

SINH TRƯỞNG VÀ ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC NHÂN TỐ SINH THÁI ĐẾN SINH TRƯỞNG RỪNG TRỒNG THÔNG CARIBÊ (*Pinus caribaea* Morelet) TẠI LÂM ĐỒNG

Lê Cảnh Nam¹, Phạm Ngọc Tuân², Hoàng Thanh Trường¹, Lê Hồng Ớn¹,
Giang Thị Thanh¹, Nguyễn Bá Trung¹, Trần Đăng Hoài¹,
Nguyễn Quốc Huy¹ và Lưu Thế Trung¹

¹Viện Khoa học Lâm nghiệp Nam Trung Bộ và Tây Nguyên

²Khoa Nông Lâm, Trường Đại học Đà Lạt

TÓM TẮT

Kết quả đánh giá sinh trưởng Thông caribê tại các mô hình rừng trồng thử nghiệm từ tuổi 2 đến tuổi 7 trên các vùng sinh thái của tỉnh Lâm Đồng cho thấy tăng trưởng bình quân về đường kính ngang ngực trung bình là 1,9 cm/năm, chiều cao vút ngọn trung bình là 1,02 m/năm. Nghiên cứu ảnh hưởng các nhân tố sinh thái đến sinh trưởng Thông caribê, sử dụng phương pháp thiết lập mô hình đa biến tuyến tính/phi tuyến tính có trọng số để lập và thẩm định sai số của các mô hình dự đoán sinh trưởng (H_{vn} , $D_{1,3}$) theo các nhân tố sinh thái ảnh hưởng. Kết quả lựa chọn được: (1) Mô hình sinh trưởng chiều cao vút ngọn (H_{vn}) theo các nhân tố sinh thái ảnh hưởng là tuổi (A), độ cao so với mặt nước biển (Alt), độ ẩm không khí trung bình các tháng 6, 9, 10 (H6, H9, H10), lượng mưa trung bình các tháng 6, 8 và 10 (P6, P8 và P10), nhiệt độ trung bình các tháng 2, 3 và 4 (T2, T3 và T4), pH đất và hàm lượng lân dễ tiêu tổng số (La): $H_{vn} = 17,7731 + 0,000811664 \times (H6 \times H9) + 0,0973052 \times H10 + 0,833322 \times A - 0,00114132 \times Alt - 10,5349 \times La - 0,00127346 \times P10 - 5,96293E-7 \times (P6 \times P9) - 10,957 \times pH - 0,00771945 \times (T2 \times T3) + 1,21229 \times T4$; (2) Mô hình sinh trưởng đường kính ngang ngực ($D_{1,3}$) theo các nhân tố ảnh hưởng là tuổi (A), lượng mưa trung bình các tháng 7, 8, 9 và 10 (P7, P8, 9 và P10), nhiệt độ trung bình các tháng 5, 6 và 7 (T5, T6 và T7), pH đất và hàm lượng lân dễ tiêu tổng số (La): $D_{1,3} = 77,2889 - 0,565521 \times La + 3,14907 \times A - 18,4716 \times pH - 9,61946E-12 \times (P7 \times P8 \times P9 \times P10) + 0,000384643 \times (T7 \times T8 \times T9)$.

Từ khóa: Mô hình sinh trưởng, Caribê Lâm Đồng, sinh thái thông caribê, tăng trưởng thông caribê

Keywords: Growth model, caribaea Lam Dong, caribaea's ecology, caribaea's increment

Growth and ecological factors impact on the growth of *Pinus caribaea* Morelet plantation in Lam Dong province

The result of *Pinus caribaea*'s plantation models growth evaluation at subregion in Lam Dong showed that the average increment of DBH is 1.9 cm year⁻¹, and average increment of total high is 1.02 m year⁻¹. For ecological factors impact on the *Pinus caribaea*'s growth, using weighted multi-variables linear/non-linear regression we developed and validated the models to predict the growth through main ecological factors. As a result, we determined these main ecological factors impact on growth (H_{vn} and $D_{1,3}$) were (1) Age, Altitude, monthly humid H (June, Sept and Oct), monthly precipitation P (June, Aug, Oct), monthly temperature T (Ferb,

March, April), pH and total P_2O_5 in the soil (La): $H_{vn} = 17.7731 + 0.000811664 \times (H6 \times H9) + 0.0973052 \times H10 + 0.833322 \times A - 0.00114132 \times Alt - 10.5349 \times La - 0.00127346 \times P10 - 5.96293E-7 \times (P6 \times P9) - 10.957 \times pH - 0.00771945 \times (T2 \times T3) + 1.21229 \times T4$; (2) Age, monthly precipitation P (July, Aug, Sept, Oct), monthly temperature T (May, June, July), pH and total P_2O_5 in the soil (La): $D_{1,3} = 77.2889 - 0.565521 \times La + 3.14907 \times A - 18.4716 \times pH - 9.61946E-12 \times (P7 \times P8 \times P9 \times P10) + 0.000384643 \times (T7 \times T8 \times T9)$.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Thông caribê (*Pinus caribaea* Morelet) thuộc họ Thông (Pinaceae), có phân bố tự nhiên ở vùng Trung Mỹ, Cu Ba và Quần đảo Bahama, đây là loài cây gỗ lớn cao đến 40 - 45 m, đường kính ngang ngực đạt tới 60 - 80 cm có khi đạt đến 2 m, thân tròn và thẳng, vỏ nứt sâu. Gỗ Thông caribê có tỷ trọng từ 0,41 - 0,48 nên được dùng làm gỗ xây dựng, sản xuất bột sợi giấy dài, ván sợi, ván dăm, ván ốp tường, sàn nhà, bao bì và gỗ đóng tàu thuyền (Nguyễn Hoàng Nghĩa, 2004, Gerel *et al.*, 1992). Là loài cây có sinh trưởng nhanh, thân thẳng đẹp, tỷ lệ lợi dụng gỗ cao,... đáp ứng được nhiều mục tiêu kinh tế, nên đến nay đã có 65 nước nhập giống gây trồng, chủ yếu là các nước thuộc vùng nhiệt đới (Baylis và Barnes, 1989).

Nhân tố sinh thái có vai trò quan trọng và ảnh hưởng quyết định đến phân bố, sinh trưởng, phát triển, cấu trúc và tính ổn định của cá thể cũng như quần thể rừng. Mỗi vùng sinh thái khác nhau có một tổ hợp các nhân tố sinh thái khác nhau và hình thành một số kiểu rừng đặc trưng và tạo nên một cảnh quan địa lý riêng biệt. Các nhân tố sinh thái ảnh hưởng đến thực vật rừng luôn có tính tổng hợp, đồng thời các nhân tố sinh thái đều có mối quan hệ qua lại chặt chẽ và hình thành nên các tổ hợp sinh thái. Trước đây, ảnh hưởng các nhân tố sinh thái đến quần thể rừng nói chung hay một loài cụ thể nào đó nói riêng hầu hết được mô tả dựa vào quan sát và có tính chất định tính, mà chưa

lượng hóa được mức độ ảnh hưởng của các nhân tố sinh thái một cách cụ thể. Ngày nay, với sự phát triển khoa học sinh trắc và tin học thì các mối quan hệ giữa các nhân tố sinh thái được phát hiện thuận lợi và chỉ ra tác động tổng hợp cũng như mức độ ảnh hưởng của chúng đến thực vật như mật độ, sinh trưởng, vùng phân bố thông qua các mô hình toán đa biến, tổ hợp biến sinh thái; từ đây chỉ ra nhân tố hoặc tổ hợp nhân tố sinh thái chủ đạo dựa vào mức ảnh hưởng có ý nghĩa của tham số (P-Value) đến thực vật rừng (Bảo Huy, 2017).

Thông Caribê được gây trồng thử nghiệm đầu tiên tại Lang Hanh, huyện Đức Trọng và Cam Ly, thành phố Đà Lạt, tỉnh Lâm Đồng từ năm 1963 (Lê Đình Khả và Hồ Viết Sắc, 1980). Đến nay loài cây này đã và đang được quan tâm gây trồng, đặc biệt trong xu thế phát triển rừng trồng cây gỗ lớn. Những kết quả đánh giá về sinh trưởng và ảnh hưởng của các nhân tố sinh thái đến sinh trưởng rừng trồng Thông caribê trên các vùng sinh thái tại tỉnh Lâm Đồng là cơ sở quan trọng và là thông tin hữu ích cho việc gây trồng và phát triển loài cây này tại Lâm Đồng.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Là các mô hình rừng trồng thử nghiệm Thông caribê tại các huyện Bảo Lâm, Đam Rông, Di Linh, Đức Trọng và thành phố Đà Lạt của tỉnh Lâm Đồng với các độ tuổi từ 2 - 7 tuổi.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Thu thập số liệu

- Các số liệu khí hậu như nhiệt độ không khí (T^0), lượng mưa (P) và độ ẩm không khí (H) theo tháng và trung bình năm được thu thập từ các trạm quan trắc Bảo Lộc, Liên Khương (Đức Trọng) và Đà Lạt trong các năm 2014 - 2019; Số liệu thổ nhưỡng có được từ các kết quả phân tích mẫu đất.

- Hàng năm đo đếm các chỉ tiêu sinh trưởng: chiều cao vút ngọn (H_{vn} , m), đường kính tán (D_t , m), đường kính ngang ngực ($D_{1,3}$, cm) trên các ô tiêu chuẩn 500 m^2 (20×25 m).

Các chỉ tiêu sinh trưởng như đường kính ngang ngực ($D_{1,3}$) và đường kính tán (D_t), chiều cao vút ngọn (H_{vn}) được đo theo các phương pháp thông dụng trong điều tra rừng.

Mẫu đất được thu thập trên các mô hình rừng trồng Thông caribê bằng khoan tay, mẫu đất được lấy với các độ sâu từ 0 - 30 cm; > 30 - 60 cm và > 60 cm với khối lượng là 1 kg/mẫu; các chỉ phân tích gồm pH_{KCl} theo TCVN 5979:2007, Đạm tổng số theo TCVN 6498:1999, Lân dễ tiêu và Kali theo AOAC 990.08-2000 và thành phần cơ giới theo TCVN 4198:1995. Các mẫu đất được phân tích tại Trung tâm phân tích thuộc Viện nghiên cứu Hạt nhân Đà Lạt.

2.2.2. Phân tích số liệu

- Đánh giá sinh trưởng: Số liệu được phân tích trên MS excel và phần mềm Statgraphics XV.

- Ảnh hưởng của các nhân tố sinh thái: Khí hậu (Nhiệt độ không khí, lượng mưa và độ ẩm không khí theo các tháng trong năm và trung bình năm), nhân tố thổ nhưỡng (pH, đạm, lân và kali), tuổi cây và độ cao đến sinh trưởng, tổng cộng có 54 nhân tố được xem xét.

Sử dụng mô hình hồi quy đa biến, tổ hợp biến tuyến tính/phi tuyến có trọng số để thăm dò và

phát hiện nhân tố sinh thái chủ đạo ảnh hưởng đến sinh trưởng Thông caribê. Theo các bước sau (Bảo Huy, 2017):

i) Phân tích mối quan hệ giữa các chỉ tiêu sinh trưởng (H_{vn} , $D_{1,3}$) với các nhân tố khí hậu và thổ nhưỡng trên phần mềm Statgraphics.

ii) Thăm dò xác định biến số có ảnh hưởng đến sinh trưởng theo tiêu chuẩn C_p của Mallows (1973) và hệ số xác định hiệu chỉnh $R^2_{\text{hiệu chỉnh}}$. Các biến x_i ảnh hưởng đến y tối ưu được xác định dựa vào chỉ số C_p bé nhất và càng gần với số tham số (bao gồm hằng số) hoặc/và $R^2_{\text{hiệu chỉnh}}$ lớn nhất.

iii) Thử nghiệm các mô hình tuyến tính, phi tuyến tính, đa biến hoặc/và tổ hợp biến có quan hệ với nhau để thiết lập, thăm định sai số các mô hình quan hệ giữa mật độ Thông caribê với các nhân tố sinh thái ảnh hưởng.

Ước lượng hàm tuyến tính đa biến có trọng số (Weight) (Picard và đồng tác giả, 2012; Bảo Huy, 2017). Sử dụng trọng số $\text{Weight} = 1/x_i^a$ với x_i là biến sinh thái có ảnh hưởng lớn nhất, với $a = \pm 20$, thay đổi a để tìm mô hình tốt nhất. Mô hình được lựa chọn dựa vào chỉ tiêu thống kê R^2_{adj} lớn và các sai số bé nhất gồm sai số trung bình bình phương (RMSE) và sai số trung bình tuyệt đối % (MAPE) (Swanson *et al.*, 2011; Huy *et al.*, 2019); kết hợp với kiểm tra đồ thị quan hệ giá trị quan sát với dự đoán và phân bố sai số theo giá trị dự đoán qua mô hình (Bảo Huy, 2017).

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (1)$$

$$\text{MAPE} (\%) = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|y_i - \hat{y}_i|}{y_i} \quad (2)$$

Trong đó n là số dữ liệu; y_i , \hat{y}_i lần lượt là giá trị mật độ Thông caibe đo tính và dự đoán qua mô hình.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Sinh trưởng Thông caribê trên các mô hình

Thông tin cơ bản về điều kiện tự nhiên của các khu vực nghiên cứu được tổng hợp tại bảng 1. Qua bảng tổng hợp các nhân tố sinh thái cho thấy các mô hình được gây trồng trên 3 vùng sinh thái chính của tỉnh Lâm Đồng, vùng sinh

thái I có độ cao dưới 500 m so với mặt nước biển (Đam Rông), vùng sinh thái II có độ cao từ > 500 - 1.000 m (Bảo Lâm, Di Linh và Lang Hanh) và vùng sinh thái III có độ cao > 1000 m (Đà Lạt). Độ dốc biến động từ 5 - 25 độ, lượng mưa trung bình năm biến động từ 1650 mm (Đam Rông) đến 3113,5 mm (Bảo Lâm và Di Linh).

Bảng 1. Tổng hợp các nhân tố sinh thái tại các mô hình trồng rừng Thông caribê

STT	Các chỉ tiêu	Địa điểm					Ghi chú
		Bảo Lâm	Di Linh	Lang Hanh	Đam Rông	Đà Lạt	
1	Năm trồng	2018	2014	2014	2013	2015	
2	Mật độ trồng (cây/ha)	1.660	1.660	1.660	1.660	1.660	(2 × 3 m)
3	Độ dốc (độ)	5	20	5 - 7	25	25	
4	Độ cao so với mặt biển (m)	850	800	900	550	1.500	
5	Lượng mưa trung bình năm (mm/năm)	3.113,5	3.113,5	1.971,4	1650	1.904,7	
6	Nhiệt độ trung bình năm (°C)	22,4	22,4	22,0	22,5	18,5	
7	Độ ẩm không khí trung bình (%)	84,9	84,9	81,8	-	85,3	
8	Loại đất	Bazan	Bazan	Bazan	Feralit đỏ vàng	Feralit đỏ vàng	
9	Phân loại đất theo thành phần cơ giới	Thịt nặng	Thịt nặng	Thịt nặng	Thịt nặng	Thịt nặng	*
10	pH _{KCl}	5,0	4,7	4,7	4,2	4,6	*
11	Độ dày tầng đất (cm)	>80	>80	>80	>80	>80	

Nguồn: Niên giám Thống kê tỉnh Lâm Đồng năm 2019, (*) Lê Cảnh Nam, 2020.

Từ số liệu sinh trưởng được thu thập trên các mô hình rừng trồng tại Gungré - Di Linh, Lang Hanh - Đức Trọng, Cam Ly - Đà Lạt và Đam Rông trong ba năm từ năm 2018 - 2020; và tại B'lá - Bảo Lâm trong 2 năm (2019 - 2020). Kết quả phân tích như sau:

3.2. Sinh trưởng Thông caribê 6 tuổi tại Gungré và Lang Hanh

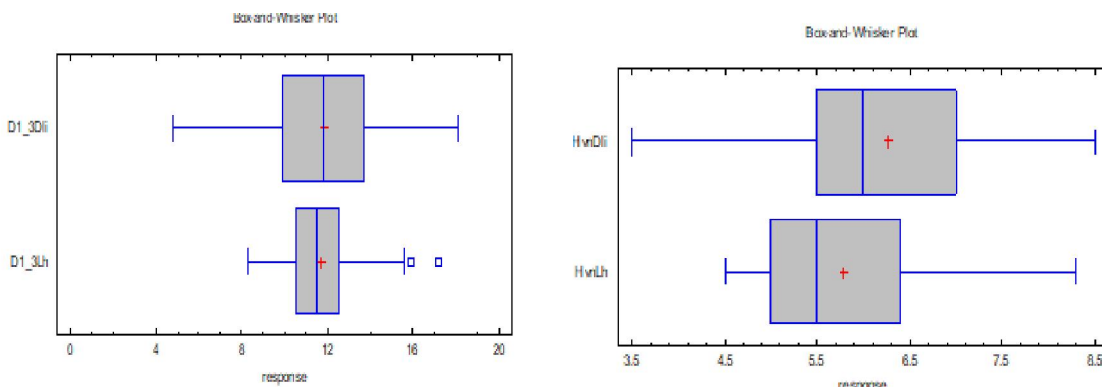
Kết quả đánh giá sinh trưởng từ số liệu thu thập trên các mô hình rừng trồng tại Gungré (Di Linh) và Lang Hanh (Đức Trọng) được thể hiện tại bảng 2.

Bảng 2. Sinh trưởng và tăng trưởng Thông caribê tại tuổi 6

Chỉ tiêu	Địa điểm		Chỉ tiêu	Địa điểm	
	Gungré	Lang Hanh		Gungré	Lang Hanh
D _{1,3b} (cm)	11,8	11,7	ΔD (cm/năm)	1,97	1,95
H _{tbvn} (m)	6,3	5,8	ΔH (m/năm)	1,04	0,96
N (c/ha)	1427	1460	ΔG (m ² /ha/năm)	2,61	2,61
M (m ³ /ha)	46,99	43,53	ΔM (m ³ /ha/năm)	7,83	7,26
R _{tbq} (m)	1,4	1,3	ΔR _i (m/năm)	0,23	0,22
S _{tbq} (m ²)	5,9	5,3	ΔS _i (m ² /năm)	0,98	0,88

Tại tuổi 6, tỷ lệ sống Thông caribê tại các mô hình là khá cao, 85,8% tại Gungré và 88,0% tại Lang Hanh, chiều cao vút ngọn của Thông caribê tại hai mô hình biến động

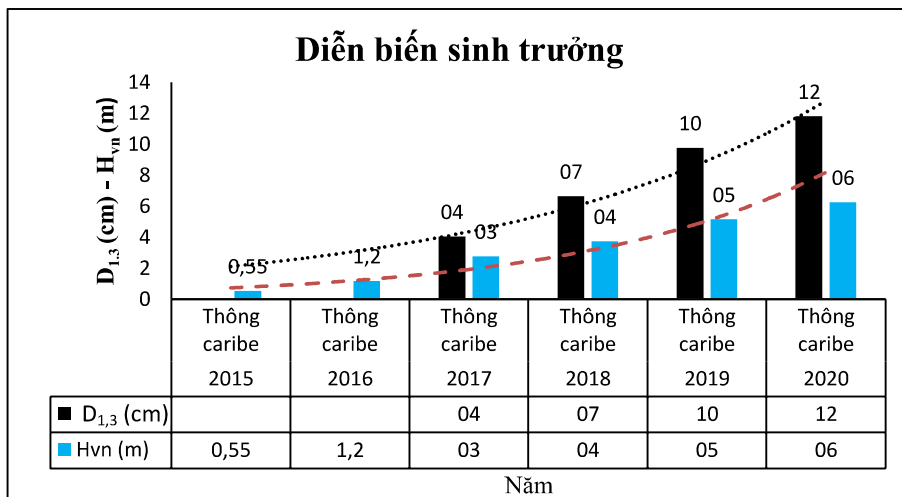
từ 3,5 - 8,5 m (Gung ré) và từ 4,5 - 8,3 m (Lang Hanh), đường kính ngang ngực biến động từ 4,8 - 18,2 cm (Gung ré) và từ 8,3 - 17,2 cm (Lang Hanh).



Hình 1. Biểu đồ Box - Whisker về biến động tăng trưởng đường kính

Kết quả so sánh sinh trưởng giữa hai mô hình cho thấy với $PD_{1,3} = 0,3424 > 0,05$ cho thấy chưa có sự khác biệt về sinh trưởng đường kính giữa hai mô hình, và với $PH_{vn} = 0,0017 < 0,05$

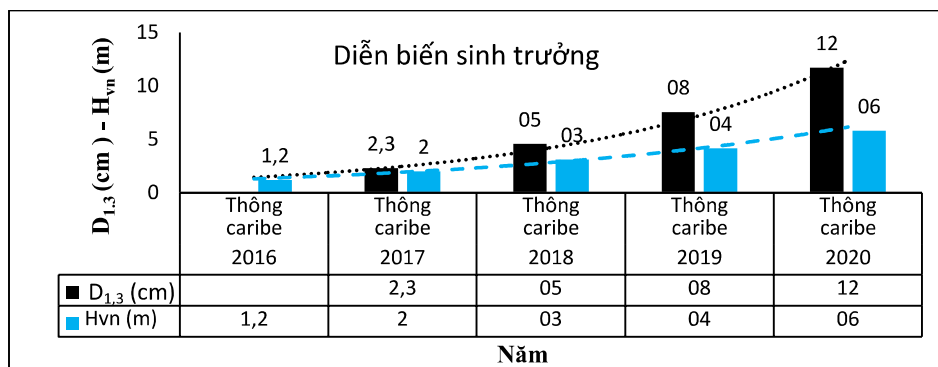
cho thấy có sự khác biệt về sinh trưởng chiều cao vút ngọn giữa hai mô hình và sinh trưởng chiều cao vút ngọn tại tại Gungré tốt hơn tại Lang Hanh (hình 1).



Hình 2. Diễn biến sinh trưởng trung bình Thông caribê qua các năm tại Gungré

Số liệu sinh trưởng thu thập qua các năm được thể hiện tại hình 2 cho thấy diễn biến sinh trưởng Thông caribê tại Gungré tăng theo từng năm cả về chiều cao vút ngọn và đường kính ngang ngực, đặc biệt là các năm từ 2017 - 2020, tốc độ

sinh trưởng về đường kính tăng rất nhanh, trên 2 cm/năm. Nhìn chung biểu đồ có xu hướng tiếp tục tăng trong các năm tiếp theo. Điều này cho thấy có thể đây là khởi đầu cho giai đoạn phát triển nhanh nhất của Thông caribê.



Hình 3. Diễn biến sinh trưởng Thông caribê qua các năm tại Lang Hanh

Biểu đồ diễn biến sinh trưởng từ hình 3 cho thấy sinh trưởng Thông caribê tại Lang Hanh tăng lên theo từng năm, đặc biệt trong các năm từ 2017 - 2020 tăng trưởng về đường kính tăng lên rất nhanh hơn 2 cm/năm. Trong khi đó tăng trưởng về chiều cao khá đồng đều với trung bình khoảng 1 m/năm. Điều này cho thấy trong giai đoạn này khi không gian dinh dưỡng thoáng, chưa có sự cạnh tranh về ánh sáng nên cây phát triển mạnh về đường kính. Xu thế chung của biểu đồ cho thấy tăng trưởng chiều cao, đường kính tiếp tục tăng nhanh trong các năm tiếp theo.

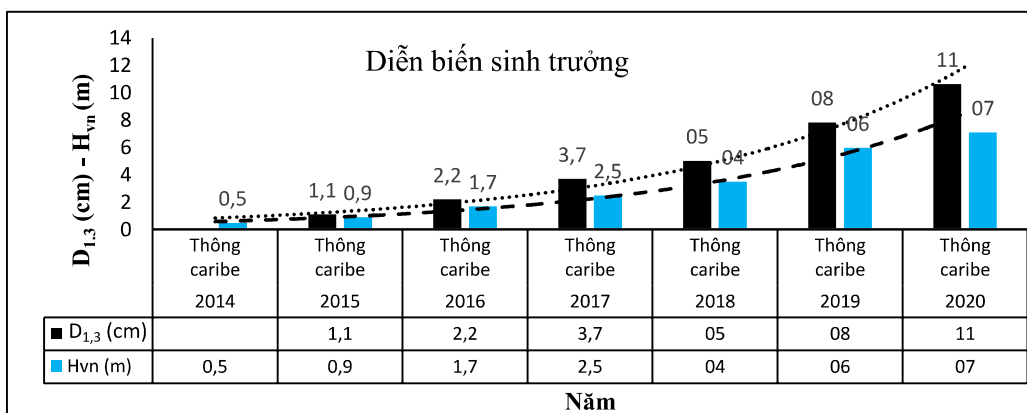
3.3. Sinh trưởng Thông caribê 7 tuổi Đam Rông

Kết quả đánh giá sinh trưởng từ số liệu thu thập được tại Đam Rông được trình bày tại bảng 3.

Bảng 3. Sinh trưởng và tăng trưởng bình quân Thông caribê tại Đam Rông

Sinh trưởng		Tăng trưởng	
D _{1,3tb} (cm)	10,6	ΔD (cm/năm)	1,52
H _{tbvn} (m)	7,1	ΔH (m/năm)	1,02
N (c/ha)	1407	ΔV (m ³ /năm)	0,004
V _{câytb} (m ³)	0,03	ΔG (m ² /ha/năm)	1,78
G (m ² /ha)	12,49	ΔM (m ³ /ha/năm)	6,12
M (m ³ /ha)	42,86	ΔR _t (m/năm)	0,21
R _{tbq} (m)	1,5	ΔS _t (m ² /năm)	1,01
S _{tbq} (m ²)	7,1		

Tại tuổi 7, tỷ lệ sống trên mô hình tại Đam Rông là 84,6%, chiều cao vút ngọn biến động từ 4,6 - 8,8 m, trung bình là 10,6 m và đường kính ngang ngực biến động là 7,6 - 14,6 cm, trung bình là 7,1 cm và trữ lượng đạt 42,86 m³/ha. Tăng trưởng bình quân về đường kính, chiều cao vút ngọn và trữ lượng lần lượt là 1,52 cm/năm, 1,02 m/năm và 6,12 m³/năm.



Hình 4. Diễn biến sinh trưởng Thông caribê qua các năm tại Đam Rông

Từ số liệu thu thập được qua các năm từ 2014 đến 2020 được thể hiện tại hình 4 cho thấy trong giai đoạn đầu từ 2014 - 2017, tốc độ sinh trưởng diễn ra khá đồng đều, từ 1 - 1,5 cm/năm về đường kính và từ 0,4 - 0,8 m về chiều cao. Tuy nhiên giai đoạn từ 2017 - 2020 tốc độ sinh trưởng diễn ra nhanh hơn từ 2,3 - 2,8 cm/năm về đường kính và từ 1 - 2,5 m/năm về chiều cao. Xu thế chung của biểu đồ là tiếp tục tăng trong các năm tiếp theo và có thể đạt cực đại trong vài năm tới.

3.4. Sinh trưởng Thông caribê 5 tuổi tại Cam Ly, Đà Lạt

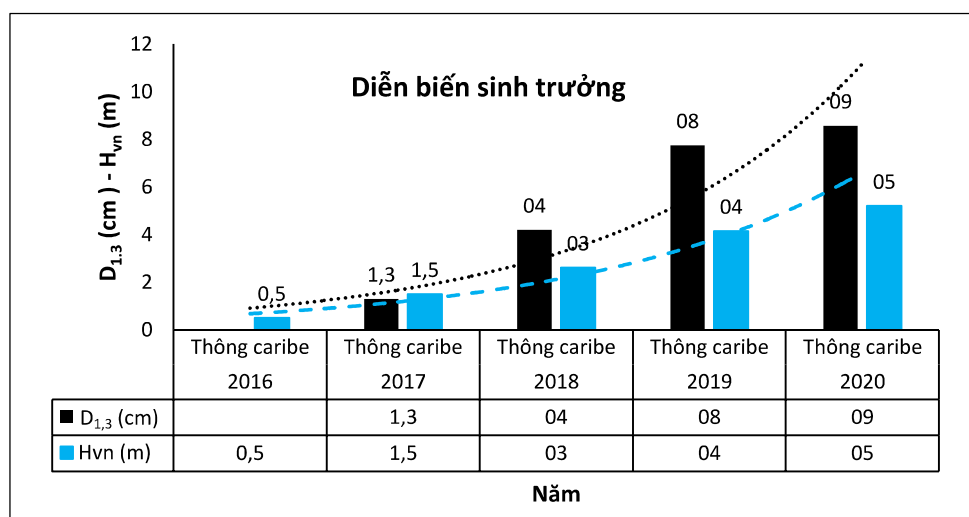
Kết quả phân tích từ số liệu sinh trưởng thu thập được trên mô hình rừng trồng Thông caribê tại Cam Ly được thể hiện tại bảng 4 cho thấy tỷ lệ sống đạt 86,7%, chiều cao vút ngọn biến động từ 3 - 6,5 m, trung bình tại tuổi 5 đạt 5,2 m; đường kính ngang ngực biến động từ 7 - 14,6 cm, trung bình đạt 10,9 cm.

Bảng 4. Sinh trưởng và tăng trưởng bình quân Thông caribê 5 tuổi tại Đà Lạt

Sinh trưởng		Tăng trưởng	
D _{1,3tb} (cm)	10,9	ΔD (cm/năm)	2,18
H _{tbvn} (m)	4,9	ΔH (m/năm)	1,03
N (cây/ha)	1440	ΔV (m ³ /năm)	0,005
V _{câytb} (m ³)	0,02	ΔG (m ² /ha/năm)	2,67
G (m ² /ha)	13,37	ΔM (m ³ /ha/năm)	6,62
M (m ³ /ha)	33,08	Δ R _{tbq} (m)	0,26
R _{tbq} (m)	1,3	Δ S _{tbq} (m ²)	1,06
S _{tbq} (m ²)	5,32		

Kết quả tại bảng 4 cho thấy tăng trưởng về đường kính ngang ngực là 2,18 cm/năm, cao hơn hẳn các mô hình khác tại Lâm Đồng, tăng trưởng về chiều cao vút ngọn là 1,03 m/năm.

Diễn biến sinh trưởng Thông caribê tại mô hình ở Cam Ly tại hình 5 cho thấy trong hai (02) năm đầu quá trình sinh trưởng diễn ra với tốc độ chậm, từ năm 2017 - 2020 tốc độ sinh trưởng tăng lên rất nhanh cả về chiều cao vút ngọn và đường kính ngang ngực, và có xu hướng tiếp tục tăng cho các năm tiếp theo.



Hình 5. Diễn biến sinh trưởng Thông caribê theo các năm tại Cam Ly

3.5. Sinh trưởng Thông caribê 2 tuổi tại B'lá, Bảo lâm

Từ số liệu thu thập trên các mô hình tại Bảo Lâm cho thấy sinh trưởng của Thông caribê là

khá nhanh cả về chiều cao vút ngọn và đường kính gốc (D₀₀). Tăng trưởng bình quân về chiều cao vút ngọn tại B'lá là 0,68 m/năm, tỷ lệ sống tại mô hình này là rất cao 95,2%.

Bảng 5. Sinh trưởng và tăng trưởng bình quân Thông caribê 2 tuổi tại B'lá

Sinh trưởng		Tăng trưởng	
D _{00tb} (cm)	3,7	ΔD ₀₀ (cm/năm)	1,85
H _{tbvn} (m)	1,37	ΔH (m/năm)	0,68
N (cây/ha)	2.389		

Từ các số liệu thu thập tại các mô hình rừng trồng Thông caribê trên các vùng sinh thái của tỉnh Lâm Đồng, từ tuổi 2 đến tuổi 7 cho thấy tăng trưởng bình quân về đường kính ngang ngực trung bình giao động từ 1,52 cm - 2, 18 cm/năm, chiều cao vút ngọn trung bình giao động từ 0,68 m - 1,04 m/năm. Trong khi đó tăng trưởng bình về đường kính ngang ngực và chiều cao vút ngọn của Thông ba lá tại Lâm Đồng lần lượt là 0,9 cm/năm và 0,8 m/năm, ngoài ra tăng trưởng đạt cực đại của Thông ba lá về đường kính là 0,998 cm/năm (tại tuổi 20) và đạt cực đại về chiều cao vút ngọn chỉ là 1,08 m/năm (tại tuổi 12) (Nguyễn Ngọc Lung, 1999). Từ những số liệu này cho thấy sinh trưởng Thông caribê hoàn toàn vượt trội so với Thông ba lá tại Lâm Đồng.

Với tăng trưởng bình quân về chiều cao là > 1 m/năm và tăng trưởng đường kính từ 1,5 - 2,2 cm/năm cho thấy sinh trưởng Thông caribê tại các vùng sinh thái ở Lâm Đồng là tương đương và tốt hơn các kết quả khảo nghiệm Thông caribê tại Đại Lải - Vĩnh Phúc, Đông Hà - Quảng Trị với H_{tb} = 1,2 - 1,6 m/năm và D_{1,3 tb} = 1,1 - 1,4 cm/năm tại tuổi 9 (Phí Quang Điện, 1989) hoặc mô hình trồng rừng thâm canh Thông caribê tại Quảng Ninh và Vĩnh Phúc với H_{tb} = 1,2 m/năm và D_{1,3tb} = 2,1 cm/năm (Đặng Văn Thuyết và Bùi Trọng Thủy, 2011); và theo Cán Thị Lan và đồng tác giả (2020), sinh trưởng Thông caribê tại tuổi 3 trên các mô hình khảo nghiệm tại Đại Lải - Vĩnh Phúc, Ba Vì - Hà Nội, Liên Chiểu - Đà Nẵng và Tứ Hạ - Thừa Thiên Huế từ 2,1 - 2,26 cm/năm về

đường kính ngang ngực và từ 0,86 - 1,08 m/năm với nguồn giống được tuyển chọn từ các mô hình khảo nghiệm trước đây. Điều này càng khẳng định Thông caribê là loài cây rất triển vọng để phát triển trồng rừng nguyên liệu, và kinh doanh cây gỗ lớn tại các vùng sinh thái của tỉnh Lâm Đồng, đặc biệt là rừng trồng kinh doanh gỗ lớn theo định hướng của ngành lâm nghiệp.

3.6. Ảnh hưởng của các nhân tố sinh thái đến sinh trưởng Thông caribê

Từ kết quả đánh giá sinh trưởng cho thấy Thông caribê phù hợp với các vùng sinh thái khác nhau tại tỉnh Lâm Đồng.

Từ 54 nhân tố sinh thái được tổng hợp để thăm dò để tìm nhân tố/tổ hợp nhân tố chủ đạo ảnh hưởng đến sinh trưởng Thông caribê theo tiêu chuẩn Cp của Mallow (1973) và phân tích PCA (Principle Components Analysis). Kết quả đã xác định định được 5 mô hình có từ 5 - 10 nhân tố và tổ hợp nhân tố ảnh hưởng đến sinh trưởng chiều cao vút ngọn (H_{vn}) và 3 mô hình có từ 4 - 7 nhân tố/tổ hợp nhân tố chủ đạo ảnh hưởng đến sinh trưởng đường kính ngang ngực (D_{1,3}).

3.6.1. Nhân tố/tổ hợp các nhân tố chủ đạo ảnh hưởng đến sinh trưởng chiều cao vút ngọn $H_{vn} = F(\text{nhân tố sinh thái})$

Kết quả dò tìm, tổ hợp và phân tích các nhân tố sinh thái ảnh hưởng đến sinh trưởng chiều cao vút ngọn (H_{vn}), kết quả được tổng hợp tại bảng 6.

Cả 4 mô hình tương quan được lập có hệ số tương quan hiệu chỉnh ($R^2_{\text{hiệu chỉnh}} = 76,7\% - 92,6\%$) từ chặt đến rất chặt, điều này giải thích rằng có từ 76,7% đến 92,6% mối liên hệ giữa sinh trưởng chiều cao vút ngọn (H_{vn}) với các nhân tố sinh thái.

Bảng 6. Tổng hợp các mô hình quan hệ H_{vn} với các nhân tố sinh thái ảnh hưởng

STT	Dạng mô hình	Trọng số	R^2 hiệu chỉnh (%)	SE	MEA	RMSE	MAPE (%)	Ghi chú
1	$H_{vn} = 17,7731 + 0,000811664 \times (H6 \times H9) + 0,0973052 \times H10 + 0,833322 \times A - 0,00114132 \times Alt - 10,5349 \times La - 0,00127346 \times P10 - 5,96293E-7 \times (P6 \times P9) - 10,957 \times pH - 0,00771945 \times (T2 \times T3) + 1,21229 \times T4$	1/A	92,6	0,298393	0,240831	0,298393	18,7142	PCA
2	$H_{vn} = 35,9786 + 0,0049933 \times (H6 \times H9) - 36,1044 \times La - 0,0000145113 \times (P6 \times P8) - 0,00368716 \times P10 - 35,9673 \times pH - 0,0444211 \times (T2 \times T3) + 5,74211 \times T4$	$1/La^{-0.2}$	89,1	0,511361	0,39988	0,51136	18,301	Cp
3	$H_{vn} = 57,0193 + 0,960153 \times H8 - 1,28491 \times H6 + 0,122154 \times H11 + 5,42315 \times La - 8,52982 \times pH$	-	84,2	0,714334	0,491923	0,71433	24,4395	Cp
4	$H_{vn} = 60,2585 + 1,17532 \times H8 - 1,67643 \times H6 + 0,201522 \times H11 + 7,67435 \times La - 7,68746 \times pH$	$1/(LaxpH)^{-1.5}$	81,7	0,870043	0,54014	0,87004	20,6395	Cp

Ghi chú: PCA: Mô hình được phân tích theo PCA (Principle Components Analysis); Cp: Mô hình được phân tích theo Cp của Mallow (1973); Hn: độ ẩm không khí trung bình tháng n (n = 1,..., 12); Tn: nhiệt độ không khí trung bình tháng n (n = 1,..., 12); Pn (lượng mưa trung bình tháng n (n = 1,..., 12); A: tuổi; Alt: độ cao so với mặt nước biển; La: lân dễ tiêu; pH: pH đất; In đậm, nghiêng: mô hình được chọn.

Kết quả từ bảng 6, trên cơ sở lựa chọn hệ số tương quan hiệu chỉnh lớn (R^2 hiệu chỉnh), thì sai tiêu chuẩn mô hình (SE) và các sai số tuyệt đối (MEA), sai số trung phương trung bình (RMSE), và sai số tuyệt đối trung bình % (MAPE) bé cũng là những tiêu chí quan trọng để lựa chọn mô hình. Kết quả lựa chọn được hai mô hình đó là:

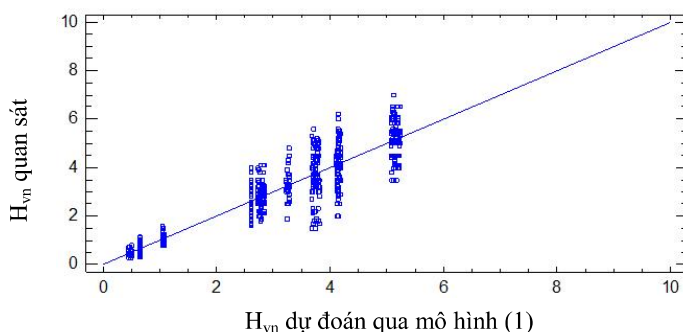
$$H_{vn} = 17,7731 + 0,000811664 \times (H6 \times H9) + 0,0973052 \times H10 + 0,833322 \times A - 0,00114132 \times Alt - 10,5349 \times La - 0,00127346 \times P10 - 5,96293E-7 \times (P6 \times P9) - 10,957 \times pH - 0,00771945 \times (T2 \times T3) + 1,21229 \times T4 \tag{1}$$

- Mô hình (1) sinh trưởng chiều cao vút ngọn (H_{vn}) ảnh hưởng bởi các nhân tố tuổi (A), độ cao so với mặt nước biển (Alt), độ ẩm không khí trung bình các tháng 6, 9, 10 (H6, H9, H10), lượng mưa trung bình các tháng 6, 8 và 10 (P6, P8 và P10), nhiệt độ trung bình các tháng 2, 3 và 4 (T2, T3 và T4), pH đất và hàm lượng lân dễ tiêu tổng số La (P_2O_5).

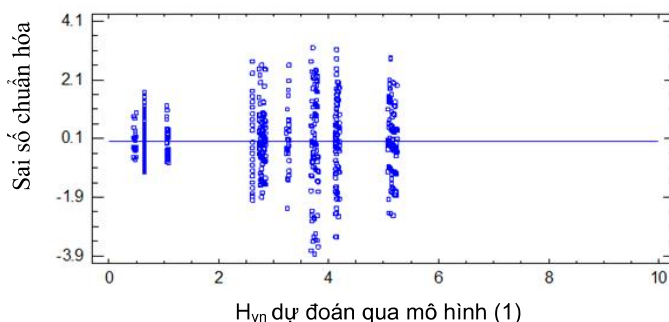
Trong các nhân tố này, các nhân tố độ ẩm không khí trung bình tháng (H6, H9, H10), Tuổi (A) và nhiệt độ trung bình không khí

tháng 2, 3 và 4 (T2, T3 và T4) có quan hệ thuận với chiều cao vút ngọn H_{vn} ; Các nhân tố độ cao so với mặt nước biển (Alt), lân dễ tiêu tổng số (La), lượng mưa trung bình tháng 6, 9 và 10 (P6, P9 và P10) có tương quan nghịch với sinh trưởng chiều cao vút ngọn H_{vn} .

Mô hình (1) mô tả rất tốt quan hệ giữa chiều cao vút ngọn với các nhân tố sinh thái. Tại hình 6 cho thấy H_{vn} quan sát và dự đoán qua mô hình có phân bố khá đều và bám sát đường chéo.



Hình 6. Quan hệ giá trị dự đoán và quan sát của mô hình tương quan sinh trưởng chiều cao vút ngọn H_{vn} với các nhân tố sinh thái



Hình 6: Biến động sai số chuẩn hóa theo giá trị dự đoán của mô hình

Tổng quát mô hình và giá trị dự báo bám sát giá trị quan sát, sai số biến động chuẩn hóa rải đều theo giá trị quan sát và đa số đều nằm trong phạm vi từ -2 đến +2 (hình 6 và hình 7).

3.6.2. Nhân tố/tổ hợp các nhân tố chủ đạo ảnh hưởng đến sinh trưởng đường kính ngang ngực $D_{1,3} = F$ (nhân tố sinh thái)

Kết quả dò tìm, tổ hợp và phân tích các nhân tố sinh thái ảnh hưởng đến sinh trưởng đường kính ngang ngực ($D_{1,3}$), kết quả được tổng hợp tại bảng 7.

Bảng 7. Tổng hợp các mô hình quan hệ $D_{1,3}$ với các nhân tố sinh thái ảnh hưởng

STT	Dạng mô hình	Trọng số	R^2 hiệu chỉnh (%)	SE	MEA	RMSE	MAPE (%)	Ghi chú
1	$DBH = 78,1443 + 3,15596 \times A - 18,6266 \times pH - 1,08306E-11 \times P7 \times P8 \times P9 \times P10 + 0,000356964 \times T7 \times T8 \times T9$	1/A	56,97	0,913168	1,38008	0,913168	28,1526	Cp
2	$DBH = 77,2889 - 0,565521 \times La + 3,14907 \times A - 18,4716 \times pH - 9,61946E-12 \times P7 \times P8 \times P9 \times P10 + 0,000384643 \times T7 \times T8 \times T9$	$1/A^{1,5}$	57,29	0,642595	1,35287	0,642595	28,4297	Cp
3	$DBH = 57,3518 - 194,037 \times (Đa \times La) + 1,11843E-10 \times (P7 \times P8 \times P9 \times P10) - 13,0841 \times pH + 0,0012556 \times (T5 \times T6 \times T7)$	$1/(pH \times Đa \times La)^2$	57,92	0,347418	1,50931	0,347418	27,8436	Cp

Ghi chú: Cp: Mô hình được phân tích theo Cp của Mallow (1973); Tn: nhiệt độ không khí trung bình tháng n (n = 5, 6, 7); Pn (lượng mưa trung bình tháng n (n = 7, 8, 9, 10); A: tuổi; La: lân dễ tiêu; pH: pH đất; In đậm, nghiêng: mô hình được chọn.

Cả 3 mô hình tương quan được lập có hệ số tương quan hiệu chỉnh xấp xỉ nhau ($R^2_{\text{hiệu chỉnh}} = 56,97\% - 57,92\%$) và khá chặt, điều này giải thích rằng có từ 56,97% đến 57,92% mối liên hệ giữa sinh trưởng đường kính ngang ngực ($D_{1,3}$) với các nhân tố sinh thái.

Kết quả từ bảng 7, trên cơ sở lựa chọn hệ số

tương quan hiệu chỉnh lớn ($R^2_{\text{hiệu chỉnh}}$), thì sai tiêu chuẩn mô hình (SE) và các sai số tuyệt đối (MEA), sai số trung phương trung bình (RMSE), và sai số tuyệt đối trung bình % (MAPE) bé cũng là những tiêu chí quan trọng để lựa chọn mô hình. Kết quả lựa chọn được hai mô hình đó là:

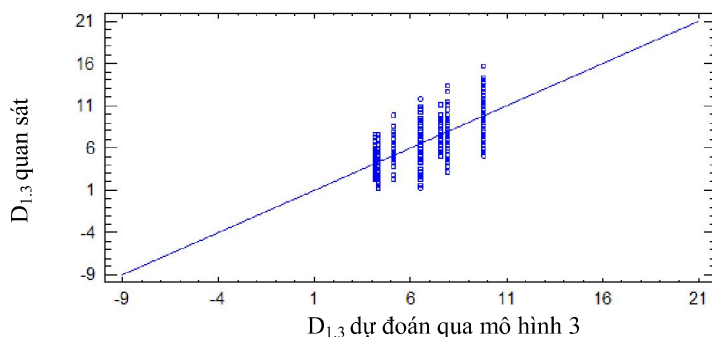
$$DBH = 77,2889 - 0,565521 \times La + 3,14907 \times A - 18,4716 \times pH - 9,61946E-12 \times (P7 \times P8 \times P9 \times P10) + 0,000384643 \times (T7 \times T8 \times T9) \quad (2)$$

- Mô hình (2) sinh trưởng đường kính ngang ngực ($D_{1,3}$) ảnh hưởng bởi các nhân tố tuổi (A), lượng mưa trung bình các tháng 7, 8, 9 và 10 (P7, P8, 9 và P10), nhiệt độ trung bình các tháng 5, 6 và 7 (T5, T6 và T7), pH đất và hàm lượng lân dễ tiêu tổng số La (P_2O_5).

Trong các nhân tố này, các nhân tố tuổi (A) và nhiệt độ trung bình không khí tháng 5, 6 và 7 (T5, T6 và T7) có quan hệ thuận với đường kính ngang ngực ($D_{1,3}$); Các nhân tố lân dễ

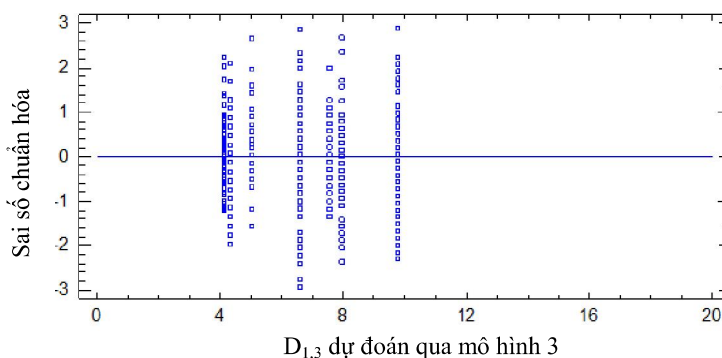
tiêu tổng số (La), lượng mưa trung bình tháng 7, 8, 9 và 10 (P7, P8, P9 và P10) có tương quan nghịch với sinh trưởng đường kính ngang ngực ($D_{1,3}$).

Mô hình (2) mô tả khá tốt quan hệ giữa đường kính ngang ngực ($D_{1,3}$) với các nhân tố sinh thái, mô hình này được sử dụng khi xác định được tuổi A. Tại hình 8 cho thấy $D_{1,3}$ quan sát và dự đoán qua mô hình có phân bố khá đều và bám sát đường chéo.



Hình 8. Quan hệ giá trị dự đoán và quan sát của mô hình tương quan sinh trưởng đường kính ngang ngực $D_{1,3}$ với các nhân tố sinh thái

Nhìn một cách tổng quát thì mô hình và giá trị dự báo bám sát giá trị quan sát, sai số biến động chuẩn hóa rải đều theo giá trị quan sát và đa số đều nằm trong phạm vi từ -2 đến +2 (hình 8 và hình 9).



Hình 9. Biến động sai số chuẩn hóa theo giá trị dự đoán của mô hình

Từ các mô hình (1) và (2) được thiết lập có thể ứng dụng vào thực tiễn sản xuất để dự đoán, dự báo năng suất, sinh trưởng Thông caribê tại các lập địa trên các vùng sinh thái của tỉnh Lâm Đồng, từ đó đề xuất/đưa ra các kế hoạch quản lý phù hợp cho từng lập địa cụ thể.

IV. KẾT LUẬN

Tăng trưởng bình quân hàng năm về đường kính ngang ngực $\Delta D_{1,3} = 1,9$ cm/năm và chiều cao vút ngọn $\Delta H_{vn} = 1,0$ m/năm, cho thấy Thông caribê sinh trưởng và phát triển tốt trên các vùng sinh thái khác nhau tại tỉnh

Lâm Đồng với độ cao so với mặt nước biển từ 500 - 1.500 m, lượng mưa biến động từ 1.650 mm đến trên 3.000 mm/năm, nhiệt độ trung bình năm biến động từ 18,5 - 22,5°C; và các dạng lập địa khác nhau có độ dốc từ 5 - 25 độ, pH từ 4,2 - 5,0 và thành phần cơ giới đất là thịt nặng.

Sinh trưởng chiều cao vút ngọn H_{vn} chịu ảnh hưởng của các nhân tố sinh thái như độ cao so với mặt nước biển, độ ẩm không khí tháng 6, 9 và 10, lượng mưa trung bình tháng 6, 9, nhiệt độ trung bình các tháng 2, 3 và 4, lần để tiêu tổng số, pH đất và tuổi qua mô hình:

$$H_{vn} = 17,7731 + 0,000811664 \times (H6 \times H9) + 0,0973052 \times H10 + 0,833322 \times A - 0,00114132 \times \text{Alt} - 10,5349 \times La - 0,00127346 \times P10 - 5,96293E-7 \times (P6 \times P9) - 10,957 \times \text{pH} - 0,00771945 \times (T2 \times T3) + 1,21229 \times T4$$

Sinh trưởng đường kính ngang ngực $D_{1,3}$ chịu ảnh hưởng của các nhân tố sinh thái như lượng mưa trung bình các tháng 7, 8, 9 và 10; nhiệt

độ trung bình tháng 7, và 9; hàm lượng lân để tiêu tổng số, pH đất và tuổi qua mô hình:

$$D_{1,3} = 77,2889 - 0,565521 \times La + 3,14907 \times A - 18,4716 \times \text{pH} - 9,61946E-12 \times (P7 \times P8 \times P9 \times P10) + 0,000384643 \times (T7 \times T8 \times T9)$$

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Niên giám thống kê tỉnh Lâm Đồng, 2019.
2. Phí Quang Điện, 1989. Báo cáo về khảo nghiệm loài và xuất xứ thông. Trung tâm Nghiên cứu Giống cây rừng.
3. Bảo Huy, 2017a. Tin học thống kê trong lâm nghiệp. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Tp. HCM, 282p.
4. Huy, B., Tinh, N.T., Poudel, K.P., Frank, B.M., Temesgen, H. 2019. Taxon-specific modeling systems for improving reliability of tree aboveground biomass and its components estimates in tropical dry dipterocarp forests. *Forest Ecology and Management* 437: 156 - 174.
5. Lê Đình Khả, Hồ Viết Sắc, 1980. Tình hình sinh trưởng một số loài cây lá kim ở vùng núi Đà Lạt, Tạp chí Lâm nghiệp, số 9.
6. Nguyễn Ngọc Lung, 1999. Nghiên cứu tăng trưởng và sản lượng rừng trồng áp dụng cho rừng Thông ba lá ở Việt Nam, NXB Nông nghiệp, Hà Nội.
7. Nguyễn Hoàng Nghĩa, 2004. Các loài cây lá kim ở Việt Nam. NXB Nông nghiệp.
8. Đặng Văn Thuyết, Bùi Trọng Thủy, 2011. Nghiên cứu kỹ thuật trồng rừng thâm canh Thông caribê cung cấp gỗ lớn - Kết quả NCKH Công nghệ Lâm nghiệp giai đoạn 2006 - 2010, NXB Nông nghiệp.
9. Baylis, W. B. H. and R. D. Barnes, 1989. International provenance trials of *Pinus caribaea* Var. bahamensis. In: *Breeding tropical trees: Population structure and genetic improvement strategies in clonal and seedling forestry.*

- Proc. IUFRO Conf., Pattaya, Thailand, November 1988 (Eds. Gibson, G.L., Griffing, A.R. and Matheson, A.C.). Oxford Forestry Institute/Winrock International, Arlington VA. pp. 283 - 290.
10. Gerel Reyes, SandrabBrown, Jonathan Chapman, and Ariel E. Lugo, 1992. Wood densities of Tropical tree species. U.S. GOVERNMENT PRINTING OFFICE:1992 - 666 - 020/40031.
 11. Picard, N., Saint-André L., Henry M. 2012. Manual for building tree volume and biomass allometric equations: from field measurement to prediction. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, and Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Montpellier, 215 pp.
 12. Swanson, D.A., Tayman, J., Bryan, T.M. 2011. MAPE-R: a rescaled measure of accuracy for cross-sectional subnational population forecasts. J. Populat. Res. 28: 225 - 2.

Email tác giả liên hệ: namlecanhdat@gmail.com

Ngày nhận bài: 01/07/2021

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 03/07/2021

Ngày duyệt đăng: 05/07/2021