơn. Hơn nữa, các loài cây có tỷ trọng cao (0,85 g/cm³) như Đước (*Rhizophora apiculate*), Dà (*Ceriops tagal*), Vẹt (*Bruguiera sexangula*) chiếm ưu thế về số lượng cây. Thấp nhất là lập địa Mn với các loài Mắm trắng (*Avicennia alba*), Dà vôi (*Ceripos talga*), Bần trắng (*Sonneratia alba*), Cóc trắng (*Lumnitzera racemosa*)... chiếm ưu thế, sinh khối và carbon cây là 152,02 tấn/ha và 65,37 tấn/ha. Nguyên nhân do các cây trong lâm phần sinh trưởng kém và có kích thước nhỏ hơn.

Kết quả tính giá trị sinh khối và carbon ở lập địa Mi và M tương đương với lâm phần tại Cà Mau, nơi có Vẹt tách chiếm ưu thế với giá trị sinh khối và carbon cây đạt là 170,23 tấn/ha và 80,01 tấn/ha; tương tự ở lập địa Mn cũng tương đương với lâm phần Mắm trắng chiếm ưu thế sinh khối và carbon cây là 120,83 tấn/ha và 56,79 tấn/ha. Tuy nhiên, so với lâm phần Đước chiếm ưu thế về số lượng cây và tỷ trọng cao (0,85 g/cm³) sinh khối và tích lũy carbon cao hơn nhiều với 233,56 tấn/ha và 109,77 tấn/ha (Nguyễn Hà Quốc Tín và Lê Tấn Lợi, 2015).

Sinh khối trên mặt đất (Wa) của rừng tự nhiên ngập mặn trạng thái rừng nghèo và phục hồi trong nghiên cứu này thấp hơn nhiều so với giá trị trung bình 247 tấn/ha dao động khoảng 150

và 350 tấn/ha đối với rừng ngập mặn nhiệt đới còn tốt (Alongi, 2009). Tuy nhiên, tổng sinh khối trên và dưới mặt đất tương đương với sinh khối trung bình ở Kiên Giang là 157 tấn/ha (Wilson, 2010).

IV. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

4.1. Kết luận

Nghiên cứu đặc điểm cấu trúc, sinh trưởng, trữ lượng, sinh khối và khả năng tích trữ carbon rừng đã xác định được một số đặc trưng chính, đó là:

(1) Sinh trưởng $D_{1,3}$, H_{vn} , H_{dc} , D_t , V_c của các lâm phần rừng ngập mặn phục hồi và nghèo phụ thuộc vào dạng lập địa và chỉ số NDVI; gia tăng theo hướng tăng dần của cấp NDVI, cao nhất ở cấp 5 và thấp nhất ở cấp 0; tăng cao ở lập địa Mi và lập địa M và thấp ở lập địa Mn.

(2) Trữ lượng rừng thay đổi theo cấp NDVI và dạng lập địa; trữ lượng rừng gia tăng theo hướng tăng dần của cấp NDVI, cao nhất ở cấp 5 và thấp nhất ở cấp 0; trữ lượng cao ở lập địa Mi và lập địa M và thấp ở lập địa Mn.

(3) Sinh khối và khả năng tích lũy carbon cao ở lập địa Mi và lập địa M, thấp ở lập địa Mn; lập địa Mi và lập địa M với giá trị trữ lượng carbon cây là 84,78 tấn/ha và 77,42 tấn/ha khác biệt có ý nghĩa thống kê so với lập địa Mn là 65,37 tấn/ha. Trữ lượng carbon thay đổi theo hướng tăng dần của chỉ số NDVI.

4.2. Kiến nghị

Tiếp tục theo dõi biến động các chỉ số định lượng về cấu trúc, sinh trưởng để có định hướng cho công tác lâm giàu rừng nhằm gia tăng giá trị của rừng phục hồi và rừng nghèo tại Cần Giờ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Alongi DM, 2009. The Energetics of Mangrove Forests. Springer, New York.
2. Alongi, Daniel M, and Sandip K. Mukhopadhyay, 2015. Contribution of Mangroves to Coastal Carbon Cycling in Low Latitude Seas. *Agricultural and Forest Meteorology* 213:266 - 72.
3. Bùi Nguyễn Thế Kiệt và Viên Ngọc Nam, 2016. Lượng carbon tích tụ của quần thể Bần trắng (*Sonneratia alba* J. E. Smith) tự nhiên tại Khu Dự trữ sinh quyển rừng ngập mặn Cần Giờ, thành phố Hồ Chí Minh. *Tạp chí Rừng và Môi trường* số 80. Tr. 25 - 29.
4. Cao Huy Bình, Viên Ngọc Nam, 2009. Carbon Sequestration of *Ceriops decandra* (Griff.) Ding Hou in Can Gio Mangrove Biosphere Reserve, Ho Chi Minh City, Vietnam, *Proceedings of The International Conference on Coastal Environment and Management for the Future Human Lives in Coastal Regions, JSPS Asia and Africa Science Platform Program, March 2009, Nagoya University, Japan*, pp. 105 - 111.
5. Cecep Kusmana, Topik Hidayat, Tatang Tiryana, Omo Rusdiana, Istomo, 2018. Allometric models for above - and below - ground biomass of *Sonneratia* spp.. *Global Ecology and Conservation* Volume 15, July 2018, e00417.
6. Comley and McGuinness, 2005. Above and below ground biomass, and allometry of four common Northern Australian mangroves. *Aust. J. Bot.*, 53 (2005), pp. 431 - 436.
7. Hoàng Văn Thoi, 2024. Báo cáo tổng hợp kết quả thực hiện đề tài “Nghiên cứu kỹ thuật lâm giàu rừng ngập mặn ven biển Cần Giờ thích ứng với biến đổi khí hậu” Viện Khoa học Lâm nghiệp Nam Bộ, 116 trang (52 - 62).
8. Huỳnh Đức Hoàn, Bùi Nguyễn Thế Kiệt, Cao Huy Bình, Viên Ngọc Nam, 2018. Sinh khối của quần thể Đước đỏ (*Rhizophora apiculata*) trồng tại Khu Dự trữ sinh quyển Cần Giờ, Thành phố Hồ Chí Minh. *Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp*, số 4/2018 (75 - 82).
9. IPCC, 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K., (eds). Published: IGES, Japan.
10. Komiyama, A., Ong, J. E., & Pongpam, S. 2008. Allometry, biomass, and productivity of mangrove forests: A review. *Aquatic Botany*, 89(2), 128 - 137.

11. Nguyễn Hà Quốc Tín và Lê Tấn Lợi, 2015. Ảnh hưởng của cao trình đến khả năng tích lũy carbon trên mặt đất của rừng ngập mặn tại cồn Ông Trang, huyện Ngọc Hiển, tỉnh Cà Mau. Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ. Số chuyên đề: Môi trường và Biến đổi khí hậu (2015): 218 - 225.
12. Phan Văn Trung, Huỳnh Đức Hoàn, Lê Văn Sinh, Đoàn Văn Sơn, 2005. Nghiên cứu khả năng tích tụ cacbon của rừng trồng Cóc trắng tại Khu Dự trữ sinh quyển rừng ngập mặn Cần Giờ - Thành phố Hồ Chí Minh.
13. Viên Ngọc Nam, 2011. Nghiên cứu khả năng hấp thụ CO₂ của rừng Cóc trắng (*Lumnitzera racemosa* Willd) trồng ở Khu Dự trữ sinh quyển rừng ngập mặn Cần Giờ, thành phố Hồ Chí Minh. Tạp chí Nông nghiệp và PTNT số 2+3/2011, tr 162 - 166.
14. Wilson N., 2010. Biomass and regeneration of mangrove vegetation in Kien Giang province, Vietnam. A report for GTZ Kien Giang, Vietnam, pp. 23.
15. World Agroforest Center, 2013. Global Wood Density Database.

Email tác giả liên hệ: hvthoi2020@gmail.com

Ngày nhận bài: 03/03/2025

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 08/03/2025; 13/03/2025

Ngày duyệt đăng: 21/05/2025