

HÀM THỂ TÍCH THÂN CÂY BÌNH QUÂN CỦA RỪNG TRỒNG KEO LAI (*Acacia auriculiformis***mangium*) TRÊN BA CẤP ĐẤT TẠI TỈNH ĐỒNG NAI

Nguyễn Văn Thêm¹, Trần Thị Ngoan²

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

²Trường Đại học Lâm nghiệp - Phân hiệu Đồng Nai

TÓM TẮT

Bài báo này giới thiệu những hàm thích hợp để ước lượng thể tích thân cây bình quân của rừng trồng Keo lai từ 2 - 10 tuổi trên ba cấp đất khác nhau tại tỉnh Đồng Nai. Nghiên cứu này nhằm xây dựng những hàm thể tích với những biến dự đoán thích hợp để thống kê và phân tích sinh trưởng của rừng trồng Keo lai. Các hàm thể tích được xây dựng từ 54 cây giải tích trên ba cấp đất khác nhau. Hàm thể tích thích hợp được kiểm định từ 11 hàm khác nhau. Kết quả cho thấy thể tích thân cây bình quân của rừng trồng Keo lai từ 2 - 10 tuổi có thể được ước lượng bằng các hàm: (1) $V = 0,0000472189 \cdot (D^2 \cdot H)^{0,988246}$, (2) $V = 1,63871 \cdot \exp(-8,05432 \cdot A^{-0,597368})$ và (3) $V = \exp(-9,57125 + 1,3933 \cdot \ln(D) + 1,39277 \cdot \ln(H) - 0,292146 \cdot \ln(SI/H))$. Các hàm này cho sai số nhỏ hơn 5%. Hàm số (1) được ứng dụng để thống kê thể tích thân cây Keo lai dựa theo hai biến D và H. Hàm thứ (2) được ứng dụng để phân tích quá trình sinh trưởng của cây bình quân. Hàm thứ (3) được ứng dụng để phân tích biến động thể tích thân cây bình quân của rừng trồng Keo lai theo ba chỉ số lập địa.

Từ khoá: cấp đất, chỉ số lập địa, hàm thể tích thân cây, hồi quy phi tuyến tính, rừng Keo lai.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Thể tích thân cây là một yếu tố quan trọng trong phân tích sinh trưởng và động thái biến đổi của cây gỗ và rừng theo điều kiện môi trường khác nhau (Nguyễn Văn Thêm, 2002). Hàm thể tích thân cây kết hợp với hàm mật độ là cơ sở cho việc xác định trữ lượng gỗ của rừng. Hàm thể tích thân cây kết hợp với tỷ trọng gỗ là cơ sở cho việc xác định sinh khối của cây gỗ và rừng. Thể tích thân cây chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố khác nhau như hình dạng thân cây, khí hậu, địa hình và đất, loài cây, tuổi và hoạt động lâm sinh (Amateis và Burkhardt, 1987; Vũ Tiến Hinh, 2005; Sherrill và cộng sự, 2011; Daesung Lee và cộng sự, 2017). Tùy theo yêu cầu về lý thuyết và điều tra rừng, các hàm thể tích thân cây được xây dựng theo các hàm với một hoặc nhiều biến dự đoán khác nhau. Ở điều kiện môi trường thuần nhất và phạm vi điều tra hẹp, hàm thể tích toàn thân (V , m³) đối với mỗi loài cây gỗ hoặc nhóm loài cây gỗ chỉ bao gồm một yếu tố dự đoán, thường là đường kính thân ngang ngực (D , cm). Ở điều kiện môi trường không thuần nhất và phạm vi điều tra rộng, hàm thể tích toàn thân bao gồm hai yếu tố dự đoán, thường là D và chiều cao toàn thân (H , m). Thể tích thân cây thay đổi theo hình dạng thân. Vì thế, hàm thể tích bao gồm ba yếu tố dự đoán (D , H và yếu tố hình dạng thân (F)). Để phản ánh động thái sinh trưởng của cây gỗ và rừng, các hàm thể tích thân cây được xây dựng với yếu

tố dự đoán là tuổi cây và quần thụ (A , năm). Để phản ánh ảnh hưởng tổng hợp của A , kích thước cây (D , H) và lập địa, các hàm thể tích đối với mỗi loài cây gỗ bao gồm nhiều yếu tố dự đoán khác nhau, thông thường là D , H và chỉ số lập địa (SI). Nói chung, sự đa dạng của các hàm thể tích thân cây là do yêu cầu của lý thuyết và thực hành. Trước đây nhiều nhà lâm học và điều tra rừng ở Việt Nam đã xây dựng những hàm thể tích thân và hàm thể tích gỗ sản phẩm đối với những loài cây gỗ khác nhau (Vũ Nhâm, 1988; Nguyễn Ngọc Lung và Đào Công Khanh, 1999; Vũ Tiến Hinh, 2005, 2012). Võ Đại Hải (2008) đã xây dựng những hàm sinh khối đối với rừng trồng Keo lai (*Acacia auriculiformis***mangium*) ở Việt Nam. Trần Thị Ngoan (2019) đã xây dựng những hàm chỉ số SI , hàm thể tích thân và hàm sinh khối đối với các thành phần (thân, cành, lá) ở mức cây bình quân và quần thụ Keo lai tại tỉnh Đồng Nai. Nói chung, để dễ dàng áp dụng trong thực tế, các nhà lâm nghiệp thường xây dựng các hàm thể tích theo ba biến dự đoán là A , D và H (Amateis và Burkhardt, 1987; Sherrill và cộng sự, 2011; Daesung Lee và cộng sự, 2017). Hiện nay vẫn còn thiếu những hàm thể tích phản ánh ảnh hưởng tổng hợp của A , kích thước thân cây (D , H) và cấp đất hay chỉ số lập địa đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên những cấp đất khác nhau tại Đồng Nai. Mặt khác, độ chính xác của các hàm thể tích không chỉ phụ thuộc vào dạng hàm và số lượng

biến dự đoán, mà còn vào phương pháp xây dựng các hàm. Xuất phát từ những vấn đề đặt ra trên đây, mục tiêu của nghiên cứu này là xây dựng những hàm thể tích thân với những biến dự đoán thích hợp để thống kê và phân tích sinh trưởng của rừng trồng Keo lai.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là rừng trồng Keo lai từ 2 - 10 tuổi trên ba cấp đất khác nhau. Mật độ trồng rừng trồng Keo lai ban đầu là 2.200 cây/ha. Sau khi trồng, rừng Keo lai không được tỉa thưa. Địa điểm nghiên cứu được thực hiện tại tỉnh Đồng Nai; trong đó số liệu thu thập tại 4 khu vực (Vĩnh Cửu, Long Thành, Xuân Lộc và Định Quán). Tọa độ địa lý: 10⁰ 30' 03" - 11⁰ 34' 57" vĩ độ Bắc; 106⁰ 45' 30" - 107⁰ 35' 00" kinh độ Đông. 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 dao động từ 2.000 - 2.800 mm/năm. Nhiệt độ không khí dao động từ 23,9 - 29,0°C. Độ ẩm không khí trung bình là 80%.

2.2. Phương pháp thu thập và xử lý số liệu

Thế tích thân cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên ba cấp đất được xác định từ 81 cây giải tích tại tuổi 10 năm; trong đó mỗi cấp đất 27 cây. Những cây bình quân ở các tuổi (A, năm) trên ba cấp đất là những cây có D tương ứng với cây có tiết diện ngang bình quân. Cấp đất đối với rừng trồng Keo lai được xác định theo biểu cấp đất của Trần Thị Ngoan (2019); trong đó cấp đất I, II và III tương ứng với chỉ số SI tại tuổi 8 là 24, 20 và 16 m. Sau khi chặt hạ, những cây giải tích được đo đạc chiều dài toàn thân bằng thước dây với độ chính xác 0,1 cm. Sau đó phân chia thân cây thành những phân đoạn có chiều dài 100 cm; riêng đoạn ngọn có chiều dài nhỏ hơn 100 cm. Đối với mỗi phân đoạn, đo đạc đường kính hai đầu lớn (D_{Max}) và nhỏ (D_{Min}). Số liệu này được sử dụng để xác định thể tích các phân đoạn trên thân cây bằng công thức kép tiết diện bình quân. Thể tích đoạn ngọn được xác định theo công thức hình nón. Thể tích thân cây là tổng thể tích các phân đoạn và đoạn ngọn. Số liệu cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên ba cấp đất được ghi lại tóm tắt ở bảng 1.

Bảng 1. Thể tích thân cây bình quân đối với rừng trồng Keo lai từ 2 – 10 tuổi trên ba cấp đất khác nhau tại tỉnh Đồng Nai

A(năm)	Cấp đất I (SI = 24 m)			Cấp đất II (SI = 20 m)			Cấp đất III (SI = 16 m)		
	D(cm)	H(m)	V(m ³)	D(cm)	H(m)	V(m ³)	D(cm)	H(m)	V(m ³)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
2	6,0	7,2	0,0104	4,5	5,6	0,0047	3,6	4,3	0,0023
3	9,1	10,9	0,0362	7,8	9,3	0,0225	6,3	7,5	0,0119
4	11,6	14,1	0,0757	9,8	11,9	0,0462	8,1	9,6	0,0251
5	13,9	16,5	0,1284	11,5	13,7	0,0727	9,2	10,9	0,0371
6	14,9	17,6	0,1591	12,8	15,5	0,102	10,6	12,7	0,0573
7	16,3	19,5	0,2085	13,3	16,2	0,1168	10,7	12,6	0,058
8	17,0	20,5	0,2383	14,6	17,4	0,1483	11,6	13,7	0,0734
9	18,3	22,0	0,2984	15,3	18,6	0,1765	13,1	15,7	0,1098
10	18,9	22,7	0,3260	15,9	19,1	0,1941	13,5	16,1	0,1183

(Nguồn: Trần Thị Ngoan, 2019)

Trong phần xử lý số liệu, các hàm thể tích thân cây bình quân của rừng Keo lai từ 2 – 10 tuổi được xây dựng từ 54 cây giải tích; trong đó mỗi tuổi trên 1 cấp đất là 2 cây. Khả năng ứng dụng của các hàm thể tích được kiểm định từ 27 cây; trong đó mỗi tuổi trên 1 cấp đất là 1 cây. Các hàm thể tích được xây dựng dựa trên giả thuyết thể tích thân cây là một hàm của A, D, H và chỉ số SI, nghĩa là $V = f(A, D, H, SI)$.

Các hàm thể tích thân cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên ba cấp đất được xây dựng từ 11 hàm (1) ÷ (11); trong đó V (m³) là biến phụ thuộc, còn biến độc lập hay biến dự đoán là A, D, H và SI. Hàm (1) ÷ (3) là đề xuất của Spurr (1952 – dẫn theo Haywards, 1987), còn hàm (8) là đề xuất của Korf (1939 – dẫn theo Nguyễn Ngọc Lung và Đào Công Khanh, 1999).

$$V = b_0 \cdot (D^2 \cdot H) \quad (1)$$

$$V = b_0 \cdot (D^2 \cdot H)^{b_1} \quad (2)$$

$$V = b_0 + b_1 \cdot (D^2 \cdot H) \quad (3)$$

$$V = b_0 + b_1 \cdot (D^2 \cdot H)^{b_2} \quad (4)$$

$$V = b_0 + b_1 \cdot (D^2 \cdot H) + b_2 \cdot (D^2 \cdot H^2) \quad (5)$$

$$V = b_0 + b_1 \cdot (D^2 \cdot H) + b_2 \cdot (D^{b_3} \cdot H^{b_4}) \quad (6)$$

$$V = \exp(b_0 + b_1 \cdot \ln(D) + b_2 \cdot \ln(H)) \quad (7)$$

$$V = b_0 \cdot \exp(-b_1 \cdot A^{-b_2}) \quad (8)$$

Theo dạng hàm (8), Trần Thị Ngoan (2019) đã xây dựng hàm $V = f(A)$ đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên ba cấp đất có dạng như hàm (8.1 – 8.4).

$$V_{(\text{Bình quân})} = 1,63871 \cdot \exp(-8,05432 \cdot A^{-0,597368}) \quad (8.1)$$

$$V_{(\text{Cấp đất I})} = 1,70141 \cdot \exp(-8,06496 \cdot A^{-0,689754}) \quad (8.2)$$

$$V_{(\text{Cấp đất II})} = 0,920076 \cdot \exp(-8,15145 \cdot A^{-0,720512}) \quad (8.3)$$

$$V_{(\text{Cấp đất III})} = 2,0023 \cdot \exp(-9,11306 \cdot A^{-0,507079}) \quad (8.4)$$

Để phản ánh biến động V thân cây theo A , D , H và chỉ số SI , hàm thể tích thân cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên ba cấp đất

được xây dựng theo ba hàm (9) – (11); trong đó SI là chỉ số lập địa của rừng trồng Keo lai tại tuổi 8.

$$V = \exp(b_0 + b_1 \cdot \ln(D) + b_2 \cdot \ln(H) - b_3 \cdot \ln(SI/H)) \quad (9)$$

$$V = b_0 + b_1 \cdot (D^2 \cdot H) - b_2 \cdot (SI/H) \quad (10)$$

$$V = b_0 + b_1 \cdot A + b_2 \cdot A^2 + b_3 \cdot (D^2 \cdot H) - b_4 \cdot (SI/H) \quad (11)$$

Những hệ số hồi quy và những thống kê sai lệch của 5 hàm (1) ÷ (4) được xác định theo phương pháp hồi quy phi tuyến tính của Marquartz. Bởi vì các biến độc lập ở hàm (5) ÷ (7) và (9) ÷ (11) có quan hệ chặt chẽ với nhau (Bảng 2), nên các hệ số hồi quy và các thống kê sai lệch của những hàm này được xác định theo phương pháp hồi quy Ridge (Ridge Regression) với trọng số bằng $1/(D^2 \cdot H)$. Phương pháp này không chỉ cho phép loại bỏ hiện tượng cộng tuyến tính giữa các biến độc lập và làm giảm biến động của các hệ số hồi quy, mà còn phản ánh đúng chiều hướng của mối quan hệ giữa V với các biến độc lập.

Bảng 2. Ma trận tương quan giữa các biến dự đoán trong mô hình thể tích thân cây bình quân của rừng trồng Keo lai

Biến dự đoán	Thống kê ^(*)	Biến dự đoán			
		A	D	H	SI
V	R	0,79	0,941	0,942	0,514
	P	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,01
	N	27	27	27	27
A	R		0,863	0,86	0
	P		< 0,001	< 0,001	1,0000
	N		27	27	27
D	R			1	0,448
	P			< 0,001	< 0,01
	N			27	27
H	R				0,454
	P				< 0,01
	N				27

(*) Ghi chú: R = Hệ số tương quan; P = Mức ý nghĩa thống kê; N = Dung lượng mẫu.

Sai lệch của các hàm (1) – (11) được đánh giá theo hệ số xác định (R^2) (Công thức 12); sai lệch bình phương trung bình (MSE) (Công thức 13), sai lệch chuẩn của ước lượng (SEE) (Công thức 14); sai số tuyệt đối trung bình (MAE) (Công thức 15); sai số tuyệt đối trung bình theo phần trăm (MAPE) (Công thức 16), sai số trung bình (ME) (Công thức 17) và sai số trung bình theo phần trăm (MPE) (Công thức 18). Ở công thức (12) – (18), SSR_{Reg} ,

SSR_{Tot} , V_{TN} , V_{BQ} và V_{UL} tương ứng là tổng sai lệch bình phương do hồi quy, tổng sai lệch bình phương toàn bộ, thể tích thân thực tế, thể tích thân bình quân và thể tích thân ước lượng; n là dung lượng mẫu quan sát; p là số tham số trong mô hình; dấu $|\cdot|$ là giá trị tuyệt đối. Mục đích của phân tích hồi quy và tương quan là xác định hàm ước lượng với sai lệch nhỏ nhất. Theo đó, hàm thể tích thích hợp được chọn theo tiêu chuẩn SEE nhỏ nhất (SEE_{Min}).

Khả năng ứng dụng của các hàm thể tích được kiểm định từ 27 cây mẫu; trong đó sai lệch của các hàm thể tích so với thể tích thực tế được đánh giá theo tiêu chuẩn MPE. Các bước phân tích tương quan và hồi quy được thực hiện bằng phần mềm Statgraphics Centurion XV.

$$R^2 = (1 - (SSR_{Reg}/SSR_{Tot})) * 100 \quad (12)$$

$$MSE = \sum(V_{TN} - V_{UL})^2 / (n - p) \quad (13)$$

$$SEE = \sum((V_{TN} - V_{UL})^2 / (n - p))^{1/2} \quad (14)$$

$$MAE = |((V_{TN} - V_{UL}) / n)| \quad (15)$$

$$MAPE = (MAE / V_{TN}) * 100 \quad (16)$$

$$ME = (V_{TN} - V_{UL}) \quad (17)$$

$$MPE = ((V_{TN} - V_{UL}) / V_{TN}) * 100 \quad (18)$$

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Xây dựng và chọn hàm thể tích thân cây thích hợp

Các hàm thể tích thân cây bình quân đối với rừng trồng Keo lai trên ba cấp đất tại tỉnh Đồng Nai được ghi lại ở Bảng 3 ÷ 10. Đối với toàn bộ rừng trồng Keo lai (Bảng 3), hàm (1.1) ÷ (7.1) biểu diễn rất tốt mối quan hệ giữa V với các biến A, (D²*H), (D²*H)^{b¹}, (D²*H²), (D^{b³}*H^{b⁴}), Ln(D) và Ln(H)). Hệ số xác định (R²) nhận giá trị rất cao; trong đó cao nhất ở hàm 2.1 và hàm 4.1 (R² = 99,96%), thấp nhất ở hàm 5.1 (R² = 99,41%). Hàm 2.1 cho sai số ước lượng nhỏ nhất (SEE = 0,00155), kế đến là hàm 4.1 (SEE = 0,00163), lớn nhất là hàm 5.1 (SEE = 0,00651). Sai số trung bình (ME) của 7 hàm này rất nhỏ; trong đó hàm (1.1) ÷ (7.1) nhận giá trị dương. Sai số trung bình theo phần trăm (MPE) của cả 7 hàm đều nhỏ hơn 5%.

Bảng 3. Các hàm thể tích thân cây bình quân của rừng trồng Keo lai được ước lượng theo tuổi, đường kính và chiều cao thân cây

Hàm thể tích thân cây Keo lai	
V = 0,000042849*(D ² *H)	(1.1)
V = 0,0000472189*(D ² *H) ^{0,988246}	(2.1)
V = 0,000943771 + 0,0000425813*(D ² *H)	(3.1)
V = -0,000321837 + 0,000052449*(D ² *H) ^{0,975538}	(4.1)
V = 0,00417885 + 0,0000233292*(D ² *H) + 0,00000100355*(D ² *H ²)	(5.1)
V = 0,000148327 + 0,0000407681*(D ² *H) + 0,000006475*(D ^{1,28871} *H ^{1,26686})	(6.1)
V = exp(-9,95649 + 1,47047*Ln(D) + 1,45271*Ln(H))	(7.1)

Bảng 4. Các hệ số tương quan và thống kê sai lệch của các hàm thể tích thân cây được ước lượng theo tuổi, đường kính và chiều cao thân cây

Hàm	Hệ số tương quan và thống kê sai lệch						
	R ²	MSE	SEE	MAE	MAPE	ME	MPE
(1.1)	99,94	0,000003	0,001746	0,001183	1,7	0,000284	1,11
(2.1)	99,96	0,000002	0,001550	0,00000	1,5	0,000032	0,12
(3.1)	99,95	0,000003	0,001772	0,001233	2,3	0,000000	-1,22
(4.1)	99,96	0,000003	0,001629	0,000997	1,8	0,000069	0,02
(5.1)	99,41	0,000042	0,006514	0,004677	8,8	0,002598	0,18
(6.1)	99,76	0,000017	0,004147	0,002782	3,5	0,001350	0,02
(7.1)	99,78	0,000012	0,003395	0,002460	2,1	0,002148	1,12

Đối với rừng trồng Keo lai trên cấp đất I, II và III (Bảng 5 - 9), tất cả 7 hàm này đều biểu diễn rất tốt mối quan hệ giữa V với các biến độc lập. Hệ số R² nhận giá trị rất cao, dao động từ 99,58% ở cấp đất III (Hàm 5.4) đến 99,99% ở cấp đất I (Hàm 2.2). Hàm (2.2) ÷ (2.4) nhận sai số ước lượng (SEE) nhỏ nhất trên cả ba cấp đất, còn hàm (5.1) ÷ (5.4) là lớn nhất. Nói chung, tất cả 7 hàm này đều cho MPE < 5%.

Vì thế, theo tiêu chuẩn SEE_{Min} và tính đơn giản của dạng hàm, hàm (2.1) ÷ (2.4) là những hàm thích hợp để ước lượng thể tích thân cây bình quân đối với rừng trồng Keo lai trên ba cấp đất khác nhau. Hình 1 là đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa V thân cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên ba cấp đất với hai biến D và H theo hàm (2.1) ÷ (2.4).

Bảng 5. Các hàm thể tích thân cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên cấp đất I được ước lượng theo tuổi, đường kính và chiều cao thân cây

Hàm thể tích thân cây Keo lai	
$V = 0,0000403148*(D^2*H)$	(1.2)
$V = 0,0000397238*(D^2*H)^{1,00172}$	(2.2)
$V = -0,000111052 + 0,0000403429*(D^2*H)$	(3.2)
$V = -0,0000741898 + 0,0000400768*(D^2*H)^{1,00075}$	(4.2)
$V = 0,00644831 + 0,0000217954*D^2*H + 8,17639E-7*(D^2*H^2)$	(5.2)
$V = -0,000199681 + 0,0000204933*(D^2*H) + 0,0000171*(D^{0,63887}*H^{2,32794})$	(6.2)
$V = \exp(-10,1968 + 1,50799*\ln(D) + 1,4851*\ln(H))$	(7.2)

Bảng 6. Các hệ số tương quan và thống kê sai lệch của các hàm thể tích thân cây của rừng trồng Keo lai trên cấp đất I

Hàm	Hệ số tương quan và thống kê sai lệch						
	R ²	MSE	SEE	MAE	MAPE	ME	MPE
(1.2)	99,99	0,000001	0,000887	0,000657	0,5	-0,000001	-0,15
(2.2)	99,99	0,000001	0,000896	0,000630	0,4	0,000007	-0,04
(3.2)	99,99	0,000001	0,000944	0,000652	0,4	-0,000005	-0,02
(4.2)	99,99	0,000001	0,000950	0,000647	0,4	-0,000009	-0,02
(5.2)	99,62	0,000064	0,007976	0,005643	7,4	0,002963	-0,13
(6.2)	99,98	0,000003	0,001720	0,000988	0,8	0,000348	-0,03
(7.2)	99,96	0,000006	0,002351	0,001712	0,9	0,001534	0,64

Bảng 7. Các hàm thể tích thân cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên cấp đất II được ước lượng theo tuổi, đường kính và chiều cao thân cây

Hàm thể tích thân cây Keo lai	
$V = 0,000040278*(D^2*H)$	(1.3)
$V = 0,0000403119*(D^2*H)^{0,999902}$	(2.3)
$V = 0,0000768722 + 0,0000402456*(D^2*H)$	(3.3)
$V = 0,000171581 + 0,0000389638*(D^2*H)^{1,00391}$	(4.3)
$V = 0,00331575 + 0,0000217808*(D^2*H) + 9,6657E-7*(D^2*H^2)$	(5.3)
$V = 0,00080503 + 0,0000202854*(D^2*H) + 0,0000110224*(D^{1,3221}*H^{1,83571})$	(6.3)
$V = \exp(-10,1504 + 1,44803*\ln(D) + 1,51883*\ln(H))$	(7.3)

Bảng 8. Các hệ số tương quan và thống kê sai lệch của các hàm thể tích thân cây của rừng trồng Keo lai trên cấp đất II

Hàm	Hệ số tương quan và thống kê sai lệch						
	R ²	MSE	SEE	MAE	MAPE	ME	MPE
(1.3)	99,99	0,000001	0,000774	0,000571	0,9	0,000052	0,23
(2.3)	99,99	0,000001	0,000774	0,000572	0,9	0,000047	0,22
(3.3)	99,99	0,000001	0,000833	0,000561	0,7	0,000055	0,03
(4.3)	99,99	0,000001	0,000835	0,000562	0,6	0,000049	0,03
(5.3)	99,59	0,000025	0,004954	0,003466	8,5	0,002303	0,04
(6.3)	99,98	0,000001	0,001060	0,000688	1,6	0,000472	0,02
(7.3)	99,82	0,000008	0,002878	0,002068	1,6	0,002037	1,41

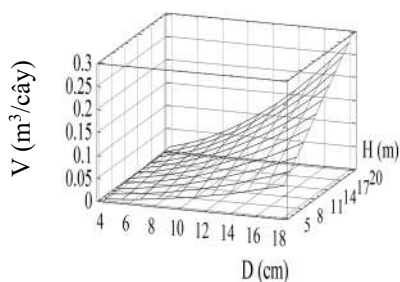
Bảng 9. Các hàm thể tích thân cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên cấp đất III được ước lượng theo tuổi, đường kính và chiều cao thân cây

Hàm thể tích thân cây Keo lai	
$V = 0,0000402821*(D^2*H)$	(1.4)
$V = 0,0000371*(D^2*H)^{1,01086}$	(2.4)
$V = 0,00000472414 + 0,000040278*(D^2*H)$	(3.4)
$V = -0,00185947 + 0,0000565301*(D^2*H)^{0,959052}$	(4.4)
$V = 0,00174431 + 0,0000219451*(D^2*H) + 0,00000115245*(D^2*H^2)$	(5.4)
$V = 0,000536889+0,000020352*(D^2*H)+ 0,00000972*(D^{1,17134}*H^{2,03494})$	(6.4)
$V = \exp(-10,1408 + 1,47673*\ln(D) + 1,49066*\ln(H))$	(7.4)

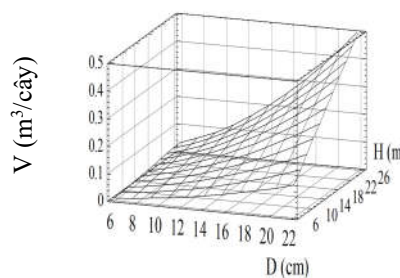
Bảng 10. Các hệ số tương quan và thống kê sai lệch của các hàm thể tích thân cây của rừng trồng Keo lai trên cấp đất III

Hàm	Hệ số tương quan và thống kê sai lệch						
	R ²	MSE	SEE	MAE	MAPE	ME	MPE
(1.4)	99,98	0,000000	0,00056	0,00033	0,8	-0,000017	-0,01
(2.4)	99,99	0,000000	0,00047	0,00031	1,2	0,000036	0,85
(3.4)	99,98	0,000000	0,00060	0,00033	0,8	-0,000016	-0,03
(4.4)	99,94	0,000001	0,00107	0,00084	8,6	0,000030	6,99
(5.4)	99,58	0,000009	0,00303	0,00218	9,6	0,001466	0,08
(6.4)	99,97	0,000001	0,00074	0,00053	2,2	0,000371	0,01
(7.4)	99,88	0,000002	0,00143	0,00088	1,2	0,000818	0,78

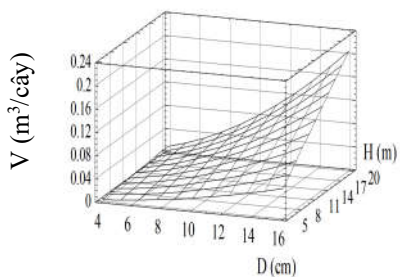
V = f(D, H) trên ba cấp đất



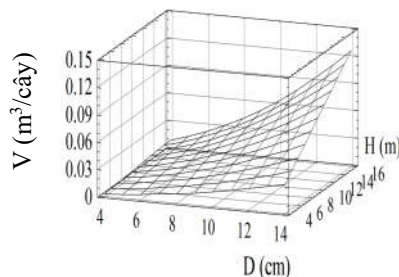
V = f(D, H) cấp đất I



V = f(D, H) cấp đất II



V = f(D, H) cấp đất III



Hình 1. Đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa thể tích thân cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên ba cấp đất với đường kính và chiều cao thân cây theo hàm 2

Bảng 11. Các hệ số hồi quy và thống kê sai lệch của ba hàm thể tích thân cây bình quân của rừng trồng Keo lai được ước lượng theo tuổi, đường kính, chiều cao và chỉ số lập địa

Thống kê	Các hàm thể tích thân cây Keo lai:		
	(9)	(10)	(11)
Hằng số	-9,57125	0,035921	0,002331
b ₁	1,3933	0,000034	0,002011
b ₂	1,39277	-0,011639	0,000197
b ₃	-0,292146		0,000033
b ₄			-0,001902
R ²	99,72	98,40	98,67
MSE	0,000025	0,000126	0,000124
SEE	0,004967	0,011232	0,011124
MAE	0,003393	0,009002	0,007382
MAPE	3,9	32,6	10,1
ME	0,00096	0,00012	-0,00004
MPE	1,1	9,1	-3,5

Phân tích những hàm thể tích với 3 biến dự đoán (Hàm 9 và 10) và 4 biến dự đoán (Hàm 11) (Bảng 11) cho thấy ba hàm này biểu diễn rất tốt mối quan hệ giữa V với A, D, H và SI. Hệ số R² nhận giá trị rất cao; trong đó cao nhất ở hàm 9 (R² = 99,72%), thấp nhất ở hàm 10 (R² = 98,40%). Hàm (9) nhận sai số ước lượng nhỏ nhất (SEE = 0,004967), kế đến là hàm 11 (SEE = 0,011124), lớn nhất là hàm 10 (SEE = 0,011232). So với SEE của hàm 9 (hệ số 1), giá trị này ở hàm (10) và hàm (11) lớn hơn tương ứng 2,3 lần và 2,2 lần. Sai số trung bình (ME) của ba hàm này rất nhỏ; trong đó hàm (9) và (10) nhận giá trị dương, còn hàm 11 nhận giá trị âm. Hàm (9) và hàm (11) cho MPE < 5%, còn hàm (10) là 9,1%. Từ những phân tích trên đây cho thấy, theo tiêu chuẩn SEE_{Min}, hàm (9) là hàm thích hợp để ước lượng thể tích thân cây bình quân đối với rừng trồng Keo lai trên cả ba cấp đất.

3.2. So sánh sai lệch của các hàm thể tích với những biến dự đoán khác nhau

Những phân tích thống kê ở Mục 1 cho thấy hàm ước lượng V = f(D, H) đối với cây bình quân của toàn bộ rừng trồng Keo lai có dạng như hàm (2.1). Tương tự, hàm ước lượng V = f(D, H) đối với cây bình quân của rừng Keo lai

trên ba cấp đất có dạng như hàm (2.2) ÷ (2.4). Hàm ước lượng V = f(D, H, SI) đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai có dạng như hàm (9).

$$V_{(Bình\ quân)} = 0,0000472189*(D^2*H)^{0,988246} \quad (2.1)$$

$$V_{(Cấp\ đất\ I)} = 0,0000397238*(D^2*H)^{1,00172} \quad (2.2)$$

$$V_{(Cấp\ đất\ II)} = 0,0000403119*(D^2*H)^{0,999902} \quad (2.3)$$

$$V_{(Cấp\ đất\ III)} = 0,0000371*(D^2*H)^{1,01086} \quad (2.4)$$

$$V_{(Bình\ quân)} = 1,63871*exp(-8,05432*A^{-0,597368}) \quad (8.1)$$

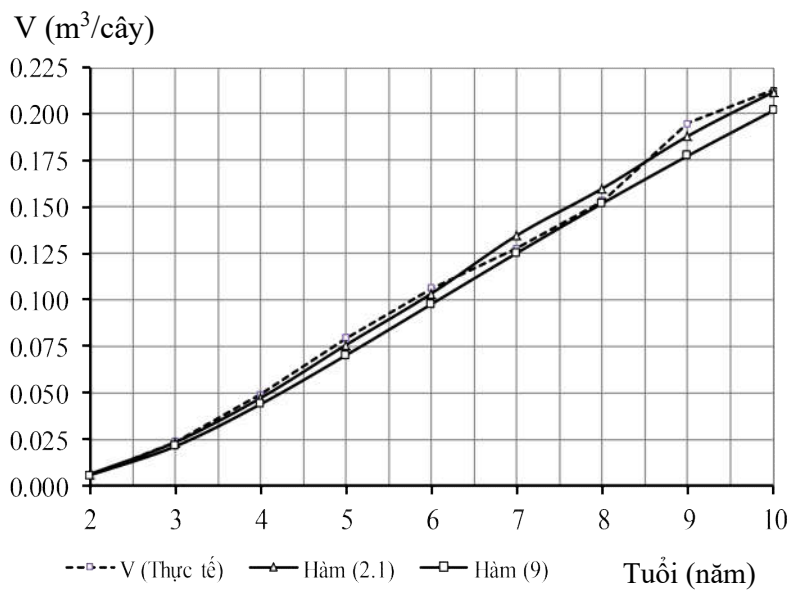
$$V_{(Bình\ quân)} = exp(-9,57125 + 1,3933*Ln(D) + 1,39277*Ln(H) - 0,292146*Ln(SI/H)) \quad (9)$$

Bằng cách thay thế hai biến (D, H) vào hàm (2.1) và 3 biến (D, H, SI) vào hàm (9), xác định được V thân cây bình quân của rừng trồng Keo lai từ 2 – 10 tuổi tại tỉnh Đồng Nai. Sự khác biệt giữa V cây bình quân của toàn bộ rừng Keo lai được ước lượng theo hàm (2.1) và hàm (9) so với V thực tế được ghi lại ở bảng 3, 11 và hình 2.

So với V thực tế, thể tích thân cây được ước lượng theo hàm (2.1) nhận sai lệch âm ở tuổi 2, 7 và 8, còn hàm (9) đều cho sai lệch dương ở

các tuổi. Sai lệch của hàm 9 ($SEE = 0,004967$) lớn hơn 2,8 lần so với hàm 2.1 ($SEE = 0,00175$). Sử dụng hàm (2.2) – (2.4) để ước lượng thể tích thân cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên cấp đất I, II và III đều cho $MPE < 1,0\%$. Trái lại, sử dụng hàm (9) để ước lượng thể tích thân cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên cấp đất I, II và III cho MPE tương ứng 9,7%, 6,6% và 10,7%. Sử dụng hàm (8.1) ÷ (8.4) (Trần Thị Ngoan, 2019) để ước lượng V thân cây bình quân của rừng trồng Keo lai từ 2 – 10 tuổi trên cấp đất I, II và III cho MPE tương ứng 4,1%, 6,3% và 13,1%;

trung bình ba cấp đất là 8,6%. Về cơ bản, thể tích thân cây bình quân của rừng trồng Keo lai được ước lượng theo hàm (2.1) ÷ (2.4) cho sai lệch nhỏ hơn so với hàm (8.1) ÷ (8.4) và hàm (9). Sở dĩ hàm (2.1) ÷ (2.4) cho sai số nhỏ là vì chúng được biến đổi từ hàm thể tích cơ bản $V = g \cdot H \cdot F$; trong đó yếu tố hình dạng thân cây (F) được ẩn trong hệ số b_0 (Spurr, 1952). Hàm (9) cho sai số lớn là do sai lệch của sự chuyển đổi các biến (V , D , H và SI/H) sang dạng logarit (Amateis và Burkhardt, 1987; Sherrill và cộng sự, 2011; Daesung Lee và cộng sự, 2017).



Hình 2. Đồ thị biểu diễn thể tích thân cây bình quân của rừng trồng Keo lai từ 2 – 10 tuổi được ước lượng theo hàm (2.1) và hàm (9)

3.3. Kiểm định khả năng ứng dụng của các hàm thể tích thân cây Keo lai

Sai lệch của hàm (2.1) và hàm (9) so với số liệu V của 27 cây kiểm tra được ghi lại ở Bảng 12. Ở bảng 12, cột 4 là V thực; cột 5 và cột 6 là V được ước lượng tương ứng theo hàm (2.1) và hàm (9); cột 7 và cột 8 là sai số trung bình theo phần trăm (PME) giữa thể tích thực của 27 cây kiểm tra và thể tích được ước lượng theo hàm (2.1) và hàm (9).

Phân tích số liệu ở bảng 12 cho thấy, so với số liệu của 27 cây kiểm tra, hàm (2.1) và hàm (9) đều cho sai số âm và nhận giá trị tương tự như nhau (tương ứng $MPE = -3,4\%$ đối với hàm (2.1) và $-3,2\%$ đối với hàm 9). Về cơ bản,

sử dụng hàm (2.1) và hàm (9) để ước lượng thể tích thân cây bình quân của rừng trồng Keo lai từ 2 – 10 tuổi cho sai số nhỏ ($MAPE < 5\%$). Bởi vì hàm (2.1) chỉ bao gồm 2 yếu tố dễ đo đạc (D và H), nên những hàm này được ứng dụng để thống kê trữ lượng gỗ của rừng trồng Keo lai tại Đồng Nai. Trái lại, nếu sử dụng hàm (9) để thống kê trữ lượng gỗ của rừng trồng Keo lai, thì số liệu cần thu thập không chỉ là D và H của cây bình quân, mà còn cả chỉ số SI của khoảng rừng. Vì thế, hàm (9) được sử dụng để phân tích biến động thể tích thân cây bình quân của rừng trồng Keo lai theo chỉ số lập địa.

Bảng 12. Kiểm định sai lệch về thể tích thân cây bình quân của rừng trồng Keo lai được ước lượng theo hàm (2.1) và hàm (9)

A(năm)	D(cm)	H(m)	Thể tích (m ³ /cây) theo hàm			Sai số theo hàm	
			Thực	V _(2.1)	V ₍₉₎	MPE _(2.1)	MPE ₍₉₎
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
2	4,8	6,0	0,0064	0,0060	0,0058	-5,6	-8,9
3	7,5	9,4	0,0248	0,0235	0,0228	-5,2	-7,8
4	9,6	12,0	0,0498	0,0478	0,0470	-4,1	-5,7
5	11,3	14,1	0,0842	0,0785	0,0788	-6,8	-6,4
6	12,7	15,8	0,1144	0,1092	0,1087	-4,6	-5,0
7	13,3	16,7	0,1288	0,1274	0,1304	-1,1	1,2
8	14,4	17,7	0,1503	0,1569	0,1587	4,4	5,6
9	15,4	19,2	0,2010	0,1947	0,2004	-3,1	-0,3
10	16,3	20,1	0,2387	0,2283	0,2344	-4,3	-1,8
Bình quân						-3,4	-3,2

4. KẾT LUẬN

Thể tích thân cây bình quân của rừng trồng Keo lai từ 2 – 10 tuổi tại tỉnh Đồng Nai có thể được ước lượng bằng hàm $V = 0,0000472189*(D^2*H)^{0,988246}$, $V = 1,63871*exp(-8,05432*A^{-0,597368})$ và $V = exp(-9,57125 + 1,3933*Ln(D) + 1,39277*Ln(H) - 0,292146*Ln(SI/H))$. Các hàm này cho sai số nhỏ hơn 5%. Hàm $V = 0,0000472189*(D^2*H)^{0,988246}$ được ứng dụng để thống kê trữ lượng gỗ của rừng trồng Keo lai. Hàm $V = 1,63871*exp(-8,05432*A^{-0,597368})$ được ứng dụng để phân tích quá trình sinh trưởng thể tích cây bình quân của rừng trồng Keo lai. Hàm $V = exp(-9,57125 + 1,3933*Ln(D) + 1,39277*Ln(H) - 0,292146*Ln(SI/H))$ được ứng dụng để phân tích biến động thể tích cây bình quân của rừng trồng Keo lai theo kích thước thân và ba cấp đất khác nhau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Amateis RL, Burkhart HE. (1987). *Tree volume and taper of loblolly pine varies by stand origin*. South J Appl for 11: 185-189.
 2. Daesung Lee, Yeongwan Seo, Jungkee Choi. (2017). *Estimation and validation of volume equations*

for *Pinus densiflora*, *Pinus koraiensis*, and *Larix kaempferi* in South Korea. Forest Science and Technology Vol. 13, No. 2, 77-82.

3. Haywards, W, J. (1987). *Volume and Taper of Eucalyptus Regnans growth in the Central North Islands of New Zealand*. New Zealand Journal of Forestry Science 17: (1), 109-120.

4. 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.

5. Nguyễn Văn Thêm (2002). *Sinh thái rừng*. Nxb. Nông nghiệp, Hà Nội, 250 trang.

6. Sherrill JR, Bullock BP, Mullin TJ, McKeand SE, Purnell RC. (2011). *Total and merchantable stem volume equations for midrotation loblolly pine (Pinus taeda L.)*. South J Appl for. 35: 105-108.

7. Trần Thị Ngoan (2019). *Ước lượng sinh khối và dự trữ carbon trong sinh khối trên mặt đất đối với rừng trồng Keo lai (Acacia auriculiformis*Acacia mangium) ở tỉnh Đồng Nai*. Luận án tiến sĩ lâm nghiệp, Trường Đại học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh, 150 trang.

8. Vũ Tiến Hình (2005). *Sản lượng rừng*. Nxb. Nông nghiệp, Hà Nội. 212 trang.

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.

10. Võ Đại Hải (2008). *Nghiên cứu sinh khối Keo lai trồng thuần loài ở Việt Nam*. Tạp chí NNPTNT (2): 85-90.

AVERAGE TREE VOLUME FUNCTIONS FOR ACACIA HYBRID PLANTATION ON THREE SITE CLASSES IN DONG NAI PROVINCE

Nguyen Van Them¹, Tran Thi Ngoan²

¹Hochiminh City Science and Technology Association of Forestry

²Vietnam National University of Forestry - Dongnai Campus

SUMMARY

This paper presents appropriate functions for tree stem volume estimation in Acacia hybrid plantations from 2 to 10 years old on three different site classes in Dong Nai province. The study is to determine the volume functions with the appropriate predictor variables to statistic and analyze the growth for Acacia hybrid plantations. The volume functions were built on 54 analytic trees of three different site classes. The suitable volume function is tested from 11 different functions. The results have shown that the average tree volume of Acacia hybrid plantations from 2 to 10 can be estimated by functions: (1) $V = 0.0000472189 \cdot (\text{DHB}^2 \cdot H)^{0.988246}$, (2) $V = 1,63871 \cdot \exp(-8,05432 \cdot A^{-0.597368})$ and (3) $V = \exp(-9.57125 + 1.3933 \cdot \text{Ln}(\text{DHB}) + 1,39277 \cdot \text{Ln}(H) - 0.292146 \cdot \text{Ln}(\text{SI}/H))$. These functions gave errors less than 5%. Using the first function for statistics of timber volume of Acacia hybrid plantations. Using the second one to analyze the average tree volume growth. Using the third one to analyze average tree volume fluctuations of Acacia hybrid plantations according to size (DBH, H) and three site indexes.

Keywords: Acacia hybrid plantations, nonlinear regression, site class, site index, tree stem volume functions.

Ngày nhận bài : 05/10/2020

Ngày phản biện : 09/11/2020

Ngày quyết định đăng : 16/11/2020