

XÂY DỰNG MÔ HÌNH SINH TRƯỞNG VÀ TĂNG TRƯỞNG RỪNG TRỒNG TẾCH (*Tectona grandis* Linn. f.) THUẦN LOÀI TẠI YÊN CHÂU, SƠN LA

Dương Văn Đoàn, Nguyễn Công Hoan

Trường Đại học Nông Lâm Thái Nguyên, Đại học Thái Nguyên

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu cũng như thực tiễn sản xuất lâm nghiệp, việc mô hình hóa sinh trưởng rừng trồng theo thời gian luôn được xem là nhiệm vụ quan trọng, làm cơ sở xác định thời điểm khai thác chính. Vì vậy, việc xây dựng những mô hình sinh trưởng (đường kính, chiều cao, thể tích thân cây, trữ lượng rừng,... theo tuổi) trên cây cá thể và lâm phần rừng trồng bằng những phương trình toán học là cần thiết. Bài viết này phân tích và dự báo quá trình sinh trưởng, tăng trưởng rừng trồng Tếch bằng cây tiêu chuẩn tại huyện Yên Châu, tỉnh Sơn La nhằm xác định lượng tăng trưởng thường xuyên, tăng trưởng định kỳ theo tuổi làm cơ sở dự báo tuổi khai thác chính cho lâm phần. Năm hàm sinh trưởng đã được sử dụng để mô tả quá trình sinh trưởng về đường kính thân ($D_{1,3}$), chiều cao (H_{vn}) và thể tích (V) cho đối tượng nghiên cứu như hàm: Schumacher, Koller, Korf, Terazaki và hàm Gompertz, trong đó phương trình được chọn là phương trình có các tham số tồn tại trong tổng thể, hệ số xác định lớn nhất (R^2_{max}). Kết quả nghiên cứu cho thấy, sinh trưởng và tăng trưởng về đường kính thân ($D_{1,3}$), chiều cao (H_{vn}) và thể tích (V) được mô tả rất tốt bằng hàm Schumacher với hệ số xác định từ R^2 từ 0,994 - 0,998, các phương trình sinh trưởng có dạng: $D = 49,261 * \exp(-3,871/A^{**0,450})$; $H = 54,238 * \exp(-5,011/A^{**0,480})$; $V = 2,167 * \exp(-10,468/A^{**0,529})$.

Từ khóa: Sinh trưởng, tăng trưởng, rừng trồng Tếch, kinh doanh rừng, Sơn La.

BUILDING MODELS OF GROWTH AND INCREMENTAL GROWTH OF *Tectona grandis* Linn. f PLANTATION AT YEN CHAU, SON LA

Duong Van Doan, Nguyen Cong Hoan

Thai Nguyen University of Agriculture and Forestry - Thai Nguyen University

SUMMARY

In research as well as practice in forestry production, modeling the growth of planted forests over time is always considered an important task, as a basis for determining the main harvesting time. Therefore, it is necessary to build growth models (diameter, height, trunk volume, forest volume, etc. by age) on individual trees and planted forest stands by mathematical equations. This research analyzes and predicts the growth and incremental growth of *Tectona grandis* plantations with standard trees in Yen Chau district, Son La province in order to determine the amount of regular growth and periodic growth according to age as a basis for forecasting of main exploitation age for forest stand. Five growth functions were used to describe the growth process in terms of stem diameter ($D_{1,3}$), height (H_{vn}) and volume (V) for research subjects such as: Schumacher, Koller, Korf, Terazaki, and Gompertz, where the selected equation is the one with the parameters that exist in the population and has the maximum coefficient of determination (R^2_{max}). Research results showed that growth and incremental growth in stem diameter ($D_{1,3}$), height (H_{vn}) and volume (V) are very well described by Schumacher function with R^2 from 0,994 to 0,998, the growth equations as below: $D = 49,261 * \exp(-3,871/A^{**0,450})$; $H = 54,238 * \exp(-5,011/A^{**0,480})$; $V = 2,167 * \exp(-10,468/A^{**0,529})$.

Keywords: Growth, incremental growth, *Tectona grandis* plantation, forest business, Son La.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tếch có tên khoa học (*Tectona grandis* L. f.), là loài cây mọc tự nhiên của khu hệ thực vật Ấn Độ - Miến Điện và phân bố tự nhiên ở Ấn Độ, Myanmar, Lào, Thái Lan (FAO, 2001). Tếch là loài cây đại mộc, cao từ 30 - 40 m, đường kính từ 90 - 120 cm, cây già gốc có bạnh nhỏ, rụng lá theo mùa (Pandey. D, Brown. C, 2000). Do Tếch cho gỗ tốt, giá trị cao, dễ trồng và thích nghi với nhiều lập địa khác nhau nên được trồng thuần loài hoặc kết hợp cùng với các loài khác như: Ca cao, cọ dầu và song mây ở nhiều nước nhiệt đới như: Nigeria, Bờ Biển Ngà, Sierra Leone ở châu Phi, Costa Rica, Panama, Colombia, Trinidad, Tobago và Venezuela ở Trung Mỹ, cũng như các nước châu Á (Adegbehin, J.O., 2002; Yahya, A.Z, *et al.*, 2011). Năm 2000, diện tích rừng trồng Tếch toàn cầu đạt 5,7 triệu ha (Pandey D., Brown C., 2000; FAO, 2001). Năm 2022, Tếch được trồng chủ yếu từ hom cành và cây mô ở hơn 70 quốc gia trên toàn cầu với diện tích 6,8 triệu ha, trong đó 80% diện tích ở châu Á (Rekha R. W, *et al.*, 2022; Anja Nölte, *et al.*, 2022; Bao Huy, *et al.*, 2022). Hiện nay, Tếch là một loài cây được trồng phổ biến trong mô hình nông lâm kết hợp vì có tốc độ tăng trưởng nhanh trong những năm đầu và được quản lý theo quy trình kỹ thuật (Kimambo, N.E, *et al.*, 2020; Sasidharan, S., 2021; Bao Huy, *et al.*, 2022). Trên toàn cầu có khoảng 0,92 triệu ha Tếch là được canh tác bởi các nông hộ nhỏ, trong đó chỉ có 19% ở châu Á (Pramono, A.A, *et al.*, 2011; Radío, M.I.L., Delgado, D.M., 2014; Jerez-Rico M, Coutinho S., 2017; Kollert W., Kleine, M., 2017; Canadas-L. *et al.*, 2018; FAO., 2020; Amusa, T.O., & Adedapo, S.M., 2020; Kimambo, N.E, *et al.*, 2020; Rekha R. W, *et al.*, 2022; Anja Nölte, *et al.*, 2022; Bao Huy, *et al.*, 2022). Ở Việt Nam, cây Tếch sinh trưởng tốt ít nhất trên 3 vùng sinh thái chính là Đông Nam Bộ (Đồng Nai, Tây Ninh), Tây Nguyên (Đắk Lắk

và Tây Bắc (Sơn La) trên nhiều loại đất khác nhau từ đất đỏ bazan, đất đen bazan trẻ, đất đá vôi, đất nâu spilit, đất phù sa, đất xám đến đất vàng đỏ,... (Trần Duy Diễm, 1994; Bảo Huy, 1995; Bao Huy, *et al.*, 2022).

Sơn La thuộc phía Tây Bắc của Việt Nam, nơi có điều kiện khí hậu thổ nhưỡng phù hợp trồng cây Tếch, trong đó có huyện Yên Châu có diện tích lớn nhất chiếm khoảng 80 - 90% diện tích rừng Tếch toàn tỉnh. Cây Tếch được trồng quản lý theo hộ gia đình có diện tích từ 0,5 - 1,2 ha theo phương thức nông lâm kết hợp với cây ăn quả, cây lương thực (xoài, nhãn, ngô,...) với mục đích bảo vệ đất, chống xói mòn, đảm bảo đa dạng sinh học cũng như đáp ứng nhu cầu về gỗ đồ mộc, tạo công ăn việc làm, phát triển kinh tế cho người dân sống trên địa bàn. Tếch là loài cây trồng rừng có ý nghĩa lớn với địa phương, tuy nhiên sinh trưởng của rừng trồng Tếch không chỉ thay đổi theo tuổi cây mà còn phụ thuộc vào điều kiện môi trường (lập địa) và phương thức lâm sinh. Vì thế, những nghiên cứu về sinh trưởng của rừng trồng Tếch là rất cần thiết. Kết quả này sẽ cung cấp thông tin về sinh trưởng, tăng trưởng rừng trồng Tếch tại huyện Yên Châu, tỉnh Sơn La góp phần xây dựng phương thức lâm sinh, kế hoạch quản lý và khai thác rừng hợp lý nhằm mang lại năng suất và chất lượng gỗ tốt nhất trong một chu kỳ doanh rừng Tếch tại khu vực nghiên cứu.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Là rừng trồng Tếch thuần loài tuổi 22 tại huyện Yên Châu, tỉnh Sơn La. Các thảm cây bụi, tái sinh tự nhiên và rừng trồng loài cây khác không thuộc đối tượng nghiên cứu.

2.2. Phương pháp thu thập số liệu

- Số liệu sinh trưởng của rừng trồng Tếch được thu thập theo phương pháp điều tra ô tiêu chuẩn (OTC) điển hình kết hợp phương pháp điều tra cây tiêu chuẩn.

- *Điều tra OTC*: Diện tích là 1.000 m² (20 × 50 m), các chỉ tiêu điều tra gồm: mật độ hiện tại (N_{ht}), đường kính ngang ngực (D_{1,3}) và chiều cao vút ngọn (H_{vn}). Mật độ hiện tại (N_{ht}) được điều tra theo phương pháp thống kê, đường kính đo bằng thước kẹp có độ chính xác đến mm, chiều cao đo bằng thước đo cao có độ chính xác đến cm.

- *Xác định cây tiêu chuẩn*: Trong OTC tạm thời, đo đếm tất cả các chỉ tiêu sinh trưởng của cây (D_{1,3}, H_{vn}...), từ đó xác định cây tiêu chuẩn bình quân lâm phần. Cây chặt hạ là cây có giá trị D, H gần bằng cây bình quân lâm phần.

- *Thu thập số liệu sinh trưởng*: Sau khi chặt hạ, cây tiêu chuẩn được phát hết cành nhánh, sau đó đo chiều dài từ gốc chặt đến ngọn (L, m) bằng thước dây có độ chính xác 0,01 m. Kế đến, phân chia thân cây thành những phân đoạn có chiều dài L = 1 m. Sau đó, cưa thót giải tích tại các vị trí: 0,0 m; 1 m; 1,3 m; 2 m; 3 m; 4 m..., cho đến đoạn ngọn còn lại có chiều dài L_n ≤ 1 m. Ngoài ra, để dò đỉnh sinh trưởng cho từng năm, tiến hành cưa thót và đếm số vòng năm theo phân đoạn 0,5 m. Làm như vậy, sai số xác định chiều cao không quá ± 0,25 m. Sau đó, những thót giải tích được tập hợp theo cây tiêu chuẩn và được ghi chú thứ tự cây, vị trí thót, hướng dốc của mặt thót hướng về phía ngọn cây.

2.3. Phương pháp xử lý số liệu

- *Xây dựng hàm sinh trưởng đối với cây bình quân*: Trước hết, từ số liệu về D_{1,3} (cm), H_{vn} (m) và V (m³) tương ứng với tuổi (A, năm), xây dựng mô hình sinh trưởng D_{1,3}, H_{vn}, V bằng 5 hàm sinh trưởng là hàm Schumacher, Koller, Korf, Terazaki và hàm Gompertz có dạng:

Hàm Terazaki có dạng:

$$Y = ae^{\frac{-b}{T}} \quad (1)$$

Hàm Koller có dạng:

$$Y = aT^{b \cdot e^{-cT}} \quad (2)$$

Hàm Korf có dạng:

$$Y = me^{-bT^{-c}} \quad (3)$$

Hàm Gomperts có dạng:

$$Y = m \cdot e^{-b \cdot e^{-cA}} \quad (4)$$

Hàm Schumacher có dạng:

$$Y = m \cdot e^{\frac{b \cdot C}{A}} \quad (5)$$

Trong đó: Y là biến số D_{1,3}, H_{vn}, V;

A là tuổi;

e là cơ số của lôgarit tự nhiên

(e = 2,7182).

- *Xác định quá trình sinh trưởng đối với rừng trồng Téch*: Sử dụng các hàm (D = f(A); H = f(A) và V = f(A)) để khảo sát sinh trưởng của rừng trồng Téch, xác định các giá trị trung bình: D, H, V ở những tuổi khác nhau. Đồng thời xác định lượng tăng trưởng thường xuyên và bình quân hàng năm: Z_D, Z_H, Z_V; Δ_D, Δ_H, Δ_V và suất tăng trưởng P_d%, P_h%, P_v%. Tuổi ứng với Z_{Dmax}, Z_{Hmax}, Z_{Vmax} là thời điểm mà D, H, V chuyển từ giai đoạn sinh trưởng nhanh sang giai đoạn sinh trưởng chậm. Tuổi ứng với Δ_{Vmax} là tuổi thành thực số lượng đối với rừng trồng Téch.

Sử dụng phần mềm SPSS 20.0 để phân tích quá trình sinh trưởng, tăng trưởng của các nhân tố điều tra lâm phần. Hàm được chọn là hàm sinh trưởng có giá trị R² lớn nhất, các tham số tồn tại trong tổng thể.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Thử nghiệm các hàm mô phỏng sinh trưởng rừng trồng Téch

Trong nghiên cứu cũng như thực tiễn sản xuất lâm nghiệp, việc mô hình hóa sinh trưởng của rừng trồng theo thời gian luôn được xem là nhiệm vụ quan trọng nhằm đề xuất các biện pháp kỹ thuật tác động để sinh trưởng của rừng đạt được kết quả mong muốn. Để mô phỏng về sinh trưởng của rừng trồng Téch tại khu vực

nghiên cứu, đã sử dụng 5 hàm sinh trưởng khác nhau. Kết quả được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Sự phù hợp của các hàm lý thuyết mô phỏng quy luật sinh trưởng D, H, V rừng trồng Tách tại khu vực nghiên cứu

Mô hình	Tham số			Hàm sinh trưởng	R ²
	b ₁	b ₂	b ₃		
Hàm Koller	2,220	0,798	0,006	D = 2,220*A**0,798*exp(-0,006*A)	0,965
	0,980	1,204	0,031	H = 0,980*A**1,204*exp(-0,031*A)	0,958
	0,004	2,334	0,008	V = 0,004*A**2,334*exp(-0,008*A)	0,969
Hàm Korf	6207,008	8,082	0,119	D = 6207,008*exp(-8,082*A**-0,119)	0,987
	179,111	5,595	0,309	H = 179,111*exp(-5,595*A**-0,309)	0,979
	6462,121	18,502	0,212	V = 6462,121*exp(-18,502*A**-0,212)	0,985
Hàm Terazaki	28,056	6,648	-	D = 28,056*exp((-6,648)/A)	0,984
	28,645	8,534	-	H = 28,645*exp((-8,534)/A)	0,980
	18,607	33,261	-	V = 18,607*exp((-33,261)/A)	0,992
Hàm Gompertz	25,890	2,340	0,124	D = 25,890*exp(-2,340*exp(-0,124*A))	0,986
	22,244	2,940	0,149	H = 22,244*exp(-2,940*exp(-0,149*A))	0,975
	12,682	6,367	0,081	V = 12,682*exp(-6,367*exp(-0,081*A))	0,998
Hàm Schumacher	49,261	3,871	0,450	D = 49,261*exp(-3,832/A**0,451)	0,989
	54,238	5,011	0,480	H = 54,238*exp(-5,011/A**0,480)	0,995
	3,136	11,846	0,729	V = 2,167*exp(-10,468/A**0,529)	0,999

Kết quả bảng 1 cho thấy, cả 5 hàm sinh trưởng đều mô tả tốt quá trình sinh trưởng của rừng trồng Tách thuần loài, đều tuổi tại khu vực nghiên cứu, các tham số tồn tại trong tổng thể, hệ số xác định (R²) dao động từ 0,984 - 0,999. Song, trong 5 hàm thì hàm Schumacher có hệ số xác định cao nhất R² từ 0,989 - 0,999, các tham số tồn tại trong tổng thể.

Mặt khác, hàm Schumacher là hàm thường được nhiều tác giả sử dụng như: Trần Duy Diễn (1994), Bảo Huy (1995), Bảo Huy (2022), Vũ Tiên Hình (2012), Nguyễn Huy Sơn (2008), Hoàng Văn Hải (2017), Nguyễn Văn Tân (2017), Trần Thị Ngoan (2019), Nguyễn Văn Việt (2020),... để mô phỏng sinh trưởng, tăng trưởng ở một số dạng rừng trồng chủ yếu ở Việt Nam như: Tách, Thông nhựa, Thông mã vĩ, Thông ba lá, Sa mộc, Mỡ, Keo lười liềm, keo lai, Bò đề,... bởi hàm này có ưu điểm là đồ thị mô phỏng quá trình sinh trưởng xuất phát từ gốc

tọa độ 0 (0,0), có một điểm uốn, có một tiệm cận nằm ngang đáp ứng được yêu cầu biểu thị một đường cong sinh trưởng cho đối tượng nghiên cứu. Từ những lý do trên, hàm Schumacher đã được chọn để mô tả quy luật sinh trưởng, tăng trưởng các nhân tố D, H, V cho đối tượng nghiên cứu.

3.2. Sinh trưởng, tăng trưởng đường kính thân cây

Đường kính là một chỉ tiêu quan trọng tạo nên trữ lượng rừng trồng, khả năng sinh trưởng nhanh hay chậm sẽ quyết định năng suất và chất lượng rừng trồng. Khả năng sinh trưởng về đường kính bị ảnh hưởng bởi mật độ, loài cây, tuổi cây, lập địa và biện pháp kỹ thuật chăm sóc, nuôi dưỡng rừng. Kết quả mô phỏng đặc điểm sinh trưởng, tăng trưởng đường kính rừng trồng Tách được trình bày tại bảng 2.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, sinh trưởng và tăng trưởng về đường kính thân cây có sự biến động theo tuổi. Trong những năm đầu, lượng tăng trưởng thường xuyên hàng năm Zd biến động từ 1,79 (cm/năm) đến 1,02 (cm/năm). Lượng tăng trưởng thường xuyên đạt cực đại ở tuổi 2 là 1,85 (cm/năm) và giảm dần từ tuổi 3 đến tuổi 7. Từ tuổi 8 đến tuổi 21, lượng tăng trưởng thường xuyên hàng năm giảm từ 0,92 (cm/năm) đến 0,39 (cm/năm). Từ tuổi 22 trở đi, rừng trồng Tách có lượng tăng trưởng thường xuyên hàng năm là dưới 0,37 (cm/năm).

Cùng với sự biến đổi về lượng tăng trưởng thường xuyên hàng năm (Zd) thì lượng tăng trưởng bình quân chung Δd có sự biến động từ 1,03 (cm/năm) đến 1,40 (cm/năm) từ tuổi 1 đến tuổi 7, trong đó Δd đạt cực đại ở tuổi 3 với giá trị là 1,55 (cm/năm). Từ tuổi 8 đến tuổi 21, lượng tăng trưởng bình quân chung có xu hướng giảm dần và biến động từ 1,35 (cm/năm) đến 0,88 (cm/năm). Từ tuổi 22 trở đi, rừng trồng Tách có lượng tăng trưởng bình quân chung là dưới 0,86 (cm/năm).

Bảng 2. Đặc điểm sinh trưởng và tăng trưởng đường kính rừng trồng Tách

A	$\bar{D}_{1,3}$ (cm)	Zd (cm/năm)	Δd (cm/năm)	P _d %	A	$\bar{D}_{1,3}$ (cm)	Zd (cm/năm)	Δd (cm/năm)	P _d %
1	0,00	1,79	1,03	100	16	18,51	0,51	1,01	3,22
2	3,77	1,85	1,45	64,56	17	19,38	0,48	0,98	2,95
3	4,97	1,65	1,55	37,66	18	20,25	0,45	0,95	2,71
4	6,86	1,44	1,53	24,93	19	21,12	0,43	0,93	2,50
5	8,31	1,27	1,51	17,98	20	21,99	0,41	0,90	2,32
6	9,63	1,13	1,46	13,74	21	22,86	0,39	0,88	2,16
7	10,71	1,02	1,40	10,94	22	23,73	0,37	0,85	2,02
8	11,56	0,92	1,35	8,98	23	24,61	0,35	0,83	1,89
9	12,56	0,84	1,30	7,54	24	25,48	0,34	0,81	1,78
10	13,34	0,77	1,25	6,45	25	26,35	0,32	0,79	1,67
11	13,48	0,71	1,20	5,60	26	27,22	0,31	0,78	1,58
12	15,03	0,66	1,16	4,93	27	28,09	0,30	0,76	1,49
13	15,90	0,61	1,12	4,38	28	28,96	0,29	0,74	1,42
14	16,77	0,57	1,08	3,92	29	29,83	0,28	0,73	1,34
15	17,64	0,54	1,05	3,54	30	30,70	0,27	0,71	1,28

Khi giải tích mô hình $D = 49,261 \cdot \exp(-3,832/A^{0,451})$ xác định được những đại lượng sau đây:

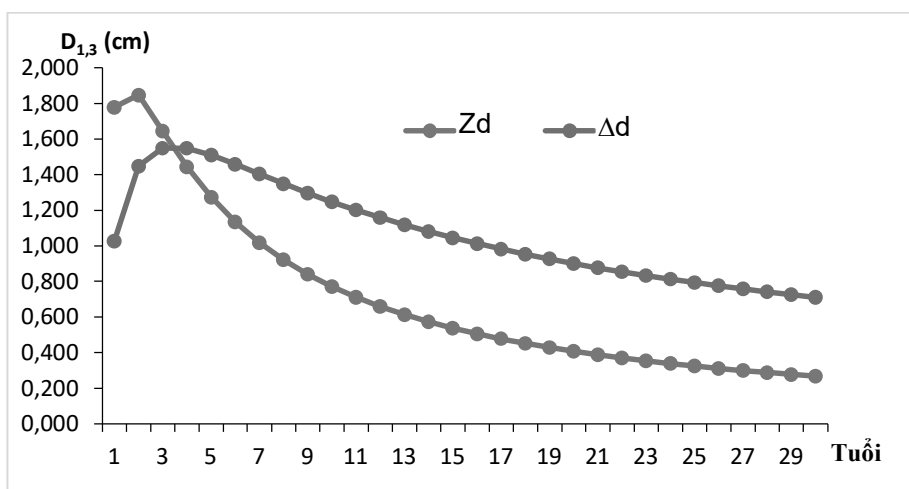
$$Zd = 49,261 \cdot 3,832 \cdot 0,451 \cdot A^{-(0,451-1)} \cdot \exp(-3,832 \cdot A^{-0,451}).$$

$$\Delta d = (49,261 \cdot \exp(-0,451/A^{3,832}))/A.$$

$$P_d = 100 \cdot \frac{Y'}{Y} = 100 \cdot b_1 \cdot b_2 \cdot A^{(b_1-1)} = 100 \cdot 49,261 \cdot 3,832 \cdot A^{(-49,261-1)}.$$

Suất tăng trưởng đường kính (P_d%) có xu hướng giảm dần từ tuổi 1 đến tuổi 7 và biến động từ 100% xuống 10,94%. Từ tuổi 8 đến tuổi 21 thì suất tăng trưởng đường kính (P_d%) giảm mạnh dưới 2,16%. Từ tuổi 22 trở đi,

suất tăng trưởng đường kính (P_d%) giảm xuống dưới 2,02%. Kết quả lượng tăng trưởng thường xuyên và lượng tăng trưởng định kỳ được mô tả ở hình 1.



Hình 1. Đường cong biểu diễn lượng tăng trưởng thường xuyên (Zd) và tăng trưởng định kỳ (Δd) rừng trồng Tách

3.3. Sinh trưởng, tăng trưởng chiều cao

Chiều cao cũng là một trong những nhân tố phản ánh sinh trưởng của rừng trồng. Sinh trưởng chiều cao cây rừng cũng phụ thuộc vào

một số yếu tố như: Loài cây, tuổi cây, điều kiện lập địa, biện pháp kỹ thuật tác động,... Kết quả xác định sinh trưởng, tăng trưởng đường kính rừng trồng Tách được trình bày tại bảng 3.

Bảng 3. Đặc điểm sinh trưởng và tăng trưởng chiều cao rừng trồng Tách

A	H̄ (m)	Zh (m/năm)	Δh (m/năm)	Ph%	A	H̄ (m)	Zh (m/năm)	Δh (m/năm)	Ph%
1	0,71	0,87	0,36	100	16	13,14	0,57	0,90	4,08
2	1,92	1,29	0,75	75,80	17	13,21	0,54	0,88	3,73
3	2,82	1,33	0,94	47,04	18	13,85	0,52	0,86	3,42
4	4,32	1,28	1,03	31,72	19	14,49	0,49	0,84	3,16
5	5,45	1,19	1,07	23,03	20	15,12	0,47	0,83	2,92
6	7,33	1,10	1,09	17,63	21	15,76	0,45	0,81	2,72
7	8,45	1,02	1,08	14,04	22	16,40	0,43	0,79	2,53
8	9,58	0,95	1,07	11,51	23	17,04	0,41	0,78	2,37
9	10,71	0,88	1,05	9,65	24	17,67	0,40	0,76	2,22
10	11,83	0,82	1,03	8,25	25	18,31	0,38	0,75	2,09
11	12,43	0,77	1,01	7,15	26	18,95	0,37	0,73	1,97
12	12,87	0,72	0,99	6,28	27	19,59	0,35	0,72	1,87
13	12,94	0,68	0,97	5,57	28	20,22	0,34	0,70	1,77
14	13,01	0,64	0,94	4,98	29	20,86	0,33	0,69	1,68
15	13,08	0,61	0,92	4,49	30	21,50	0,32	0,68	1,59

Để đánh giá sinh trưởng, tăng trưởng về chiều cao rừng trồng Tách tại khu vực nghiên cứu, tiến hành giải tích phương trình $H = 54,238 \cdot \exp(-5,011/A^{0,480})$.

Khi giải tích mô hình $H = 54,238 \cdot \exp(-5,011/A^{0,480})$ xác định được những đại lượng sau đây:

$$Zh = 54,238 \cdot 5,011 \cdot 0,480 \cdot A^{-(0,480-1)} \cdot \exp(-5,011 \cdot A^{-(0,480)})$$

$$\Delta h = (54,238 \cdot \exp(-0,480/A^{5,011}))/A$$

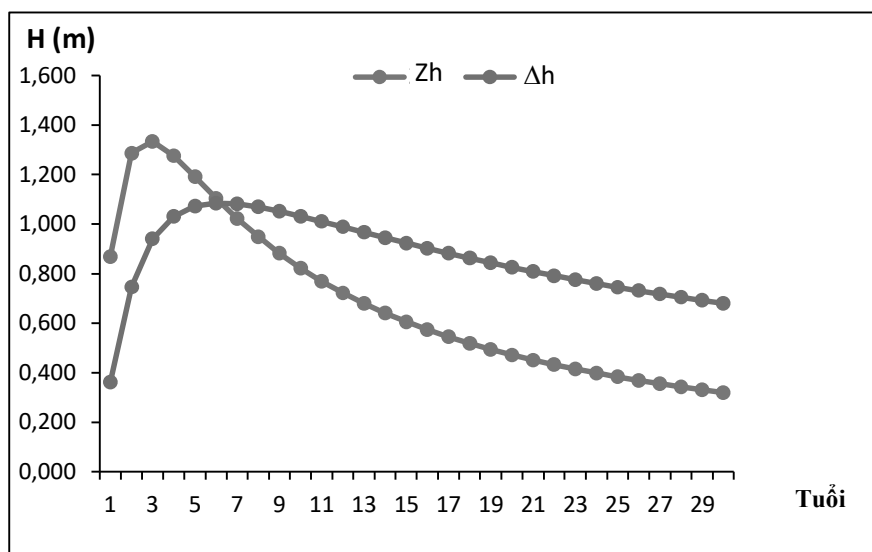
$$Ph = 100 \cdot \frac{Y'}{Y} = 100 \cdot b1 \cdot b2 \cdot A^{-(b1-1)} = 100 \cdot 54,238 \cdot 5,011 \cdot A^{(-54,238-1)}$$

Kết quả bảng 3 cho thấy, sinh trưởng và tăng trưởng về chiều cao thân cây có sự biến động theo tuổi. Trong giai đoạn đầu (từ tuổi 1 đến tuổi 7), lượng tăng trưởng thường xuyên hàng năm Z_h biến động từ 0,87 - 1,02 m/năm. Lượng tăng trưởng thường xuyên đạt cực đại ở tuổi 3 là 1,33 m/năm và giảm dần từ tuổi 3 đến tuổi 7 là 1,02 m/năm. Từ tuổi 8 đến tuổi 21, lượng tăng trưởng thường xuyên hàng năm giảm từ 0,95 m/năm xuống 0,45 m/năm. Từ tuổi 22 trở đi, rừng trồng Tách có lượng tăng trưởng thường xuyên hàng năm là dưới 0,43 m/năm.

Cùng với sự biến đổi về lượng tăng trưởng thường xuyên hàng năm (Z_h), lượng tăng trưởng bình quân chung Δh từ tuổi 1 đến tuổi 7 có sự biến động từ 0,36 - 1,08 m/năm, trong đó

Δh đạt cực đại ở tuổi 6 với giá trị là 1,09 m/năm. Từ tuổi 8 đến tuổi 21, lượng tăng trưởng bình quân chung có xu hướng giảm dần và biến động từ 1,07 m/năm đến 0,81 m/năm. Từ tuổi 22 trở đi, rừng trồng Tách có lượng tăng trưởng bình quân chung là dưới 0,79 m/năm.

Suất tăng trưởng đường kính ($P_h\%$) có xu hướng giảm dần từ tuổi 1 đến tuổi 7 và biến động từ 100% xuống 14,0 3%. Từ tuổi 8 đến tuổi 21 thì suất tăng trưởng đường kính ($P_h\%$) giảm xuống dưới 2,71%. Từ tuổi 22 trở đi, suất tăng trưởng đường kính ($P_d\%$) giảm mạnh dưới 2,534%. Kết quả lượng tăng trưởng thường xuyên và lượng tăng trưởng định kỳ được mô tả ở hình 2.



Hình 2. Đường cong giữa lượng tăng trưởng thường xuyên (Z_h) và tăng trưởng định kỳ (Δh) rừng trồng Tách

3.4. Sinh trưởng, tăng trưởng thể tích

Thể tích (V) thân cây là một chỉ tiêu quan trọng biểu thị một cách tổng quát sản lực của cá thể cây và rừng, là cơ sở cho việc xác

định trữ lượng và sản lượng rừng. Kết quả mô tả đặc điểm sinh trưởng, tăng trưởng đường kính rừng trồng Tách được trình bày tại bảng 4.

Bảng 4. Đặc điểm sinh trưởng và tăng trưởng thể tích rừng trồng Tẻch

A	\bar{V} (m ³)	Zv (m ³ /năm)	Δv (m ³ /năm)	P _v %	A	\bar{V} (m ³)	Zv (m ³ /năm)	Δv (m ³ /năm)	P _v %
2	0,00435	0,00294	0,00077	96,00	17	0,26818	0,01528	0,01238	7,33
3	0,00891	0,00644	0,00208	75,39	18	0,28901	0,01501	0,01253	6,72
4	0,01599	0,00948	0,00358	56,26	19	0,30985	0,01473	0,01266	6,19
5	0,02699	0,01181	0,00501	42,88	20	0,33068	0,01445	0,01276	5,73
6	0,04054	0,01347	0,00629	33,69	21	0,35151	0,01416	0,01283	5,32
7	0,05738	0,01463	0,00741	27,22	22	0,37234	0,01387	0,01289	4,95
8	0,08138	0,01539	0,00837	22,51	23	0,39318	0,01359	0,01292	4,63
9	0,10626	0,01587	0,00918	18,98	24	0,41401	0,01331	0,01295	4,33
10	0,12258	0,01613	0,00987	16,26	25	0,43484	0,01304	0,01296	4,07
11	0,14125	0,01623	0,01045	14,12	26	0,45568	0,01277	0,01295	3,84
12	0,16402	0,01622	0,01093	12,40	27	0,47651	0,01250	0,01294	3,62
13	0,18485	0,01613	0,01134	11,00	28	0,49734	0,01225	0,01292	3,42
14	0,20568	0,01597	0,01167	9,84	29	0,51817	0,01200	0,01290	3,24
15	0,22651	0,01577	0,01196	8,86	30	0,53901	0,01175	0,01286	3,08
16	0,24735	0,01553	0,01219	8,04	31	0,55984	0,01151	0,01283	2,92

Khi giải tích mô hình $V = 2,167 \cdot \exp(-10,468/A^{0,529})$ xác định được những đại lượng như sau:

$$Z_v = 2,167 \cdot 10,468 \cdot 0,529 \cdot A^{-(0,529-1)} \cdot \exp(-10,468 \cdot A^{-0,529}).$$

$$\Delta v = (2,167 \cdot \exp(-10,468/A^{0,529}))/A.$$

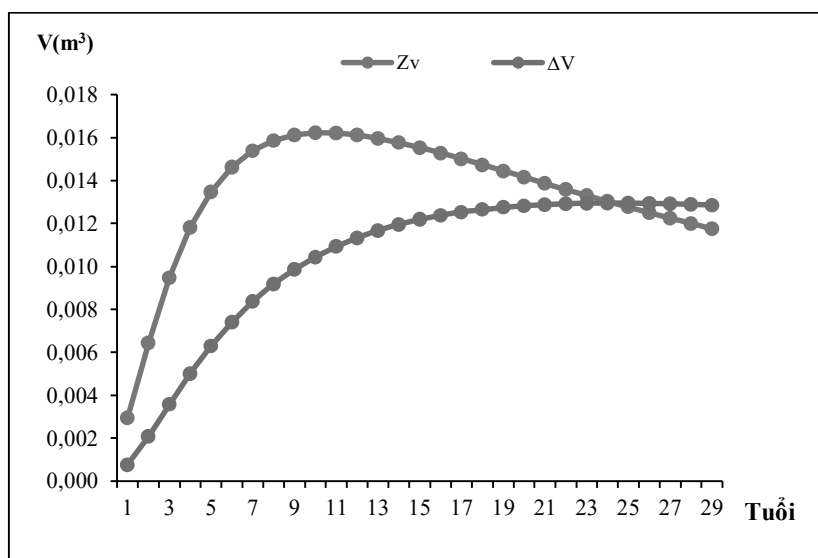
$$P_v = 100 \cdot \frac{Y'}{Y} = 100 \cdot b_1 \cdot b_2 \cdot A^{-(b_1-1)} = 100 \cdot 2,167 \cdot 10,468 \cdot A^{-(2,167-1)}.$$

Kết quả bảng 4 cho thấy, khác với sinh trưởng về đường kính và chiều cao, sinh trưởng thể tích của cây đến muộn hơn, trong đó:

Ở giai đoạn đầu (từ tuổi 2 đến tuổi 12), lượng tăng trưởng thường xuyên hàng năm Z_v biến động từ 0,00294 - 0,01622 m³/năm. Lượng tăng trưởng thường xuyên đạt cực đại ở tuổi 11 là 0,01623 m³/năm và giảm dần từ tuổi 13 đến tuổi 21 tương ứng là từ 0,01613 - 0,01416 m³/năm. Từ tuổi 22 đến tuổi 30, lượng tăng trưởng thường xuyên hàng năm giảm từ 0,01387 m³/năm xuống 0,01175 m³/năm.

Cùng với sự biến đổi về lượng tăng trưởng thường xuyên hàng năm (Z_v), lượng tăng trưởng bình quân chung Δv cũng có sự biến động, trong đó Δv tăng từ tuổi 2 đến tuổi 24

tương ứng từ 0,00077 - 0,01295 m³/năm, trong đó Δv đạt cực đại ở tuổi 25 với giá trị là 0,01296 m³/năm. Từ tuổi 26 đến tuổi 30, lượng tăng trưởng bình quân chung có xu hướng giảm dần tương ứng từ 0,01295 - 0,01286 m³/năm. Giá trị Z_v_{max} (m³) là 11,366 m³/năm, thời điểm Z_v_{max} ở tuổi 11. Giá trị Δv _{max} (m³) là 25,356 m³/năm, thời điểm đạt được Δv _{max} là tuổi 25. Tương tự như suất tăng trưởng đường kính và chiều cao, suất tăng trưởng thể tích (P_v %) có xu hướng giảm dần từ tuổi 2 đến tuổi 13 tương ứng từ 96% đến 11%. Từ tuổi 14 đến tuổi 31 thì suất tăng trưởng đường kính (P_v %) giảm xuống dưới 10%. Kết quả lượng tăng trưởng thường xuyên và lượng tăng trưởng định kỳ thể tích được mô tả ở hình 3.



Hình 3. Đường cong giữa lượng tăng trưởng thường xuyên (Z_v) và tăng trưởng định kỳ (Δ_v) rừng trồng Tách

IV. THẢO LUẬN

Khi so sánh khả năng sinh trưởng, tăng trưởng của rừng trồng Tách tại Sơn La với các kết quả nghiên cứu về sinh trưởng, năng suất rừng trồng Tách ở các khu vực châu Á, châu Phi, châu Mỹ Latinh và châu Đại Dương của một số tác giả như: Pandey. D, Brown. C, (2000); Adegbehin, J.O. (2002); Yahya, A.Z, *et al* (2011); A Zuhaidi Yahya, *et al.* (2011); Pramono, A.A, *et al.* (2011); Radío, M.I.L., Delgado, D.M., (2014); Jerez-Rico M, Coutinho S (2017); Kollert W., Kleine, M (2017); Canadas-L. *et al.* (2018); FAO, (2020); Amusa, T.O., & Adedapo, S.M., (2020); Kimambo, N.E, *et al.* (2020); Sasidharan, S. (2021); Rekha R. W., *et al.* (2022); Anja Nölte, *et al.* (2022)... cho thấy, năng suất trung bình của rừng trồng Tách trên thế giới biến động từ 9 - 15 m³/ha/năm trong 20 năm đầu sau đó giảm dần. Sinh trưởng và năng suất rừng trồng Tách phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: cây giống, mật độ trồng, tuổi rừng, địa hình, phân bón và kỹ thuật chăm sóc tỉa thưa sau trồng,... và có sự biến động mạnh không chỉ giữa các vùng địa lý khác nhau mà còn trong phạm vi một nước.

Rừng trồng Tách tại Việt Nam nói chung và Sơn La nói riêng chủ yếu được trồng theo phương thức nông lâm kết hợp với cây ăn quả, cây lương thực (xoài, nhãn, ngô,...) trên địa hình có độ dốc lớn từ 15 - 25⁰, diện tích nhỏ lẻ từ 0,5 - 1,2 ha được quản lý chăm sóc bởi các chủ đất nhỏ. Mật độ trồng ban đầu biến động từ 1.111 cây/ha, 1.660 cây/ha đến 1.880 cây/ha tùy thuộc vào địa hình. Mặt khác, do tập quán sản xuất tại địa phương, rừng trồng Tách chưa được quan tâm chăm sóc mà chủ yếu trồng với mục đích phòng hộ kết hợp sản xuất nông nghiệp, suất đầu tư cho trồng rừng còn thấp, chủ yếu là trồng quảng canh, nguồn giống được sử dụng cho trồng rừng chất lượng kém nên năng suất và chất lượng rừng trồng Tách còn thấp, do vậy cần thiết phải cải thiện các hoạt động quản lý (tỉa thưa mật độ, tỉa cành nhánh, bón phân,...) tại khu vực nghiên cứu. Kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra rằng, sinh trưởng và tăng trưởng về đường kính, chiều cao và thể tích của rừng trồng Tách tại khu vực nghiên cứu có sự thay đổi theo giai đoạn từ tuổi 1 - 7 và tuổi 8 - 20 tuổi. Kết quả nghiên cứu đã cho thấy, tốc độ tăng trưởng sau 20 năm chậm hơn,

lượng tăng trưởng thường xuyên hàng năm (Z_d) và lượng tăng trưởng bình quân chung (Δd) về đường kính đạt giá trị cực đại ở tuổi 2 và tuổi 3, lượng tăng trưởng thường xuyên hàng năm (Z_h) và lượng tăng trưởng bình quân chung (Δh) về chiều cao đạt giá trị cực đại ở tuổi 3 và tuổi 6, lượng tăng trưởng thường xuyên hàng năm (Z_v) và lượng tăng trưởng bình quân chung (Δv) về thể tích đến muộng hơn so với chiều cao và đường kính và đạt giá trị cực đại ở tuổi 11 và tuổi 25. Do vậy, nên tiến hành khai thác chính khi rừng trồng Téch ở tuổi 25 vì lúc này tăng trưởng về thể tích đã đạt cực đại. Theo các kết quả nghiên cứu ở trong nước cho thấy, cây Téch sinh trưởng tốt nhất trên 3 vùng sinh thái chính là Đông Nam Bộ, Tây Nguyên và Tây Bắc trên nhiều loại đất khác nhau từ đất đỏ bazan, đất đen bazan trẻ, đất đá vôi, đất nâu spilit, đất phù sa, đất xám đến đất vàng đỏ,... (Trần Duy Diên, 1994; Bảo Huy, 1995; Bảo Huy *et al.*, 2022). Năng suất rừng trồng Téch đạt 8-13 m³/ha/năm trong 20 năm đầu tùy từng khu vực, do vậy cần tiếp tục chăm sóc rừng nhằm nâng cao sinh trưởng đường kính từ tuổi 22 trở đi là một trong những căn cứ quan trọng để thực hiện khai thác chính vào tuổi 25 cho rừng trồng Téch tại Sơn La nhằm thu được chất lượng gỗ tốt nhất, sản lượng gỗ thương phẩm cao nhất trong một chu kỳ kinh doanh.

V. KẾT LUẬN

- Sinh trưởng và tăng trưởng về đường kính thân cây có sự biến động theo tuổi. Lượng tăng trưởng thường xuyên (Z_d) đạt cực đại ở tuổi 2 là 1,85 (cm/năm), lượng tăng trưởng bình quân chung (Δd) đạt cực đại ở tuổi 3 với giá trị là 1,55 (cm/năm). Từ tuổi 8 đến tuổi 21, lượng tăng trưởng thường xuyên và lượng tăng trưởng bình quân chung giảm mạnh. Từ tuổi 22 trở đi, Z_d dưới 0,37 (cm/năm) và Δd dưới 0,86 (cm/năm).

- Sinh trưởng và tăng trưởng về chiều cao thân cây có sự biến động theo tuổi, trong đó Z_h đạt cực đại ở tuổi 3 (1,33 m/năm) và Δh đạt cực đại ở tuổi 6 (1,09 m/năm). Từ tuổi 8 đến tuổi 21, Z_h và Δh có xu hướng giảm dần, từ tuổi 22 trở đi Z_h và Δh đạt giá trị tương ứng là 0,43 m/năm và 0,79 m/năm

- Khác với sinh trưởng về đường kính và chiều cao, sinh trưởng thể tích của cây đến muộng hơn, trong đó Z_v biến động từ 0,00294 - 0,01622 m³/năm (từ tuổi 2 đến 12) đạt cực đại ở tuổi 11 là 0,01623 m³/năm, trong khi Δv đạt cực đại ở tuổi 25 với giá trị là 0,01296 m³/năm. Từ tuổi 26 đến tuổi 30, lượng tăng trưởng bình quân chung có xu hướng giảm dần.

- Nên tiến hành khai thác chính khi rừng trồng Téch ở tuổi 25 vì lúc này tăng trưởng về thể tích đã đạt cực đại.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Adegbehin, J.O., 2002. Growth and yields of *Tectona grandis* (Linn. f) in the Guinea and Derived Savanna of Northern Nigeria. Journal of Tropical Forest Science, Vol. 4, No. 1 (January 2002), pp. 66-76. <https://www.jstor.org/stable/43740946>.
2. Anja Nölte, Rasoul Yousefpour, Miguel CifuentesJara, Daniel Piotta, Olman Murillo, PedroZúñiga, Marc Hanewinkel, 2022. Broadscale and longterm forest growth predictions and management for native, mixed species plantations and teak in Costa Rica and Panama. Forest Ecology and Management. Volume 520, 15. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120386>.
3. Amusa, T.O., & Adedapo, S.M., 2020. Growth and yield characteristics of *Tectona grandis* (Linn. f.) in different age series at University of Ilorin, North Central Nigeria. Forestist, 71(3), pp.127-133.
4. A Zuhaidi Yahya, K Amir Aaiffudin and MN Hashim, 2011. Growth response and yield of plantation-grown teak (*Tectona grandis*) after low thinning treatments at pagoh, peninsular malaysia. Journal of tropical forest science, Vol. 23, No. 4 (October 2011), pp. 453-459.

5. Canadas-L, Á., Andrade-Candell, J., Manuel Domínguez-A, J., Molina-H, C., Schnabel D, O., Vargas-Hernandez, J.J., Wehenkel, C., 2018. Growth and yield models for teak planted as living fences in coastal Ecuador. *Forests* 9, pp.1-14. <https://doi.org/10.3390/f9020055>
6. Trần Duy Diễm, 1994. Về sản lượng Téch. *Tạp chí Lâm nghiệp*, No.10, tr. 24.
7. FAO, 2001. Global Forest Resources Assessment. FAO, Rome. <https://www.fao.org/3/y0900e/y0900e00.htm>.
8. FAO, 2020. Global Forest Resources Assessment . FAO, Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9825en>.
9. Hoàng Văn Hải, 2017. Dự báo sinh trưởng của cây gỗ trong thảm thực vật trên núi đá vôi tại Cẩm Phả, Quảng Ninh. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp*, số 4, tr. 54 - 63.
10. Vũ Tiến Hình, 2012. Sản lượng rừng. Trường Đại học Lâm nghiệp. NXB Nông nghiệp.
11. Bảo Huy, 1995. Thử nghiệm các mô hình dự đoán sản lượng rừng Téch ở Đắc Lắc. *Tạp chí Lâm nghiệp*, No.3, tr. 20-31.
12. Bao Huy, Pham Cong Tri, Tran Triet, 2022. Assessment of enrichment planting of Teak (*Tectona grandis* L.f.) in degraded dry deciduous dipterocarp forest in the Central Highlands, Viet Nam.
13. Bảo Huy , 2016. Tin học thống kê trong lâm nghiệp. NXB Khoa học Kỹ thuật.
14. Jerez-Rico M, Coutinho S, 2017. Establishment and management of planted Teak forests. In: The global Teak study. Analysis, evaluation and future potential of Teak resources IUFRO world series 36:, pp.49-65.
15. Kimambo, N.E., Roe, J.L., Naughton-treves, L., Radeloff, V.C., 2020. The role of smallholder woodlots in global restoration pledges - lessons from Tanzania. *For. Policy Econ* 115, 102144. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102144>.
16. Kollert W, Walotek PJ, 2017. World Teak resources, production, markets and trade. In: The Global Teak study. Analysis, evaluation and future potential of Teak resources IUFRO world series 36:, pp.83-89.
17. Trần Thị Ngoan, 2019. Sinh trưởng của rừng trồng keo lai (*Acacia auriculiformis* x *Acacia mangium*) trên những cấp đất khác nhau tại tỉnh Đồng Nai. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp*, số 6, tr. 25-35.
18. Pandey D, Brown C, 2000. Teak: A Global overview. *Unasylya* 51:, pp.3-13.
19. Pramono, A.A., Fauzi, M.A., Widyani, N., Heriansyah, I., Roshetko, J.M., 2011. Managing Smallholder Teak Plantations. CIFOR, Bogor Barat.
20. Radío, M.I.L., Delgado, D.M., 2014. Management of Young Teak Plantations in Panama - Effect of Pruning and Thinning. https://stud.epsilon.slu.se/7279/7/leon_rad%C3%ADo_mi_martin_delgado_d_140916.pdf
21. Rekha R. Warriar, Animesh Sinha, Ajay Thakur, Bilas Singh, Fatima Shirin, Ramasamy Yasodha., 2022. Smallholder teak agroforestry in the globalising world: Opportunities and challenges for India. *Agriculture and Forestry Journal*, Vol. 6, Issue 1, pp. 32-40, June, 2022. <https://journals.univ-tlemcen.dz/AFJ/index.php/AFJ>.
22. Sasidharan, S., 2021. Teak Plantations and Wood Production. In: Ramasamy, Y., Galeano, E., Win, T.T. (eds) *The Teak Genome. Compendium of Plant Genomes*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-79311-1_2.
23. Nguyễn Huy Sơn, 2008. Nghiên cứu khả năng sinh trưởng của keo lai và Bạch đàn uro trên đất bazan thoái hóa ở Pleiku. Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam.
24. Nguyễn Thanh Tân, Nguyễn Văn Tuấn, 2017. Đánh giá sinh trưởng và sản lượng rừng trồng hỗn giao keo lai và Muồng đen tại huyện Ea Kar, tỉnh Đắc Lắc, *Tạp chí NN&PTNT*, kỳ 2, tháng 6, tr. 123-129.
25. Nguyễn Văn Việt, 2020. Đặc điểm cấu trúc và sinh trưởng rừng trồng Keo lười liềm (*Acacia crassicarpa* A.Cunn. ex Benth.) tại tỉnh Bình Thuận. *HUAF journal of Agricultural Science & Technology*, ISSN 2588-1256 Vol. 4(2)-2020: tr. 1940-1950.
26. Yahya, A.Z., Saaiffudin, K.A., Hashim, M.N., 2011. Growth response and yield of plantation-grown Teak (*Tectona grandis*) after low thinning treatments at Pagoh. *Peninsular Malaysia* 23, pp.453-459.

Email tác giả liên hệ: duongvandoan@tuaf.edu.vn

Ngày nhận bài: 10/10/2023

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 13/10/2023

Ngày duyệt đăng: 15/10/2023