

Nghiên cứu các hàm ước lượng thể tích của các phân đoạn trên thân cây Tràm (*Melaleuca cajuputi* Powell) tại khu vực Thạnh Hóa, tỉnh Long An

Nguyễn Văn Quý¹, Phạm Minh Toại², Nguyễn Văn Thêm³

¹Trường Đại học Lâm nghiệp - Phân hiệu Đồng Nai

²Trường Đại học Lâm nghiệp

³Hội Khoa học Kỹ thuật Lâm nghiệp TP. Hồ Chí Minh

Research on volume estimation functions of timber logs on the tree stem (*Melaleuca cajuputi* Powell) in Thanh Hoa area, Long An province

Nguyen Van Quy¹, Pham Minh Toai², Nguyen Van Them³

¹Vietnam National University of Forestry – Dong Nai Campus

²Vietnam National University of Forestry

³Forestry Science and Technology Association of Ho Chi Minh

<https://doi.org/10.55250/jo.vnuf.14.1.2025.055-062>

TÓM TẮT

Phát triển các hàm ước lượng thể tích thân cây gỗ là một yêu cầu của lâm học và điều tra rừng. Các hàm thể tích là công cụ hữu ích để thống kê và đánh giá tài nguyên rừng, phân tích hiệu quả kinh doanh rừng. Mục tiêu của nghiên cứu này là xây dựng các hàm thể tích toàn thân và thể tích của các phân đoạn ở mức cây cá thể của rừng Tràm. Số liệu được kế thừa từ tài liệu tham khảo [1]. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng tổng thể tích toàn thân cả vỏ và thể tích của các phân đoạn cả vỏ ở mức cây cá thể của rừng Tràm được ước lượng theo hàm $V_{hCV} = \exp(-7,88759 + 0,637243\ln(D^{2,86324}H^{0,78479}) - 0,445955(h/H)^{-0,51152})$. Tổng thể tích toàn thân không vỏ và thể tích của các phân đoạn không vỏ được ước lượng theo hàm $V_{hOV} = \exp(-8,43208 + 0,623063\ln(D^{2,58589}H^{1,248}) - 0,457285(h/H)^{-0,53919})$. Theo đường kính tương đối của cây Tràm, tổng thể tích toàn thân cả vỏ và thể tích của các phân đoạn cả vỏ được ước lượng theo hàm $V_{DhCV} = \exp(-8,06225 + 0,582454\ln(D^{2,9011}H^{0,9002}) - 1,02216(Dh/D)^{3,1587})$. Tổng thể tích toàn thân không vỏ và thể tích của các phân đoạn không vỏ được ước lượng theo hàm $V_{DhOV} = \exp(-8,71677 + 0,574384\ln(D^{2,48682}H^{1,53695}) - 1,14698(Dh/D)^{3,24818})$. Sai lệch của các hàm thể tích nhỏ hơn 5,0%.

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 25/09/2024

Ngày phản biện: 28/10/2024

Ngày quyết định đăng: 29/11/2024

Từ khóa:

Hàm thể tích, phân đoạn gỗ, thể tích gỗ cây đứng, rừng Tràm, thể tích gỗ thu hoạch.

ABSTRACT

Developing volumetric functions of tree stems was a requirement of silviculture and forest inventory. Volumetric functions were useful tools for statistics and evaluation of forest resources, analysis of forest business efficiency. The objective of this study was to construct total stem volume and segmental volume functions at the individual tree level of *Melaleuca* plantations. The data was collected from reference materials [6]. Research results have shown that the total outbark stem volume and the volume of segments were estimated by the function $V_{hCV} = \exp(-7.88759 + 0.637243\ln(D^{2.86324}H^{0.78479}) - 0.445955(h/H)^{-0.51152})$. The total inbark stem volume and the volume of the segments were estimated by the function $V_{hOV} = \exp(-8.43208 + 0.623063\ln(D^{2.58589}H^{1.248}) - 0.457285(h/H)^{-0.53919})$. According to the relative diameter of the *Melaleuca* tree, the total outbark stem volume and the volume of segments were estimated by the function $V_{DhCV} = \exp(-8.06225 + 0.582454\ln(D^{2.9011}H^{0.9002}) - 1.02216(Dh/D)^{3.1587})$. The total inbark stem volume and the volume of segments were estimated by the function $V_{DhOV} = \exp(-8.71677 + 0.574384\ln(D^{2.48682}H^{1.53695}) - 1.14698(Dh/D)^{3.24818})$. The error of these volume functions was less than 5.0%.

Keywords:

Harvest stem volume, *Melaleuca* plantations, standing stem volume, timber logs, tree stem volume function.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Rừng Tràm (*Melaleuca cajuputi* Powell) là hệ sinh thái đặc sắc [1]. Tính đến năm 2022 [2], ngành lâm nghiệp ở khu vực Tây Nam Bộ đã trồng khoảng 167,3 ngàn héc-ta rừng trồng các loại trong đó có rừng trồng Tràm. Theo định kỳ, ngành lâm nghiệp cần phải thống kê tài nguyên rừng; trong đó bao gồm trữ lượng gỗ cây đứng và trữ lượng gỗ thu hoạch. Để kiểm kê tài nguyên rừng Tràm, trong đó có trữ lượng gỗ cây đứng và trữ lượng gỗ khai thác theo quy định của Luật lâm nghiệp năm 2017, các hàm thể tích là công cụ cơ bản để thống kê và đánh giá tài nguyên rừng [3]. Trước đây nhiều tác giả ([4, 5, 6]) đã xây dựng các hàm thể tích đối với rừng tự nhiên và rừng trồng ở Việt Nam. Hàm thể tích của Nguyễn Văn Thêm và cộng sự (2024) [4] chỉ cho phép xác định tổng thể tích thân cây đứng ở mức cây cá thể của rừng Tràm. Trong thực tế, các chủ rừng cần biết không chỉ trữ lượng gỗ thân cây đứng, mà còn cả trữ lượng gỗ thu hoạch với chiều dài bất kỳ. Hiện nay vẫn còn thiếu các hàm thể tích gỗ thu hoạch của rừng Tràm. Xuất phát từ thực tế nêu trên, nghiên cứu này xây dựng các hàm thể tích

để xác định không chỉ trữ lượng gỗ thân cây đứng, mà còn cả trữ lượng gỗ thu hoạch với chiều dài bất kỳ. Mục tiêu của nghiên cứu này là xây dựng các hàm thể tích toàn thân và thể tích của các phân đoạn ở mức cây cá thể của rừng Tràm. Kết quả của nghiên cứu này giúp ích cho việc thống kê và đánh giá sản lượng gỗ cây đứng và sản lượng gỗ thu hoạch đối với rừng Tràm.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phương pháp kế thừa tài liệu

Thể tích gỗ sản phẩm cả vỏ và không vỏ ở mức cây cá thể của rừng Tràm là tổng thể tích thân từ gốc đến vị trí đường kính nhỏ nhất được thu hoạch. Từ các hàm sản lượng đã được tác giả Nguyễn Văn Thêm (2022) [5] xây dựng cho rừng Tràm (Hàm 1-5), nghiên cứu này ước lượng 6 chỉ tiêu: (1) Đường kính thân ngang ngực (D , cm); (2) Chiều cao toàn thân (H , m); (3) Độ thon thân cả vỏ (Dh_{CV} , cm); (4) Độ thon thân không vỏ (Dh_{OV} , cm); (5) Thể tích thân cả vỏ (V_{CV} , m³); (6) Thể tích thân không vỏ (V_{OV} , m³). Các số liệu này được kế thừa từ tài liệu tham khảo [1] (Hàm 1-5).

$$H = 19,5792 \exp(-1,87711 \exp(-0,146134D)) \quad (1)$$

$$R^2 = 86,9\%; \text{SEE} = \pm 1,42; \text{MAE} = 1,17; \text{MAPE} = 11,3\%.$$

$$Dh_{CV} = 0,849862(D^3H)^{0,210616}(1,72697 - \sqrt{Y})^J$$

$$J = (-3,2856Y + 9,36611Y^2 + 1,49588X + 0,429075(D/H)) \quad (2)$$

$$R^2 = 96,18\%; \text{SEE} = \pm 0,700; \text{MAPE} = 13,8\%.$$

$$Dh_{OV} = 0,679532(D^3H)^{0,231367}(1,63893 - \sqrt{Y})^K$$

$$K = (-3,12257Y + 9,20969Y^2 + 1,9049X - 0,361803(D/H)) \quad (3)$$

$$R^2 = 92,05\%; \text{SEE} = \pm 0,870; \text{MAPE} = 25,8\%.$$

$$V_{CV} = -0,00111 + 0,0000225(D^2 \cdot H) + 0,000117(D^{0,546491}H^{1,66379}) \quad (4)$$

$$R^2 = 99,99\%; \text{SEE} = \pm 0,00038; \text{MAE} = 0,00021; \text{MAPE} = 0,4\%.$$

$$V_{OV} = -0,000143 + 0,0000056 \cdot (D^2H) + 0,000040(D^{1,0379}H^{1,68167}) \quad (5)$$

$$R^2 = 99,99\%; \text{SEE} = \pm 0,00027; \text{MAE} = 0,00014; \text{MAPE} = 0,3\%.$$

2.2. Phương pháp xử lý số liệu

2.2.1. Xây dựng các hàm thể tích thân cây Tràm

Trình tự xử lý số liệu được thực hiện theo 5 bước.

Bước 1: Ước lượng H , V_{CV} và V_{OV} theo các cấp $D = 6-18$ cm ở mức cây cá thể của rừng

Tràm tương ứng theo 3 Hàm (1), (4) và (5) (Bảng 1).

$$V_i \text{ (m}^3\text{)} = ((G_1 + G_2)/2) \times L \quad (6)$$

$$G_i \text{ (m}^2\text{)} = 0,00007854 \times D_i^2 \quad (7)$$

$$V_n \text{ (m}^3\text{)} = (1/3) \times g_n \times L_n \quad (8)$$

Bảng 1. Chiều cao và thể tích thân cây Tràm ở các cấp đường kính khác nhau

Cấp D (cm)	H (m)	Thể tích thân (m ³)	
		Cả vỏ	Không vỏ
6	9,5	0,0198	0,0131
8	11,4	0,0360	0,0245
10	13,1	0,0578	0,0400
12	14,5	0,0844	0,0586
14	15,7	0,1160	0,0802
16	16,5	0,1504	0,1028
18	17,1	0,1875	0,1260

Bước 2: Xác định D_{hCV} và D_{hOV} ở các vị trí H/10 (ký hiệu: D_{hCV} và D_{hOV} , m³) đối với các cấp D = 6-18 cm. Hai chỉ tiêu này được ước lượng tương ứng theo Hàm (2) và (3).

Bước 3: Xác định thể tích gỗ cả vỏ và không vỏ đối với các phân đoạn với chiều dài tương đối bằng H/10 (Kí hiệu: V_{hCV} và V_{hOV} , m³). Đối với mỗi cấp D, thể tích của phân đoạn i trên thân được xác định theo công thức của Smalian (Công thức 6), trong đó G_1 và G_2 (m²) tương ứng là tiết diện ngang đầu lớn và đầu nhỏ của phân đoạn i; L (m) là chiều dài của mỗi phân đoạn. Hai đại lượng G_1 và G_2 được xác định theo công thức 7, trong đó D_i (i = 1 và 2) là đường kính đầu lớn và đầu nhỏ của mỗi phân đoạn. Thể tích đoạn ngọn được xác định theo công thức hình nón (Công thức 8); trong đó $g_n = (\pi/4) \times D_n^2$; còn D_n và L_n tương ứng là đường

kính đáy và chiều dài của đoạn ngọn. Thể tích toàn thân cây đứng cả vỏ (V_{CV} , m³) và không vỏ (V_{OV} , m³) là tổng thể tích của các phân đoạn.

Bước 4: Xây dựng hàm thể tích cả vỏ và không vỏ lũy kế theo các phân đoạn trên thân cây Tràm. Trong nghiên cứu này, hàm thể tích cả vỏ và không vỏ từ phân đoạn gốc đến phân đoạn thứ i ở cấp D thứ j (V_{ij} , m³) được đề xuất tương ứng theo hàm 9 và 10. Ở hàm 9 và 10, V_{hij} là tổng thể tích thân cả vỏ và không vỏ của phân đoạn thứ i kể từ gốc đến chiều cao tương đối (h/H); V_{Dhij} là tổng thể tích thân cả vỏ và không vỏ của phân đoạn thứ i kể từ gốc đến đường kính tương đối (Dh/D); D_j là cấp D thứ j; H_j là chiều cao toàn thân của cấp D thứ j; D_h là độ thon thân cả vỏ và không vỏ; b_i và c_i là các tham số của hàm thể tích.

$$V_{hij} = \exp(b_1 + b_2 \times \ln(D_j^{b3} \times H_j^{b4}) + b_5 \times (h/H_j)^{-b6}) \quad (9)$$

$$V_{Dhij} = \exp(c_1 + c_2 \times \ln(D_j^{c3} \times H_j^{c4}) + c_5 \times (D_h/D_j)^{c6}) \quad (10)$$

Bước 5: Đánh giá sai lệch của hàm 9 (V_{hij}) và hàm 10 (V_{Dhij}). Các hệ số của hàm (9) và (10) được xác định theo phương pháp hồi quy và tương quan phi tuyến tính của Marquartz. Cường độ quan hệ giữa các biến phụ thuộc (V_{hij} và V_{Dhij}) với các biến dự đoán (h/H và Dh/D) được xác định theo hệ số xác định (R^2) (Công thức 11). Sai lệch của hai hàm V_{hij} và V_{Dhij} so với số liệu thực tế được xác định theo tổng bình phương sai lệch (SSE; Công thức 12), sai số ước lượng (SEE; Công thức 13), sai số tuyệt đối trung bình (MAE; Công thức 14), sai sệch tuyệt đối trung bình theo phần trăm (MAPE; Công thức 15); sai số trung bình theo phần trăm (MPE; Công thức 16). Ở công thức 11-16, Y_i và

Y_j tương ứng là hai biến V_{hij} và V_{Dhij} thực tế và ước lượng; Y_{Bq} là giá trị bình quân của biến V_{hij} và V_{Dhij} thực tế; n = dung lượng mẫu; p = số tham số của hàm hồi quy. Công cụ xử lý số liệu là phần mềm thống kê STATGRAPHICS Centurion XV.I 15.1.02.

$$R^2 = (1 - \frac{SSE}{SST}) \times 100 \quad (11)$$

$$SSE = \sum_{i=1}^n (Y_i - Y_j)^2 \quad (12)$$

$$SST = \sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{Bq})^2 \quad (13)$$

$$SEE = \sqrt{\frac{SSE}{n-p}} \quad (14)$$

$$MAE = \sum_{i=1}^n (|Y_i - Y_j|) / n \quad (15)$$

$$MAPE = (1/n) \times \frac{\sum |Y_j - Y_i|}{Y_i} \times 100 \quad (16)$$

$$MPE = \frac{Y_j - Y_i}{Y_i} \times 100 \quad (16)$$

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Hàm thể tích lũy kế theo chiều cao tương đối của cây Tràm

Phân tích hồi quy cho thấy hàm ước lượng thể tích thân cả vỏ (V_{hcv} , m³) và không vỏ (V_{hov} , m³) lũy kế theo chiều dài tương đối (h/H) của cây Tràm có dạng tương ứng như Hàm 17 và

$$V_{hcv} = \exp(-7,88759 + 0,637243 \ln(D^{2,86324} H^{0,78479}) - 0,445955(h/H)^{-0,51152}) \quad (17)$$

$$R^2 = 99,93\%; \text{SEE} = +/-0,00128; \text{MAE} = 0,0009; \text{MAPE} = 3,8\%; \text{MPE} = 2,7\%.$$

$$V_{hov} = \exp(-8,43208 + 0,623063 \ln(D^{2,58589} H^{1,248}) - 0,457285(h/H)^{-0,53919}) \quad (18)$$

$$R^2 = 99,92\%; \text{SEE} = +/-0,0009; \text{MAE} = 0,0007; \text{MAPE} = 2,2\%; \text{MPE} = 0,3\%.$$

18. Hai hàm này đều có hệ số xác định rất cao ($R^2 > 99,0\%$) và sai lệch nhỏ ($\text{SEE} < 3,0\%$). Vì thế, chúng được sử dụng để ước lượng thể tích thân cả vỏ và không vỏ theo chiều cao tương đối (h/H) của các cây Tràm. Bảng 2 và Hình 1 tóm tắt thể tích thân cả vỏ lũy kế theo (h/H) đối với cây Tràm từ cấp D = 8-18 cm. Bảng 3 và Hình 2 tóm tắt thể tích thân không vỏ lũy kế theo (h/H) đối với cây Tràm từ cấp D = 8-18 cm.

Bảng 2. Thể tích thân cả vỏ lũy kế theo (h/H) đối với cây Tràm từ cấp D = 8-18 cm

(h/H)	Thể tích cả vỏ (m ³) theo cấp D(cm)					
	8	10	12	14	16	18
0,1	0,0130	0,0210	0,0309	0,0427	0,0561	0,0712
0,2	0,0200	0,0323	0,0476	0,0657	0,0865	0,1097
0,3	0,0242	0,0391	0,0576	0,0795	0,1046	0,1327
0,4	0,0270	0,0438	0,0645	0,0890	0,1171	0,1486
0,5	0,0292	0,0473	0,0696	0,0961	0,1265	0,1605
0,6	0,0309	0,0500	0,0737	0,1017	0,1339	0,1698
0,7	0,0323	0,0522	0,0770	0,1063	0,1399	0,1774
0,8	0,0335	0,0541	0,0798	0,1101	0,1449	0,1838
0,9	0,0345	0,0557	0,0821	0,1134	0,1492	0,1893
1,0	0,0353	0,0571	0,0842	0,1162	0,1529	0,1940

Bảng 3. Thể tích thân không vỏ lũy kế theo (h/H) đối với cây Tràm từ cấp D = 8-18 cm

(h/H)	Thể tích không vỏ (m ³) theo cấp D(cm)					
	8	10	12	14	16	18
0,1	0,0082	0,0132	0,0192	0,0263	0,0342	0,0428
0,2	0,0134	0,0216	0,0315	0,0431	0,0560	0,0702
0,3	0,0166	0,0267	0,0390	0,0533	0,0694	0,0869
0,4	0,0188	0,0303	0,0443	0,0605	0,0787	0,0986
0,5	0,0205	0,0330	0,0482	0,0658	0,0857	0,1073
0,6	0,0218	0,0351	0,0513	0,0701	0,0912	0,1142
0,7	0,0229	0,0368	0,0538	0,0735	0,0956	0,1198
0,8	0,0238	0,0383	0,0559	0,0764	0,0994	0,1245
0,9	0,0246	0,0395	0,0577	0,0789	0,1026	0,1285
1,0	0,0252	0,0406	0,0593	0,0810	0,1054	0,1320

3.2. Hàm thể tích lũy kế theo đường kính tương đối của cây Tràm

Phân tích hồi quy cho thấy hàm ước lượng thể tích thân cả vỏ và không vỏ lũy kế theo

đường kính tương đối (Dh/D) của cây Tràm có dạng tương ứng như Hàm 19 và 20. Hai hàm này đều có hệ số xác định rất cao ($R^2 > 99,0\%$) và sai lệch nhỏ ($\text{SEE} < 6,5\%$). Vì thế, chúng được

sử dụng để ước lượng thể tích thân cả vỏ và không vỏ theo đường kính tương đối (Dh/D) của các cây Tràm. Bảng 4 và 5 tóm tắt thể tích thân cả vỏ và không vỏ lũy kế theo (Dh/D) của

các cây Tràm từ D = 8-18 cm. Ở Bảng 4 và 5, thể tích thân ở các vị trí (Dh/D) được chuyển đổi tương ứng theo (h/H).

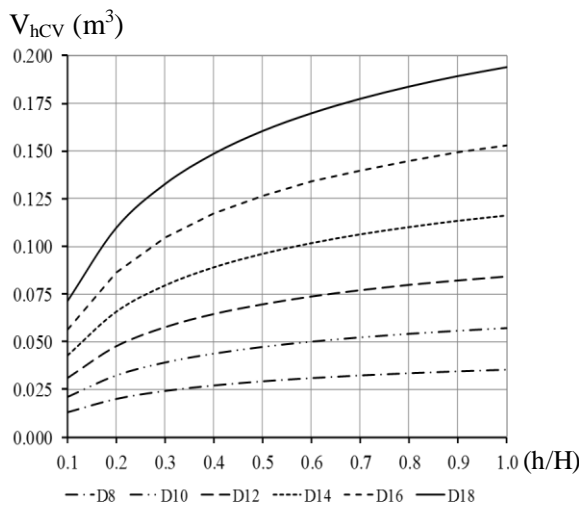
$$R^2 = 99,92\%; \text{SEE} = +/-0,0009; \text{MAE} = 0,0007; \text{MAPE} = 2,2\%; \text{MPE} = 0,3\%.$$

$$V_{DhCV} = \exp(-8,06225 + 0,582454\text{Ln}(D^{2,9011}H^{0,9002}) - 1,02216(Dh/D)^{3,1587}) \quad (19)$$

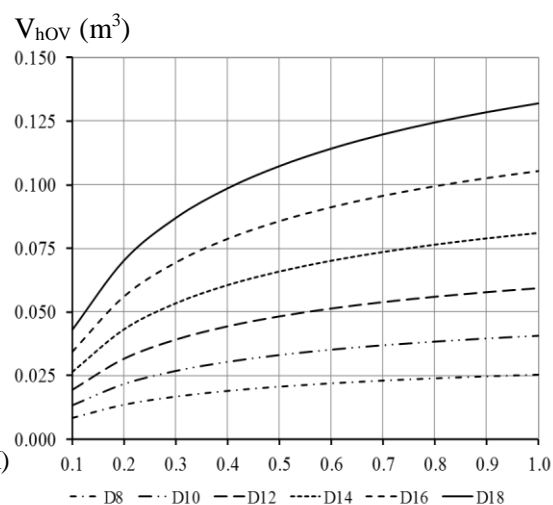
$$R^2 = 99,59\%; \text{SEE} = +/-0,00318; \text{MAE} = 0,0026; \text{MAPE} = 10,1\%; \text{MPE} = 6,5\%.$$

$$V_{DhOV} = \exp(-8,71677 + 0,574384\text{Ln}(D^{2,48682}H^{1,53695}) - 1,14698(Dh/D)^{3,24818}) \quad (20)$$

$$R^2 = 99,45\%; \text{SEE} = +/-0,0025; \text{MAE} = 0,002; \text{MAPE} = 10,9\%; \text{MPE} = 5,6\%.$$



Hình 1. Đồ thị biểu diễn thể tích cả vỏ lũy kế theo chiều cao tương đối (h/H) của cây Tràm ở cấp D = 8-18 cm



Hình 2. Đồ thị biểu diễn thể tích không vỏ lũy kế theo chiều cao tương đối (h/H) của cây Tràm ở cấp D = 8-18 cm

Bảng 4. Thể tích thân cả vỏ lũy kế theo (Dh/D)^(*) của các cây Tràm từ D = 8-18 cm

(h/H)	Thể tích không vỏ (m ³) theo cấp D(cm)					
	8	10	12	14	16	18
0,1	0,0080	0,0159	0,0269	0,0409	0,0579	0,0777
0,2	0,0168	0,0298	0,0467	0,0674	0,0915	0,1190
0,3	0,0215	0,0368	0,0562	0,0795	0,1066	0,1371
0,4	0,0246	0,0411	0,0620	0,0869	0,1156	0,1479
0,5	0,0275	0,0452	0,0674	0,0937	0,1239	0,1576
0,6	0,0308	0,0499	0,0735	0,1012	0,1328	0,1678
0,7	0,0340	0,0543	0,0791	0,1080	0,1407	0,1768
0,8	0,0361	0,0571	0,0827	0,1123	0,1456	0,1823
0,9	0,0369	0,0582	0,0839	0,1138	0,1473	0,1842
1,0	0,0371	0,0584	0,0842	0,1141	0,1477	0,1846

Ghi chú: (*) Cột 1 là (Dh/D) được chuyển đổi tương ứng theo (h/H).

3.3. So sánh chênh lệch giữa hai hàm V_h và V_{Dh} ở mức cây cá thể của rừng Tràm

Thể tích thân cả vỏ lũy kế theo chiều cao tương đối (h/H) và đường kính tương đối

(Dh/D) ở mức cây cá thể của rừng Tràm có thể được xác định tương ứng theo Hàm 17 (Phương pháp 1a) và Hàm 19 (Phương pháp 2a). Tương tự, thể tích thân không vỏ lũy kế

theo đường kính tương đối (D_h/D) được xác định tương ứng theo Hàm 18 (Phương pháp 1b) và Hàm 20 (Phương pháp 2b). Để dễ dàng so sánh sự khác nhau giữa hai phương pháp này, hai đại lượng V_{DhCV} (Phương pháp 2a) và V_{DhOV} (Phương pháp 2b) ở các vị trí đường kính tương đối (D_h/D) được chuyển đổi tương ứng sang các vị trí (h/H). Bảng 6 tổng hợp chênh lệch giữa

thể tích thân cả vỏ được xác định theo theo Hàm 17 (Phương pháp 1a) và Hàm 19 (Phương pháp 2a) đối với cây Tràm từ cấp $D = 8-18$ cm. Bảng 7 tổng hợp chênh lệch giữa thể tích thân không vỏ được xác định theo theo Hàm 18 (Phương pháp 1b) và Hàm 20 (Phương pháp 2b) đối với cây Tràm từ cấp $D = 8-18$ cm.

Bảng 5. Thể tích thân không vỏ lũy kế theo (D_h/D)^(*) của các cây Tràm từ $D = 8-18$ cm

(h/H)	Thể tích không vỏ (m^3) theo cấp $D(cm)$					
	8	10	12	14	16	18
0,1	0,0046	0,0095	0,0163	0,0251	0,0355	0,0475
0,2	0,0109	0,0196	0,0308	0,0443	0,0599	0,0771
0,3	0,0145	0,0249	0,0380	0,0534	0,0710	0,0904
0,4	0,0168	0,0282	0,0424	0,0590	0,0777	0,0983
0,5	0,0190	0,0314	0,0465	0,0642	0,0839	0,1054
0,6	0,0216	0,0350	0,0512	0,0698	0,0905	0,1128
0,7	0,0241	0,0383	0,0554	0,0749	0,0963	0,1193
0,8	0,0257	0,0404	0,0580	0,0779	0,0998	0,1231
0,9	0,0263	0,0412	0,0589	0,0790	0,1010	0,1245
1,0	0,0264	0,0413	0,0591	0,0792	0,1012	0,1247

Ghi chú: (*) Cột 1 là (D_h/D) được chuyển đổi tương ứng theo (h/H).

Bảng 6. Chênh lệch giữa hai hàm V_{hCV} và V_{DhCV} đối với các cây Tràm từ $D = 8-18$ cm

(h/H)	Tỷ lệ (V_{hCV}/V_{DhCV}) theo cấp $D(cm)$, %						MAPE
	8	10	12	14	16	18	
0,1	162,1	131,9	114,9	104,3	96,8	91,6	16,9
0,2	118,6	108,3	101,9	97,5	94,5	92,2	2,2
0,3	112,1	106,3	102,6	100,0	98,1	96,8	2,6
0,4	110,1	106,4	104,1	102,4	101,3	100,5	4,2
0,5	106,3	104,4	103,2	102,5	102,1	101,9	3,4
0,6	100,3	100,2	100,3	100,5	100,9	101,2	0,5
0,7	94,9	96,1	97,3	98,4	99,4	100,3	2,3
0,8	92,6	94,7	96,5	98,1	99,5	100,8	2,9
0,9	93,3	95,8	97,8	99,7	101,3	102,8	1,6
1,0	95,2	97,8	100,0	101,8	103,5	105,1	0,6
Trung bình	108,6	104,2	101,9	100,5	99,7	99,3	2,4

Ghi chú: MAPE = Sai lệch tuyệt đối trung bình theo phần trăm.

Số liệu Bảng 6 cho thấy sai lệch trung bình về thể tích thân cả vỏ lũy kế theo (h/H) được xác định theo phương pháp 1a và phương pháp 2a là 2,4%. Số liệu Bảng 7 cho thấy sai lệch trung bình về thể tích thân không vỏ lũy kế theo (h/H) được xác định theo phương pháp 1b và phương pháp 2b là 3,0%. Nếu sử dụng 4 Hàm 17-20 để xác định tổng thể tích thân cả vỏ và không vỏ của các cây Tràm từ cấp $D = 8-18$ cm,

thì chênh lệch giữa hai phương pháp này là 3,5%. Mặt khác, so với tổng thể tích thân cả vỏ và không vỏ của các cây Tràm từ cấp $D = 8-18$ cm được xác định theo Hàm 4 và 5, các giá trị này được ước lượng theo 4 Hàm 17-20 chỉ chênh lệch khoảng 2,0%. Những so sánh trên đây chứng tỏ rằng thể tích thân cả vỏ và không vỏ ở mức cây cá thể của rừng Tràm được ước lượng theo chiều dài tương đối (h/H) và đường

kính tương đối (D_h/D) đều cho kết quả tương tự như nhau. So với yêu cầu về sai số trong điều tra rừng (MAPE = 5-10%), bốn Hàm 17-20 có

thể được sử dụng để xác định thể tích thân cả vỏ và không vỏ ở mức cây cá thể của rừng Tràm.

Bảng 7. Chênh lệch giữa hai hàm V_{hov} và $V_{dhov}^{(*)}$ đối với các cây Tràm từ $D = 8-18$ cm

(h/H)	Tỷ lệ (V_{hov}/V_{dhov}) theo cấp D(cm), %						MAPE
	8	10	12	14	16	18	
0,1	177,1	138,5	117,8	104,8	96,3	90,1	20,8
0,2	122,6	109,9	102,3	97,3	93,5	91,1	2,8
0,3	114,6	107,3	102,6	99,8	97,7	96,1	3,0
0,4	112,1	107,4	104,5	102,5	101,3	100,3	4,7
0,5	107,7	105,1	103,7	102,5	102,1	101,8	3,8
0,6	100,9	100,3	100,2	100,4	100,8	101,2	0,6
0,7	94,9	96,0	97,1	98,1	99,3	100,4	2,4
0,8	92,7	94,6	96,4	98,1	99,6	101,1	2,9
0,9	93,6	95,9	98,0	99,9	101,6	103,2	1,3
1,0	95,7	98,1	100,3	102,3	104,2	105,9	1,1
Trung bình	111,2	105,3	102,3	100,6	99,6	99,1	3,0

Ghi chú: MAPE = Sai lệch tuyệt đối trung bình theo phần trăm.

3.4. Áp dụng kết quả nghiên cứu

(1) Xác định tổng thể tích thân cây đứng của cây Tràm:

Tổng thể tích thân cây đứng cả vỏ (V_{cv} , m³) và không vỏ (V_{ov} , m³) ở mức cây cá thể từ cấp $D = 6-18$ cm được xác định bằng cách thay thế tương ứng D , H và $(h/H = 1)$ vào Hàm 17 và 18.

(2) Xác định tổng thể tích gỗ sản phẩm của cây Tràm:

Tổng thể tích gỗ sản phẩm cả vỏ (V_{spcv} , m³) và không vỏ (V_{spov} , m³) ở mức cây cá thể từ cấp $D = 6-18$ cm được xác định bằng cách thay thế tương ứng D , H và (h/H) vào Hàm 17 và 18; trong đó h là chiều dài của đoạn gỗ sản phẩm kể từ gốc.

(3) Xác định tổng thể tích của các phân đoạn với chiều dài bất kỳ:

Tổng thể tích cả vỏ (V_{hcv} , m³) và không vỏ (V_{hov} , m³) của các phân đoạn với chiều dài bất kỳ (h , m) được xác định bằng cách thay thế tương ứng D , H và (h/H) vào Hàm 17 và 18.

(4) Xác định thể tích của một phân đoạn gỗ trên thân cây Tràm:

Thể tích cả vỏ và không vỏ của một phân đoạn gỗ từ chiều dài h_1 (m) đến chiều dài h_2 (m) ($h_2 > h_1$) được xác định theo 2 bước. Bước 1: Sử dụng Hàm 17 và 18 để xác định thể tích cả vỏ

và không vỏ từ phân đoạn gốc đến chiều dài h_1 và h_2 . Bước 2: Xác định thể tích cả vỏ và không vỏ của phân đoạn gỗ nằm giữa chiều dài h_1 và h_2 . Đại lượng này là hiệu số giữa thể tích của phân đoạn gỗ với chiều dài h_2 và h_1 .

(5) Xác định thể tích vỏ của cây Tràm

Thể tích vỏ ($V_{vỏ}$, m³) của cây Tràm được xác định theo công thức:

$$V_{vỏ} (m^3) = V_{hcv} (\text{Hàm 17}) - V_{hov} (\text{Hàm 18})$$

(6) Xác định tổng sản lượng gỗ cây đứng của rừng Tràm:

Sản lượng gỗ cây đứng cả vỏ (M_{cv} , m³) và không vỏ (M_{ov} , m³) của rừng Tràm được xác định theo 6 bước. Bước 1: Xác định tuổi của rừng Tràm (A , năm). Bước 2: Xác định số lượng OTC và kích thước OTC. Bởi vì rừng Tràm được trồng với mật độ rất cao (10.000 - 20.000 cây/ha), nên kích thước OTC thích hợp là 200m². Các OTC được bố trí điển hình theo tuổi rừng (A , năm) với số lượng dao động từ 30-50/1000 ha. Bước 3: Thống kê đặc điểm của rừng Tràm. Trong các OTC, đo đạc D (cm) của tất cả các cây Tràm, còn H (m) được ước lượng theo Hàm 1. Bước 4: Tập hợp số liệu D và H của rừng Tràm ở các tuổi và phân chia D thành các cấp D với mỗi cấp $D = 1-2$ cm tùy theo tuổi và phạm vi biến động D . Sau đó xây dựng bảng

phân bố số cây (n, cây) ở các tuổi theo các cấp D và chuyển đổi số cây ra đơn vị 1 ha (N cây/ha). Bước 5: Xác định thể tích thân cây đứng cả vỏ (Kí hiệu: V_{CV} , $m^3/cây$) và không vỏ (Kí hiệu: V_{OV} , $m^3/cây$) của cây bình quân trong mỗi cấp D. Hai đại lượng V_{CV} và V_{OV} được xác định tương ứng theo Hàm 17 và 18. Bước 6: Xác định sản lượng gỗ cây đứng trung bình cả vỏ (Kí hiệu: M_{CV} m^3/ha) và không vỏ (Kí hiệu: M_{OV} m^3/ha) của rừng Tràm ở mỗi tuổi. Hai đại lượng này ở mỗi cấp D được xác định theo công thức:

$$M = n_i * V$$

Trong đó:

n_i (cây/ha) là số cây ở mỗi cấp D;

$V = V_{CV}$ và V_{OV} .

Sau đó xác định tổng sản lượng gỗ cây đứng cả vỏ và không vỏ ở mỗi tuổi bằng cách cộng dồn M_{CV} và M_{OV} ở các cấp D.

(7) Xác định tổng trữ lượng gỗ sản phẩm của rừng Tràm:

Trữ lượng gỗ sản phẩm cả vỏ (M_{SPCV} , m^3) và không vỏ (M_{SPOV} , m^3) của rừng Tràm còn được gọi là trữ lượng gỗ thu hoạch. Hai đại lượng M_{SPCV} và M_{SPOV} được xác định theo 3 bước. Bước 1: Thu thập các số liệu về rừng Tràm theo 4 bước như ở Mục (6). Bước 2: Xác định thể tích gỗ sản phẩm cả vỏ (Kí hiệu: V_{SPCV} , $m^3/cây$) và không vỏ (Kí hiệu: V_{SPOV} , $m^3/cây$) của cây bình quân trong mỗi cấp D. Hai đại lượng V_{SPCV} và V_{SPOV} được xác định tương ứng theo Hàm 17 và 18; trong đó h là chiều dài của đoạn gỗ sản phẩm kể từ gốc. Bước 3: Xác định trữ lượng gỗ sản phẩm cả vỏ (Kí hiệu: M_{SPCV} m^3/ha) và không vỏ (Kí hiệu: M_{SPOV} m^3/ha) của rừng Tràm ở mỗi tuổi. Hai đại lượng M_{SPCV} và M_{SPOV} ở mỗi cấp D được xác định theo công thức:

$$M_{SP} = n_i * V_{SP}$$

Trong đó:

n_i (cây/ha) là số cây ở mỗi cấp D;

$V_{SP} = V_{SPCV}$ và V_{SPOV} .

Sau đó xác định tổng trữ lượng gỗ sản phẩm cả vỏ và không vỏ ở mỗi tuổi bằng cách cộng dồn M_{SPCV} và M_{SPOV} theo các cấp D.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này xây dựng các hàm thể tích ở mức cây cá thể của rừng Tràm. Theo chiều cao tương đối của cây Tràm ở cấp D = 8-18 cm, tổng thể tích toàn thân cả vỏ và thể tích của các phân đoạn cả vỏ được ước lượng theo hàm $V_{hCV} = \exp(-7,88759 + 0,637243 \ln(D^{2,86324} H^{0,78479}) - 0,445955(h/H)^{0,51152})$. Tổng thể tích toàn thân không vỏ và thể tích của các phân đoạn không vỏ được ước lượng theo hàm $V_{hOV} = \exp(-8,43208 + 0,623063 \ln(D^{2,58589} H^{1,248}) - 0,457285(h/H)^{0,53919})$. Theo đường kính tương đối của cây Tràm, tổng thể tích toàn thân cả vỏ và thể tích của các phân đoạn cả vỏ được ước lượng theo hàm $V_{DhCV} = \exp(-8,06225 + 0,582454 \ln(D^{2,9011} H^{0,9002}) - 1,02216(Dh/D)^{3,1587})$. Tổng thể tích toàn thân không vỏ và thể tích của các phân đoạn không vỏ được ước lượng theo hàm $V_{DhOV} = \exp(-8,71677 + 0,574384 \ln(D^{2,48682} H^{1,53695}) - 1,14698(Dh/D)^{3,24818})$. Sai lệch của các hàm thể tích này là nhỏ hơn 5,0%. Nhóm tác giả kiến nghị các cơ sở lâm nghiệp ở tỉnh Long An có thể sử dụng kết quả của nghiên cứu này để thống kê sản lượng gỗ cây đứng và sản lượng gỗ thu hoạch đối với rừng Tràm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Thái Văn Trường (1998). Những hệ sinh thái rừng nhiệt đới ở Việt Nam. Nxb. Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội. 350 trang.
- [2]. Bộ NNPTNT (2022). Quyết định 2357/QĐ-BNN-KL về Công bố hiện trạng rừng toàn quốc năm 2022.
- [3]. Vũ Tiến Hình & Phạm Ngọc Giao (1997). Điều tra rừng. Nxb Nông Nghiệp, Hà Nội. 183 trang.
- [4]. Nguyễn Văn Thêm, Nguyễn Trọng Bình & Nguyễn Trọng Minh (2024). Xây dựng hàm thể tích các phân đoạn trên thân cây keo lai (Acacia hybrid) ở Việt Nam. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp. 13(3): 67-75. {<https://doi.org/10.55250/Jo.vnuf.13.3.2024.067-075>}
- [5]. Nguyễn Văn Thêm (2022). Hàm độ thon và sản lượng thân cây Tràm ở khu vực Thạnh Hóa thuộc tỉnh Long An. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp. (4): 55-64. {<https://doi.org/10.55250/Jo.vnuf.2022.4.055-064>}
- [6]. Vũ Tiến Hình (2012). Phương pháp lập biểu thể tích cây đứng rừng tự nhiên ở Việt Nam. Nxb. Nông Nghiệp, Hà Nội. 183 trang.