

PHÁT TRIỂN NHỮNG HÀM ĐỘ THON THÂN CÂY KEO LAI TRỒNG THUẦN LOÀI Ở VIỆT NAM

Nguyễn Văn Thêm¹, Nguyễn Trọng Bình², Nguyễn Trọng Minh²

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

²Trường Đại học Lâm nghiệp

<https://doi.org/10.55250/jo.vnuf.2022.2.022-031>

TÓM TẮT

Bài báo này giới thiệu những hàm độ thon thân và sản lượng gỗ thu hoạch để thống kê thể tích thân cả vỏ và không vỏ và trữ lượng gỗ sản phẩm đối với rừng trồng thuần loài Keo lai ở Việt Nam. Các hàm độ thon thân và hàm sản lượng gỗ được xây dựng từ 168 cây mẫu từ cấp đường kính 4 ÷ 24 cm. Hàm độ thon thích hợp được kiểm định từ 10 hàm dự tuyển khác nhau; trong đó 5 hàm do nhóm tác giả đề xuất trong nghiên cứu này năm 2022. Khả năng ứng dụng của các hàm độ thon được kiểm định từ 5 cây mẫu ở cấp đường kính từ 8 ÷ 16 cm. Kết quả nghiên cứu cho thấy 10 hàm này mô tả tốt độ thon thân cây Keo lai ở mức ý nghĩa $P < 0,01$; trong đó hàm Them-Bình 2022d là hàm thích hợp nhất. Các hàm độ thon thân cây, các hàm thể tích thân cây đứng cả vỏ và không vỏ, các hàm thể tích gỗ sản phẩm cả vỏ và không vỏ đều nhận sai số nhỏ hơn 10,0%.

Từ khoá: độ thon thân cả vỏ, độ thon thân không vỏ, hàm độ thon thân cả vỏ, hàm độ thon thân không vỏ, rừng Keo lai.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đường kính thân cây gỗ giảm dần từ gốc đến ngọn. Đường cong biểu diễn sự suy giảm đường kính thân cây gỗ từ gốc đến ngọn được gọi là độ thon thân cây gỗ hay hình dạng thân cây gỗ. Độ thon thân cây gỗ không chỉ thay đổi theo loài cây, chiều cao và tuổi, mà còn theo điều kiện lập địa và phương thức lâm sinh... Xây dựng các hàm và biểu sản lượng gỗ ở mức cây cá thể và quần thụ là mối quan tâm của lâm học, điều tra và quản lý rừng, phân tích hiệu quả kinh doanh rừng. Trong lâm học, hàm độ thon và hàm thể tích thân cây gỗ được sử dụng để xác định ảnh hưởng của lập địa và đặc tính quần thụ đến cây gỗ và quần thụ (Nguyễn Văn Thêm, 2002). Trong điều tra rừng, độ thon thân cây được sử dụng để ước lượng không chỉ thể tích các phân đoạn gỗ với chiều dài bất kỳ, mà còn cả thể tích thân cây đứng, thể tích gỗ sản phẩm và sinh khối thân. Trữ lượng rừng giúp cho nhà quản lý xây dựng chiến lược quản lý rừng. Nhà kinh tế sử dụng các hàm sản lượng để phân tích hiệu quả kinh doanh rừng. Độ thon thân cây có thể được mô tả bằng một hàm với những biến dự đoán khác nhau. Nhiều tác giả (Muhairwe, 1999; Kozak, 2004; Sharma và Zhang, 2004; Sharma và Parton, 2009 (dẫn theo Tang và cộng sự, 2017); Westfall và Scott, 2010; Fonweban và cộng sự, 2011; Lee và cộng sự, 2017; Tang và cộng sự, 2017) đã xây dựng các hàm độ thon với nhiều

biến dự đoán khác nhau; trong đó ba biến dự đoán thường được sử dụng là đường kính thân ngang ngực (D, cm), chiều cao toàn thân (H, m), tỷ lệ giữa chiều cao ở vị trí khác nhau trên thân (h, m) và H (m). Hàm độ thon thân cây gỗ có thể ở dạng hàm tuyến tính và hàm phi tuyến tính. Ở Việt Nam, một số tác giả (Vũ Tiến Hinh, 2012; Nguyễn Trọng Bình, 1995, 2005; Nguyễn Văn Thêm và Lê Hồng Việt, 2021) đã xây dựng các hàm thể tích và hàm độ thon đối với những loài cây gỗ khác nhau. Rừng Keo lai (*Acacia hybrid*) phân bố khắp cả nước. Kiểu rừng này 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 kiểu rừng này đòi hỏi phải có các biểu thể tích và biểu gỗ sản phẩm. Thế nhưng, hiện nay vẫn còn thiếu các hàm độ thon và hàm thể tích đối với rừng Keo lai trồng thuần loài ở Việt Nam. Hạn chế này gây ra những khó khăn cho điều tra rừng và quản lý rừng. Về lý thuyết, các hàm độ thon và hàm thể tích thân cây Keo lai trồng thuần loài không chỉ được xây dựng từ những hàm dự tuyển sẵn có, mà còn phát triển thêm những hàm mới. Mặt khác, độ chính xác của các hàm 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 phát triển những hàm độ thon và hàm sản lượng để thống kê thể tích

thân cả vỏ, thể tích thân không vỏ và trữ lượng gỗ sản phẩm đối với rừng Keo lai trồng thuần loài ở Việt Nam.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là rừng trồng Keo lai trồng thuần loài ở Việt Nam từ 3 – 10 tuổi. Mật độ trồng ban đầu từ 1.100 cây/ha đến 2.200 cây/ha. Số liệu về độ thon thân cây Keo lai trồng thuần loài ở Việt Nam được thu thập tại các địa phương: Kê Gỗ (Hà Tĩnh), Đại Lải (Vĩnh Phúc), Vân Hán và Phú Lương (Thái Nguyên), Hàm Yên (Tuyên Quang), Cẩm Lĩnh (Hà Nội), Xuân Lộc và Vĩnh Cửu (Đồng Nai), Bến Cát và Phú Giáo (Bình Dương). Thời gian nghiên cứu từ 2018 – 2020. Các khu vực này chủ yếu là rừng trồng phục vụ cho mục đích nghiên cứu loài Keo lai.

2.2. Phương pháp thu thập số liệu

Độ thon thân cây đứng cả vỏ (D_{hcv} , m^3) và độ thon thân cây đứng không vỏ (D_{hov} , m^3) của cây Keo lai được xác định từ 173 cây mẫu từ 3 – 10 tuổi. Đường kính (D , cm) và chiều cao (H , m) của các cây mẫu dao động tương ứng từ 4,0 đến 24,0 cm và 6,0 đến 27,0 m (Bảng 1). Những cây mẫu được chặt hạ cách mặt đất 30 cm. Các 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 (D_{cv} , cm) và đường kính thân không vỏ (D_{ov} , cm) 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 Panme với độ chính xác 1 mm. Đoạn ngọn được đo chiều dài (L_n , cm) và đường kính đáy (D_n , cm). Thể tích gỗ sản phẩm được xác định từ gốc đến $D_{cv} \geq 3$ cm.

2.3. Phương pháp xử lý số liệu

Từ 173 cây mẫu, sử dụng 168 cây để xây dựng các hàm D_{hcv} và D_{hov} , còn lại 5 cây ở cấp $D = 8 - 16$ cm được sử dụng để kiểm tra khả năng ứng dụng của các hàm độ thon. Các hàm độ thon thân cây Keo lai trồng thuần loài ở Việt Nam được kiểm định từ 10 hàm dự tuyển (Bảng 2); trong đó 5 hàm 6 - 10 do Nguyễn Văn Thêm và Nguyễn Trọng Bình đề xuất. Ở hàm 1 - 10, 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; $Y = (h/H)$; $X_I = (1 - Y^{1/4})/(1 - 0,01^{1/4})$; $X_k = Q/(1 - p^{1/3})$ với $p = (1,3/H)$; $Q = 1 - Y^{1/3}$; $X_L = (H - h)/(H - 1,3)$; $Z = (h/1,3)$.

Bảng 1. Đặc trưng thống kê của những cây mẫu

A (năm)	Số cây	Đường kính ngang ngực				Chiều cao toàn thân			
		D (cm)	Min	Max	±S	H (m)	Min	Max	±S
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
3	5	6,3	4,0	8,8	0,74	8,7	6	10	1,7
4	29	7,8	7,0	8,4	0,45	10,5	9	12	1,0
5	23	9,1	8,4	9,7	0,41	12,0	11	14	0,9
6	20	10,2	9,8	10,9	0,31	13,5	11	16	1,4
7	25	11,4	11,0	11,7	0,22	15,2	12	17	1,6
8	15	12,3	12,0	12,8	0,24	16,2	12	18	1,5
9	29	13,6	12,8	14,4	0,47	17,4	15	21	1,2
10	22	17,3	14,7	24,0	1,38	20,8	14	27	3,2
Tổng số	168								

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

TT	Các hàm độ thon dự tuyển	Tác giả	Công thức
1	$Dh = a_1 D_2^a X_J^{(a_3 + a_4/\exp(Z) + a_5 D^X J + a_6 X J^Z)}$	Kozak (2001)	(1)
2	$Dh = a_1 D_2^a H^a X_K^{(a_4 Y^4 + a_5/\exp(D/H) + a_6 X J^{0,1} + a_7/D + a_8 H^Q + a_9 Xk)}$	Kozak (2002)	(2)
3	$Dh = a_1 D^a (1 - Y)^{(a_3 Y^2 + a_4 Y + a_5)}$	Lee (2003)	(3)
4	$Dh^2 = a_1 D^2 X_L Z^{(2 - (a_2 + a_3 Y + a_4 Y^2))}$	Sharma-Zhang (2004)	(4)
5	$(Dh/D) = a_1 * U * Z^{(a_2 + a_3 * Y + a_4 * Y^2)}$	Sharma-Parton (2009)	(5)
6	$Dh = a_1 (D^2 * H)^{a_2} (a_3 - \sqrt{Y})^{(a_4 Y + a_5 Y^2 + a_6 Y^3 + a_7 (D/H))}$	Them-Binh (2022a)	(6)
7	$Dh = a_1 (D^2 * H)^{a_2} (a_3 - \sqrt{Y})^{(a_4 Y^2 + a_5 Y^3 + a_6 Y^4 + a_7 (D/H))}$	Them-Binh (2022b)	(7)
8	$Dh = a_1 (D^3 * H)^{a_2} (a_3 - \sqrt{Y})^{(a_4 Y + a_5 Y^2 + a_6 Y^3 + a_7 (D/H))}$	Them-Binh (2022c)	(8)
9	$Dh = a_1 (D^3 * H)^{a_2} (a_3 - \sqrt{Y})^{(a_4 Y^2 + a_5 Y^3 + a_6 Y^4 + a_7 (D/H))}$	Them-Binh (2022d)	(9)
10	$Dh = a_1 (D^4 * H)^{a_2} (a_3 - \sqrt{Y})^{(a_4 Y^2 + a_5 Y^3 + a_6 Y^4 + a_7 (D/H))}$	Them-Binh (2022e)	(10)

Các hệ số hồi quy và những thống kê sai lệch của 10 hàm dự tuyển được xác định bằng phương pháp phân tích hồi quy và tương quan phi tuyến tính của Marquartz. Mức độ quan hệ giữa Dh_{CV} và Dh_{OV} với các biến dự đoán được đánh giá theo hệ số xác định (R^2 ; Công thức 11). Sai lệch của các hàm độ thon so với độ thon thực tế của cây Keo lai trồng thuần loài ở Việt Nam được đánh giá theo 4 tiêu chuẩn: (1) Tổng sai lệch bình phương (SSR; Công thức 12); (2) Sai số chuẩn của ước lượng (SEE; Công thức 13); (3) Sai số tuyệt đối trung bình (MAE; Công thức 14a) và sai số tuyệt đối trung bình theo phần trăm (MAPE; Công thức 14b); (4) Sai số trung bình (ME; Công thức 15a) và sai số trung bình theo phần trăm (MPE; Công thức 15b). Mức độ phù hợp của các hàm so với độ thon thực tế của cây Keo lai

được đánh giá theo tiêu chuẩn thông tin Akaike (Công thức 16). Ở công thức (11) – (16), Dh_i và Dh_j tương ứng là độ thon thực tế và độ thon ước lượng; Dh_{Bq} là độ thon trung bình thực tế; n = dung lượng quan sát; 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 Keo lai trồng thuần loài ở Việt Nam với sai lệch nhỏ nhất. Theo mục đích này, trước hết so sánh hệ số R^2 và các thống kê sai lệch (SSR, SEE, MAE, MAPE, AIC) của 10 hàm dự tuyển. Sau đó chọn hàm độ thon thích hợp theo 2 tiêu chuẩn SEE_{Min} và SSR_{Min} ; trong đó tiêu chuẩn ưu tiên là SSR_{Min} . Khả năng ứng dụng của các hàm độ thon thân cây Keo lai trồng thuần loài ở Việt Nam được đánh giá theo tiêu chuẩn ME, MPE và MAPE.

$$R^2 = [1 - \frac{\sum_1^n (Dh_i - Dh_j)^2}{\sum_1^n (Dh_i - Dh_{Bq})^2}] 100 \tag{11}$$

$$SSR = \sum_1^n (Dh_i - Dh_j)^2 \tag{12}$$

$$SEE = \sqrt{\frac{SSR}{n-p}} \tag{13}$$

$$MAE = \left| \frac{(Dh_i - Dh_j)}{n} \right| \tag{14a}$$

$$MAPE = \frac{MAE}{Dh_i} 100 \tag{14b}$$

$$ME = (Dh_i - Dh_j) \tag{15a}$$

$$MPE = \frac{(Dh_i - Dh_j)}{Dh_i} 100 \tag{15b}$$

$$AIC = n \ln\left(\frac{SSR}{n}\right) + 2p \tag{16}$$

Sau khi xác định được hai hàm Dh_{CV} và Dh_{OV} thích hợp, sử dụng hai hàm này để ước lượng thể tích của các phân đoạn trên thân cây Keo lai trồng thuần loài ở Việt Nam. 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}). Thể tích của

mỗi phân đoạn trên thân cây Keo lai được xác định theo công thức hình viên trụ; trong đó đường kính được xác định theo công thức kép tiết diện bình quân. Thể tích đoạn ngọn được xác định theo thể tích hình nón. Hai đại lượng V_{CV} và V_{OV} là tổng thể tích của các phân đoạn cộng với thể tích đoạn ngọn (V_N, m^3). Hai đại lượng V_{SPCV} và V_{SPOV} là tổng

thể tích thân từ gốc đến $D_h \leq 3,0$ cm. Hiệu số giữa D_{hCV} và D_{hov} là đường kính vỏ (K_v , cm). Hiệu số giữa V_{CV} và V_{OV} là thể tích vỏ (V_{Vo} , m^3). Tỷ lệ giữa V_{CV} và thể tích hình viên trụ có đường kính tại vị trí ngang ngực là hình số thân cây cả vỏ (F_{CV}). Hàm ước lượng H , V_i ($V_i = V_{CV}, V_{OV}, V_{SPCV}, V_{SPOV}$), K_v và F_{CV} được ước lượng tương ứng theo hàm 17 ÷ 20; trong đó $Y = (h/H)$, $D =$ đường

kính ngang ngực, còn m, a_i, b, c và k là các tham số của hàm ước lượng. Các bước phân tích hồi quy và tương quan được thực hiện bằng phần mềm thống kê STATGRAPHICS Centurion XV.I 15.1.02, IBM SPSS Statistics 22. Kỹ thuật xử lý số liệu được thực hiện theo hướng dẫn phân tích hồi quy của Nguyễn Trọng Bình và Nguyễn Văn Thêm (2015).

$$H = m \cdot \exp(-b \cdot D^{-c}) \tag{17}$$

$$V = a + b \cdot (D^2 \cdot H) + c \cdot (D^k \cdot H^j) \tag{18}$$

$$K_v = a_1(D^3 \cdot H)^{a_2} (a_3 - \sqrt{Y})^{a_4} Y^{a_5} + a_6 Y^{a_7} + a_7 (D/H) \tag{19}$$

$$F_{CV} = m \cdot \exp(-b \cdot D) + k \tag{20}$$

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Hàm độ thon thân cây Keo lai trồng thuần loài ở Việt Nam

Hệ số xác định (R^2), những thống kê sai lệch (SSR, SEE, MAPE) và tiêu chuẩn thông tin AIC của 10 hàm ước lượng độ thon thân cây Keo lai được dẫn ra ở Bảng 3 và 4. Các hàm D_{hCV} (Bảng 3) đều tồn tại ở mức ý nghĩa rất cao ($P < 0,01$). Hệ số R^2 nhận giá trị cao nhất ở hàm Them-Binh 2022d (96,64%), thấp nhất ở hàm Kozak 2001 (95,39%). Sai số SEE nhận giá trị nhỏ nhất ở hàm Them-Binh 2022d (0,718), cao nhất ở hàm Kozak 2001 (0,840). Sai số MAPE của 10 hàm này nhận giá trị rất nhỏ; trong đó nhỏ nhất ở hàm Them-Binh 2022d (7,92%), cao nhất ở hàm Kozak 2001 (9,52%). Hai tiêu chuẩn SSR và AIC nhận giá

trị nhỏ nhất ở hàm Them-Binh 2022d (tương ứng $SSR = 1.168,0$; $AIC = -1,488$), cao nhất ở hàm Kozak 2001 (tương ứng $SSR = 1.594,4$; $AIC = -785$). So sánh với SSR của hàm Them-Binh 2022d (100%), giá trị này ở hàm Kozak (2001), Kozak (2002), Lee (2003), Sharma-Zhang (2004) và Sharma-Parton (2009) lớn hơn tương ứng 36,5%, 8,8%, 17,4%, 7,2% và 20,3%, còn 4 hàm (Them-Binh 2022a,b,c,e) chỉ lớn hơn 0,03% đến 0,15%. Theo phân hạng, 5 hàm Them-Binh (2022a,b,c,d,e) lần lượt xếp hạng 5, 2, 4, 1 và 3, còn 5 hàm của 5 tác giả khác xếp hạng 6 – 10. Theo hai tiêu chuẩn SSR và AIC, hàm Them-Binh (2022d) là hàm thích hợp để xây dựng hàm D_{hCV} của cây Keo lai.

Bảng 3. Hệ số tương quan và sai lệch của các hàm độ thon thân cả vỏ của cây Keo lai trồng thuần loài ở Việt Nam

TT	Hàm độ thon	R^2	SSR	\pm SEE	MAPE	AIC	Hạng
1	Kozak (2001)	95,39	1.594,4	0,840	9,52	-785	10
2	Kozak (2002)	96,33	1.270,3	0,750	8,24	-1.294	7
3	Lee (2003)	96,04	1.371,2	0,779	8,65	-1.128	8
4	Sharma-Zhang (2004)	96,38	1.251,9	0,744	8,38	-1.337	6
5	Sharma-Parton (2009)	95,94	1.405,4	0,788	8,82	-1.074	9
6	Them-Binh (2022a)	96,62	1.169,8	0,720	7,94	-1.482	5
7	Them-Binh (2022b)	96,62	1.168,4	0,719	7,93	-1.485	3
8	Them-Binh (2022c)	96,63	1.168,2	0,719	7,93	-1.486	2
9	Them-Binh (2022d)	96,64	1.168,0	0,718	7,92	-1.488	1
10	Them-Binh (2022e)	96,62	1.169,7	0,720	7,92	-1.484	4

Bảng 4. Hệ số tương quan và sai lệch của các hàm độ thon thân không vỏ của cây Keo lai trồng thuần loài ở Việt Nam

TT	Hàm độ thon	R ²	SSR	±SEE	MAPE	AIC	Hạng
1	Kozak (2001)	94,88	1.653,2	0,855	11,32	-703	10
2	Kozak (2002)	95,89	1.329,1	0,767	9,63	-1.191	7
3	Lee (2003)	95,59	1.424,3	0,794	9,95	-1.042	8
4	Sharma-Zhang (2004)	95,90	1.325,7	0,766	9,97	-1.207	6
5	Sharma-Parton (2009)	95,53	1.442,5	0,799	10,02	-1.016	9
6	Them-Binh (2022a)	96,07	1269,5	0,750	9,43	-1298,9	5
7	Them-Binh (2022b)	96,08	1266,2	0,749	9,42	-1304,9	2
8	Them-Binh (2022c)	96,08	1267,4	0,749	9,42	-1302,6	4
9	Them-Binh (2022d)	96,09	1265,1	0,748	9,41	-1306,7	1
10	Them-Binh (2022e)	96,08	1266,3	0,749	9,41	-1304,8	3

Các hàm Dh_{OV} của cây Keo lai (Bảng 4) cũng tồn tại ở mức ý nghĩa rất cao (P < 0,01). Hệ số R² nhận giá trị cao nhất ở hàm Them-Binh 2022d (96,09%), thấp nhất ở hàm Kozak 2001 (94,88%). Sai số SEE nhận giá trị nhỏ nhất ở hàm Them 2022d (0,748), cao nhất ở hàm Kozak 2001(0,855). Sai số MAPE của 10 hàm này nhận giá trị rất nhỏ; trong đó nhỏ nhất ở hàm Them-Binh 2022d (9,41%), cao nhất ở hàm Kozak 2001 (11,32%). Hai tiêu chuẩn SSR và AIC nhận giá trị nhỏ nhất ở hàm Them-Binh 2022d (tương ứng SSR = 1.265,1; AIC = -1.306,7), cao nhất ở hàm Kozak 2001 (tương ứng SSR = 1.653,2; AIC = -703). So sánh với SSR của hàm Them-Binh 2022d

(100%), giá trị này ở hàm Kozak (2001), Kozak (2002), Lee (2003), Sharma-Zhang (2004) và Sharma-Parton (2009) lớn hơn tương ứng 30,7%, 5,1%, 12,6%, 4,8% và 14,0%, còn 4 hàm của Them-Binh (2022a,b,c,e) chỉ lớn hơn 0,09% đến 0,35%. Theo phân hạng, 5 hàm Them-Binh (2022a,b,c,d,e) lần lượt xếp hạng 5, 2, 4, 1 và 3, còn 5 hàm của 5 tác giả khác xếp hạng 6 – 10. Theo hai tiêu chuẩn SSR và AIC, hàm Them-Binh (2022d) là hàm thích hợp để xây dựng hàm Dh_{OV} của cây Keo lai.

Những phân tích hồi quy cho thấy hàm Dh_{CV} và Dh_{OV} đối với cây Keo lai theo hàm Them-Binh (2022d) tương ứng có dạng như hàm 21 và 22.

$$Dh_{CV} = 0,827686(D^3H)^{0,229121}J \tag{21}$$

$$J = (1,68004 - \sqrt{Y})(3,46226*Y^2 - 1,93951*Y^3 + 1,72821*Y^4 + 1,29828*(D/H))$$

$$R^2 = 96,64\%; SEE = \pm 0,718; MAPE = 7,92\%; ME = 0,005; MPE = -1,2\%.$$

$$Dh_{OV} = 0,758796(D^3H)^{0,230701}K$$

$$K = (1,67955 - \sqrt{Y})(4,94407*Y^2 - 5,83161*Y^3 + 4,79294*Y^4 + 1,32711*(D/H)) \tag{22}$$

$$R^2 = 96,09\%; SEE = \pm 0,748; MAPE = 9,41\%; ME = 0,007; MPE = -1,6\%.$$

3.2. Kiểm định khả năng ứng dụng đối với hàm độ thon thân cây Keo lai trồng thuần loài ở Việt Nam

Giá trị Dh_{CV} của 5 cây kiểm tra được ước

lượng từ hàm 21 nhận sai số hệ thống (ME, MPE) dương và âm. Giá trị Dh_{OV} của 5 cây kiểm tra được ước lượng từ hàm 22 nhận sai số hệ thống âm (Bảng 5).

Bảng 5. Kiểm định sai lệch của các hàm độ thon thân cây Keo lai trồng thuần loài ở Việt Nam

TT cây	D _{CV} (cm)	Sai lệch đối với Dh _{CV}		Sai lệch đối với Dh _{OV}	
		ME	MPE	ME	MPE
1	8,2	-0,162	-5,3	-0,226	-8,5
2	10,4	-0,413	-8,2	-0,509	-11,6
3	12,5	-0,041	1,7	-0,194	-0,4
4	14,3	0,140	2,2	-0,073	-1,2
5	16,4	-0,497	-10,3	-0,709	-15,7
Trung bình		-0,195	-4,0	-0,342	-7,5

So với 5 cây kiểm tra, sai số (MPE) ước lượng Dh_{CV} từ hàm 21 dao động từ -10,3% đến 2,2%; trung bình -4,0%. Tương tự, sai số ước lượng Dh_{OV} từ hàm 22 nhận sai lệch từ -15,7% đến -0,4%; trung bình -7,5%. Nói chung, so với độ thon của 5 cây kiểm tra, sai lệch tuyệt đối trung bình (MAPE) của hàm 21 và 22 tương ứng là 5,5% và 7,5%. Theo số liệu ở Bảng 3 và Bảng 4, giá trị MAPE đối với Dh_{CV} và Dh_{OV} của 168 cây đều nhỏ hơn 10%. Trong điều tra rừng, yêu cầu đối với sai số thống kê cây gỗ và quần thụ thường không vượt quá ±10%. Vì thế, hai hàm 21 và 22 được sử dụng để ước lượng đường kính thân cả vỏ và đường kính thân không vỏ ở những vị trí khác nhau trên thân cây Keo lai.

3.3. Các hàm sản lượng đối với cây Keo lai trồng thuần loài ở Việt Nam

Từ số liệu của 168 cây mẫu và hai hàm Dh_{CV} và Dh_{OV} (Hàm 21 và 22), xác định được các hàm ước lượng H, K_V, F_{CV}, V_{CV}, V_{OV}, V_{SPCV} và V_{SPOV} (Hàm 23 - 29). Các hàm này đều tồn tại ở mức ý nghĩa rất cao (P < 0,01). Hàm ước lượng H = f(D) nhận sai lệch (MAPE = 7,2%) khá lớn là do các cây mẫu có biến động lớn về kích thước. Các hàm K_V, F_{CV}, V_{CV}, V_{OV}, V_{SPCV} và V_{SPOV} nhận sai lệch rất nhỏ (MAPE < 5,0%) là vì chúng đều được ước lượng từ hàm Dh_{CV} và Dh_{OV}. Vì thế, các hàm này được sử dụng để ước lượng các thành phần sản lượng ở mức cây cá thể của rừng Keo lai.

$$H = 278,132 \cdot \exp(-6,01092 \cdot D^{-0,296482}) \tag{23}$$

r = 85,7%; SEE = ±1,4; MAE = 1,1; MAPE = 7,2%.

$$K_V = 0,0704767(D^3H)^{0,20806J} \tag{24}$$

$$J = (1,6337 - \sqrt{Y})^{(-9,91117 \cdot Y^2 + 22,633 \cdot Y^3 - 13,3261 \cdot Y^4 + 0,90634 \cdot (D/H))}$$

R² = 99,64%; SEE = ±0,009; MAPE = 1,23%; ME = -0,0001; MPE = -0,10%.

$$F_{CV} = 0,260523 \cdot \exp(-0,0842648 \cdot D) + 0,399867 \tag{25}$$

r = 99,9%; SEE = ±0,00086; MAE = 0,00066; MAPE = 0,13%.

$$V_{CV} = 0,000974 + 0,000023 \cdot (D^2 \cdot H) + 0,000023 \cdot (D^{0,80518} \cdot H^{1,9319}) \tag{26}$$

R² = 99,9%; SEE = ±0,00047; MAE = 0,00027; MAPE = 0,40%.

$$V_{OV} = 0,000648 + 0,0000219 \cdot (D^2 \cdot H) + 0,000019 \cdot (D^{0,789658} \cdot H^{1,90741}) \tag{27}$$

R² = 99,9%; SEE = ±0,00038; MAE = 0,00021; MAPE = 0,35%.

$$V_{SPCV} = 0,0000753 + 0,000023 \cdot (D^2 \cdot H) + 0,000027 \cdot (D^{0,770629} \cdot H^{1,90255}) \tag{28}$$

R² = 99,9%; SEE = ±0,00049; MAE = 0,00025; MAPE = 0,22%.

$$V_{SPOV} = 0,000177 + 0,000022 \cdot (D^2 \cdot H) + 0,000019 \cdot (D^{0,80540} \cdot H^{1,91824}) \tag{29}$$

R² = 99,9%; SEE = ±0,00045; MAE = 0,00028; MAPE = 0,30%.

3.4. Áp dụng kết quả nghiên cứu

3.4.1. Ước lượng độ thon thân cây Keo lai

Hai thành phần Dh_{CV} và Dh_{OV} của cây Keo lai được ước lượng theo hàm 21 và 22. Để xác

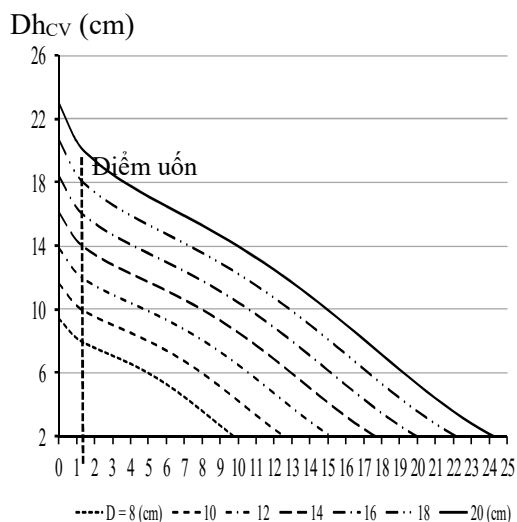
định hai thành phần này, trước hết đo đạc D và H của từng cây trong ô mẫu. Sau đó thay thế D, H và h vào hàm 21 và 22 để nhận được Dh_{CV} và Dh_{OV}. Chiều cao từ gốc đến những vị

trí khác nhau trên thân (h) được xác định tùy theo yêu cầu của sản phẩm. Để đơn giản trong tính toán, hai thành phần D_{hcv} và D_{hov} được ước lượng theo cấp D. Theo đó, trước hết thống kê D và H của rừng Keo lai ở các tuổi khác nhau trên các ô mẫu. Kế đến lập phân bố số cây theo cấp D đối với các tuổi; trong đó cự ly mỗi cấp D = 2 cm. Tiếp đến xác định H trung bình của từng cấp D từ hàm 23. Sau đó xác định D_{hcv} và D_{hov} của từng cấp D bằng cách thay thế cấp D, H trung bình của từng cấp D và H vào hàm 21 và 22. Bảng 6 dẫn tóm tắt D_{hcv} và D_{hov} của cây Keo lai ở cấp D từ 12 – 18 cm. Hình thái độ thon thân cây Keo lai từ cấp D = 8 - 20 cm được biểu diễn ở Hình 1 và 2. Điểm uốn của độ thon thân cây Keo lai xuất

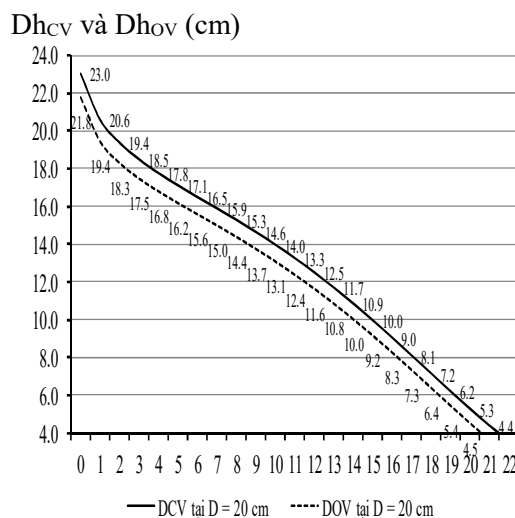
hiện ở độ cao 2,0 m tính từ gốc.

3.4.2. Ước lượng một số thành phần sản lượng đối với rừng Keo lai trồng thuần loài

Bằng cách khảo sát các hàm 23 - 29, xác định được H, K_V , F_{CV} , V_{CV} , V_{OV} , V_{SPCV} và V_{SPOV} (Bảng 7). Từ số liệu ở Bảng 7 cho thấy, F_{CV} của cây Keo lai giảm dần từ cấp D = 8 cm (0,533) đến cấp D = 24 cm (0,434); trung bình 0,474. Tỷ lệ (V_{OV}/V_{CV}) là 87,7%, còn lại 12,3% là thể tích vỏ. So với V_{CV} , hai đại lượng V_{SPCV} và V_{SPOV} tương ứng là 99,4% và 87,3%. Thể tích vỏ của cây Keo lai là hiệu số giữa V_{CV} và V_{OV} . 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 Keo lai.



Hình 1. Đồ thị biểu diễn độ thon cả vỏ ở những vị trí khác nhau trên thân cây Keo lai trồng thuần loài ở Việt Nam



Hình 2. Đồ thị biểu diễn độ thon cả vỏ và không vỏ của cây Keo lai trồng thuần loài ở Việt Nam tại cấp D = 18 cm

Bảng 6. Độ thon thân cả vỏ và độ thon thân không vỏ theo cấp đường kính của cây Keo lai trồng thuần loài ở Việt Nam

h (m)	Độ thon (Dh, cm) theo cấp D (cm)							
	12		14		16		18	
	D_{hcv}	D_{hov}	D_{hcv}	D_{hov}	D_{hcv}	D_{hov}	D_{hcv}	D_{hov}
0	13,9	13,1	16,1	15,2	18,4	17,4	20,7	19,6
4	10,4	9,8	12,2	11,5	14,1	13,3	15,9	15,0
8	8,1	7,5	10,0	9,3	11,8	11,0	13,6	12,7
12	4,7	4,2	6,9	6,3	8,9	8,2	10,7	9,9
16	1,4	1,0	3,3	2,7	5,2	4,6	7,2	6,5
20					2,0	1,4	3,6	2,9

Trữ lượng gỗ cây đứng cả vỏ (M_{CV} , m^3/ha), trữ lượng gỗ cây đứng và không vỏ (M_{OV} , m^3/ha), sản lượng gỗ thu hoạch cả vỏ (M_{SPCV} , m^3/ha) và sản lượng gỗ thu hoạch không vỏ (M_{SPOV} , m^3/ha) ở mức quần thụ được xác định theo hai phương pháp. Phương pháp 1 là xác định bốn thành phần (M_{CV} , M_{OV} , M_{SPCV} và M_{SPOV}) từ các cây trên ô mẫu. Theo phương pháp này, bốn thành phần kể trên được xác

định theo 3 bước:

Bước 1 là thống kê D của các cây trên ô mẫu ở những tuổi khác nhau, còn H được ước lượng theo hàm 23;

Bước 2 là xác định V_{CVi} , V_{OVi} , V_{SPCVi} và V_{SPOVi} cho từng cây trên ô mẫu tương ứng theo hàm 26 – 29;

Bước 3 là cộng dồn bốn thành phần này của các cây trong các ô mẫu và quy đổi ra đơn vị 1 ha.

Bảng 7. Biểu ước lượng chiều cao, hình số, thể tích thân cây đứng và thể tích gỗ sản phẩm theo cấp đường kính và chiều của cây keo lai trồng thuần loài ở Việt Nam

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)
8	10,8	0,533	0,02913	0,02529	0,02880	0,02480	85,1
10	13,3	0,512	0,05350	0,04662	0,05329	0,04618	86,3
12	15,7	0,495	0,08729	0,07627	0,08710	0,07591	87,0
14	17,8	0,480	0,13130	0,11496	0,13096	0,11471	87,4
16	19,8	0,468	0,18619	0,16333	0,18551	0,16320	87,7
18	21,7	0,457	0,25253	0,22192	0,25131	0,22193	87,9
20	23,5	0,448	0,33082	0,29121	0,32883	0,29138	88,1
22	25,1	0,441	0,42153	0,37167	0,41854	0,37199	88,2
24	26,7	0,434	0,52507	0,46368	0,52083	0,46414	88,4
Trung bình		0,474					87,3

Phương pháp 2 là xác định bốn thành phần (M_{CV} , M_{OV} , M_{SPCV} và M_{SPOV}) từ phân bố số cây (N_i , cây) theo cấp D đối với mỗi tuổi. Phương pháp này giả định phân bố số cây (N_i , cây) theo thể tích (V , m^3) ở các cấp D là phân bố tiệm cận phân bố chuẩn. Theo giả định này, bốn thành phần (M_{CV} , M_{OV} , M_{SPCV} và M_{SPOV}) được xác định theo 5 bước:

Bước 1 là thống kê D của các cây trên ô mẫu ở những tuổi khác nhau, còn H được ước lượng theo hàm 23;

Bước 2 là tập hợp số cây trên các ô mẫu và xây dựng bảng phân bố số cây (N_i , cây) theo các cấp D (cm) ở mỗi tuổi hoặc cấp tuổi và quy đổi ra đơn vị 1 ha;

Bước 3 là xác định giá trị trung bình của V_{CVi} , V_{OVi} , V_{SPCVi} và V_{SPOVi} theo các cấp D tương ứng theo hàm 26 – 29;

Bước 4 là xác định M_{CVi} , M_{OVi} , M_{SPCVi} và M_{SPOVi} ở mỗi cấp D 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 là 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 cấp D .

3.5. Thảo luận

Trong nghiên cứu này, độ thon thân cây Keo lai trồng thuần loài ở Việt Nam được kiểm định từ 10 hàm dự tuyến. Các hàm này có số biến dự đoán từ 4 (Sharma – Zhang, 2004) đến 9 (Kozak, 2002). Hàm ước lượng D_{hcv} và D_{hov} từ 10 hàm này đều tồn tại ở mức ý nghĩa rất cao ($P < 0,01$). Vì thế, 10 hàm này có thể được sử dụng để xây dựng hàm độ thon thân cây Keo lai trồng thuần loài ở Việt Nam. Tuy vậy, so với 5 hàm khác, 5 hàm do Nguyễn Văn

Thêm và Nguyễn Trọng Bình đề xuất xếp hạng từ 1 (Them-Binh, 2022a) đến 5 (Them-Binh, 2022e). So với hàm Them-Binh 2022d, 4 hàm Them-Binh 2022(a,b,c,e) chỉ nhận sai lệch (SSR) nhỏ hơn 1,5%. Vì thế, 5 hàm này có thể được sử dụng để xây dựng hàm độ thon thân cây Keo lai trồng thuần loài ở Việt Nam. Hàm Kozak (2001, 2002) là hai hàm phù hợp với độ thon của nhiều loài cây gỗ ở rừng nước Anh. Nghiên cứu của Lee và cộng sự (2017) cho thấy hàm Muhairwe (1999) mô tả tốt độ thon thân cây Thông đỏ hàn quốc (*Pinus densiflora*) và Thông trắng hàn quốc (*Pinus koraiensis*). Bằng cách kiểm định 28 hàm dự tuyển, Tang và cộng sự (2017) nhận thấy hàm Muhairwe (1999) phù hợp với độ thon thân cây Cáng lò trung quốc (*Betula alnoides*). Nói chung, các hàm độ thon thân cây gỗ có thể được xây dựng theo nhiều dạng khác nhau. Hàm độ thon thích hợp không chỉ phụ thuộc vào loài cây gỗ, mà còn phụ thuộc vào các hàm dự tuyển và các tiêu chuẩn kiểm định mức độ phù hợp của các hàm thống kê.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này xây dựng các hàm độ thon thân cây Keo lai trồng thuần loài ở Việt Nam dựa theo 10 hàm dự tuyển. Các hàm này đều mô tả tốt độ thon thân cây Keo lai ở mức ý nghĩa $P < 0,01$. Những hàm độ thon do Nguyễn Văn Thêm và Nguyễn Trọng Bình đề xuất trong nghiên cứu này là những hàm thích hợp để mô tả độ thon thân cây Keo lai trồng thuần loài ở Việt Nam. Những hàm độ thon này nhận sai số nhỏ hơn 10%. Nghiên cứu này cũng xây dựng hàm sản lượng gỗ cây đứng và hàm sản lượng gỗ thu hoạch ở mức cây cá thể của rừng Keo lai. Các hàm này đều mô tả tốt sản lượng gỗ cây đứng và sản lượng gỗ thu hoạch ở mức ý nghĩa $P < 0,01$. Trong thực tế, sử dụng các hàm độ thon, hàm sản lượng gỗ cây đứng và hàm sản lượng gỗ thu hoạch để xác định thể tích gỗ cây đứng và thể tích gỗ sản phẩm ở mức cây cá thể của rừng trồng Keo lai trồng thuần loài ở Việt Nam là hợp lý.

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 WK., Seo JH., Son YM., Lee KH., Von GK., 2003. Modeling stem profiles for *Pinus densiflora* in Korea. *For Ecol Manag* 172: 69-77.
4. Lee D., Yeongwan., Junghe 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.
5. 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.
6. Nguyễn Trọng Bình, 1995. Nghiên cứu mô hình sinh trưởng của ba loài cây Thông nhựa (*Pinus merkusii*), Thông mã vĩ (*Pinus massoniana*) và mỡ (*Manggletia glauca*) trồng ở Việt Nam. *Tạp chí Sinh học*. Tập 17, số 4, trang 3-5, 13.
7. Nguyễn Trọng Bình, 2005. *Lập biểu sinh trưởng và sản lượng tạm thời rừng Keo lai trồng thuần loài*. *Tạp chí Nông nghiệp và PTNT*. Số 13, trang 91-95.
8. Nguyễn Trọng Bình và Nguyễn Văn Thêm, 2015. *Ứng dụng SPSS để xử lý thông tin trong Lâm nghiệp*. Nxb. Nông nghiệp, Hà Nội, 292 trang.
9. Nguyễn Văn Thêm, 2002. *Sinh thái rừng*. Nxb. Nông nghiệp, Hà Nội, 250 trang.
10. Nguyễn Văn Thêm và Lê Hồng Việt, 2021. Những hàm độ thon đối với thân cây Tràm (*Melaleuca cajuputi* Powell) ở khu vực Tây Nam Bộ. *Tạp chí Rừng và Môi trường*, Số 109, trang 82-86.
11. 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.
12. 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.
13. Vũ Tiến Hinh, 2012. *Phương pháp lập biểu thể tích cây đứng rừng tự nhiên ở Việt Nam*. Nxb. Nông nghiệp, Hà Nội, 196 trang.
14. Westfall JA., and Scott CT., 2010. Taper models for commercial tree species in the Northeastern United States. *Forest Science* 56 (6).

DEVELOPING STEM TAPER FUNCTIONS FOR *Acacia hybrid* IN MONO-PLANTATIONS IN VIETNAM

Nguyen Van Them¹, Nguyen Trong Binh², Nguyen Trong Minh²

¹Forestry Science and Technology Association of Ho Chi Minh City

²Vietnam National University of Forestry

SUMMARY

This paper introduces the taper functions and harvested wood yield for statistics on insidebark and outsidebark timber volume and commercial timber stock for pure *Acacia hybrid* plantations in Vietnam. The stem taper functions and wood yield functions for pure *Acacia hybrid* were constructed from 168 sample trees from the diameter classes 4 ÷ 24 cm. The appropriate insidebark and outsidebark stem taper functions were tested from 10 different candidate functions; in which 5 functions are proposed by Nguyen Van Them and Nguyen Trong Binh (2022) in this study. The applicability of the insidebark and outsidebark stem taper functions was tested from 5 sample trees at the diameter classes from 8 ÷ 16 cm. Research results show that these 10 functions describe well the stem taper of *Acacia hybrid* at the significance level of $P < 0.01$; where Them-Binh 2022d is the most appropriate function. The stem taper functions, insidebark and outsidebark volume functions, and the insidebark and outsidebark commercial timber volume functions all received errors of less than 10.0%.

Keywords: *Acacia hybrid* forest, insidebark stem taper, insidebark stem taper functions, outsidebark stem taper, outsidebark stem taper functions.

Ngày nhận bài : 09/02/2022

Ngày phản biện : 10/3/2022

Ngày quyết định đăng : 21/3/2022