

HÀM ĐỘ THON VÀ SẢN LƯỢNG THÂN CÂY TRÀM Ở KHU VỰC THẠNH HÓA THUỘC TỈNH LONG AN

Nguyễn Văn Thêm

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

<https://doi.org/10.55250/jo.vnuf.2022.4.055-064>

TÓM TẮT

Các hàm độ thon thân và sản lượng gỗ là công cụ để xây dựng các biểu thể tích và sản lượng rừng. Trong nghiên cứu này, các hàm độ thon thân cây tràm đã được xây dựng từ 104 cây mẫu ở cấp đường kính từ 4 ÷ 16 cm. Hàm độ thon thích hợp đã được kiểm định từ 12 hàm dự tuyến. Hàm sản lượng gỗ đã được kiểm định từ 2 hàm dự tuyến. Các hàm độ thon và sản lượng gỗ thích hợp đã được chọn theo tiêu chuẩn tổng sai lệch bình phương nhỏ nhất. Kết quả nghiên cứu cho thấy hàm Them 2022-1 và Them 2022-2 là hai hàm thích hợp để ước lượng độ thon và hình dạng thân cây tràm. Thể tích thân cây đứng và thể tích gỗ sản phẩm ở mức cây cá thể của rừng tràm được xây dựng bằng hàm $V = a + b(D^2H) + c(D^3H)$. So với thể tích thân cả vỏ (100%), thể tích thân không vỏ, thể tích gỗ sản phẩm cả vỏ và không vỏ, thể tích vỏ tương ứng là 66,0%, 99,6%, 62,7% và 39,0%.

Từ khoá: Độ thon thân, hàm độ thon thân, hàm sản lượng gỗ, hình dạng thân, rừng tràm.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Độ thon thân cây gỗ biểu thị sự suy giảm đường kính thân từ gốc đến ngọn. Hình dạng thân là đường cong biểu diễn độ thon thân từ gốc đến ngọn. Các nhà lâm học sử dụng hàm độ thon thân để phân tích ảnh hưởng của lập địa và các phương thức lâm sinh đến cây gỗ và quần thụ (Nguyễn Văn Thêm, 2002). Trong điều tra rừng, hàm độ thon thân được sử dụng để ước lượng không chỉ đường kính ở các vị trí khác nhau trên thân, mà còn cả thể tích các phân đoạn gỗ với chiều dài bất kỳ, thể tích thân cây đứng, thể tích gỗ sản phẩm và sinh khối thân (Vũ Tiến Hinh, 2012). Hàm thể tích thân cây đứng và hàm sản lượng gỗ là công cụ để xây dựng biểu thể tích và biểu sản lượng của rừng (Ngọc Lung và Đào Công Khanh, 1999; Vũ Tiến Hinh, 2012). Trên thế giới, nhiều tác giả (Muhairwe, 1999; Kozak, 2004; Sharma and Zhang, 2004; Fonweban et al., 2011; Lee et al., 2017; Tang et al., 2017) đã phát triển các hàm độ thon và hàm thể tích cho những loài cây gỗ khác nhau. Ở Việt Nam, Ngọc Lung và Đào Công Khanh (1999) đã xây dựng các hàm thể tích đối với thông ba lá (*Pinus kaysia* ex Royle Gordon) ở khu vực Tây Nguyên. Vũ Tiến Hinh (2012) đã xây các hàm thể tích và hàm độ thon đối với nhiều loài cây gỗ tự nhiên ở Việt Nam.

Rừng tràm (*Melaleuca cajuputi* Powell) đóng vai trò to lớn về kinh tế, môi trường và

quốc phòng. Việc thống kê trữ lượng gỗ cây đứng và trữ lượng gỗ sản phẩm đối với loại rừng này đòi hỏi phải có các biểu thể tích và biểu gỗ sản phẩm. Thế nhưng, hiện nay vẫn còn thiếu các hàm thể tích và hàm độ thon thân cây tràm. Điều đó gây ra những khó khăn cho điều tra rừng và quản lý rừng. Bởi vì hình dạng và độ thon thân thay đổi tùy theo loài cây gỗ, nên xây dựng các hàm độ thon thân cây tràm từ những hàm sẵn có và phát triển những hàm mới là một vấn đề cần đặt ra. Các hàm độ thon mới phải đảm bảo yêu cầu cải thiện được sai số ước lượng độ thon. Mặt khác, độ chính xác của các hàm độ thon không chỉ phụ thuộc vào dung lượng mẫu, dạng hàm và số lượng biến dự đoán, mà còn vào phương pháp xây dựng các hàm hồi quy. Nghiên cứu này tập trung trả lời hai câu hỏi chính. Một là độ thon và hình dạng thân cây tràm có thể được ước lượng và dự đoán bằng dạng hàm nào? Hai là sản lượng gỗ thân cây tràm có thể được ước lượng và dự đoán bằng dạng hàm nào? Hai câu hỏi này được trả lời bằng cách kiểm định sai lệch của những hàm dự tuyến. Xuất phát từ những vấn đề đặt ra trên đây, mục tiêu của nghiên cứu này là xây dựng những hàm độ thon và thể tích để thống kê trữ lượng gỗ của rừng tràm.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng và vị trí khu vực nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là rừng tràm trồng thuần loài từ 4 – 10 tuổi. Mật độ trồng rừng

ban đầu là 10.000 - 20.000 cây/ha. Số liệu về độ thon 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 2.000,0 mm. Độ ẩm không khí trung bình 80%. Độ cao từ 1,5 - 2,0 m so với mặt nước biển. Đất phèn phát triển trên phù sa.

2.2. Phương pháp thu thập số liệu

Độ thon thân cả vỏ (D_{hcv} , cm) và độ thon thân không vỏ (D_{hov} , cm) ở mức cây cá thể của rừng tràm từ 4 - 10 tuổi (A, năm) được xác định từ 109 cây mẫu (N, cây) thuộc cấp $D = 4 \div 16$ cm. Những cây mẫu được chặt hạ cách mặt đất 30 cm. 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_n) trên dưới 100 cm. Đường kính thân cả vỏ và đường kính thân không vỏ tại vị trí ngang ngực, đường kính thân cả vỏ và đường kính thân không vỏ ở đầu nhỏ (tương ứng D_{1cv} và D_{1ov}) và đầu lớn (tương ứng D_{2cv} và D_{2ov}) của mỗi phân đoạn được xác định bằng thước kẹp với độ chính

xác 0,1 cm. Đoạn ngọn được đo chiều dài (L_n , cm) và đường kính đáy (D_n , cm). Thể tích gỗ sản phẩm được đo từ gốc đến $D_{cv} \geq 3$ cm. Bảng 1 tổng hợp D, H, D_{cv} , D_{ov} và đường kính vỏ (K_{vo} , cm) trung bình của 104 cây mẫu được sử dụng để xây dựng các hàm độ thon thân.

2.3. Phương pháp xử lý số liệu

Từ 109 cây mẫu, sử dụng 104 cây để xây dựng các hàm D_{hcv} và D_{hov} , còn lại 5 cây mẫu ở cấp $D = 8 - 18$ cm được sử dụng để kiểm tra khả năng ứng dụng của các hàm độ thon. Các hàm độ thon thân cây tràm được kiểm định từ 12 hàm dự tuyến (Bảng 2); trong đó 5 hàm 1 ÷ 5 do tác giả đề xuất trong nghiên cứu này. Các hàm 1 ÷ 12 được ký hiệu tương ứng là Them22-1, Them22-2, Them22-3, Them22-4, Them22-5, Kozak88, Kozak01, Kozak02, Muhairwe99, Lee03, Sharma-Zhang04, Sharma-Parton09. Ở hàm 1 - 12, D (cm) = đường kính thân ngang ngực; D_h (cm) = đường kính ở những vị trí khác nhau trên thân; H (m) = chiều cao toàn thân; h (m) = chiều cao từ gốc đến những vị trí khác nhau trên thân; $Y = (h/H)$; $X_i = (1 - Y^{1/2})/(1 - p^{1/2})$; $X_j = (1 - Y^{1/4})/(1 - 0,01^{1/4})$; $X_k = Q/(1 - p^{1/3})$; $Q = 1 - Y^{1/3}$; $p = \text{điểm uốn} = (1,3/H)$; $U = (H - h)/(H - 1,3)$; $Z = (h/1,3)$.

Bảng 1. Đặc trưng thống kê đối với những cây mẫu

A (năm)	N (cây)	D (cm)	Min	Max	SEE	CV%
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
4	5	3,7	3,4	3,9	0,18	5,0
5	26	4,7	4,0	5,3	0,35	7,4
6	28	6,4	5,4	7,4	0,58	9,0
7	17	8,2	7,4	9,0	0,51	6,2
8	12	10,0	9,2	10,6	0,49	4,9
9	10	11,9	11,0	12,8	0,68	5,7
10	6	14,4	13,0	16,0	0,97	6,7
A (năm)	N (cây)	H (m)	Min	Max	SEE	CV%
4	5	6,6	6,5	6,9	0,2	2,5
5	26	7,9	6,3	9,6	1,0	12,3
6	28	9,2	5,4	11,6	1,1	11,8
7	17	10,5	7,2	15,6	1,9	18,1
8	12	13,0	10,1	15,6	2,1	16,3
9	10	14,9	11,9	16,3	1,0	6,8
10	6	14,7	13,8	16,1	0,9	5,9

Bảng 2. Những hàm độ thon dự tuyến trong nghiên cứu này

TT	Các hàm độ thon dự tuyến:	Tác giả
1	$Dh = a_1(D^3H)^{a_2}(a_3 - \sqrt{Y})(a_4Y + a_5Y^2 + a_6U + a_7(D/H))$	Them (2022-1)
2	$Dh = a_1(D^2H)^{a_2}(a_3 - \sqrt{Y})(a_4Y + a_5Y^2 + a_6U + a_7(D/H))$	Them (2022-2)
3	$Dh = a_1(D^3H)^{a_2}(a_3 - \sqrt{Y})(a_4Y + a_5Y^2 + a_6U + a_7\exp(D/H))$	Them (2022-3)
4	$Dh = a_1(D^{2*}H)^{a_2}(a_3 - \sqrt{Y})(a_4Y + a_5Y^2 + a_6U + a_7\exp(D/H))$	Them (2022-4)
5	$Dh = a_1(D^3H)^{a_2}(a_3 - \sqrt{Y})(a_4Y + a_5Y^2 + a_6/\exp(D/H) + a_7(D/H))$	Them (2022-5)
6	$Dh = a_1D^{a_2}a_3^D X_i^{(a_4Y^2 + a_5\ln(Y + 0,001) + a_6Y^{1/2} + a_7\exp(Y) + a_8(D/H))}$	Kozak (1988)
7	$Dh = a_1D^{a_2} X_j^{(a_3 + a_4/\exp(Z) + a_5D^X J + a_6XJ^Z)}$	Kozak (2001)
8	$Dh = a_1D^{a_2} H^{a_3} X_k^{(a_4Y^4 + a_5/\exp(D/H) + a_6XJ^{0,1} + a_7/D + a_8H^Q + a_9Xk)}$	Kozak (2002)
9	$Dh = a_1D^{a_2}(1 - \sqrt{Y})(a_3Y + a_4Y^2 + a_5/Y + a_6Y^3 + a_7D + a_8D/Y)$	Muhairwe (1999)
10	$Dh = a_1D^{a_2}(1 - \sqrt{Y})(a_3Y^2 + a_4Y + a_5)$	Lee (2003)
11	$Dh^2 = a_1D^2UZ^{(2 - (a_2 + a_3Y + a_4Y^2))}$	Sharma-Zhang (2004)
12	$(Dh/D) = a_1UY^{(a_2 + a_3Y + a_4Y^2)}$	Sharma-Parton (2009)

Các hệ số hồi quy và những thống kê sai lệch của 12 hàm độ thon được xác định bằng phương pháp hồi quy và tương quan phi tuyến tính của Marquartz. Mức độ chặt chẽ của mối quan hệ giữa Dh với các biến dự đoán được đánh giá theo hệ số xác định (R^2 ; Công thức 13). Sai lệch của các hàm độ thon so với độ thon thực tế được đánh giá theo 6 tiêu chuẩn: (1) Tổng sai lệch bình phương (SSE; Công thức 14); (2) Sai số chuẩn của ước lượng (SEE; Công thức 15); (3) Sai số tuyệt đối trung bình (MAE; Công thức 16); (4) Sai số tuyệt đối trung bình theo phần trăm (MAPE; Công thức 17); (5) Sai số trung bình (ME; Công thức 18); (6) Sai số trung bình theo phần trăm (MPE;

$$R^2 = (1 - (SSE/SST))100 \tag{13}$$

$$SSE = \sum_{i=1}^n (Dh_i - Dh_j)^2 \tag{14}$$

$$SST = \sum_{i=1}^n (Dh_i - Dh_bq)^2$$

$$SEE = \sqrt{\frac{SSE}{n-p}} \tag{15}$$

$$MAE = |(Dh_i - Dh_j)/n| \tag{16}$$

$$MAPE = (MAE/Dh_i)100 \tag{17}$$

$$ME = (Dh_i - Dh_j) \tag{18}$$

$$MPE = ((Dh_i - Dh_j)/Dh_i)100 \tag{19}$$

Từ hai hàm Dh_{CV} và Dh_{OV} thích hợp (SSE_{Min}), ước lượng D_{CV} và D_{OV} theo các cấp D; trong đó mỗi cấp D = 2 cm. Sau đó tính thể tích thân cây đứng cả vỏ (V_{CV}), thể tích thân cây đứng không vỏ (V_{OV}), thể tích gỗ sản phẩm cả vỏ (V_{SPCV}) và thể tích gỗ sản phẩm không vỏ (V_{SPOV}) theo các cấp D. Bốn đại lượng này được xác định theo công thức 20; trong đó V_j = thể tích cây j, V_{ij} = thể tích phân đoạn i của cây j, V_{nj} = thể tích đoạn ngọn của

Công thức 19). Ở công thức (13) – (19), Dh_i và Dh_j tương ứng là độ thon thực nghiệm và độ thon ước lượng; Dh_{ibq} là độ thon trung bình thực nghiệm; n = dung lượng mẫu; p = số tham số của hàm độ thon. Mục đích của phân tích hồi quy là xác định hàm ước lượng độ thon thân cây tràm với sai lệch nhỏ nhất. Theo mục đích này, hàm độ thon thích hợp được chọn theo tiêu chuẩn SSE_{Min} và SEE_{Min} . Khả năng ứng dụng của hàm Dh được kiểm định từ 5 cây mẫu tại cấp D = 8, 10, 12, 14 và 16 cm; trong đó sai lệch của các hàm độ thon so với số liệu thực tế được đánh giá theo tiêu chuẩn ME và MPE.

cây j. Đại lượng V_{ij} được xác định theo công thức hình nón cụt (Công thức 21); trong đó L = 100 cm (Chiều dài của mỗi phân đoạn), D_1 (cm) = đường kính đầu nhỏ cả vỏ và không vỏ của mỗi phân đoạn, D_2 (cm) = đường kính đầu lớn cả vỏ và không vỏ của mỗi phân đoạn. Thể tích đoạn ngọn của từng cấp D (V_{nj}) được tính theo công thức hình nón (Công thức 22); trong đó $g_n = 0,00007854 * D_n^2$ với D_n = đường kính đáy đoạn ngọn cả vỏ và không vỏ, L_n = chiều

dài đoạn ngọn. Sau đó xây dựng các hàm V_{CV} , V_{OV} , V_{SPCV} và V_{SPOV} theo 2 hàm V_1 (Hàm 23) và V_2 (Hàm 24); trong đó D = đường kính ở vị trí 1,3 m cách mặt đất, H = chiều cao toàn thân, còn a , b , c , i và j là các tham số của các hàm. Chiều cao thân (H , m) được ước lượng theo hàm Korf (Hàm 25) và hàm Gompertz (Hàm 26); trong đó hàm thích hợp được chọn theo tiêu chuẩn SSE_{Min} . Đường kính vỏ (K_{Vo} , cm) là

$$V_J = V_{ij} + V_{nj} \quad (20)$$

$$V_{ij} (m^3) = (\pi L / (3 * 4 * 10000)) (D_1^2 + D_2^2 + (D_1 D_2)) \quad (21)$$

$$V_{nj} = (1/3) g_{nj} L_n \quad (22)$$

$$V_1 = a D^b H^c \quad (23)$$

$$V_2 = a + b(D^2 H) + c(D^i H^j) \quad (24)$$

$$H_{Korf} = m \exp(-b D^c) \quad (25)$$

$$H_{Gompertz} = m \exp(-b \exp(-c D)) \quad (26)$$

$$K_{Vo} = a_1 (D^3 H)^{a_2} (a_3 - \sqrt{Y})^j$$

$$J = (a_4 Y + a_5 Y^2 + a_6 / \exp(D/H) + a_7 (D/H)) \quad (27)$$

$$F = m * \exp(-b D) + k \quad (28)$$

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Hàm độ thon thân cây tràm

Các hàm ước lượng Dh_{CV} (Bảng 3) và Dh_{OV} (Bảng 4) của cây tràm đều tồn tại ở mức ý nghĩa rất cao ($P < 0,01$). Hệ số R^2 nhận giá trị cao nhất ở hàm Them22-1 (tương ứng $R^2 = 96,18\%$ đối với hàm Dh_{CV} và $92,05\%$ đối với hàm Dh_{OV}), thấp nhất ở hàm Kozak01 (tương ứng $R^2 = 92,48\%$ đối với hàm Dh_{CV} và $88,59\%$ đối với hàm Dh_{OV}). Sai số ước lượng (SEE) nhận giá trị cao nhất ở hàm Kozak01 (tương ứng 0,970 đối với hàm Dh_{CV} và 1.050 đối với hàm Dh_{OV}), thấp nhất ở hàm Them22-1 (tương

$Dh_{CV} - Dh_{OV}$. Thể tích vỏ (V_{Vo} , m^3) là $V_{CV} - V_{OV}$. Hình số thân cây (F) là tỷ lệ ($V_{CV} / V_{Viên\ trụ}$); trong đó đường kính hình viên trụ = D , còn chiều cao = H . Hai đại lượng K_{Vo} và F được ước lượng theo hàm 27 và 28. Các bước phân tích hồi quy và tương quan được thực hiện bằng phần mềm thống kê STATGRAPHICS Centurion XV.I 15.1.02.

ứng 0,700 đối với hàm Dh_{CV} và 0,870 đối với hàm Dh_{OV}). Hàm Kozak02 nhận $MAPE_{Min}$ (tương ứng 13,0% đối với hàm Dh_{CV} và 21,4% đối với hàm Dh_{OV}), còn $MAPE_{Max}$ ở hàm Kozak01 (tương ứng 24,5% đối với hàm Dh_{CV} và 45,5% đối với hàm Dh_{OV}). Tất cả 12 hàm này đều nhận sai số hệ thống âm (ME). Khi sử dụng 12 hàm dự tuyến này để ước lượng Dh_{CV} và Dh_{OV} ở mức cây cá thể của rừng tràm, thì hàm Them22-1 nhận SSE_{Min} (tương ứng 534,8 đối với hàm Dh_{CV} và 842,9 đối với hàm Dh_{OV}), SSE_{Max} ở hàm Kozak01 (tương ứng 1.051,7 đối với hàm Dh_{CV} và 1.209,4 đối với hàm Dh_{OV}).

Bảng 3. Các hàm ước lượng độ thon thân cả vỏ của cây tràm

TT	Hàm độ thon	R ²	SSE	SEE	MAPE	MPE	Hạng
1	Them22-1	96,18	534,8	0,700	13,8	-4,6	1
2	Them22-2	96,18	535,1	0,700	13,8	-4,6	2
3	Them22-3	96,17	536,3	0,700	13,7	-4,6	3
4	Them22-4	96,16	537,6	0,700	13,8	-4,5	4
5	Them22-5	96,08	548,6	0,700	14,0	-5,2	5
6	Kozak88	96,16	537,2	0,700	13,7	-4,7	6
7	Kozak01	92,48	1.051,7	0,970	24,5	-12,4	7
8	Kozak02	95,73	597,9	0,740	13,0	-2,4	8
9	Muhairwe99	95,89	574,8	0,720	13,6	-0,7	9
10	Lee03	95,71	600,9	0,740	13,5	-0,2	10
11	Sharma-Zhang04	95,15	678,0	0,780	15,3	-3,1	11
12	Sharma-Parton09	95,22	669,2	0,780	14,3	-1,1	12

Nói chung, so với SSE của hàm Them22-1 (100%), giá trị này ở hàm Them22-2, Them22-3, Them22-4, Them22-5, Kozak88, Kozak01,

Kozak02, Muhairwe99, Lee03, Sharma-Zhang04 và Sharma-Parton09 lớn hơn tương ứng 0,1%, 0,3%, 0,5%, 2,6%, 0,4%, 96,7%,

11,8%, 7,5%, 12,4%, 26,8% và 25,1% đối với Dh_{CV} và 0,1%, 0,1%, 0,3%, 0,6%, 1,4%, 2,2%, 3,8%, 7,1%, 14,3%, 17,2% và 43,5% đối với Dh_{OV}. Phân hạng theo SSE cho thấy 5 hàm Them22-1 ÷ Them22-5 xếp hạng 1 ÷ 5, còn 7 hàm khác xếp hạng 6 ÷ 12. Từ những phân tích tương quan và sai lệch của 12 hàm dự tuyến cho thấy, theo tiêu chuẩn SSE_{Min} và SEE_{Min}, hàm Them22-1 là hàm thích hợp để xây dựng

hàm Dh_{CV} và hàm Dh_{OV} ở mức cây cá thể của rừng tràm. Các tham số của hai hàm Dh_{CV} và Dh_{OV} được dẫn ra ở Hàm 29 và Hàm 30. Hình dạng thân cây tràm từ cấp D = 6 – 18 cm được biểu diễn ở Hình 1 và 2; trong đó trục hoành là chiều cao tương đối (h/H). Nói chung, hình dạng thân cây tràm thay đổi theo D và H; trong đó điểm uốn xuất hiện ở khoảng h = (0,12*H) kể từ gốc.

Bảng 4. Các hàm ước lượng độ thon thân không vỏ của cây tràm

TT	Hàm độ thon	R ²	SSE	SEE	MAPE	MPE	Hạng
1	Them22-1	92,05	842,9	0,870	25,8	-13,2	1
2	Them22-2	92,04	843,2	0,870	25,8	-13,2	2
3	Them22-3	92,04	843,9	0,870	25,9	-13,3	3
4	Them22-4	92,02	845,6	0,870	25,9	-13,6	4
5	Them22-5	92,00	848,2	0,880	25,9	-13,7	5
6	Muhairwe99	91,94	854,7	0,880	21,5	-6,4	6
7	Kozak02	91,87	861,8	0,880	21,4	-8,6	7
8	Kozak88	91,74	875,1	0,890	25,5	-14,0	8
9	Lee03	91,49	902,5	0,900	20,6	-5,4	9
10	Sharma-Parton09	90,91	963,3	0,930	24,7	-8,8	10
11	Shamar-Zhang04	90,68	987,8	0,940	28,8	-15,2	11
12	Kozak01	88,59	1.209,4	1,050	45,5	-31,2	12

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

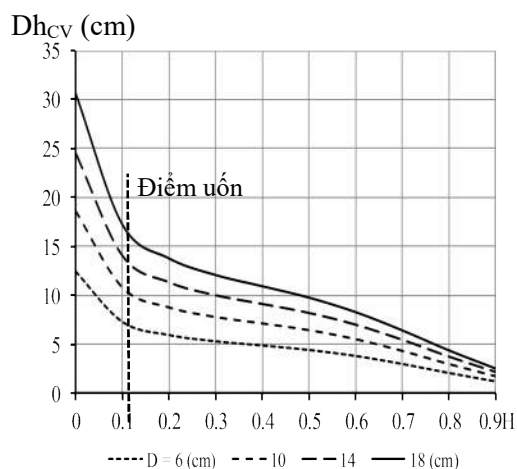
$$J = (-3,2856Y + 9,36611Y^2 + 1,49588X + 0,429075(D/H)) \quad (29)$$

R² = 96,18%; SEE = ±0,700; MAPE = 13,8%; ME = -0,0052; MPE = -4,6%

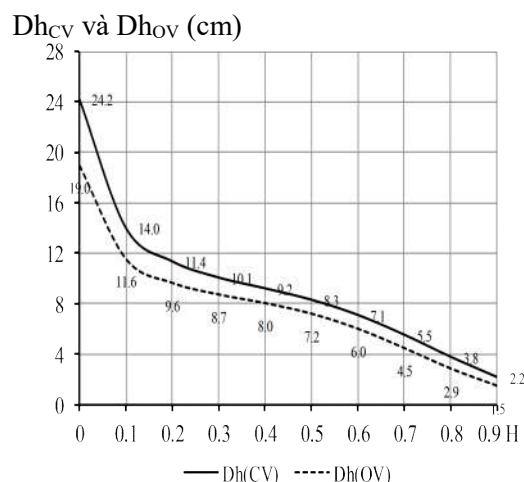
$$Dh_{OV} = 0,679532(D^3*H)^{0,231367}(1,63893 - \sqrt{Y})^K$$

$$K = (-3,12257Y + 9,20969Y^2 + 1,9049X - 0,361803(D/H)) \quad (30)$$

R² = 92,05%; SEE = ±0,870; MAPE = 25,8%; ME = -0,0002; MPE = -13,2%



Hình 1. Đồ thị biểu diễn độ thon cả vỏ ở những vị trí khác nhau trên thân cây tràm từ cấp D = 6 – 18 cm



Hình 2. Đồ thị biểu diễn độ thon cả vỏ và không vỏ của cây tràm ở cấp D = 14 cm

3.2. Kiểm định khả năng ứng dụng đối với hàm độ thon thân cây tràm

Giá trị D_{hcv} và D_{hov} của 5 cây kiểm tra được ước lượng từ Hàm 28 và 29 đều nhận sai số hệ thống (Bảng 5). Sai lệch (MPE) đối với D_{hcv} dao động từ -6,0% đến -1,5%; trung bình là (-3,3%). Sai lệch (MPE) đối với D_{hov}

dao động từ -2,4% đến 5,9%; trung bình là 2,2%. Nói chung, hàm ước lượng D_{hcv} ở cây kiểm tra nhận MPE âm, còn hàm ước lượng D_{hov} nhận MPE dương. Theo tiêu chuẩn SSE_{Min} , Hàm 29 và 30 được sử dụng để ước lượng D_{hcv} và D_{hov} ở những vị trí khác nhau trên thân cây tràm.

Bảng 5. Kiểm định sai lệch của các hàm độ thon thân cây tràm

TT cây	Cấp D (cm)	Sai lệch đối với D_{hcv}		Sai lệch đối với D_{hov}	
		ME	MPE	ME	MPE
1	8	-0,139	-1,5	-0,170	5,8
2	10	-0,399	-6,0	-0,475	1,4
3	12	-0,236	-3,2	-0,301	0,4
4	14	-0,011	-1,8	-0,215	5,9
5	16	-0,131	-3,8	-0,280	-2,4
Trung bình		-0,183	-3,3	-0,288	2,2

3.3. Các hàm sản lượng ở mức cây cá thể của rừng tràm

Những phân tích hồi quy và tương quan (Bảng 6) cho thấy hai hàm Korf và Gompertz đều mô tả tốt mối quan hệ $H = f(D)$ ở mức ý nghĩa $P < 0,01$. Tuy vậy, hệ số R^2 và các thống kê sai lệch (SSE, SEE, MAE, MAPE) của hàm Gompertz nhỏ hơn so với hàm Korf. Vì thế, theo tiêu chuẩn SSE_{Min} , hàm Gompertz được chọn để xây dựng hàm ước lượng $H = f(D)$

(Hàm 31). Hai hàm V_1 và V_2 mô tả tốt mối quan hệ $V = f(D, H)$ ở mức ý nghĩa $P < 0,01$; trong đó hàm V_2 nhận hệ số R^2 và các thống kê sai lệch (SSE, SEE, MAE, MAPE) nhỏ hơn so với hàm V_1 . Vì thế, theo tiêu chuẩn SSE_{Min} , hàm V_2 được chọn để xây dựng hàm ước lượng V_{cv} và V_{ov} theo D và H. Các tham số của hai hàm ước lượng V_{cv} và V_{ov} được dẫn ra ở Hàm 32 và Hàm 33.

Bảng 6. So sánh tương quan và sai lệch giữa các hàm ước lượng chiều cao và thể tích cây tràm

Thống kê	Hàm $H = f(D)$		Hàm $V_{cv} = f(D, H)$		Hàm $V_{ov} = f(D, H)$	
	Korf	Gompertz	V_1	V_2	V_1	V_2
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
R^2 (%)	86,9	87,6	99,99	99,99	99,99	99,99
SSE	2.315	2.242	$2,81 \cdot 10^{-7}$	$5,95 \cdot 10^{-7}$	$2,08 \cdot 10^{-6}$	$3,10 \cdot 10^{-7}$
SEE	1,44	1,42	0,00022	0,00038	0,00058	0,00027
MAE	1,19	1,17	0,00014	0,00021	0,00044	0,00014
MAPE	11,3	11,1	0,3	0,4	2,1	0,3

Những phân tích hồi quy và tương quan cũng cho thấy hàm V_2 là hàm thích hợp để xây dựng hàm ước lượng V_{SPCV} và V_{SPOV} theo D và H (Hàm 34 và 35). Đường kính vỏ trên thân cây tràm là hiệu số giữa D_{hcv} và D_{hov} hoặc được ước lượng theo Hàm 36. Hình số thân cả

vỏ của cây tràm từ cấp $D = 4 - 16$ cm được ước lượng theo Hàm 37. Các hàm V_{cv} , V_{ov} , V_{SPCV} và V_{SPOV} đều nhận sai lệch rất nhỏ là vì hai biến D và H được xác định tương ứng từ hàm độ thon thân (Hàm 29 và 30) và hàm chiều cao (Hàm 31).

$$H = 19,5792 \exp(-1,87711 \exp(-0,146134D)) \tag{31}$$

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

$$V_{cv} = -0,00111 + 0,0000225(D^2H) + 0,000117(D^{0,546491}H^{1,66379}) \tag{32}$$

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

$$V_{OV} = -0,000143 + 0,0000056(D^2H) + 0,000040(D^{1,0379}H^{1,68167}) \quad (33)$$

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

$$V_{SPCV} = -0,000966 + 0,000021(D^2H) + 0,000131(D^{0,76206}H^{1,44515}) \quad (34)$$

$$R^2 = 99,99\%; \text{SEE} = \pm 0,00037; \text{MAE} = 0,00021; \text{MAPE} = 0,3\%.$$

$$V_{SPOV} = 0,001381 - 0,0000014(D^2H) + 0,000023(D^{1,44958}H^{1,57388}) \quad (35)$$

$$R^2 = 99,99\%; \text{SEE} = \pm 0,00025; \text{MAE} = 0,00012; \text{MAPE} = 0,3\%.$$

$$K_{Vo} = 0.0626515(D^3H)^{0.095402}(2.06588 - \sqrt{Y})^J \quad (36)$$

$$J = (-2,74572Y + 12,4313Y^2 + 3,40186/\exp(D/H) + 3,7219(D/H))$$

$$R^2 = 96,54\%; \text{SEE} = \pm 0,104; \text{MAE} = 0,079\%; \text{MAPE} = 8,5\%.$$

$$F = 0,966819\exp(-0,178291D) + 0,39445 \quad (37)$$

$$r = 99,98\%; \text{SEE} = \pm 0,0077; \text{MAE} = 0,0055; \text{MAPE} = 1,0\%.$$

3.4. Áp dụng kết quả nghiên cứu

3.4.1. Xác định độ thon thân cây tràm

Hai thành phần Dh_{CV} và Dh_{OV} của cây tràm được ước lượng theo Hàm 29 và 30. Khi xác định Dh_{CV} và Dh_{OV}, trước hết đo đạc D và H của từng cây trong ô tiêu chuẩn với kích thước 100 – 200 m². Sau đó thay thế D, H và h vào Hàm 28 và 29 để nhận được Dh_{CV} và Dh_{OV}. Chiều cao từ gốc đến những vị trí khác nhau trên thân (h) được xác định tùy theo yêu cầu của sản phẩm. Để đơn giản trong tính toán, Dh_{CV} và Dh_{OV} được ước lượng theo cấp D. Để xác định Dh_{CV} và Dh_{OV}, trước hết thống kê D của cây tràm ở các tuổi khác nhau trên các ô tiêu chuẩn. Kế đến thống kê số cây theo cấp D đối với các tuổi; trong đó cự ly mỗi cấp D = 1 – 2 cm. Tiếp đến xác định H trung bình của các

cấp D bằng Hàm 31. Sau đó xác định Dh_{CV} và Dh_{OV} của từng cấp D bằng cách thay thế cấp D, H trung bình của từng cấp D và h vào Hàm 29 và 30. Bảng 7 tóm tắt ước lượng và dự đoán Dh_{CV} và Dh_{OV} của cây tràm từ cấp D = 6 – 18 cm.

3.4.2. Xác định sản lượng gỗ của rừng tràm

Những thành phần sản lượng (H, F, V_{CV}, V_{OV}, V_{SPCV} và V_{SPOV}) ở mức cây cá thể của rừng tràm từ 4 – 10 tuổi được ước lượng và dự đoán từ các Hàm 31 – 37 (Bảng 8). Số liệu ở Bảng 8 cho thấy F giảm dần từ cấp D = 4 cm (0,868) đến cấp D = 20 cm (0,422); trung bình 0,525. So với V_{CV}, bốn đại lượng (V_{OV}, V_{SPCV}, V_{SPOV}, V_{Vo}) tương ứng là 66,0%, 99,6%, 62,7% và 39,0%.

Bảng 7. Độ thon thân cả vỏ và độ thon thân không vỏ theo cấp đường kính của cây tràm

(h/H)	Độ thon (Dh, cm) theo cấp D (cm)							
	6		10		14		18	
	Dh _{CV}	Dh _{OV}	Dh _{CV}	Dh _{OV}	Dh _{CV}	Dh _{OV}	Dh _{CV}	Dh _{OV}
0,0	12,7	10,4	18,6	15,0	24,2	19,0	29,8	22,4
0,1	7,3	6,0	10,8	9,0	14,0	11,6	17,1	13,8
0,2	5,9	4,9	8,8	7,4	11,4	9,6	13,8	11,6
0,3	5,2	4,4	7,8	6,7	10,1	8,7	12,2	10,6
0,4	4,8	3,9	7,1	6,1	9,2	8,0	11,1	9,8
0,5	4,3	3,5	6,4	5,4	8,3	7,2	10,0	8,8
0,6	3,7	2,9	5,5	4,5	7,1	6,0	8,5	7,4
0,7	2,9	2,1	4,3	3,4	5,5	4,5	6,6	5,5
0,8	2,0	1,4	3,0	2,1	3,8	2,9	4,5	3,5
0,9	1,2	0,7	1,7	1,1	2,2	1,5	2,6	1,9

Trữ lượng gỗ cây đứng cả vỏ (M_{CV}, m³/ha) và không vỏ (M_{OV}, m³/ha), sản lượng gỗ thu hoạch cả vỏ (M_{SPCV}, m³/ha) và không vỏ (M_{SPOV}, m³/ha) đối với rừng tràm từ 4 – 10 tuổi được xác định theo 2 phương pháp. Phương

pháp 1: Xác định bốn thành phần (M_{CV}, M_{OV}, M_{SPCV} và M_{SPOV}) từ các cây trên ô tiêu chuẩn. Theo phương pháp này, bốn thành phần kể trên được xác định theo 3 bước. Bước 1: Thống kê D của tất cả các cá thể trên ô tiêu chuẩn ở rừng

trâm từ 4 – 10 tuổi, còn H được ước lượng theo Hàm 31. Bước 2: Xác định V_{CVi} , V_{OVi} , V_{SPCVi} và V_{SPOVi} cho từng cây trên ô tiêu chuẩn tương ứng theo Hàm 32 - 35. Bước 3: Cộng dồn bốn thành phần này của các cây trong các ô tiêu chuẩn và quy đổi ra đơn vị 1ha. Phương pháp 2: Xác định bốn thành phần (M_{CV} , M_{OV} , M_{SPCV} và M_{SPOV}) từ phân bố số cây (N_i , cây) theo các cấp D đối với rừng trâm từ 4 – 10 tuổi. Phương pháp này giả định phân bố số cây (N_i , cây) theo cấp D là phân bố chuẩn. Từ giả định này, bốn thành phần (M_{CV} , M_{OV} , M_{SPCV} và M_{SPOV}) được xác định theo 5 bước. Bước 1: Thống kê D của các cá thể trên ô tiêu chuẩn ở rừng trâm từ 4 – 10 tuổi, còn H được ước lượng theo

Hàm 31. Bước 2: Tập hợp số cây trên các ô tiêu chuẩn ở rừng trâm từ 4 – 10 tuổi thành bảng phân bố đường kính (N_i/D) và quy đổi ra đơn vị 1 ha. Bước 3: Xác định giá trị trung bình của V_{CVi} , V_{OVi} , V_{SPCVi} và V_{SPOVi} theo các cấp D của rừng trâm từ 4 – 10 tuổi tương ứng theo Hàm 32 - 35. Bước 4: Xác định M_{CVi} , M_{OVi} , M_{SPCVi} và M_{SPOVi} ở mỗi cấp D của rừng trâm từ 4 – 10 tuổi bằng cách nhân N_i (cây/ha) với giá trị trung bình của V_{CVi} , V_{OVi} , V_{SPCVi} và V_{SPOVi} ở các cấp D. Bước 5: Xác định bốn thành phần (M_{CV} , M_{OV} , M_{SPCV} và M_{SPOV}) bằng cách cộng dồn M_{CVi} , M_{OVi} , M_{SPCVi} và M_{SPOVi} theo các cấp D tương ứng với rừng trâm từ 4 – 10 tuổi.

Bảng 8. Biểu ước lượng và dự đoán chiều cao, hình số, thể tích thân cây đứng và thể tích gỗ sản phẩm theo cấp đường kính của cây trâm ở khu vực Thạnh Hóa thuộc tỉnh Long An

D (cm)	H (m)	F _{CV}	V _{CV} (m ³)	V _{OV} (m ³)	V _{SPCV} (m ³)	V _{SPOV} (m ³)	(V _{SPOV} /V _{CV})%
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
4	6,9	0,868	0,00756	0,00457	0,00748	0,00453	60,0
6	9,0	0,726	0,01817	0,01142	0,01807	0,01051	58,0
8	10,9	0,627	0,03418	0,02219	0,03404	0,02027	59,3
10	12,7	0,557	0,05565	0,03693	0,05547	0,03425	61,5
12	14,1	0,508	0,08224	0,05532	0,08203	0,05221	63,5
14	15,4	0,474	0,11346	0,07694	0,11322	0,07358	64,9
16	16,3	0,450	0,14880	0,10142	0,14853	0,09769	65,7
18	17,1	0,433	0,18785	0,12851	0,18752	0,12389	66,0
20	17,7	0,422	0,23029	0,15811	0,22985	0,15166	65,9
Trung bình		0,525					62,7

3.5. Thảo luận

Độ thon và hình dạng thân cây gỗ có thể được biểu diễn bằng các hàm đơn biến đa bậc và các hàm đa biến số. Khi xây dựng các hàm độ thon bằng các hàm đơn biến đa bậc, thì biến dự đoán thường là chiều cao tương đối (h/H). Bởi vì hình dạng thân thay đổi theo kích thước thân (D, H), nên các hàm đơn biến đa bậc được xây dựng chung cho tất cả các cấp kích thước chỉ cho phép ước lượng độ thon trung bình của các cấp kích thước. Vì thế, nếu sử dụng các

hàm đơn biến đa bậc để ước lượng độ thon cho một cấp kích thước nhất định, thì kết quả nhận sai lệch rất lớn. Nhược điểm này được giải quyết bằng cách xây dựng các hàm độ thon đa biến; trong đó các biến dự đoán thường là D, 1/D, (DH), D/(h/H), (H – h)/(H – 1,3), (h/H), exp(D/H).

Cho đến nay vẫn chưa có nghiên cứu nào về độ thon và hình dạng thân cây trâm ở tỉnh Long An. Trong nghiên cứu này, hàm độ thon thân cây trâm đã được kiểm định từ 12 hàm dự

tuyến khác nhau. Các hàm này là các hàm đa biến; trong đó số biến dự đoán từ 4 (Sharma-Parton, 2009) đến 9 (Kozak, 2002). Các hàm ước lượng D_{HCV} và D_{HOV} từ 12 hàm dự tuyến này đều tồn tại ở mức ý nghĩa rất cao ($P < 0,01$). Vì thế, chúng có thể được sử dụng để xây dựng hàm độ thon thân cây tràm. Tuy vậy, so với 7 hàm của các tác giả khác, 5 hàm do tác giả đề xuất nhận sai lệch nhỏ hơn; trong đó hàm Them22-1 là hàm thích hợp nhất. Vì thế, hàm Them22-1 được sử dụng để xây dựng hàm ước lượng độ thon và mô tả hình dạng thân cây tràm ở khu vực Thạnh Hóa thuộc tỉnh Long An.

Nói chung, các hàm độ thon thích hợp không chỉ thay đổi theo loài cây gỗ, mà còn theo các biến dự đoán khác nhau. Các hàm độ thon và sản lượng ở mức cây cá thể của rừng tràm có thể được kiểm định bằng những hàm dự tuyến sẵn có. Tuy vậy, ngoài sử dụng những hàm dự tuyến sẵn có, chúng ta vẫn cần phát triển các hàm độ thon mới. Các hàm độ thon mới phải đảm bảo cải thiện được sai số ước lượng đường kính và thể tích thân của loài cây gỗ cần nghiên cứu. Vì thế, kiểm định và phát triển các hàm độ thon thích hợp đối với các loài cây gỗ ở Việt Nam là vấn đề cần được đặt ra. Do phải chống chịu với mức độ ngập nước sâu về mùa mưa và khô hạn về mùa khô, nên thân cây tràm phát triển nhiều vỏ. Phần vỏ, ngọn, cành và lá là những vật liệu bỏ lại sau thu hoạch. Thông qua quá trình khoáng hóa, những thành phần này tham gia vào chu trình vật chất của rừng tràm. Về mùa khô, dưới tán rừng tràm xuất hiện rất nhiều vật liệu khô (thân, cành và lá cây tràm đã chết; cỏ dại chết). Đây là nguồn vật liệu gây ra nguy cơ cháy rừng.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này xây dựng các hàm độ thon thân và hàm sản lượng gỗ ở mức cây cá thể của rừng tràm ở khu vực Thạnh Hóa thuộc tỉnh Long An. Các hàm độ thon thân cây tràm đã được xây dựng theo các hàm đa biến. Bằng cách so sánh sai lệch giữa 7 hàm độ thon đa biến của các tác giả khác với 5 hàm độ thon

mới, kết quả cho thấy hai hàm Them 2022-1 và Them 2022-2 cho phép cải thiện sai số ước lượng độ thon thân cây tràm. Hàm thể tích ở dạng $V = a + b(D^2H) + c(D^kH^l)$ là hàm thích hợp để xây dựng hàm ước lượng thể tích thân cây đứng và thể tích gỗ sản phẩm ở mức cây cá thể của rừng tràm. So với thể tích thân cả vỏ, tỷ lệ thể tích thân không vỏ, tỷ lệ thể tích gỗ sản phẩm cả vỏ và không vỏ, tỷ lệ vỏ tương ứng là 66,0%, 99,6%, 62,7% và 39,0%. Tác giả kiến nghị các Ban quản lý rừng ở tỉnh Long An có thể sử dụng kết quả của nghiên cứu này để xác định độ thon và sản lượng gỗ của rừng tràm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Fonweban J, Gardiner B, Macdonald E and Auty D., 2011. Taper functions for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Sitka Spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) in Northern Britain. *Forestry*, doi:10.1093/forestry/cpq043.
2. Kozak A., 2004. My last words on taper equations. *For Chron* 80: 507-515.
3. Lee D, Yeongwan, Jungho Lee and Jungkee Choi., 2017. Estimation and validation of volume equations for *Pinus densiflora*, *Pinus koraiensis*, and *Larix kaempferi* in South Korea. *South J Appl for.* 35: 105-108. *Forest Science and Technology*, 2017. E-ISSN 2158-0715, Vol. 13, No. 2, 77-82.
4. Muhairwe CK., 1999. Taper equations for *Eucalyptus pilularis* and *Eucalyptus grandis* for the north coast in New South Wales, Australia. *For Ecol Manag* 113: 251-269.
5. Nguyễn Ngọc Lung và Đào Công Khanh, 1999. *Nghiên cứu tăng trưởng và sản lượng rừng trồng (Áp dụng cho rừng Thông ba lá (Pinus kaysia Royle ex Gordon) ở Việt Nam*. Nxb. Nông nghiệp, 207 trang.
6. Nguyễn Văn Thềm, 2002. *Sinh thái rừng*. Nxb. Nông nghiệp, Hà Nội, 250 trang.
7. Sharma M, Zhang SY., 2004. Variable-exponent taper equations for jack pine, black spruce, and balsam fir in eastern Canada. *Forest Ecology and Management* ;198:39–53. doi: 10.1016/j.foreco.2004.03.035.
8. Tang C, Wang CS, Pang SJ, Zhao ZG, Guo JJ, Lei YC, Jeng J., 2017. Stem taper equations for *Betula alnoides* in South China. *Journal of Tropical Forest Science* 29 (1); 80:92.
9. Vũ Tiến Hình, 2012. *Phương pháp lập biểu thể tích cây đứng rừng tự nhiên ở Việt Nam*. Nxb. Nông nghiệp, Hà Nội, 196 trang.

STEM TAPER AND YIELD FUNCTIONS FOR *Melaleuca cajuputi* IN THANH HOA AREA OF LONG AN PROVINCE

Nguyen Van Them

Forestry Science and Technology Association of Ho Chi Minh City

SUMMARY

The stem taper and timber yield functions are important tools for constructing the volume and yield tables of plantations. In this study, the stem taper functions were built from 104 sample trees with diameters from 4 ÷ 16cm. The appropriate taper function was tested from 12 candidate functions. The timber yield function was tested from 2 candidate functions. The appropriate taper and timber yield functions were selected according to the sum of least squares standard deviations. The research results have shown that the Them 2022-1 and Them 2022-2 functions were the two appropriate functions to estimate the stem taper and shape at the individual tree level of *Melaleuca* plantations. The stem volume at the individual tree level of *Melaleuca* plantations was well described by the function $V = a + b(D^2H) + c(D^3H^2)$. Compared with the inside bark standing stem volume, the outside bark stem volume, the inside bark and outside bark yield timber volume, and the bark volume were 66.0%, 99.6%, 62.7%, 62.7%, and 39.0%, respectively.

Keywords: *Melaleuca* plantation, stem profile, stem taper, stem taper function, timber yield function.

Ngày nhận bài : 12/6/2022

Ngày phản biện : 14/7/2022

Ngày quyết định đăng : 26/7/2022