

HÀM ĐỘ THON VÀ THỂ TÍCH THÂN ĐỐI VỚI CÂY BẠCH ĐÀN LAI UP (*Eucalyptus hybrid*) TẠI KHU VỰC LA NGÀ THUỘC TỈNH ĐỒNG NAI

Nguyễn Văn Thêm¹, Trần Thị Ngoan², Lê Văn Cường², Trương Ánh Hải³

¹Hội Khoa học và Kỹ thuật Lâm nghiệp TP. Hồ Chí Minh

²Trường Đại học Lâm nghiệp - Phân hiệu tại tỉnh Đồng Nai

³Công ty TNHH MTV La Ngà - Đồng Nai.

TÓM TẮT

Bài viết này giới thiệu các hàm độ thon thân và thể tích thân cây đứng cả vỏ và không vỏ của bạch đàn lai UP. Mục tiêu nghiên cứu là xây dựng các hàm độ thon và thể tích thân cây bạch đàn lai UP. Dữ liệu được thu thập từ 20 cây bạch đàn lai UP ở 3 ÷ 7 tuổi với cấp D = 10 ÷ 26 cm. Kết quả nghiên cứu cho thấy: (1) Hàm độ thon của Nguyễn Văn Thêm và đồng tác giả (2022) mô tả tốt độ thon thân của bạch đàn lai UP. (2) Hàm ước lượng thể tích cả vỏ lũy tích từ phân đoạn gốc đến chiều cao tương đối (h/H) của bạch đàn lai UP có dạng: $V_{hCV} = \exp(-10,2954 + 1,29534 \ln(DH) + 1,3175(h/H)^{0,3049})$. (3) Hàm ước lượng thể tích cả vỏ lũy tích từ phân đoạn gốc đến đường kính tương đối cả vỏ (Dh_{CV}/D) của bạch đàn lai UP có dạng: $V_{DhCV} = \exp(-9,05492 + 1,3 \ln(DH) - 0,740443(Dh/D)^{2,31857})$. (4) Hàm ước lượng thể tích không vỏ lũy tích từ phân đoạn gốc đến chiều cao tương đối (h/H) của bạch đàn lai UP có dạng: $V_{hOV} = \exp(-10,3627 + 1,29298 \ln(DH) + 1,27965(h/H)^{0,2991})$. (5) Hàm ước lượng thể tích không vỏ lũy tích từ phân đoạn gốc đến đường kính tương đối cả vỏ (Dh_{CV}/D) của bạch đàn lai UP có dạng: $V_{DhOV} = \exp(-8,2604 + 1,16155 \ln(DH) - 0,8235(Dh/D)^{2,20488})$. Tổng thể tích toàn thân cả vỏ của bạch đàn lai UP được xác định nhanh theo công thức: $V = gHF$; trong đó $H = 777,257 \exp(-6,26829D^{-0,193945})$ và $F = 0,851456 \exp(-0,0889679D) + 0,346452$.

Từ khoá: Bạch đàn lai UP, độ thon thân, hàm độ thon thân, thể tích thân, hàm thể tích thân cây.

STEM TAPER AND VOLUME FUNCTIONS FOR EUCALYPTUS HYBRID IN LA NGA AREA OF DONG NAI PROVINCE

Nguyen Van Them¹, Tran Thi Ngoan², Le Van Cuong², Truong Anh Hai³

¹Ho Chi Minh City Forestry Science and Technology Association

²Vietnam National University of Forestry - Dongnai Campus

³La Nga Forestry One Member Limited Liability Company, Dong Nai.

ABSTRACT

The paper introduced the stem taper and volume functions for *Eucalyptus hybrid* UP. The aim of this study was to develop stem taper and volume functions for *Eucalyptus hybrid* UP. Data was collected from 20 tree samples of *Eucalyptus hybrid* UP at the age of 3 ÷ 7 years with diameter class of 10 to 26 cm. The research results showed: (1) Stem taper functions of Nguyen Van Them *et al.* (2022) described well the stem taper of the *Eucalyptus* hybrids UP. (2) The outbark cumulative volume function from the base segment to the relative height (h/H) of the *Eucalyptus hybrid* UP has the form: $V_{hCV} = \exp(-10.2954 + 1.29534 \ln(DH) + 1.3175(h/H)^{0.3049})$. (3) The outbark cumulative volume function from the base segment to the relative diameter (Dh_{CV}/D) of the *Eucalyptus hybrid* UP has the form: $V_{DhCV} = \exp(-9.05492 + 1.3 \ln(DH) - 0.740443(Dh/D)^{2.31857})$. (4) The inbark cumulative volume function from the base segment to the relative height (h/H) of the *Eucalyptus hybrid* UP has the form: $V_{hOV} = \exp(-10.3627 + 1.29298 \ln(DH) + 1.27965(h/H)^{0.2991})$. (5) The inbark cumulative volume function from the base segment to the relative diameter (Dh_{CV}/D) of the *Eucalyptus hybrid* UP has the form: $V_{DhOV} = \exp(-8.2604 + 1.16155 \ln(DH) - 0.8235(Dh/D)^{2.20488})$. The total inbark stem volume of the *Eucalyptus hybrid* UP was determined following the formula: $V = gHF$; in which $H = 777.257 \exp(-6.26829D^{-0.193945})$ and $F = 0.851456 \exp(-0.0889679D) + 0.346452$.

Keywords: *Eucalyptus hybrid* UP, stem taper, stem taper functions, stem volume, stem volume functions.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Độ thon thân cây gỗ biểu thị sự suy giảm đường kính thân từ gốc đến ngọn. Trong lâm học, độ thon thân cây gỗ được sử dụng không chỉ để xác định hình thái và sinh thái của các loài cây gỗ, mà còn phân tích phản ứng của chúng với sự thay đổi của môi trường (lập địa) và các phương thức lâm sinh (Nguyễn Văn Thêm, Phạm Minh Toại, 2024). Trong điều tra rừng, độ thon thân cây gỗ được sử dụng để xác định không chỉ đường kính ở các vị trí khác nhau trên thân, mà còn cả thể tích của các phân đoạn gỗ với chiều dài bất kỳ (Vũ Tiến Hình, 2012). Trên thế giới, nhiều tác giả đã xây dựng các hàm độ thon đối với nhiều loài cây gỗ khác nhau (Kozak, 2004; Lee *et al.*, 2017; Muhairwe, 1999; Zeng *et al.*, 2017). Ở Việt Nam, các tác giả Nguyễn Văn Thêm và đồng tác giả (2022; 2024), Lê Hồng Việt và đồng tác giả (2024) đã xây dựng các hàm độ thon và thể tích đối với keo lai (*Acacia hybrid*), Tràm (*Melaleuca cajuputi* Powell) và Thông ba lá (*Pinus kaysi* Royle ex Gordon).

Bạch đàn lai UP (*Eucalyptus hybrid*) đã được Viện Nghiên cứu Giống và Công nghệ sinh học Lâm nghiệp thuộc Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam nghiên cứu và khảo nghiệm ở một số vùng sinh thái khác nhau (BNN&PTNT, 2013; 2022). Ba dòng bạch đàn lai (UP35, UP54, UP74) cũng đã được trồng thử nghiệm từ năm 2018 tại khu vực La Ngà thuộc tỉnh Đồng Nai (Công ty TNHH MTV LN La Ngà, 2019). Hiện nay vẫn còn thiếu các hàm độ thon và thể tích thân cây bạch đàn lai UP. Xuất phát từ những vấn đề trên đây, mục tiêu của nghiên cứu này là xây dựng các hàm độ thon và thể tích thân cây bạch đàn lai UP. Kết quả của nghiên cứu này cung cấp căn cứ khoa học để thống kê trữ lượng gỗ cây đứng và trữ lượng gỗ sản phẩm của rừng trồng bạch đàn lai UP.

II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng và địa điểm nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là rừng trồng bạch đàn lai UP từ 3 ÷ 7 tuổi thuộc ba dòng UP35, UP54 và

UP74. Rừng bạch đàn lai UP được trồng thâm canh với mật độ ban đầu là 1.667 cây/ha (3×2 m = Hàng cách hàng 3 m; Cây cách cây trong hàng 2 m). Sau khi trồng, rừng bạch đàn lai UP không được chặt nuôi dưỡng. Địa điểm nghiên cứu được đặt tại Công ty TNHH MTV Lâm nghiệp La Ngà - Đồng Nai. Tọa độ địa lý: 107°20'08" - 107°19'97" kinh Đông; 11°28'48" - 11°28'36" vĩ Bắc. Thời gian nghiên cứu từ tháng 2 ÷ 7/2025. Khu vực nghiên cứu nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa. Hàng năm khí hậu thay đổi theo mùa rõ rệt; trong đó mùa khô kéo dài 5 tháng từ tháng 12 năm trước đến tháng 4 năm sau, còn mùa mưa kéo dài 7 tháng từ tháng 5 đến tháng 11. Nhiệt độ không khí trung bình 25,0 °C. Lượng mưa trung bình năm là 3,293 mm. Độ ẩm không khí trung bình năm là 80%. Độ cao địa hình từ 62 đến 272 m so với mặt biển; độ dốc dưới 10°. Đất feralit đỏ vàng phát triển trên phiến thạch sét (Công ty TNHH MTV LN La Ngà, 2019).

2.2. Phương pháp thu thập số liệu

Độ thon thân (Dh, cm) của bạch đàn lai UP được xác định từ 20 cây mẫu ở các cấp đường kính (D, cm) = 10 ÷ 26 cm. Các cây mẫu được chặt hạ cách mặt đất từ 20 ÷ 30 cm tùy theo D của chúng. Chu vi thân cả vỏ và không vỏ tại vị trí ngang ngực (1,3 m kể từ mặt đất) và các vị trí khác nhau trên thân được xác định bằng thước dây với độ chính xác 0,1 cm; sau đó quy đổi thành đường kính thân cả vỏ (Dh_{CV}, cm) và không vỏ (Dh_{OV}, cm). Chiều dài toàn thân cây ngả (H, m) được đo bằng thước dây với độ chính xác 1,0 cm. Thân cây ngả được phân chia thành các phân đoạn với chiều dài (L) 100 cm; đoạn ngọn có chiều dài (Ln, cm) trên dưới 100 cm.

2.3. Phương pháp xử lý số liệu

2.3.1. Xây dựng các hàm độ thon thân cây bạch đàn lai UP

Các hàm Dh của bạch đàn lai UP được kiểm định từ 6 hàm dự tuyển (Hàm 1 ÷ 6). Ở hàm 1 ÷ 6, D

(cm) là đường kính thân ngang ngực; Dh (cm) là đường kính ở những vị trí khác nhau trên thân; H (m) là chiều dài toàn thân; h (m) là chiều dài từ

gốc đến các vị trí khác nhau trên thân; $Y = (h/H)$; $X = (H-h)/(H-1,3)$; $X_J = (1-Y^{1/4})/(1-0,01^{1/4})$; $X_k = Q/(1-p^{1/3})$; $Q = 1-Y^{1/3}$; $p = (1,3/H)$.

$$Dh = a_1(D^{3H})a_2(a_3 - \sqrt{Y})(a_4Y + a_5Y^2 + a_6X + a_7(D/H)) \quad (1)$$

$$Dh = a_1(D^2H)a_2(a_3 - \sqrt{Y})(a_4Y + a_5Y^2 + a_6U + a_7(D/H)) \quad (2)$$

$$Dh = a_1(D^3H)a_2(a_3 - \sqrt{Y})(a_4Y + a_5Y^2 + a_6X + a_7\exp(D/H)) \quad (3)$$

$$Dh = a_1(D^2H)a_2(a_3 - \sqrt{Y})(a_4Y + a_5Y^2 + a_6X + a_7\exp(D/H)) \quad (4)$$

$$Dh = a_1(D^3H)a_2(a_3 - \sqrt{Y})(a_4Y + a_5Y^2 + a_6/\exp(D/H) + a_7(D/H)) \quad (5)$$

$$Dh = a_1Da_2Ha_3X_k(a_4Y^4 + a_5/\exp(D/H) + a_6X_J^{0,1} + a_7/D + a_8H^Q + a_9X_k) \quad (6)$$

Ghi chú: hàm (1), (2), (3), (4) và (5): (Nguyễn Văn Thêm, 2022); Hàm (6): (Kozak, 2004)

Các hệ số hồi quy và sai lệch của 6 hàm Dh được xác định bằng hồi quy và tương quan phi tuyến tính của Marquartz. Sai lệch của 6 hàm độ thon này được đánh giá theo hệ số xác định (R^2 ; công thức 7); tổng sai lệch bình phương (SSE; công thức 8); sai số chuẩn của ước lượng (SEE; công thức 9); sai số tuyệt đối trung bình (MAE; công thức 10); sai số tuyệt đối trung bình theo phần trăm (MAPE; công thức 11); sai số trung bình (ME; công thức 12); sai số trung bình theo phần trăm (MPE; công thức 13). Ở công thức 7 ÷ 13, Dh_i và Dh_j tương ứng là độ thon thực và độ thon ước lượng; Dh_{Bq} là độ thon trung bình thực; n là dung lượng mẫu; p là số tham số của hàm Dh. Mục đích của phân tích hồi quy là xác định hàm Dh với sai lệch nhỏ nhất. Theo mục đích này, hàm Dh thích hợp được chọn theo tiêu chuẩn SSE_{Min} và SEE_{Min} .

$$R^2 = (1 - \frac{SSE}{SST})100 \quad (7)$$

$$SSE = \sum_{(i=1,n)} (Dh_j - Dh_i)^2 \quad (8)$$

$$SST = SSR + SSE$$

$$SSR = \sum_{(i=1,n)} (Dh_j - Dh_{Bq})^2 \quad (9)$$

$$SEE = \sqrt{SSE/(n-p)} \quad (10)$$

$$MAE = |(Dh_i - Dh_j)/n| \quad (11)$$

$$MAPE = (MAE/Dh_i)100 \quad (12)$$

$$ME = (Dh_i - Dh_j) \quad (13)$$

$$MPE = ((Dh_i - Dh_j)/Dh_i)100$$

2.3.2. Xây dựng các hàm sản lượng gỗ ở mức cây cá thể của rừng trồng bạch đàn lai UP

Từ hai hàm Dh_{CV} và Dh_{OV} thích hợp (SSE_{Min}), ước lượng Dh_{CV} và Dh_{OV} của các phân đoạn gỗ đối với các cấp $D = 10 \div 26$ cm. Chiều cao (H, m) của bạch đàn lai UP từ cấp $D = 10 \div 26$ cm được ước lượng theo hàm Korf (1929), Zeide (1993) (Hàm 14); trong đó D là đường kính thân ngang ngực, a_i là các tham số. Hình số thân của bạch đàn lai ở các cấp D được ước lượng và dự đoán theo hàm 15; trong đó D (cm) là đường kính thân ngang ngực, a_i và k là các tham số. Thể tích gỗ của các phân đoạn (V_i , m^3) được xác định theo công thức hình viên trụ (công thức 16); trong đó D_i (cm) và D_j (cm) tương ứng là D đầu lớn và đầu nhỏ của mỗi phân đoạn, L (m) là chiều dài của mỗi phân đoạn. Thể tích của phân đoạn ngọn (V_n , m^3) được xác định theo công thức hình nón (công thức 17); trong đó g (m^2) và L_n (m) tương ứng là tiết diện đáy và chiều dài của phân đoạn ngọn. Thể tích toàn thân là tổng thể tích của các phân đoạn cộng với thể tích đoạn ngọn. Thể tích cả vỏ (V_{CV} , m^3) và không vỏ (V_{OV} , m^3) lũy tích theo các phân đoạn từ gốc đến ngọn được xác định theo hàm 18 và hàm 19. Tổng thể tích toàn thân cả vỏ (V_{CV} , m^3) và không vỏ (V_{OV} , m^3) được xác định theo hàm 20. Các hệ số hồi quy, hệ số xác định (R^2) và các sai lệch (SSE, SEE, MAE, MAPE, ME,

MPE) của các hàm 14 ÷ 20 được xác định tương tự như các công thức 7 ÷ 13. Các bước phân tích hồi quy và tương quan được thực hiện bằng phần mềm thống kê STATGRAPHICS Centurion XV.I 15.1.02.

$$H = a_1 \times \exp(-a_2 \times D^{-a_3}) \quad (14)$$

$$F = a_1 \exp(-a_2 D) + k \quad (15)$$

$$V_i = 0,00007854((D_i + D_j)/2)^2 L \quad (16)$$

$$V_n = (1/3) \times g \times L_n \quad (17)$$

$$V_{hij} = \exp(a_1 + a_2 \times \ln(DH) + a_3 \times (h/H)^{-a_4}) \quad (18)$$

$$V_{hij} = \exp(a_1 + a_2 \times \ln(DH) + a_3 \times (Dh/D)^{-a_4}) \quad (19)$$

$$V = a_1 + a_2 \times (D^2 H) \quad 20$$

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Hàm độ thon thân cây bạch đàn lai UP

Phân tích hồi quy và tương quan cho thấy 6 hàm Dh_{CV} (bảng 1 và 2) của bạch đàn lai UP đều tồn tại ở mức ý nghĩa rất cao ($P < 0,01$). Hệ số R^2 nhận giá trị cao nhất ở hàm 4 ($R^2 = 98,42\%$), thấp nhất ở hàm 1 ($R^2 = 97,79\%$). Tổng sai lệch bình phương và sai số ước lượng nhận giá trị thấp nhất ở hàm 4 ($SSE = 65,5$; $SEE = \pm 0,570$),

cao nhất ở hàm 1 ($SSE = 89,1$; $SEE = \pm 0,672$). Các hàm này đều nhận sai số hệ thống âm ($ME < 0$). Sai số trung bình theo phần trăm nhận giá trị thấp nhất ở hàm 4 ($MAPE = 4,3\%$), cao nhất ở hàm 1 ($MAPE = 5,8\%$). Theo tiêu chuẩn SSE_{Min} và SEE_{Min} , hạng 1 là hàm 4, còn hạng 6 là hàm 1. Đối với 6 hàm Dh_{OV} (bảng 3 và 4), hệ số R^2 nhận giá trị cao nhất ở hàm 4 ($R^2 = 98,35\%$), thấp nhất ở hàm 5 ($R^2 = 98,05\%$). Tổng sai lệch bình phương và sai số nhận giá trị thấp nhất ở hàm 4 ($SSE = 70,5$; $SEE = \pm 0,603$), cao nhất ở hàm 5 ($SSE = 76,8$; $SEE = \pm 0,624$). Các hàm này đều nhận sai số hệ thống âm ($ME < 0$). Sai số trung bình theo phần trăm nhận giá trị thấp nhất ở hàm 4 ($MAPE = 5,2\%$), cao nhất ở hàm 5 ($MAPE = 5,9\%$). Theo tiêu chuẩn SSE_{Min} và SEE_{Min} , hạng 1 là hàm 4, còn hạng 6 là hàm 5. Những phân tích trên đây cho thấy hàm 4 là hàm thích hợp để ước lượng và dự đoán Dh_{CV} (cm) và Dh_{OV} (cm) của bạch đàn lai UP. Khi thay thế các tham số ở bảng 1 và 3 vào hàm 4, hàm ước lượng Dh_{CV} (cm) và Dh_{OV} (cm) của bạch đàn lai UP có dạng tương ứng như hàm 21 và hàm 22.

$$Dh_{CV} = 2,18528(D^2 H)^{0,209835}(1,58212 - \sqrt{h/H})^K \quad (21)$$

$$K = [-3,57882(h/H) + 1,97836(h/H)^2 - 2,67586(H-h/H-1,3) + 1,6633\exp(D/H)]$$

$$Dh_{OV} = 2,28405(D^2 H)^{0,19772}(1,59053 - \sqrt{h/H})^K \quad (22)$$

$$K = [-3,71072(h/H) + 2,07005(h/H)^2 - 2,89684(H-h/H-1,3) + 1,77716\exp(D/H)]$$

Bảng 1. Các tham số hồi quy của 6 hàm độ thon thân cây cả vỏ đối với bạch đàn lai UP

Các tham số	Thứ tự hàm độ thon:					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
a1	1,84353	2,19027	2,15004	2,18528	2,12064	1,15461
a2	0,14984	0,20894	0,14467	0,20984	0,16256	1,04833
a3	1,78276	1,58740	1,73303	1,58212	1,55765	-0,07982
a4	-0,48886	-2,86425	-1,57201	-3,57882	-0,78495	2,64163
a5	2,30368	2,00857	2,28182	1,97836	1,93030	5,98900
a6	-0,53535	-2,00358	-1,25567	-2,67586	-2,65920	3,73801
a7	2,16808	3,74203	1,07113	1,66330	2,55193	-34,69990
a8						0,11462
a9						2,25394

Bảng 2. Sai lệch của các hàm độ thon thân cả vỏ đối với cây bạch đàn lai UP

TT Hàm	R ² (%)	SSE	±SEE	MAE	MAPE	ME	MPE	Hạng
(1)	97,79	89,1	0,672	0,507	5,8	-0,018	0,31	6
(2)	98,37	65,9	0,578	0,428	4,7	-0,003	0,49	2
(3)	97,99	81,4	0,642	0,481	5,5	-0,002	0,50	5
(4)	98,42	65,5	0,570	0,425	4,3	-0,003	0,49	1
(5)	98,34	66,8	0,582	0,433	4,8	-0,003	0,47	3
(6)	98,18	73,4	0,613	0,469	4,6	-0,003	0,50	4

Bảng 3. Các tham số hồi quy của 6 hàm độ thon thân không vỏ đối với cây bạch đàn lai UP

Các tham số	Thứ tự hàm độ thon:					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
a1	2,31200	2,26947	2,26947	2,28405	2,18433	1,31822
a2	0,14936	0,19835	0,19835	0,19772	0,15508	1,10634
a3	1,57431	1,59061	1,59061	1,59053	1,56271	-0,19196
a4	-2,96043	-2,96442	-2,96442	-3,71072	-0,70310	3,37230
a5	2,04585	2,09262	2,09262	2,07005	2,01588	2,57731
a6	-2,14465	-2,17844	-2,17844	-2,89684	-2,91491	-0,82510
a7	3,93384	3,99364	3,99364	1,77716	2,71200	-60,51930
a8						-0,04232
a9						10,02970

Bảng 4. Sai lệch của các hàm độ thon thân không vỏ đối với cây bạch đàn lai UP

TT Hàm	R ² (%)	SSE	±SEE	MAE	MAPE	ME	MPE	Hạng
(1)	98,05	76,2	0,622	0,460	5,8	-0,002	0,96	5
(2)	98,07	76,0	0,620	0,458	5,5	-0,001	0,95	3
(3)	98,06	76,1	0,619	0,459	5,8	-0,001	0,95	4
(4)	98,35	70,5	0,603	0,452	5,2	-0,001	0,95	1
(5)	98,03	76,8	0,624	0,463	5,9	-0,002	0,95	6
(6)	98,15	72,2	0,608	0,467	5,4	-0,005	0,98	2

Từ hàm 21 và 22, xác định được Dh_{CV} (cm) và Dh_{OV} (cm) theo chiều cao tương đối (h/H) của bạch đàn lai UP từ cấp $D = 10 \div 22$ cm (bảng 5

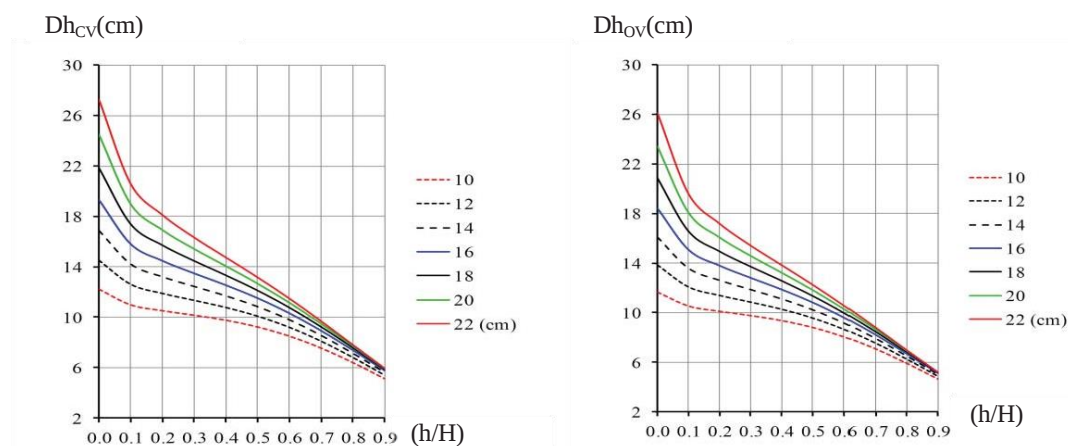
và 6). Đồ thị ở hình 1 cho thấy điểm uốn của đường cong Dh_{CV} (cm) và Dh_{OV} (cm) theo (h/H) của bạch đàn lai xuất hiện ở khoảng (1/10H).

Bảng 5. Độ thon thân cả vỏ của cây bạch đàn lai UP

(h/H)	Giá trị Dh_{CV} theo cấp D(cm):						
	10	12	14	16	18	20	22
0,0	12,2	14,5	16,9	19,3	21,8	24,5	27,3
0,1	11,0	12,6	14,2	15,8	17,4	19,0	20,6
0,2	10,5	11,9	13,2	14,5	15,7	16,9	18,1
0,3	10,1	11,3	12,4	13,5	14,5	15,4	16,3
0,4	9,8	10,8	11,7	12,5	13,3	14,1	14,7
0,5	9,2	10,1	10,8	11,5	12,1	12,7	13,2
0,6	8,5	9,2	9,8	10,3	10,8	11,1	11,5
0,7	7,5	8,1	8,5	8,9	9,2	9,5	9,7
0,8	6,4	6,8	7,1	7,4	7,6	7,7	7,8
0,9	5,1	5,4	5,6	5,8	5,9	5,9	5,9

Bảng 6. Độ thon thân không vỏ của cây bạch đàn lai UP

(h/H)	Giá trị Dh_{OV} theo cấp D(cm):						
	10	12	14	16	18	20	22
0,0	11,7	13,8	16,1	18,4	20,9	23,4	26,1
0,1	10,5	12,1	13,6	15,1	16,6	18,1	19,6
0,2	10,1	11,4	12,6	13,8	14,9	16,1	17,2
0,3	9,8	10,8	11,9	12,8	13,7	14,6	15,4
0,4	9,4	10,3	11,1	11,9	12,6	13,2	13,8
0,5	8,8	9,6	10,2	10,8	11,4	11,8	12,3
0,6	8,0	8,7	9,2	9,6	10,0	10,3	10,6
0,7	7,1	7,5	7,9	8,2	8,5	8,6	8,8
0,8	5,9	6,2	6,5	6,7	6,8	6,9	7,0
0,9	4,6	4,9	5,0	5,1	5,2	5,2	5,2

**Hình 1.** Đồ thị biểu diễn Dh_{CV} (cm) và Dh_{OV} (cm) theo cấp D của Bạch đàn lai UP

3.2. Hàm sản lượng ở mức cây cá thể của rừng trồng bạch đàn lai UP

Phân tích hồi quy và tương quan cho thấy các hàm $H = f(D)$, $F = f(D)$, $V_h = f(D, H, h/H)$, $V_{Dh} = f(D, H, Dh/D)$ và $V = f(D, H)$ của cây bạch đàn lai UP từ cấp $D = 10 \div 26$ cm tương ứng có dạng như hàm 23 ÷ 30. Các hàm này đều

có hệ số xác định rất cao ($R^2 > 96,5\%$) và sai lệch nhỏ ($MAPE < 15\%$). Vì thế, chúng được sử dụng để ước lượng và dự đoán sản lượng của các cây bạch đàn lai UP từ cấp $D = 10 \div 26$ cm. Đồ thị mô tả V_{CV} và V_{OV} lũy tích theo chiều cao tương đối (h/H) ở các cấp D của các cây bạch đàn lai UP được biểu diễn ở hình 2.

Bảng 7. Các hàm sản lượng ở mức cây cá thể của rừng trồng bạch đàn lai UP

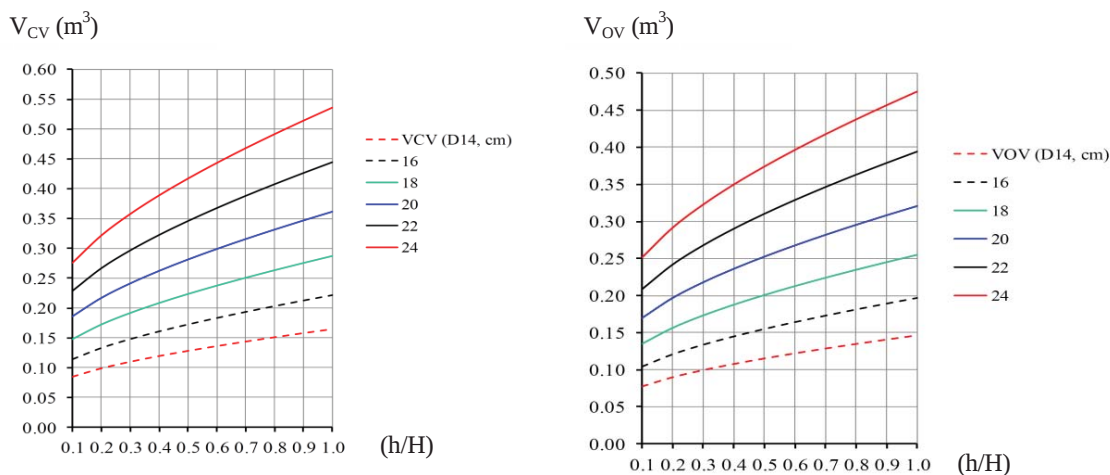
Hàm ước lượng	R^2	$\pm SEE$	MAPE	
$H = 777,257 \exp(-6,26829D^{-0,193945})$	96,67	5,43	2,0	(23)
$F = 0,851456 \exp(-0,0889679D) + 0,346452$	99,92	0,004	0,5	(24)
$V_{hCV} = \exp((-10,2954 + 1,29534 \ln(DH) + 1,3175(h/H)^{0,3049})$	99,18	0,019	10,1	(25)
$V_{DhCV} = \exp(-9,05492 + 1,3 \ln(DH) - 0,740443(Dh/D)^{2,31857})$	98,73	0,024	12,5	(26)
$V_{hOV} = \exp(-10,3627 + 1,29298 \ln(DH) + 1,27965(h/H)^{0,2991})$	99,14	0,017	10,4	(27)
$V_{DhOV} = \exp(-8,2604 + 1,16155 \ln(DH) - 0,8235(Dh/D)^{2,20488})$	99,13	0,017	13,5	(28)
$V_{CV} = 0,0541608 + 0,000031(D^2H)$	99,49	0,020	11,3	(29)
$V_{OV} = 0,0469497 + 0,0000323(D^2H)$	99,52	0,014	6,7	(30)

3.3. Thảo luận và áp dụng kết quả nghiên cứu

3.3.1. Thảo luận

Nghiên cứu này xây dựng các hàm Dh_{CV} và Dh_{OV} của bạch đàn lai UP từ cấp $D = 10 \div 26$ cm. Trong nghiên cứu này, hai hàm Dh_{CV} và Dh_{OV} của bạch đàn lai UP được kiểm định từ 6

hàm dự tuyến khác nhau; trong đó 1 hàm độ thon của Kozak (2004) và 5 hàm độ thon của Nguyễn Văn Thêm (2022). Kết quả nghiên cứu cho thấy hàm Dh của Nguyễn Văn Thêm (2022) là hàm thích hợp để mô tả độ thon thân của bạch đàn lai UP từ cấp $D = 10 \div 26$ cm.



Hình 2. Đồ thị biểu diễn thể tích thân cả vỏ (V_{CV}) và không vỏ (V_{OV}) lũy tích theo chiều cao tương đối (h/H) ở các cấp $D = 14 \div 26$ cm của rừng trồng Bạch đàn lai UP

Hình số thân (F) của bạch đàn lai giảm dần từ cấp D = 10 cm (F = 0,696) đến cấp D = 26 cm (F = 0,431). Giá trị F trung bình của bạch đàn lai UP từ cấp D = 10 ÷ 26 cm là 0,537, cao hơn 7,4% so với F thường dùng (F = 0,5) trong thống kê thể tích của các cây gỗ ở rừng trồng. Hai đại lượng V_{CV} (m^3) và V_{OV} (m^3) lũy tích theo h/H của bạch đàn lai UP được tính tương ứng theo hàm 25 và hàm 27. Ưu điểm của hai hàm này là chúng không chỉ cho phép xác định thể tích theo từng phân đoạn gỗ với chiều dài bất kỳ (h, m), mà còn cả thể tích toàn thân. So với V_{CV} tính từ hàm 25, đại lượng này tính từ hàm 26 và hàm 29 tương ứng nhỏ hơn 11,2% và lớn hơn 0,8%. So với V_{OV} tính từ hàm 27, đại lượng này tính từ hàm 28 và hàm 30 tương ứng nhỏ hơn 5,1% và lớn hơn 3,0%. Hai đại lượng V_{CV} và V_{OV} của bạch đàn lai UP cũng có thể được xác định theo công thức: $V = gHF$; trong đó H và F được tính tương ứng theo hàm 23 và hàm 24. So với V_{CV} và V_{OV} được xác định tương ứng theo hàm 25 và hàm 27, đại lượng này được tính theo công thức $V = gHF$ không có sự khác biệt rõ rệt (MAPE < 0,5%). Tỷ lệ thể tích không vỏ và cả vỏ (V_{OV}/V_{CV}) trung bình của bạch đàn lai UP từ cấp D = 10 ÷ 26 cm là 93,1%. Nói cách khác, thể tích vỏ của bạch đàn lai UP từ cấp D = 10 ÷ 26 cm là 6,9% so với V_{CV} .

3.3.2. Áp dụng kết quả nghiên cứu

- *Xác định Dh_{CV} và Dh_{OV} của bạch đàn lai UP.* Hai đại lượng này được tính từ hàm 21 và hàm 22. Để đơn giản trong tính toán, trước hết thống kê D của các cây ở các tuổi của rừng trồng bạch đàn lai UP. Tiếp theo lập bảng phân bố số cây (N, cây/ha) theo các cấp D (N/D) với mỗi cấp D = 2 cm. Giá trị H trung bình của các cấp D được tính từ các ô tiêu chuẩn 1.000 m^2 hoặc ước lượng từ hàm 23. Sau đó thay thế D, H, h/H và $X = (H - h)/(H - 1,3)$ của từng cấp D vào hàm 21 và hàm 22 để nhận được Dh_{CV} và Dh_{OV} theo cấp D. Chiều cao từ gốc đến những vị trí khác nhau trên thân (h, m) được xác định tùy theo yêu cầu của thống kê tài nguyên rừng.

- *Xác định V_{CV} và V_{OV} toàn thân của bạch đàn lai UP.* Đại lượng V_{CV} có thể được tính theo hàm 25, hàm 26 và hàm 29. Đại lượng V_{OV} có thể được tính theo hàm 27, hàm 28 và hàm 30. Để đơn giản trong tính toán, đường kính của rừng trồng bạch đàn lai UP ở các tuổi được phân chia theo các cấp D; mỗi cấp D = 2 cm. Tiếp theo áp dụng hàm 23 để tính H của các cấp D. Khi tính V_{CV} toàn thân theo hàm 25 và V_{OV} toàn thân theo hàm 27, thì thay biến (h/H) = (H/H) = 1. Khi tính V_{CV} toàn thân theo hàm 26 và V_{OV} toàn thân theo hàm 28, thì thay biến (Dh/D) = 0. Các đại lượng H, F, V_{CV} (m^3) và V_{OV} (m^3) trung bình theo các cấp D của rừng trồng bạch đàn lai UP có thể được tra nhanh theo bảng 8.

Bảng 8. Ước lượng H, F, V_{CV} (m^3) và V_{OV} (m^3) theo cấp D của rừng trồng bạch đàn lai UP

Cấp D(cm)	H(cm)	F	$V_{CV}(m^3)$	$V_{OV}(m^3)$	(V_{OV}/V_{CV})%
10	14,1	0,696	0,09725	0,08101	83,3
12	16,2	0,639	0,12549	0,11770	93,8
14	18,1	0,591	0,16297	0,16072	98,6
16	20,0	0,552	0,21061	0,20983	99,6
18	21,7	0,518	0,26923	0,26485	98,4
20	23,3	0,490	0,33961	0,32558	95,9
22	24,9	0,467	0,42246	0,39186	92,8
24	26,4	0,447	0,51846	0,46354	89,4
26	27,8	0,431	0,62822	0,54045	86,0
Bình quân		0,537			93,1

- *Xác định V_{CV} và V_{OV} của các phân đoạn gỗ theo chiều dài cho trước.* Hai đại lượng V_{CV} và V_{OV} của các phân đoạn gỗ được tính tương ứng theo hàm 25 và hàm 27; trong đó giá trị h (m) ở các cấp D thay đổi tùy theo yêu cầu của sản phẩm. Hai đại lượng V_{CV} và V_{OV} của phân đoạn gỗ từ chiều cao h_1 (m) đến h_2 (m) với $h_2 > h_1$ được xác định theo 3 bước. Bước 1: Sử dụng hàm 25 và hàm 27 để xác định tổng V_{CV} và V_{OV} từ phân đoạn gốc đến h_1 và h_2 . Bước 2: Xác định V_{CV} của phân đoạn gỗ nằm giữa h_1 và h_2 theo công thức: $V_{CV}(h_2) - V_{CV}(h_1)$. Bước 3: Xác định V_{OV} của phân đoạn gỗ nằm giữa h_1 và h_2 theo công thức: $V_{OV}(h_2) - V_{OV}(h_1)$.

- *Xác định V_{CV} và V_{OV} của các phân đoạn theo đường kính đầu nhỏ cho trước.* Hai đại lượng V_{CV} và V_{OV} của các phân đoạn gỗ được tính tương ứng theo hàm 26 và hàm 28. Giá trị Dh ở đầu lớn (Dh_1) và đầu nhỏ (Dh_2 , cm) thay đổi tùy theo yêu cầu của sản phẩm. Hai đại lượng V_{CV} và V_{OV} của phân đoạn gỗ nằm giữa Dh_1 và Dh_2 với $Dh_2 < Dh_1$ được xác định theo 3 bước. Bước 1: Sử dụng hàm 26 và hàm 28 để xác định tổng V_{CV} và V_{OV} từ phân đoạn gốc đến Dh_1 và Dh_2 . Bước 2: Xác định V_{CV} của phân đoạn gỗ nằm giữa Dh_1 và Dh_2 theo công thức: $V_{CV}(Dh_2) - V_{CV}(Dh_1)$. Bước 3: Xác định V_{OV} của phân đoạn gỗ nằm giữa Dh_1 và Dh_2 theo công thức: $V_{OV}(Dh_2) - V_{OV}(Dh_1)$. Trong thực tế, tổng thể tích gỗ thu hoạch cả vỏ (V_{THCV} , m³) và không vỏ (V_{THOV} , m³) của các cây gỗ ở rừng trồng thường được tính từ phân đoạn gốc đến $Dh = 3$ cm. Vì thế, tổng V_{THCV} và V_{THOV} toàn thân được

tính tương ứng bằng cách thay D , H và $(3/D)$ vào hàm 26 và hàm 28.

IV. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này xây dựng các hàm độ thon thân và thể tích thân cây đứng cả vỏ và không vỏ đối với cây cá thể của rừng trồng bạch đàn lai UP. Hàm độ thon của Nguyễn Văn Thêm (2022) mô tả tốt độ thon thân của bạch đàn lai UP từ cấp $D = 10 \div 26$ cm. Hàm ước lượng thể tích cả vỏ lũy tích từ phân đoạn gốc đến chiều cao tương đối (h/H) của bạch đàn lai UP có dạng: $V_{hCV} = \exp(-10,2954 + 1,29534 \ln(DH) + 1,3175(h/H)^{0,3049})$. Hàm ước lượng thể tích cả vỏ lũy tích từ phân đoạn gốc đến đường kính tương đối cả vỏ (Dh_{CV}/D) của bạch đàn lai UP có dạng: $V_{DhCV} = \exp(-9,05492 + 1,3 \ln(DH) - 0,740443(Dh/D)^{2,31857})$. Hàm ước lượng thể tích không vỏ lũy tích từ phân đoạn gốc đến chiều cao tương đối (h/H) của bạch đàn lai UP có dạng: $V_{hOV} = \exp(-10,3627 + 1,29298 \ln(DH) + 1,27965(h/H)^{0,2991})$. Hàm ước lượng thể tích không vỏ lũy tích từ phân đoạn gốc đến đường kính tương đối cả vỏ (Dh_{CV}/D) của bạch đàn lai UP có dạng: $V_{DhOV} = \exp(-8,2604 + 1,16155 \ln(DH) - 0,8235(Dh/D)^{2,20488})$. Tổng thể tích toàn thân cả vỏ của bạch đàn lai UP được xác định nhanh theo công thức: $V = gHF$; trong đó $H = 777,257 \exp(-6,26829D^{-0,193945})$ và $F = 0,851456 \exp(-0,0889679D) + 0,346452$. Chúng tôi kiến nghị Công ty TNHH MTV Lâm nghiệp La Ngà - Đồng Nai có thể áp dụng kết quả của nghiên cứu này để xác định độ thon và thể tích gỗ của rừng trồng bạch đàn lai UP.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. BNN&PTNT, 2013. Quyết định số: 65/QĐ-BNN-LN ngày 11/01/2013 của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn về Công nhận giống cây trồng lâm nghiệp mới.
2. BNN&PTNT, 2022. Quyết định số: 105/QĐ-BNN-LN, ngày 18/04/2022 của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn về công nhận giống cây lâm nghiệp mới.

3. Công ty TNHH MTV LN La Ngà, 2019. Báo cáo số 38/BC-CT-LN ngày 26/1/2019 về việc tổng kết tình hình thực hiện Kế hoạch sản xuất kinh doanh năm 2018, phương hướng nhiệm vụ năm 2019.
4. Kozak, A., 2004. My last words on taper equations. 80(4): 507 - 515. DOI:10.5558/tfc80507-4.
5. Lê Hồng Việt, Nguyễn Văn Thêm, Ngô Thị Thu Thủy, Ngô Văn Long, 2024. Các hàm độ thon thân và thể tích đối với Thông ba lá (*Pinus kaysi* ex Gordon) ở khu vực Đức Trọng, tỉnh Lâm Đồng. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp, 13(5): 89 - 97. DOI:10.55250/jo.vnuf.13.5.2024.089-097.
6. Lee, D., Seo, Y. & Choi, J., 2017. Estimation and validation of stem volume equations for *Pinus densiflora*, *Pinus koraiensis*, and *Larix kaempferi* in South Korea. Forest Science and Technology, 13: 77 - 82. DOI:10.1080/21580103.2017.1315963.
7. Muhairwe, C. K., 1999. Taper equations for *Eucalyptus pilularis* and *Eucalyptus grandis* for the North coast in New South Wales, Australia. Forest Ecology and Management, 113(2): 251 - 269. DOI:10.1016/S0378-1127(98)00431-9.
8. Nguyễn Văn Thêm, 2022. Những hàm thể tích đối với thân cây Tràm (*Melaleuca cajuputi* Powell) ở khu vực Tây Nam Bộ. Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển, 21(2): 9 - 16. DOI:10.52997/jad.2.02.2022.
9. Nguyễn Văn Thêm, Nguyễn Trọng Bình, Nguyễn Tiến Minh, 2022. Phát triển những hàm độ thon thân cây keo lai trồng thuần loài ở Việt Nam. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp: 22 - 31. DOI:10.55250/jo.vnuf.2022.2.022-031.
10. Nguyễn Văn Thêm, Nguyễn Trọng Bình & Nguyễn Tiến Minh, 2024. Xây dựng hàm thể tích các phân đoạn trên thân cây keo lai (*Acacia hybrid*) ở Việt Nam. Tạp chí KH&CN Lâm nghiệp, 13: 067-075. DOI:10.55250/Jo.vnuf.13.3.2024.067-075.
11. Nguyễn Văn Thêm, Phạm Minh Toại, 2024. Sinh thái rừng. NXB. Nông Nghiệp, Hà Nội.
12. Vũ Tiến Hình, 2012. Phương pháp lập biểu thể tích cây đứng rừng tự nhiên ở Việt Nam. NXB Hà Nội.
13. Zeide, B., 1993. Analysis of Growth Equations. Forest Science, 39: 594 - 616.
14. Zeng, J., Tang, C., Wang, C., Pang, S., Zhao, Z., Guo, J. & Lei, Y., 2017. Stem taper equations for *Betula alnoides* in South China. Journal of Tropical Forest Science, 29(1): 80 - 92.

Email tác giả liên hệ: ttngoan@vnuf2.edu.vn

Ngày nhận bài: 06/08/2025

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 09/08/2025; 07/09/2025

Ngày duyệt đăng: 12/09/2025