

## Stem volume functions for *Melaleuca cajuputi* trees in Southwestern Region

Them V. Nguyen

Forest Science and Technology Association of Ho Chi Minh City, Vietnam

### ARTICLE INFO

#### Research Paper

Received: November 19, 2021

Revised: April 27, 2022

Accepted: April 28, 2022

#### Keywords

Bark volume

Insidebark stem volume

Outsidebark stem volume

*Melaleuca cajuputi* plantation

Stem volume function

#### Corresponding author

Nguyen Van Them

Email: nvthem2009@gmail.com

### ABSTRACT

The objective of this study was to construct standing stem and commercial timber volume functions at the individual tree level of *Melaleuca cajuputi* plantations. The insidebark and outsidebark stem volume functions were constructed from 56 sample trees at the diameter classes of 4 to 16 cm. The appropriate volume functions are tested from five candidate functions. The applicability of the volume functions were tested from 10 trees that were not included in the construction of the volume functions. The research results showed that the function  $V = a + b(D^2 * H)^c$  was a suitable function to build the insidebark stem volume function of *Melaleuca cajuputi*. The function  $V = a + b(D^2H) + c(D^dH^e)$  was a suitable function to build the outsidebark stem and commercial timber volume functions of *Melaleuca cajuputi*. The volume functions gave errors less than 5.0%. Compared with the insidebark stem volume, the average ratio for the outsidebark stem volume, insidebark and outsidebark commercial timber volume, and bark volume was 65.7%, 95.2%, 60.6% and 34.3%, respectively.

---

**Cited as:** Nguyen, T. V. (2022). Stem volume functions for *Melaleuca cajuputi* trees in Southwestern Region. *The Journal of Agriculture and Development* 21(2), 9-16.

---

## Những hàm thể tích đối với thân cây Tràm (*Melaleuca cajuputi* Powell) ở khu vực Tây Nam Bộ

Nguyễn Văn Thêm

Hội Khoa Học và Kỹ Thuật Lâm Nghiệp TP.HCM, TP. Hồ Chí Minh

### THÔNG TIN BÀI BÁO

#### Bài báo khoa học

Ngày nhận: 19/11/2021

Ngày chỉnh sửa: 27/04/2022

Ngày chấp nhận: 28/04/2022

#### Từ khóa

Hàm thể tích thân cây

Rừng Tràm

Thể tích thân cả vỏ

Thể tích thân không vỏ

Thể tích vỏ

#### Tác giả liên hệ

Nguyễn Văn Thêm

Email: nvthem2009@gmail.com

### TÓM TẮT

Mục tiêu của nghiên cứu này là xây dựng các hàm thể tích thân cây đứng và thể tích gỗ sản phẩm ở mức cây cá thể của rừng Tràm. Các hàm thể tích được xây dựng từ 56 cây mẫu ở cấp đường kính từ 4 đến 16 cm. Các hàm thể tích thích hợp được kiểm định từ 5 hàm dự tuyến. Khả năng ứng dụng của các hàm thể tích được kiểm định từ 10 cây không tham gia xây dựng hàm thể tích. Kết quả nghiên cứu cho thấy, hàm  $V = a + b(D^2 * H)c$  là hàm thích hợp để xây dựng hàm thể tích thân cả vỏ ở mức cây cá thể. Hàm  $V = a + b(D^2H) + c(D^4H^e)$  là hàm thích hợp để xây dựng hàm thể tích thân không vỏ và thể tích gỗ sản phẩm ở mức cây cá thể. Các hàm thể tích này đều nhận sai số nhỏ hơn 5,0%. So với thể tích thân cả vỏ, tỷ lệ trung bình đối với thể tích thân không vỏ, thể tích gỗ sản phẩm cả vỏ và không vỏ, tỷ lệ vỏ tương ứng là 65,7%, 95,2%, 60,6% và 34,3%.

### 1. Đặt Vấn Đề

Ước lượng chính xác thể tích thân cây là một nhiệm vụ quan trọng của lâm học và điều tra rừng (Nguyen, 2002; Nguyen, 2005; Vu, 2012). Trữ lượng gỗ của rừng trồng thuần loài đồng tuổi được ước lượng bằng cách kết hợp hàm thể tích thân với hàm mật độ quần thụ. Hàm thể tích thân kết hợp với tỷ trọng gỗ là cơ sở cho việc xác định sinh khối của cây gỗ và rừng. Thể tích thân cây gỗ thay đổi không chỉ theo đường kính, chiều cao và hình dạng thân, mà còn theo điều kiện khí hậu, địa hình, đất và hoạt động lâm sinh. Trong điều tra rừng, các hàm độ thon ( $D_h$ , cm) và thể tích thân cây ( $V$ , m<sup>3</sup>) được xây dựng theo các hàm với một hoặc nhiều biến dự đoán khác nhau. Khi thống kê tài nguyên gỗ trong phạm vi không gian hẹp, hàm thể tích thân đối với mỗi loài cây gỗ hoặc nhóm loài cây gỗ chỉ bao gồm một yếu tố dự đoán, thường là đường kính thân ngang ngực ( $D$ , cm). Khi thống kê tài nguyên gỗ trong phạm

vi không gian rộng lớn và yêu cầu độ chính xác cao, các hàm thể tích bao gồm hai yếu tố dự đoán, thường là  $D$  và chiều cao toàn thân ( $H$ , m). Thể tích thân cây thay đổi theo hình dạng thân ( $F$ ). Vì thế, hàm thể tích bao gồm ba yếu tố dự đoán ( $D$ ,  $H$ ,  $F$ ). Một số tác giả (Sherrill & ctv., 2011; Adekunle & ctv., 2013; Lee & ctv., 2017) đã xây dựng các hàm thể tích thân cây gỗ theo ba biến dự đoán (Tuổi cây =  $A$ , năm;  $D$  và  $H$ ). Nói chung, xây dựng các hàm thể tích thân cây theo một hay nhiều biến dự đoán là do yêu cầu của lý thuyết và thực hành. Trước đây nhiều nhà lâm học và điều tra rừng đã xây dựng những hàm thể tích đối với những loài cây gỗ khác nhau ở Việt Nam (Nguyen & Dao, 1988; Nguyen, 2005; Vu, 2012). Hiện nay vẫn còn thiếu những hàm ước lượng thể tích thân cả vỏ và thể tích thân không vỏ ở mức cây cá thể của rừng Tràm tại khu vực Tây Nam Bộ. Mặt khác, độ chính xác của các hàm thể tích không chỉ phụ thuộc vào dạng hàm và số lượng biến dự đoán, mà còn vào phương pháp xây dựng

các hàm hồi quy. Xuất phát từ những vấn đề đặt ra trên đây, mục tiêu của nghiên cứu này là xây dựng các hàm thể tích thân cây đứng và thể tích gỗ sản phẩm ở mức các thể của rừng Tràm. Các hàm thể tích được xây dựng dựa trên giả thuyết  $V = f(D, H, D^2 * H, D^b * H^b)$ .

## 2. Vật Liệu và Phương Pháp Nghiên Cứu

### 2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là rừng Tràm trồng thuần loài. Mật độ trồng rừng ban đầu là 10.000 - 20.000 cây/ha. Số liệu về thể tích thân cây Tràm được thu thập tại khu vực Thạnh Hóa thuộc tỉnh Long An. Khu vực nghiên cứu mang đặc tính chung của khí hậu nhiệt đới gió mùa. Hàng năm khí hậu phân chia thành hai mùa mưa và khô rõ rệt. Mùa mưa kéo dài 6 tháng từ tháng 5 đến tháng 11, còn mùa khô từ tháng 12 năm trước đến tháng 4 năm sau. Lượng mưa trung bình năm là 2.000 mm. Độ ẩm không khí trung bình 80%. Độ cao từ 1,5 - 2,0 m so với mặt biển. Đất phèn phát triển trên phù sa.

### 2.2. Phương pháp thu thập số liệu

Giả định hình dạng (F) và thể tích (V, m<sup>3</sup>) của những cây Tràm có cùng kích thước đường kính (D, cm) và chiều cao (H, m) là như nhau. Theo giả định này, thể tích thân cây đứng cả vỏ (V<sub>CV</sub>, m<sup>3</sup>) và không vỏ (V<sub>OV</sub>, m<sup>3</sup>), thể tích gỗ sản phẩm cả vỏ (V<sub>SPCV</sub>, m<sup>3</sup>) và không vỏ (V<sub>SPOV</sub>, m<sup>3</sup>) của cây Tràm được xác định từ 66 cây mẫu ở cấp D = 4 ÷ 16 cm. Những cây mẫu này được chặt hạ tại vị trí 30 cm kể từ gốc. Tất cả cây mẫu được xác định chiều dài toàn thân (H, m) bằng thước dây với độ chính xác 1,0 cm. Thân cây được phân chia thành các phân đoạn với chiều dài (L) 100 cm; đoạn ngọn có chiều dài (L<sub>n</sub>) trên dưới 100 cm. Đường kính thân cả vỏ (D<sub>CV</sub>, cm) và không vỏ (D<sub>OV</sub>, cm) tại vị trí ngang ngực, đường kính đầu lớn cả vỏ và không vỏ (tương ứng D<sub>1CV</sub> và D<sub>1OV</sub>), đường kính đầu nhỏ cả vỏ và không vỏ (tương ứng D<sub>2CV</sub>, D<sub>2OV</sub>) của mỗi phân đoạn được xác định bằng thước Panme với độ chính xác 0,1 mm. Hiệu số giữa D<sub>CV</sub> và D<sub>OV</sub> là đường kính vỏ (D<sub>V0</sub>, cm), còn (D<sub>CV0</sub>/2) là độ dày vỏ. Đoạn ngọn được đo chiều dài (L<sub>n</sub>, cm) và đường kính đáy (D<sub>n</sub>, cm). Thể tích gỗ sản phẩm cả vỏ và không vỏ (tương ứng V<sub>SPCV</sub>, V<sub>SPOV</sub>, m<sup>3</sup>) được đo từ gốc đến D<sub>CV</sub> ≥ 3 cm. Bảng 1 tổng hợp đặc trưng thống kê kích thước của những cây mẫu được sử dụng để xây

dựng hàm thể tích.

### 2.3. Phương pháp xử lý số liệu

Các hàm thể tích (V<sub>CV</sub>, V<sub>OV</sub>, V<sub>SPCV</sub> và V<sub>SPOV</sub>, m<sup>3</sup>/cây) được xây dựng từ 56 cây mẫu, còn lại 10 cây mẫu được sử dụng để kiểm tra khả năng ứng dụng của các hàm thể tích. Hai đại lượng V<sub>CV</sub> và V<sub>OV</sub> của từng cây được xác định theo công thức 1; trong đó V<sub>j</sub> = thể tích cây j, V<sub>ij</sub> = thể tích phân đoạn i của cây j, V<sub>nj</sub> = thể tích đoạn ngọn của cây j. Thể tích các phân đoạn (V<sub>ij</sub>) được xác định theo công thức hình nón cụt (Công thức 2); trong đó L = 100 cm (Chiều dài của mỗi phân đoạn), D<sub>1</sub> (cm) = đường kính đầu lớn cả vỏ và không vỏ của mỗi phân đoạn, D<sub>2</sub> (cm) = đường kính đầu nhỏ cả vỏ và không vỏ của mỗi phân đoạn. Thể tích đoạn ngọn của từng cây (V<sub>nj</sub>) được tính theo công thức hình nón (Công thức 3); trong đó g<sub>n</sub> (tiết diện đáy đoạn ngọn) = 0,00007854 D<sub>n</sub><sup>2</sup> với D<sub>n</sub> = đường kính đáy đoạn ngọn cả vỏ và không vỏ, L<sub>n</sub> = chiều dài đoạn ngọn. Sau đó xây dựng các hàm V<sub>CV</sub>, V<sub>OV</sub>, V<sub>SPCV</sub> và V<sub>SPOV</sub> theo 5 hàm dự tuyến (4) - (8); trong đó V (m<sup>3</sup>) là biến phụ thuộc, còn biến dự đoán là D và H. Các hàm này cũng đã được nhiều tác giả sử dụng ( Sherrill & ctv., 2011; Vu, 2012; Lee & ctv., 2017).

$$V_j = \sum V_{ij} + V_{nj} \quad (1)$$

$$V_{ij}(m^3) = \frac{\pi L}{3 * 4 * 10000} (D_1^2 + D_2^2 + D_1 D_2) \quad (2)$$

$$V_{nj} = (1/3)g_n L_n \quad (3)$$

$$V = a(D^2 H) \quad (4)$$

$$V = a(D^2 H)^b \quad (5)$$

$$V = a + b(D^2 H) \quad (6)$$

$$V = a + b(D^2 H)^c \quad (7)$$

$$V = a + b(D^2 H) + c(D^d H^e) \quad (8)$$

Các hệ số hồi quy và những thống kê sai lệch của 5 hàm dự tuyến (4) - (8) được xác định bằng phương pháp hồi quy tương quan phi tuyến tính

**Bảng 1.** Đặc trưng thống kê kích thước của những cây mẫu đối với rừng Tràm

| Chỉ tiêu                            | N (cây) | Trung bình | Min     | Max     | ± SEE   | CV(%) |
|-------------------------------------|---------|------------|---------|---------|---------|-------|
| (1)                                 | (2)     | (3)        | (4)     | (5)     | (6)     | (7)   |
| D (cm)                              | 56      | 7,9        | 3,7     | 16,0    | 3,1     | 39,1  |
| H (m)                               | 56      | 10,0       | 6,3     | 16,3    | 2,8     | 28,4  |
| V <sub>CV</sub> (m <sup>3</sup> )   | 56      | 0,02944    | 0,00435 | 0,10871 | 0,02806 | 95,3  |
| V <sub>OV</sub> (m <sup>3</sup> )   | 56      | 0,01890    | 0,00268 | 0,07606 | 0,02019 | 106,8 |
| V <sub>SPCV</sub> (m <sup>3</sup> ) | 56      | 0,02879    | 0,00300 | 0,10820 | 0,02811 | 97,7  |
| V <sub>SPOV</sub> (m <sup>3</sup> ) | 56      | 0,01847    | 0,00179 | 0,07574 | 0,02023 | 109,5 |

của Marquartz. Mức độ chặt chẽ của mối quan hệ giữa V với D và H được đánh giá theo hệ số xác định ( $R^2$ ; Công thức 9). Sai lệch của các hàm hồi quy so với số liệu thực tế được đánh giá theo 5 tiêu chuẩn: (1) Tổng sai lệch bình phương (SSR; Công thức 10); (2) Sai số chuẩn của ước lượng (SEE; Công thức 11); (4) Sai số tuyệt đối trung bình (MAE; Công thức 12) và sai số tuyệt đối trung bình theo phần trăm (MAPE; Công thức 13); (6) Sai lệch trung bình (ME; Công thức 14) và sai lệch trung bình theo phần trăm (MPE; Công thức 15). Ở công thức (9) – (15),  $V_i$  và  $V_J$  = giá trị của biến V thực nghiệm và ước lượng;  $V_{Bq}$  = giá trị trung bình của biến V thực nghiệm; n = dung lượng quan sát; p = số lượng tham số của hàm thể tích. Hệ số  $R^2$  cho biết mức độ chặt chẽ của mối quan hệ giữa V với các biến dự đoán D và H. Tiêu chuẩn SSR được sử dụng để đánh giá tổng sai lệch của hàm quy so với số liệu thực tế. Các tiêu chuẩn SEE, MAE, MAPE, ME và MPE được sử dụng để đánh giá sai số của hàm hồi quy. Mục đích của phân tích hồi quy là xác định hàm ước lượng V với sai lệch nhỏ nhất. Theo mục đích này, trước hết phân tích so sánh hệ số  $R^2$  và các thống kê sai lệch (SSR, SEE, MAE, MAPE, ME, MPE) giữa 5 hàm dự tuyển. Sau đó chọn hàm thể tích thích hợp theo tiêu chuẩn  $SSR_{Min}$ . Khả năng ứng dụng của các hàm thể tích được kiểm định từ 10 cây mẫu; trong đó sai lệch của các hàm thể tích so với thể tích thực tế được đánh giá theo tiêu chuẩn MPE. Các bước phân tích hồi quy tương quan được thực hiện bằng phần mềm thống kê STATGRAPHICS Centurion XV.I 15.1.02.

$$R^2 = \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (V_i - V_J)^2}{\sum_{i=1}^n (V_i - V_{Bq})^2} \right] * 100 \quad (9)$$

$$SSR = \sum_{i=1}^n (V_i - V_J)^2 \quad (10)$$

$$SEE = \sqrt{\frac{SSR}{n - p}} \quad (11)$$

$$MAE = \left| \frac{V_i - V_J}{n} \right| \quad (12)$$

$$MAPE = \frac{MAE}{V_i} * 100 \quad (13)$$

$$ME = (V_i - V_J) \quad (14)$$

$$MPE = \frac{V_i - V_J}{V_i} * 100 \quad (15)$$

### 3. Kết Quả và Thảo Luận

#### 3.1. Hàm thể tích thân cây Tràm

Các hàm ước lượng  $V_{CV}$  (Hàm 4a ÷ 8a) và  $V_{OV}$  (Hàm 4b ÷ 8b) đối với cây Tràm được ghi lại ở Bảng 2 và 3. Các hàm  $V_{CV}$  và  $V_{OV}$  đều tồn tại ở mức ý nghĩa rất cao ( $P < 0,01$ ). Hệ số xác định ( $R^2$ ) nhận giá trị cao nhất ở hàm 7a và 8b (tương ứng  $R^2 = 96,61\%$  và  $92,96\%$ ), thấp nhất ở hàm 4a ( $R^2 = 94,92\%$ ) và 4b ( $R^2 = 92,59\%$ ). Đối với  $V_{CV}$ , giá trị  $MAPE_{Min}$  và  $MAPE_{Max}$  tương ứng là hàm 8a và 4a (tương ứng 10,6% và 17,8%). Đối với  $V_{OV}$ , giá trị  $MAPE_{Min}$  và  $MAPE_{Max}$  tương ứng là hàm 6b và 7b (tương ứng 15,8% và 20,4%). Tất cả 5 hàm ước lượng  $V_{CV}$  đều nhận sai số hệ thống (ME); trong đó hàm 5a và 8a mang giá trị âm, còn 3 hàm khác nhận giá trị dương. Đối với 5 hàm ước lượng  $V_{OV}$ , giá trị ME ở hàm 5b mang giá trị âm, còn các hàm khác nhận giá trị dương. Khi sử dụng 5 hàm dự tuyển này để ước lượng  $V_{CV}$ , thì hàm 7a nhận  $SSR_{Min}$  (0,00147),  $SSR_{Max}$  ở hàm 4a (0,0022). Khi sử dụng 5 hàm dự tuyển này để ước lượng  $V_{OV}$ , thì hàm 8b nhận  $SSR_{Min}$  (0,00158), còn  $SSR_{Max}$  ở hàm 4b (0,00166). Từ những phân tích tương quan và sai lệch của 5

**Bảng 2.** Các hàm ước lượng thể tích thân cả vỏ của cây Tràm

| Thống kê   | Các hàm thể tích thân cả vỏ |           |          |           |          |
|------------|-----------------------------|-----------|----------|-----------|----------|
|            | (4a)                        | (5a)      | (6a)     | (7a)      | (8a)     |
| (1)        | (2)                         | (3)       | (4)      | (5)       | (6)      |
| a          | 0,000032                    | 0,000093  | 0,003845 | -0,002348 | 0,000865 |
| b          |                             | 0,860660  | 0,000030 | 0,000142  | 0,000016 |
| c          |                             |           |          | 0,811226  | 0,000022 |
| d          |                             |           |          |           | 0,837038 |
| e          |                             |           |          |           | 1,992220 |
| $P_\alpha$ | < 0,01                      | < 0,01    | < 0,01   | < 0,01    | < 0,01   |
| $R^2$      | 94,92                       | 96,55     | 95,94    | 96,61     | 96,50    |
| SSR        | 0,00220                     | 0,00150   | 0,00176  | 0,00147   | 0,00152  |
| SEE        | 0,00632                     | 0,00526   | 0,00571  | 0,00527   | 0,00530  |
| MAE        | 0,00407                     | 0,00322   | 0,00332  | 0,00337   | 0,00314  |
| MAPE       | 17,8                        | 10,7      | 12,9     | 12,8      | 10,6     |
| ME         | 0,00205                     | - 0,00021 | 0,00000  | 0,00000   | -0,00012 |
| MPE        | 14,8                        | -3,4      | -6,1     | 0,6       | -3,2     |

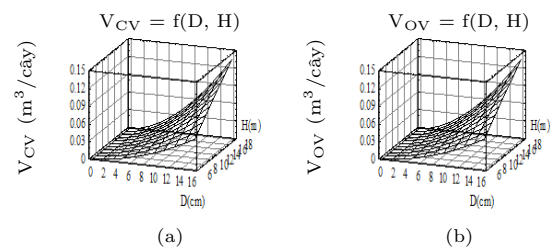
**Bảng 3.** Các hàm ước lượng thể tích thân không vỏ của cây Tràm

| Thống kê   | Các hàm thể tích thân cả vỏ |          |          |           |          |
|------------|-----------------------------|----------|----------|-----------|----------|
|            | (4b)                        | (5b)     | (6b)     | (7b)      | (8b)     |
| (1)        | (2)                         | (3)      | (4)      | (5)       | (6)      |
| a          | 0,000021                    | 0,000034 | 0,000799 | -0,001550 | 0,000372 |
| b          | 0,940304                    | 0,000021 | 0,000053 |           | 0,000009 |
| c          |                             |          |          | 0,887867  | 0,000004 |
| d          |                             |          |          |           | 0,842667 |
| e          |                             |          |          |           | 2,568450 |
| $P_\alpha$ | < 0,01                      | < 0,01   | < 0,01   | < 0,01    | < 0,01   |
| $R^2$      | 92,59                       | 92,83    | 92,67    | 92,90     | 92,96    |
| SSR        | 0,00166                     | 0,00161  | 0,00164  | 0,00159   | 0,00158  |
| SEE        | 0,00550                     | 0,00546  | 0,00552  | 0,00548   | 0,00541  |
| MAE        | 0,00344                     | 0,00341  | 0,00335  | 0,00357   | 0,00334  |
| MAPE       | 17,9                        | 16,7     | 15,8     | 20,4      | 15,9     |
| ME         | 0,00042                     | -0,00019 | 0,00000  | 0,00000   | 0,00000  |
| MPE        | 3,7                         | -4,8     | -3,8     | 0,9       | -3,3     |

hàm dự tuyến cho thấy, theo tiêu chuẩn  $SR_{Min}$ , hàm 7a (Bảng 2; Hình 1) và hàm 8b (Bảng 3; Hình 1) là hai hàm thích hợp để ước lượng  $V_{CV}$  và  $V_{OV}$  theo D và H đối với cây Tràm.

**3.2. Hàm thể tích gỗ sản phẩm**

Các hệ số hồi quy và thống kê sai lệch của 5 hàm ước lượng  $V_{SPCV}$  và  $V_{SPOV}$  đối với cây Tràm được dẫn ra ở Bảng 4 và 5. Tất cả 5 hàm ước lượng  $V_{SPCV}$  (Hàm 4c ÷ 8c; Bảng 4) và  $V_{SPOV}$  (Hàm 4d ÷ 8d; Bảng 5) đều tồn tại ở mức ý nghĩa rất cao ( $P < 0,01$ ). Hệ số xác định ( $R^2$ ) nhận giá trị cao nhất ở hàm 8c và 8d (tương ứng  $R^2 = 96,82\%$  và  $93,13\%$ ), thấp nhất ở hàm 4c



**Hình 1.** Đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa thể tích thân cả vỏ (a) và không vỏ (b) với đường kính ngang ngực và chiều cao toàn thân của cây Tràm.

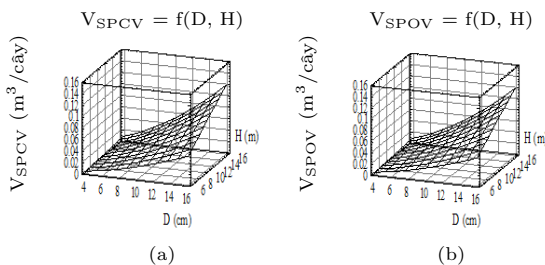
và 4d (tương ứng  $R^2 = 95,24\%$  và  $92,67\%$ ). Đối với  $V_{SPCV}$ , giá trị  $MAPE_{Min}$  và  $MAPE_{Max}$  tương

**Bảng 4.** Các hàm ước lượng thể tích gỗ sản phẩm cả vỏ của cây Tràm

| Thống kê       | Các hàm thể tích thân cả vỏ |          |          |           |           |
|----------------|-----------------------------|----------|----------|-----------|-----------|
|                | (4c)                        | (5c)     | (6c)     | (7c)      | (8c)      |
| (1)            | (2)                         | (3)      | (4)      | (5)       | (6)       |
| a              | 0,000031                    | 0,000082 | 0,003149 | -0,003273 | -0,003243 |
| b              |                             | 0,875241 | 0,000030 | 0,000148  | -0,000019 |
| c              |                             |          |          | 0,805999  | 0,000063  |
| d              |                             |          |          |           | 1,182740  |
| e              |                             |          |          |           | 1,716990  |
| R <sup>2</sup> | 95,24                       | 96,50    | 95,91    | 96,62     | 96,82     |
| P <sub>α</sub> | < 0,01                      | < 0,01   | < 0,01   | < 0,01    | < 0,01    |
| SSR            | 0,00207                     | 0,00152  | 0,00178  | 0,00147   | 0,00138   |
| SEE            | 0,00614                     | 0,00531  | 0,00573  | 0,00527   | 0,00506   |
| MAE            | 0,00374                     | 0,00325  | 0,00336  | 0,00334   | 0,00327   |
| MAPE           | 15,0                        | 12,6     | 15,2     | 13,2      | 13,4      |
| ME             | 0,00167                     | -0,00031 | 0,00000  | 0,00000   | 0,00001   |
| MPE            | 11,3                        | -6,1     | -8,0     | 0,7       | 1,3       |

**Bảng 5.** Các hàm ước lượng thể tích gỗ sản phẩm không vỏ của cây Tràm

| Thống kê       | Các hàm thể tích thân cả vỏ |          |          |           |           |
|----------------|-----------------------------|----------|----------|-----------|-----------|
|                | (4d)                        | (5d)     | (6d)     | (7d)      | (8d)      |
| (1)            | (2)                         | (3)      | (4)      | (5)       | (6)       |
| a              | 0,000021                    | 0,000030 | 0,000337 | -0,002136 | -0,001376 |
| b              |                             | 0,955370 | 0,000021 | 0,000055  | 0,000006  |
| c              |                             |          |          | 0,882869  | 0,000008  |
| d              |                             |          |          |           | 0,705896  |
| e              |                             |          |          |           | 2,511580  |
| R <sup>2</sup> | 92,67                       | 92,81    | 92,69    | 92,94     | 93,13     |
| P <sub>α</sub> | < 0,01                      | < 0,01   | < 0,01   | < 0,01    | < 0,01    |
| SSR            | 0,00165                     | 0,00162  | 0,00165  | 0,00159   | 0,00155   |
| SEE            | 0,00547                     | 0,00547  | 0,00552  | 0,00547   | 0,00535   |
| MAE            | 0,00334                     | 0,00340  | 0,00335  | 0,00356   | 0,00343   |
| MAPE           | 16,4                        | 18,0     | 17,2     | 21,6      | 19,0      |
| ME             | 0,00018                     | -0,00027 | 0,00000  | 0,00000   | -0,00004  |
| MPE            | -1,26                       | -8,07    | -4,89    | 1,50      | -0,52     |

**Hình 2.** Đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa thể tích gỗ sản phẩm cả vỏ (a) và không vỏ (b) với đường kính ngang ngực và chiều cao toàn thân của cây Tràm.

ứng là hàm 5c và 6c (tương ứng 12,6% và 15,2%). Đối với  $V_{SPOV}$ , giá trị  $MAPE_{Min}$  và  $MAPE_{Max}$

tương ứng là hàm 4d và 7d (tương ứng 16,4% và 21,6%). Tất cả 5 hàm ước lượng  $V_{SPCV}$  đều nhận sai số hệ thống (ME); trong đó hàm 5c mang giá trị âm, còn 4 hàm khác mang giá trị dương. Đối với 5 hàm ước lượng  $V_{SPOV}$ , giá trị ME ở hàm 5d và 8d mang giá trị âm, còn các hàm khác nhận giá trị dương. Khi ước lượng  $V_{SPCV}$ , hàm 8c nhận  $SSR_{Min}$  (0,00138), còn  $SSR_{Max}$  ở hàm 4c (0,00207). Khi ước lượng  $V_{SPOV}$ , hàm 8d nhận  $SSR_{Min}$  (0,00155), còn  $SSR_{Max}$  ở hàm 4d (0,00165). Từ những phân tích tương quan và sai lệch của 5 hàm dự tuyến cho thấy, theo tiêu chuẩn  $SR_{Min}$ , hàm 8c (Bảng 4; Hình 2) và hàm 8d (Bảng 5; Hình 2) là hai hàm thích hợp để ước lượng  $V_{SPCV}$  và  $V_{SPOV}$  theo  $D$  và  $H$  đối với cây

**Bảng 6.** Kiểm định sai lệch của các hàm thể tích thân cả vỏ và thể tích thân không vỏ

| TT cây     | D (cm) | H (m) | Thể tích thân cả vỏ |        |       | Thể tích thân không vỏ |        |       |
|------------|--------|-------|---------------------|--------|-------|------------------------|--------|-------|
|            |        |       | Thực tế             | Hàm 7a | MPE   | Thực tế                | Hàm 8b | MPE   |
| (1)        | (2)    | (3)   | (4)                 | (5)    | (6)   | (7)                    | (8)    | (9)   |
| 1          | 4,5    | 6,8   | 0,0060              | 0,0054 | 10,4  | 0,0033                 | 0,0034 | -4,1  |
| 2          | 5,4    | 8,5   | 0,0109              | 0,0101 | 7,4   | 0,0061                 | 0,0064 | -5,3  |
| 3          | 6,5    | 8,0   | 0,0124              | 0,0136 | -10,1 | 0,0068                 | 0,0072 | -5,1  |
| 4          | 7,5    | 7,5   | 0,0159              | 0,0168 | -5,7  | 0,0090                 | 0,0077 | 14,1  |
| 5          | 8,0    | 9,8   | 0,0205              | 0,0240 | -17,4 | 0,0138                 | 0,0136 | 1,1   |
| 6          | 8,5    | 8,5   | 0,0229              | 0,0236 | -3,0  | 0,0131                 | 0,0114 | 13,4  |
| 7          | 10,5   | 10,4  | 0,0369              | 0,0407 | -10,4 | 0,0226                 | 0,0217 | 4,0   |
| 8          | 12,5   | 12,7  | 0,0687              | 0,0648 | 5,6   | 0,0508                 | 0,0397 | 21,9  |
| 9          | 14,5   | 13,5  | 0,0963              | 0,0874 | 9,2   | 0,0729                 | 0,0543 | 25,5  |
| 10         | 15,5   | 14,5  | 0,0947              | 0,1036 | -9,5  | 0,0617                 | 0,0678 | -10,0 |
| Trung bình |        |       |                     |        | -2,3% | 5,5%                   |        |       |

**Bảng 7.** Thể tích thân trung bình ở mức cây cá thể của rừng Tràm

| D (cm) | H (m) | $V_{CV}$ (m <sup>3</sup> ) | $V_{OV}$ (m <sup>3</sup> ) | $V_{SPCV}$ (m <sup>3</sup> ) | $V_{SPOV}$ (m <sup>3</sup> ) | $V_o$ (m <sup>3</sup> ) |
|--------|-------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| 4      | 6,6   | 0,00386                    | 0,00286                    | 0,00307                      | 0,00172                      | 0,00100                 |
| 6      | 8,4   | 0,01222                    | 0,00710                    | 0,01134                      | 0,00644                      | 0,00513                 |
| 8      | 10,2  | 0,02481                    | 0,01458                    | 0,02413                      | 0,01444                      | 0,01023                 |
| 10     | 11,8  | 0,04183                    | 0,02599                    | 0,04163                      | 0,02625                      | 0,01585                 |
| 12     | 13,4  | 0,06326                    | 0,04162                    | 0,06339                      | 0,04196                      | 0,02164                 |
| 14     | 14,8  | 0,08890                    | 0,06143                    | 0,08852                      | 0,06134                      | 0,02747                 |
| 16     | 16,0  | 0,11843                    | 0,08507                    | 0,11585                      | 0,08387                      | 0,03337                 |

Tràm.

**3.3. Kiểm định khả năng ứng dụng đối với các hàm thể tích thân cây Tràm**

Từ những phân tích ở mục 3.1 cho thấy, hai hàm (7a) và (8b) đều nhận  $SSR_{Min}$  và  $MPE_{Min}$ . Sai lệch về  $V_{CV}$  từ hàm (7a) và  $V_{OV}$  từ hàm (8b) so với số liệu của 10 cây kiểm tra được ghi lại ở Bảng 6. Ở Bảng 6, hai cột 2 và 3 tương ứng là đường kính ngang ngực cả vỏ và chiều cao toàn thân; cột 4 và 7 tương ứng là  $V_{CV}$  và  $V_{OV}$  thực tế; cột 5 và 8 tương ứng là  $V_{CV}$  và  $V_{OV}$  ước lượng tương ứng từ hàm 7a và hàm 8b; cột 6 và 9 là sai số ước lượng  $V_{CV}$  và  $V_{OV}$  theo phần trăm. Từ số liệu ở Bảng 6 cho thấy, so với số liệu của những cây kiểm tra, hàm (7a) nhận sai số âm ở 6/10 cây, còn hàm (8b) nhận sai số âm ở 4/10 cây. Hàm (7a) nhận sai số trung bình -2,3%. Hàm (8b) nhận sai số trung bình 5,5%. Từ số liệu ở Bảng 2 - 5 cho thấy, bốn hàm (7a), (8b), (8c) và (8d) đều nhận  $MPE < 5,0\%$ . Thông thường, sai số thống kê thể tích thân cây gỗ dao động từ  $\pm 5 \div \pm 10\%$ . Từ những phân tích trên đây cho thấy, bốn hàm (7a), (8b), (8c) và (8d) đều đáp

ứng tốt tiêu chuẩn  $SSR_{Min}$  và  $MPE_{Min}$ . Vì thế, bốn hàm này được sử dụng để ước lượng  $V_{CV}$ ,  $V_{OV}$ ,  $V_{SPCV}$  và  $V_{SPOV}$  ở mức cây cá thể của rừng Tràm; trong đó cấp D = 4 - 16 cm.

**3.4. Biểu thể tích thân cây đứng và thể tích gỗ sản phẩm đối với rừng Tràm**

Biểu thể tích thân cả vỏ và không vỏ trung bình ở mức cây cá thể của rừng Tràm được xây dựng tương ứng từ hàm 7a và 8b. Biểu thể tích gỗ sản phẩm cả vỏ và không vỏ được xây dựng tương ứng từ hàm 8c và 8d (Bảng 7). Bảng 8 ghi lại tỷ lệ của các thành phần thể tích thân cây Tràm. Từ đó cho thấy, so với  $V_{CV}$ , tỷ lệ trung bình của bốn thành phần ( $V_{OV}$ ,  $V_{SPCV}$ ,  $V_{SPOV}$  và  $V_o$ ) tương ứng là 65,7%, 95,2%, 60,6% và 34,3%.

**4. Kết Luận**

Nghiên cứu này đã xây dựng các hàm thể tích thân cây đứng cả vỏ và không vỏ, hàm thể tích gỗ sản phẩm cả vỏ và không vỏ ở mức cây cá thể của rừng Tràm. Hàm  $V = a + b(D^2 * H)^c$  là hàm thích hợp để xây dựng hàm thể tích thân

**Bảng 8.** Tỷ lệ các thành phần thể tích thân cây Tràm

| D (cm)     | H (m) | V <sub>CV</sub> (%) | V <sub>OV</sub> (%) | V <sub>SPCV</sub> (%) | V <sub>SPOV</sub> (%) | V <sub>o</sub> (%) |
|------------|-------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|
| 4          | 6,6   | 100                 | 74,1                | 79,5                  | 44,64                 | 25,9               |
| 6          | 8,4   | 100                 | 58,1                | 92,8                  | 52,68                 | 41,9               |
| 8          | 10,2  | 100                 | 58,8                | 97,3                  | 58,21                 | 41,2               |
| 10         | 11,8  | 100                 | 62,1                | 99,5                  | 62,74                 | 37,9               |
| 12         | 13,4  | 100                 | 65,8                | 100,2                 | 66,33                 | 34,2               |
| 14         | 14,8  | 100                 | 69,1                | 99,6                  | 69,00                 | 30,9               |
| 16         | 16,0  | 100                 | 71,8                | 97,8                  | 70,82                 | 28,2               |
| Trung bình |       | 100                 | 65,7                | 95,2                  | 60,6                  | 34,3               |

cả vỏ ở mức cây cá thể của rừng Tràm. Hàm  $V = a + b(D^2H) + c(D^dH^e)$  là hàm thích hợp để xây dựng hàm thể tích thân không vỏ và thể tích gỗ sản phẩm ở mức cây cá thể của rừng Tràm. Các hàm thể tích này đều nhận sai số nhỏ hơn 5,0%. So với thể tích thân cả vỏ, tỷ lệ trung bình đối với thể tích thân không vỏ, thể tích gỗ sản phẩm cả vỏ và không vỏ, tỷ lệ vỏ tương ứng là 65,7%, 95,2%, 60,6% và 34,3%. Trong thực tế, sử dụng các hàm thể tích này để ước lượng thể tích thân cây đứng cả vỏ và không vỏ, thể tích gỗ sản phẩm cả vỏ và không vỏ ở mức cây cá thể của rừng Tràm.

### Lời Cam Đoan

Tôi cam đoan bài báo do tôi thực hiện và không có bất kỳ mâu thuẫn nào về kết quả nghiên cứu với các nhà nghiên cứu khác.

### Lời Cám Ơn

Tác giả xin chân thành cảm ơn Bộ môn Lâm sinh – Khoa Lâm nghiệp – Trường Đại học Nông Lâm TP.HCM đã cổ vũ cho tác giả hoàn thành bài báo này.

### Tài Liệu Tham Khảo (References)

- Adekunle, V. A. J., Nair, K. N., Srivastava, A. K., & Singh, N. K. (2013). Models and form factors for stand volume estimation in natural forest ecosystems: a case study of Katarniaghat Wildlife Sanctuary (KGWS), Bahraich District, India. *Journal of Forestry Research* 24(2), 217-228. <https://doi.org/10.1007/s11676-013-0347-8>.
- Lee, D., Seo, Y., & Choi, J. (2017). Estimation and validation of volume equations for *Pinus densiflora*, *Pinus koraiensis*, and *Larix kaempferi* in South Korea. *Forest Science and Technology* 13(2), 77-82. <https://doi.org/10.1080/21580103.2017.1315963>.
- Nguyen, N. L., & Dao, C. K. (1999). *Research on growth and yield of planted forests (Applied to Pinus kaysia Royle ex Gordon) forests in Vietnam*. Ho Chi Minh City, Vietnam: Agricultural Publishing House.
- Nguyen, T. B. (2005). Scheduling growth and temporary yield of pure Acacia hybrid forest. *Journal of Agriculture and Rural Development* 13, 91-95.
- Nguyen, V. T. (2002). *Forest ecology*. Ho Chi Minh City, Vietnam: Agricultural Publishing House.
- Sherrill J. R., Bullock, B. P., Mullin, T. J., McKean, S. E., & Purnell, R. C. (2011). Total and merchantable stem volume equations for midrotation loblolly pine (*Pinus taeda* L.). *Southern Journal of Applied Forestry* 35(3), 105-108. <https://doi.org/10.1093/sjaf/35.3.105>.
- Vu, T. H. (2012). *Method of constructing the volume tables for standing trees in natural forests in Vietnam*. Ho Chi Minh City, Vietnam: Agricultural Publishing House.