

RESEARCH ON SOME BIOLOGICAL, ANATOMICAL, AND GROWTH CHARACTERISTICS OF SANDALWOOD (*Santalum album* L.) GROWN IN HILLY SOIL IN PHU THO

Phạm Thanh Loan

Institute of Applied Research and Development - Hung Vuong University

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Received: 19/12/2023 Revised: 05/3/2024 Published: 11/3/2024	The study evaluated the biological, anatomical, and growth characteristics of sandalwood (<i>Santalum album</i> L.) grown in Phu Tho province. Morphological samples were collected in Hanoi and Phu Tho. Growth indicators and correlation models were evaluated on the sandalwood planting model in Dao Xa commune, Thanh Thuy district, Phu Tho province. The research results have described the morphological and anatomical characteristics of the plant's stem, leaves, and roots. At the time the tree is four years old, the average growth rate of D_o is 1.35 cm per year (D_o reaches 5.89 cm), that of H_{vn} is 0.75 m per year (H_{vn} reaches 3.33 m), D_t is 0.33 m per year (D_t reaches 1.48 m). H_{vn} and D_o have a robust correlation; the Power function simulates it: $H_{vn} = 0.675 \times D_o^{0.909}$. D_t and D_o have a robust correlation; the S function simulates it: $D_t = 2.718^{(0.438 - 1.137/D_o)}$; 04 insect species and 01 harmful spider species have been detected, causing damage to leaves and stems; encounters are rare. Sandalwood adapts quite well when they are grown on hilly soil conditions in Phu Tho province.
KEYWORDS <i>Santalum album</i> L. Biological characteristics Anatomy Growth Phu Tho	

NGHIÊN CỨU MỘT SỐ ĐẶC ĐIỂM SINH HỌC, GIẢI PHẪU VÀ SINH TRƯỞNG CỦA CÂY ĐÀN HƯƠNG TRẮNG (*Santalum album* L.) TRỒNG TRÊN ĐẤT ĐỒI TẠI TỈNH PHÚ THỌ

Phạm Thanh Loan

Viện Nghiên cứu Ứng dụng và Phát triển - Trường Đại học Hùng Vương

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
Ngày nhận bài: 19/12/2023 Ngày hoàn thiện: 05/3/2024 Ngày đăng: 11/3/2024	Nghiên cứu nhằm đánh giá đặc điểm sinh học, giải phẫu và khả năng sinh trưởng của cây Đàn hương trắng trồng tại Phú Thọ. Các mẫu nghiên cứu hình thái được thu thập tại Hà Nội, Phú Thọ. Đánh giá các chỉ tiêu sinh trưởng, mô hình tương quan được thực hiện trên mô hình trồng Đàn hương trắng tại xã Đào Xá, huyện Thanh Thủy, tỉnh Phú Thọ. Kết quả nghiên cứu đã mô tả được đặc điểm hình thái, giải phẫu các bộ phận thân, lá, rễ của cây. Tại thời điểm cây 4 năm tuổi có tốc độ tăng trưởng bình quân của D_o là 1,35 cm/năm (D_o đạt 5,89 cm), của H_{vn} là 0,75 m/năm (H_{vn} đạt 3,33 m), D_t là 0,33 m/năm (D_t đạt 1,48 m). H_{vn} và D_o có mối tương quan rất chặt và được mô phỏng theo hàm Power: $H_{vn} = 0,675 \times D_o^{0,909}$. D_t và D_o có mối tương quan rất chặt và được mô phỏng theo hàm S: $D_t = 2,718^{(0,438 - 1,137/D_o)}$, đã phát hiện được 04 loài côn trùng và 01 loài nhện gây hại trên lá cây, thân; mức độ bắt gặp rất ít. Cây Đàn hương trắng thích ứng khá tốt khi trồng trên điều kiện đất đồi tại tỉnh Phú Thọ.
TỪ KHÓA Đàn hương trắng Đặc điểm sinh học Giải phẫu Sinh trưởng Phú Thọ	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.9421>

Email: Loandhvv@gmail.com

<http://jst.tnu.edu.vn>

346

Email: jst@tnu.edu.vn

1. Giới thiệu

Cây Đàn hương trắng (*Santalum album* L.) là cây gỗ nhỏ có chu kỳ sản xuất từ 10 - 15 năm, thuộc họ Đàn hương (Santalaceae) có xuất xứ từ Ấn Độ. Đàn hương trắng có giá trị kinh tế cao, các bộ phận của cây đều được sử dụng: tinh dầu chiết xuất từ lõi gỗ, rễ (β -santalol) được sử dụng trong hầu hết các loại nước hoa và mỹ phẩm, có tác dụng làm sạch và thơm da, làm mờ vết thâm sạm trên da; lá dùng làm trà, làm gối đầu giúp lưu thông máu và cải thiện chứng mất ngủ, giảm stress [1]. Đàn hương trắng trồng tại Tamil Nadu, Ấn Độ cho thấy, cây ra hoa đậu quả vào hai thời điểm chủ yếu là tháng 7 đến tháng 10 và tháng 12 đến tháng 3 năm sau, cụm hoa có chiều dài $\times$ rộng là 6,93 cm $\times$ 2,97 cm; quả có kích thước từ 11,1 - 12,4 mm [2]. Khi đánh giá sinh trưởng của 30 dòng Đàn hương trắng tại Tamil Nadu, Ấn Độ, dòng FCRISA 16 (Mysore) có khả năng sinh trưởng tốt nhất tại thời điểm cây 180 ngày sau trồng, có chiều cao cây đạt 26,28 cm, đường kính gốc đạt 1,21 cm, số lá đạt 24,33 lá [3]. Loài Đàn hương trắng trồng tại Indonesia có đặc điểm là loài gỗ nhỏ, phân nhánh nhiều, có chiều cao khoảng 6 m, đường kính thân dưới 20 cm; cây sinh trưởng chậm, đường kính ở vị trí ngang ngực tăng trưởng 1 - 2 cm/năm [4]. Cây Đàn hương trắng tám năm tuổi tại Karnataka, Ấn Độ có đường kính tại vị trí ngang ngực trung bình là 6,12 cm, chiều cao vút ngọn trung bình là 6,02 m [5]. Li và cộng sự (2021) đã sử dụng hóa chất để kích thích tạo tâm gỗ cho cây Đàn hương trắng năm năm tuổi trồng tại Quảng Đông, Trung Quốc; trong đó sử dụng 2 mM hydrogen peroxide giúp tăng đường kính gốc từ 7,57 cm lên 8,47 cm; đường kính ở vị trí 1,3 m tăng từ 6,93 cm lên 7,42 cm sau 1 năm; chiều cao cây tăng từ 5,45 m lên 5,70 m [6]. Rot và cộng sự (2022) đã xác định loài *Cajanus indicus* và *Cajanus siamea* là cây ký chủ phù hợp cho trồng Đàn hương trắng tại Gujarat, Ấn Độ, tại thời điểm năm năm sau trồng, cây đạt đường kính 5,07 cm, chiều cao 2,69 m [7]. Theo Yang và cộng sự (2013), hàm lượng gamma aminobutyric acid (GABA) trong lá Đàn hương trắng là 7 μ g/g; GABA theo đường uống có tác dụng giảm lo lắng, hỗ trợ điều trị rối loạn tăng động [8]. Pan và cộng sự (2016) đã xác định hàm lượng vitexin và isovitexin trong lá Đàn hương trắng đạt 2,14% và 2,23%, có tác dụng hỗ trợ điều trị hội chứng lipid máu [9]. Nguyễn Thị Hồng Gấm và cộng sự (2023) đã xác định trình tự DNA mã vạch phân đoạn *matK*, *rbcL* và *ITS* có kích thước lần lượt là 805 bp, 688 bp và 434 bp phục vụ cho giám định loài Đàn hương trắng trồng tại Việt Nam [10].

Phú Thọ là tỉnh thuộc khu vực trung du, miền núi có nhiều lợi thế về đất đai với 296.930 ha đất nông nghiệp và 120.538,8 ha đất rừng sản xuất. Đất rừng sản xuất hiện nay ở Phú Thọ chủ yếu trồng cây keo, bạch đàn, bồ đề, lát, mỡ,... cho giá trị thu nhập ở mức trung bình. Cây Đàn hương trắng mới được Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn công nhận là giống cây trồng lâm nghiệp [11]. Cây chịu được hạn, trồng được trên đất đồi có tầng đất dày và độ dốc dưới 25°. Đàn hương trắng được trồng thử nghiệm tại Phú Thọ từ năm 2019 tại xã Đào Xá, huyện Thanh Thủy; các kết quả nghiên cứu về loài này ở Việt Nam còn rất ít. Để có cơ sở cho việc mở rộng diện tích trồng cây Đàn hương trắng trên đất đồi tại Phú Thọ, chúng tôi tiến hành đánh giá đặc điểm sinh học, giải phẫu và sinh trưởng của cây Đàn hương trắng trong nghiên cứu này.

2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Vật liệu, thời gian, địa điểm nghiên cứu

Mẫu vật nghiên cứu đặc điểm sinh học, giải phẫu là cành, lá, hoa, quả được thu thập tại xã Bình Yên - Thạch Thất - Hà Nội, xã Dân Quyền - Tam Nông - Phú Thọ, xã Đào Xá - Thanh Thủy - Phú Thọ. Ký hiệu mẫu nghiên cứu P.T.Loan 1, 2, 3 (2021). Mẫu vật được lưu trữ tại Viện Nghiên cứu ứng dụng và phát triển, Trường Đại học Hùng Vương.

Đàn hương trắng từ nguồn giống được Bộ Nông nghiệp & Phát triển nông thôn công nhận [11] trồng mới ngày 05/11/2019 trên đất đồi thấp tại khu 12 xã Đào Xá, huyện Thanh Thủy, tỉnh Phú Thọ tọa độ: 21°14'4,7" độ vĩ Bắc; 105°15'56,4" độ kinh Đông. Mẫu đất tại địa điểm trồng (ký hiệu ĐH1901) được thu thập để phân tích đất. Kết quả được tổng hợp và đánh giá tại bảng 1.

Thời gian nghiên cứu: Từ tháng 11/2019 đến tháng 12/2023.

Bảng 1. Kết quả phân tích đất tại địa điểm trồng cây Đàn hương trắng tại xã Đào Xá

Hạng mục	Nts (mg/g)	Hữu cơ (%)	P ₂ O ₅ (%)	P ₂ O ₅ dt (mg/100g)	K ₂ Ots (%)	K ₂ Odt (mg/kg)	pH _{KC} L	Thành phần cấp hạt		
								Cát (%)	Limon (%)	Sét (%)
Mẫu đất ĐH1901	0,47	1,26	0,10	7,06	0,10	15,2	4,74	30,2	44,3	25,5
Đánh giá	Mức giàu	Mức nghèo	Mức giàu	Mức trung bình	Mức nghèo	Mức trung bình	Mức chua	Thành phần cơ giới nhẹ		

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Đặc điểm sinh học, giải phẫu loài Đàn hương trắng

Xác định đặc điểm sinh học của loài theo phương pháp hình thái, đối chiếu với khóa phân loại và mô tả của Phạm Hoàng Hộ (2003) [12], Nguyễn Tiên Bân (2003) [13]. Mẫu vật của Việt Nam được phân tích và so sánh với ảnh mẫu chuẩn (typus) của loài qua các trang web: <https://plants.jstor.org>, <https://science.mnhn.fr>. So sánh mẫu tiêu bản ở một số phòng tiêu bản thực vật trên thế giới (Kew herbarium, Herbarium Muséum Paris).

Nghiên cứu giải phẫu hiển vi thân, lá, rễ: Làm tiêu bản giải phẫu mẫu tươi theo phương pháp của Klein (1979) [14]. Mô tả theo tài liệu của Nguyễn Bá (2005) [15], Hoàng Thị Sần, Nguyễn Phương Nga (2008) [16]. Mẫu được cắt ngang theo phiến lá, thân và rễ thành những lát mỏng và quan sát đặc điểm giải phẫu dưới kính hiển vi điện tử Olympus BX51 có độ phóng đại 400 lần.

2.2.2. Nghiên cứu về sinh trưởng cây Đàn hương trắng

Cây Đàn hương được trồng mới với diện tích 2,0 ha. Khoảng cách trồng: Cây cách cây, hàng cách hàng 3 m × 3 m. Cây ký chủ là Bưởi diên được trồng với khoảng cách 15 m/cây/hàng. Kích thước hố: 40 cm × 40 cm × 40 cm. Phân bón: Sử dụng phân vi sinh 1,0 kg/hố + 0,1 kg phân NPK/hố, phân được trộn đều dưới đáy hố với lớp đất mặt. Cây giống Đàn hương trắng 1 năm tuổi, có chiều cao 30 cm, đường kính gốc 0,3 - 0,4 cm, cây sinh trưởng tốt.

Sau khi trồng 1 tháng để cây ổn định, tiến hành đánh dấu 30 cây, đo đếm theo dõi các chỉ tiêu vào ngày 10 tháng 12 hàng năm, từ năm 2019 đến năm 2023: Đường kính gốc (D_o , cm): Đo tại vị trí gốc cây bằng thước kẹp palme. Đường kính tán lá (D_t , m): Sử dụng thước sào đo theo 2 chiều vuông góc của tán lá rồi lấy giá trị trung bình. Chiều cao cây (H_{vn} , m): Sử dụng thước sào đo từ gốc cây đến đỉnh sinh trưởng. Tính giá trị trung bình (X_b) của các chỉ tiêu. Tốc độ tăng trưởng bình quân năm tính bằng giá trị của từng chỉ tiêu sinh trưởng/số tuổi cây (Δx).

2.2.3. Phương pháp điều tra sâu bệnh hại

Phương pháp điều tra sâu bệnh hại được tiến hành theo Quy chuẩn Quốc gia QCVN 01-38:2010/BNNT về phương pháp điều tra phát hiện dịch hại trên cây trồng [17]. Chỉ tiêu theo dõi: Tỷ lệ bắt gặp (%) = 100 số điểm điều tra bắt gặp sâu, bệnh hại/tổng số điểm điều tra và được đánh giá theo các mức sau: < 5% = Rất ít gặp; từ 5% đến 20% = Ít gặp; trên 20% đến 50%: Gặp trung bình; trên 50%: Gặp nhiều.

2.2.4. Phương pháp xử lý số liệu

Các số liệu được xử lý bằng phần mềm SPSS 20.0. Xác định tương quan H_{vn}/D_o , D_t/D_o trên cơ sở khảo sát sự phù hợp qua 10 hàm sinh trưởng: Linear, Logarithmic, Inverse, Quadratic, Compound, Power, S, Growth, Exponential, Logistic. Xác định hệ số tương quan r, các tham số trong hàm số và xác suất tồn tại của các giá trị ở độ tin cậy 95% bằng phần mềm SPSS 20.0.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Một số đặc điểm sinh học của loài Đàn hương (*Santalum album* L.)

3.1.1. Đặc điểm hình thái

Thân: Dạng cây gỗ nhỏ cao 12-15 m. Cây non vỏ cây nhẵn; cây từ 2 năm tuổi đến trưởng thành vỏ màu nâu sẫm, có vết nứt lớn chạy dọc vỏ thân các vết cách nhau 0,2-0,5 cm. Thân, cành giòn, dễ gãy khi gặp gió to. Cành mọc đối. Gỗ vàng nhạt, có tinh dầu mùi thơm (β -santalol).

Lá: Lá đơn, mọc đối chữ thập, hình trứng đến trái xoan thuôn. Mép lá nguyên, lượn sóng nhẹ. Đầu lá nhọn gấp. Mặt trên của lá có lớp lông mịn thưa màu trắng và mặt dưới có màu xanh nhạt đến đậm. Phiến lá có kích thước dài 5,5-7,0 cm $\times$ rộng 2,5-3,0 cm; tỷ lệ chiều dài/chiều rộng lá trung bình 2,3. Chiều dài cuống lá từ 1,0-1,4 cm.

Hoa: Hoa mọc từng chùm, mọc ở nách lá, có từ 15-20 hoa/chùm. Mỗi hoa có đường kính từ 6-7 mm. Giai đoạn đầu hoa có màu xanh thẫm, sau đó chuyển sang màu đỏ thẫm. Hoa lưỡng tính, mẫu 4. Hoa có đĩa mật trong ống dài. Cánh hoa dài khoảng 3,0-3,5 mm, rộng 1,5-2,0 mm. Vòi nhụy dài từ 4,5-5,0 mm, đầu nhụy xẻ 3 - 4 thùy dài hơn chỉ nhị. Chỉ nhị dài khoảng 1,0-1,5 mm, dính với gốc cánh tràng. Bao phấn dính gốc và có đường kính từ 0,1-0,2 mm.

Quả: Quả hạch hình cầu, có đường kính từ 4-5 mm, trọng lượng trung bình là 120,5 g/100 hạt. Quả lúc non có màu xanh, khi chín chuyển màu nâu thẫm đến tím đen. Cây ra hoa vào tháng 5 - 6, đậu quả vào tháng 7 - 9. Sau 2,5 - 3 năm gây trồng ở Việt Nam cây bắt đầu ra hoa kết quả.

Rễ: Bộ rễ chủ yếu phân bố ở tầng đất mặt sâu từ 30 - 50 cm, hệ rễ phát triển chậm và cần cây ký chủ. Rễ cái ký sinh trên cây chủ, rễ con bám chặt vào rễ cái cây chủ bằng các giác mút, hấp thụ dinh dưỡng từ cây ký chủ để sinh trưởng và phát triển, đặc biệt là trong giai đoạn cây con trong vườn ươm và 1 - 2 năm đầu sau trồng. Rễ cây có thể hút nito, photpho từ cây ký chủ và hút kali, canxi trực tiếp từ đất. Cây ký chủ cho giai đoạn ươm giống: cây đạt từ 4 - 6 lá cho tới khi trồng ra vườn (1 năm tuổi): Rau rệu, lạc dại. Cây ký chủ chuyển tiếp: Thuộc họ đậu, cổ định đạm: Đậu triều (giai đoạn 1 - 3 năm tuổi). Cây ký chủ dài ngày: Thuộc họ cam, đậu giúp hấp thu vi chất dinh dưỡng cho cây: Bưởi, Cam, Keo (giai đoạn 4 - 15 tuổi).

Kết quả nghiên cứu về hình thái này tương đồng kết quả nghiên cứu của tác giả Krisnakumar và cộng sự (2017) khi nghiên cứu đặc điểm hình thái hoa và hạt của loài Đàn hương trắng trồng tại Tamil Nadu, Ấn Độ cho thấy cụm hoa có chiều dài $\times$ rộng là 6,93 cm $\times$ 2,97 cm; chiều dài $\times$ rộng cánh hoa khoảng 4,44 cm $\times$ 0,84 cm; quả có kích thước từ 11,1 - 12,4 mm, trọng lượng quả tươi trung bình 1,36 g/quả, trọng lượng quả khô trung bình 0,17 g/quả [2]. Tác giả Nurochman và cộng sự (2018) đã nghiên cứu đặc điểm sinh học loài Đàn hương trắng trồng tại Indonesia cho thấy đây là loài gỗ nhỏ, cây sinh trưởng chậm, đường kính ở vị trí ngang ngực chỉ tăng 1-2 cm/năm; cây không có rễ cọc, hệ rễ bên phát triển, lá đơn mọc cách, phiến lá hình elip, kích thước 5,6 $\times$ 2,6 cm màu xanh vàng với tỷ lệ chiều dài/chiều rộng là 2,3:1, cụm hoa mọc nách lá, quả mọng, ra hoa tháng 3, quả chín tháng 6 hàng năm [4]. Hình thái của Đàn hương trắng minh họa tại hình 1.



Hình 1. Một số đặc điểm sinh học cây Đàn hương trắng trồng tại Phú Thọ

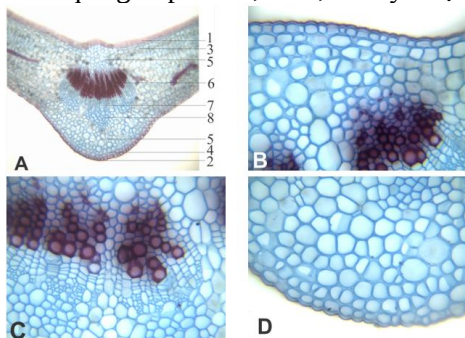
3.1.2. Đặc điểm sinh học, sinh thái

Đàn hương trắng là cây ưa sáng, chịu hạn tốt, không chịu được ngập úng. Sinh trưởng tốt ở nơi có tầng đất sâu trên 50 cm, tơi xốp, giàu lân, kali, thoát nước tốt, không bị ngập úng, pH từ

5,5 - 7, không nằm ở vùng có gió lớn. Nhiệt độ thích hợp từ 20 - 30°C. Nhiệt độ thấp hơn 10°C, bộ lá chuyển màu tím thẫm, cây tạm ngừng sinh trưởng, chồi ngọn chuyển sang ngủ nghỉ. Lượng mưa trung bình hàng năm 800 - 1.200 mm/năm. Cây ký chủ trong quá trình sinh trưởng.

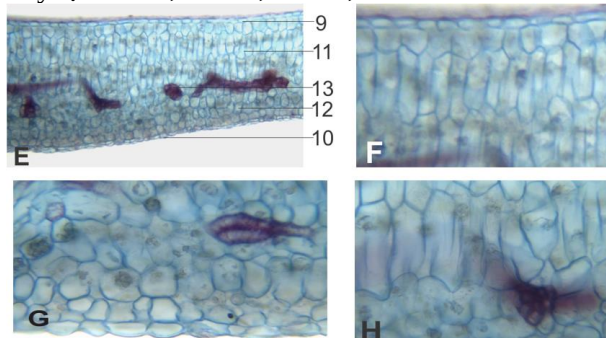
3.2. Đặc điểm giải phẫu một số bộ phận cây của *Đàn hương trắng*

Kết quả giải phẫu lá, thân, rễ cây được trình bày tại hình 2, hình 3, hình 4, hình 5.



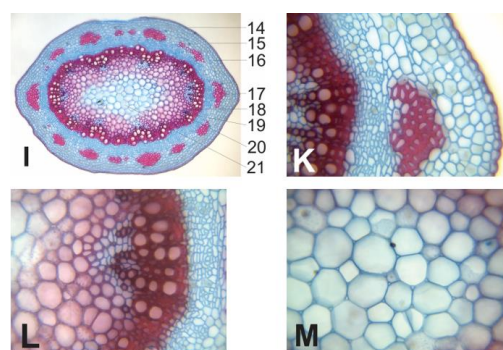
Hình 2. Vi phẫu gân lá

- A) Toàn gân lá; B) Phần gân phía trên mặt lá;
C) Phần giữa gân; D) Phần gân phía dưới mặt lá



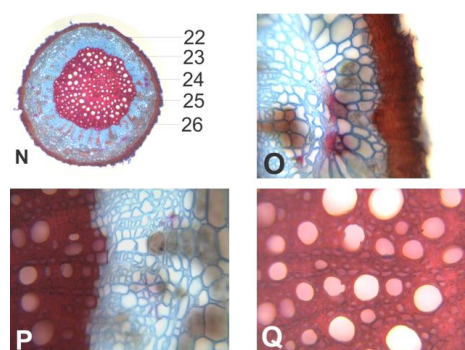
Hình 3. Vi phẫu phiến lá

- E) Toàn phiến lá; F) Mặt trên của lá;
G) Mặt dưới lá; H) Hạt tinh dầu



Hình 4. Vi phẫu thân bánh tẻ

- I) Lát cắt ngang toàn thân cây; K) Lớp ngoài cùng;
L) Lớp gỗ cấp 3; M) Mô mềm tủy



Hình 5. Vi phẫu rễ cây

- N) Lát cắt ngang toàn rễ cây; O) Lớp bần;
P) Lớp libe; Q) Lớp gỗ

3.2.1. Vi phẫu lá

Cấu tạo gân giữa lá (hình 2): Gân giữa lồi ít ở mặt trên, lồi nhiều ở mặt dưới, gồm các mô: Biểu bì trên (1) và biểu bì dưới (2) gồm 1 lớp tế bào sống hình tròn xếp đều đặn, vách mỏng bằng cellulose, có lớp cutin mỏng, cả hai lớp biểu bì không có lông tiết. Mô dày trên (3) và mô dày dưới (4) là dạng tròn gồm 2 - 3 lớp tế bào hình đa giác kích thước gần đều nhau. Bên trong mô dày là mô mềm (5) gồm những tế bào to hình tròn hoặc đa giác, kích thước không đều, vách mỏng. Bó libe và gỗ xếp thành hình vòng cung ở giữa, gỗ xếp ở trên và libe ở dưới. Mạch gỗ (6) hình tròn xếp thành dãy, vách hóa cellulose. Libe 1 (7) nằm sát mạch gỗ gồm nhiều lớp tế bào ép sát, hình chữ nhật, libe 2 (8) gồm 1 cụm tế bào hình đa giác xếp lộn xộn sát nhau.

Cấu tạo phiến lá (hình 3): Biểu bì trên (9) và biểu bì dưới (10) là một lớp tế bào hình bầu dục, kích thước khá đều xếp đều đặn sát nhau, đều không có lông che chở và lông tiết, có lớp cutin dày phía ngoài. Ngay dưới lớp biểu bì trên là lớp mô giậu (11) gồm 3 - 4 lớp tế bào thuôn dài xếp sát nhau. Mô xốp (12) gồm 3 - 4 lớp tế bào hình tròn hoặc đa giác xếp lộn xộn. Bên trong phiến lá có các hạt tinh dầu (13) nằm rải rác khắp phiến lá.

3.2.2. Vi phẫu phần thân bánh tẻ

Mặt cắt ngang thân cây có dạng hình gần tròn đến bầu dục (hình 4). Lớp ngoài cùng là lớp biểu bì (14) gồm một lớp tế bào nhỏ hình bầu dục xếp đều đặn, bên ngoài có một lớp cutin (15) mỏng, trên biểu bì không có lông che chở và lông tiết. Bên trong cùng lớp biểu bì là hạ bì là lớp mô mềm vỏ (16) gồm 6 - 8 lớp tế bào hình đa giác kích thước không đều xếp lộn xộn, vách mỏng bằng cellulose. Bên trong lớp mô mềm là các bó mạch (17), đối với thân bánh tẻ mang lá những bó mạch này xếp rải rác xung quanh thân, kích thước không đều nhau. Mỗi bó mạch gồm nhiều lớp tế bào vách dày hóa gỗ, những bó mạch này sẽ phát triển thành vòng mô cứng trong phần thân già của cây. Tiếp đến là lớp tế bào libe thứ cấp (18) gồm 14 - 18 lớp tế bào hình đa giác nhỏ ép chặt vào nhau, các tế bào xếp thẳng hàng hướng tâm. Bên trong lớp tế bào libe thứ cấp là lớp gỗ cấp 2 gồm nhiều sợi gỗ (19) và mạch gỗ (20) xếp xen kẽ nhau. Mạch gỗ to, hình tròn nằm rải rác trong vùng gỗ, sợi gỗ gồm nhiều lớp tế bào nhỏ nằm xen kẽ giữa các mạch gỗ. Mạch gỗ và sợi gỗ tập trung thành cụm phân bố đều quanh thân, mỗi cụm gồm 3 - 5 dãy mạch. Mô mềm tủy (21) gồm những tế bào hình đa giác, kích thước lớn xếp sát nhau, vách dày hóa gỗ.

3.2.3. Vi phẫu rễ cây

Mặt cắt ngang rễ cây có hình tròn (hình 5), lớp ngoài cùng là bần (22) gồm nhiều lớp tế bào hình chữ nhật xếp sát nhau thành hàng xuyên tâm, dễ bong tróc. Mô mềm vỏ (23) gồm 6 - 8 lớp tế bào hình bầu dục hay đa giác kích thước không đều nhau, xếp lộn xộn, vách tế bào dày, phần mô mềm phía trong bị thu hẹp lại thành một dãy tế bào tạo thành nhiều lớp tế bào thẳng hàng xuyên tâm phân bố đều trong rễ, xen vào đó là lớp libe thứ cấp (24) gồm nhiều lớp tế bào nhỏ hình đa giác xếp gần nhau thành hàng xuyên tâm. Bên trong là lớp gỗ hình tròn phủ kín tâm gồm nhiều mạch gỗ (25) to hình tròn xen kẽ với các tia gỗ (26). Rễ cây không có mô mềm tủy.

3.3. Đánh giá sinh trưởng của cây Đàn hương trắng

3.3.1. Động thái tăng trưởng của cây Đàn hương trắng

Kết quả tổng hợp tại bảng 2 cho thấy: tại thời điểm sau trồng 1 tháng (tháng 12/2019) cây vừa ổn định và bén rễ, có các chỉ tiêu đường kính gốc (D_o) đạt 0,51 cm, chiều cao vút ngọn (H_{vn}) đạt 0,34 m, đường kính tán (D_t) đạt 0,17 m. Cây trồng 1 năm tuổi (năm 2022), tốc độ tăng trưởng bình quân năm (Δ_x) của D_o đạt 0,66 cm/năm, của H_{vn} đạt 0,54 m/năm, D_t đạt 0,42 m/năm. Khi cây ở giai đoạn 2 năm tuổi trở đi tốc độ sinh trưởng đã tăng rõ rệt, tại thời điểm cây 4 năm tuổi tốc độ tăng trưởng bình quân của D_o là 1,35 cm/năm (D_o đạt 5,89 cm), của H_{vn} là 0,75 m/năm (H_{vn} đạt 3,33 m), D_t là 0,33 m/năm (D_t đạt 1,48 m). Cây có động thái tăng trưởng về đường kính gốc và chiều cao vút ngọn và khá tốt, nhưng do đặc điểm dạng tán của cây là dạng hình chóp, lại thường xuyên được cắt tỉa cành dưới để tăng cường sinh trưởng cho thân chính nên tốc độ tăng trưởng đường kính tán diễn ra chậm hơn. Sinh trưởng của cây Đàn hương trắng trồng tại Phú Thọ 4 năm tuổi tương đương với sinh trưởng của cây Đàn hương trắng 5 năm tuổi trồng tại Gujarat, Ấn Độ, trong nghiên cứu của Rot và cs (2022) đạt đường kính 5,07 cm, chiều cao 2,69 [7].

Bảng 2. Sinh trưởng của cây Đàn hương trắng trồng tại tỉnh Phú Thọ

Chỉ tiêu	Tháng 12/2019	Tháng 12/2020			Tháng 12/2021		Tháng 12/2022		Tháng 12/2023	
	X _{tb}	X _{tb}	Δ _X	X _{tb}	Δ _X	X _{tb}	Δ _X	X _{tb}	Δ _X	
D _o (cm)	0,51±0,003	1,17±0,009	0,66	2,56±0,011	1,03	4,08±0,014	1,19	5,89±0,012	1,35	
H _{vn} (m)	0,34±0,005	0,88±0,009	0,54	1,56±0,011	0,61	2,38±0,007	0,68	3,33±0,010	0,75	
D _t (m)	0,17±0,003	0,59±0,005	0,42	0,84±0,011	0,34	1,17±0,007	0,33	1,48±0,008	0,33	

3.3.2. Tương quan giữa các chỉ tiêu sinh trưởng của cây Đàn hương trắng

Để xác định được đại lượng khó đo đếm (H_{vn} , D_t) chúng tôi xác định tương quan giữa chúng với đại lượng dễ đo đếm (D_o) thông qua việc khảo sát sự phù hợp của tương quan giữa H_{vn} với D_o , giữa D_t với D_o qua 10 hàm sinh trưởng. Kết quả được tổng hợp trong bảng 3, bảng 4.

Dữ liệu trong bảng 3 cho thấy: Giữa H_{vn} và D_o có mối tương quan rất chặt ($r > 0,8$) và đều tồn tại trong tổng thể ($\text{sig.}r < 0,05$) trên 11 dạng hàm thử nghiệm. Dạng hàm Quadratic có $r = 0,999$ đạt cao nhất, tuy nhiên tham số a, c không tồn tại ($\text{sig.} > 0,05$); đối với hàm Linear có $r = 0,998$ cao thứ 2, tuy nhiên tham số a không tồn tại ($\text{sig.} > 0,05$) nên không chọn để mô phỏng tương quan. Dạng hàm Power ($Y = a \times X^b$) có $r = 0,997$ cao thứ 3 trong nhóm, các tham số a, b đều tồn tại trong tổng thể ($\text{sig.} < 0,05$) được chọn để mô phỏng tương quan $H_{vn} = 0,675 \times D_o^{0,909}$.

Dữ liệu trong bảng 5 cho thấy: Giữa D_t và D_o có mối tương quan rất chặt ($r > 0,8$) trên 10 dạng hàm thử nghiệm; dạng hàm Compound, Growth, Exponential, Logistic có r không tồn tại trong tổng thể ($\text{Sig.}r > 0,05$). Dạng hàm S có $r = 0,991$ đạt cao nhất, có r và các tham số a, b đều tồn tại ($\text{sig.} < 0,05$), được chọn để mô phỏng tương quan $D_t = 2,718^{(0,438 - 1,137/D_o)}$.

Bảng 3. Tương quan giữa H_{vn} với D_o của cây Đàn hương trắng

Hàm số	Hệ số tương quan (r)		Tham số a		Tham số b		Tham số c	
	r	sig.r	a	sig.a	b	sig.b	c	sig.c
Linear	0,998	0,000	0,155	0,082	0,543	0,000		
Logarithmic	0,961	0,009	0,862	0,029	1,160	0,009		
Inverse	0,843	0,073	2,679	0,012	-1,354	0,073		
Quadratic	0,999	0,002	0,092	0,443	0,607	0,016	-0,010	0,490
Compound	0,933	0,020	0,436	0,042	1,468	0,001		
Power	0,997	0,000	0,675	0,000	0,909	0,000		
S	0,969	0,007	1,114	0,007	-1,176	0,007		
Growth	0,933	0,020	-0,829	0,067	0,384	0,02		
Exponential	0,933	0,020	0,436	0,042	0,384	0,020		
Logistic	0,933	0,020	2,291	0,042	0,681	0,001		

Bảng 4. Tương quan giữa D_t với D_o của cây Đàn hương trắng

Hàm số	Hệ số tương quan (r)		Tham số a		Tham số b		Tham số c	
	r	sig.r	a	sig.a	b	sig.b	c	sig.c
Linear	0,978	0,004	0,205	0,124	0,227	0,004		
Logarithmic	0,987	0,002	0,484	0,003	0,508	0,002		
Inverse	0,914	0,030	1,303	0,004	-0,626	0,030		
Quadratic	0,989	0,022	0,067	0,657	0,370	0,072	-0,022	0,298
Compound	0,868	0,056	0,261	0,080	1,401	0,003		
Power	0,970	0,006	0,373	0,005	0,836	0,006		
S	0,991	0,001	0,438	0,015	-1,137	0,001		
Growth	0,868	0,056	-1,343	0,039	0,337	0,056		
Exponential	0,868	0,056	0,261	0,080	0,337	0,056		
Logistic	0,868	0,056	3,832	0,080	0,714	0,003		

3.4. Đánh giá tình hình sâu bệnh hại của cây Đàn hương trắng

Chúng tôi tiến hành theo dõi tình hình sâu bệnh hại trên cây Đàn hương trắng trồng tại xã Đào Xá. Kết quả được trình bày trong bảng 5, đã xác định 04 loài côn trùng và 1 loài nhện gây hại thuộc 5 họ. Hầu hết các loài côn trùng và nhện đã ghi nhận đều gây hại chủ yếu trên lá cây, thân. Mức độ bắt gặp rất ít, loài ốc sên nhỏ có tỷ lệ gặp ít. Chưa thấy xuất hiện bệnh hại. Như vậy, cây Đàn hương có khả năng chống chịu sâu bệnh hại khá tốt.

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu đã mô tả được đặc điểm sinh học, giải phẫu thân, lá, rễ của cây Đàn hương trắng. Cây thích ứng khá tốt trên đất đồi tại tỉnh Phú Thọ, tại thời điểm cây 4 năm tuổi tốc

độ tăng trưởng bình quân của D_o là 1,35 cm/năm (D_o đạt 5,89 cm), của H_{vn} là 0,75 m/năm (H_{vn} đạt 3,33 m), D_t là 0,33 m/năm (D_t đạt 1,48 m). H_{vn} và D_o có mối tương quan rất chặt và được mô phỏng theo hàm Power: $H_{vn} = 0,675 \times D_o^{0,909}$. D_t và D_o có mối tương quan rất chặt và được mô phỏng theo hàm S: $D_t = 2,718^{(0,438 - 1,137/D_o)}$. Kết quả nghiên cứu đã xác định 04 loài côn trùng và 01 loài nhện gây hại trên lá cây, thân và mức độ bắt gặp rất ít.

Bảng 5. Thành phần sâu và động vật hại trên cây Đàn hương trắng

TT	Tên	Tên khoa học	Họ	Bộ phận bị hại	Tỷ lệ bắt gặp (%)
1	Nhện đỏ	<i>Tetranychus</i> sp.	Tetranychidae	Lá bánh tẻ	3,5
2	Sâu cuốn lá	<i>Sympiezomias cretaceus</i>	Curculionidae	Lá non, ngọn	4,5
3	Sâu đo	<i>Trichoplusia ni</i>	Noctuidae	Lá non, bánh tẻ	3,0
4	Ốc sên nhỏ	<i>Bradybaena similaris</i>	Bradybaena	Thân, gốc	18,5
5	Mối	<i>Macrotermes malaccensis</i>	Termitidae	Thân, gốc	7,5

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] B. Mishra, S. Chakraborty, S. Mc, and S. Viswanath, "Sandalwood farming in India: Problems and Prospects," *Indian Journal of Tropical Biodiversity*, vol. 26, no. 10, pp. 1-12, 2018.
- [2] N. Krishnakumar and K. T. Parthiban, "Flowering Phenology and Seed Production of *Santalum album* L.," *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, vol. 6, no. 5, pp. 963-974, 2017, doi: 10.20546/ijcmas.2017.605.106.
- [3] N. Krishnakumar, K. T. Parthiban, and S. U. Kanna, "Growth performance of sandalwood (*Santalum album* L.) (An endangered medicinal tree) progenies under nursery conditions," *The Pharma Innovation Journal*, vol. 7, no. 5, pp. 312-319, 2018.
- [4] D. Nurochman, J. R. Matangaran, G. Santosa, D. Suharjito, and R. K. Sari, "Autecology and morphological properties of sandalwood (*Santalum album*) in Pidie District, Aceh, Indonesia," *Biodiversitas*, vol. 19, no. 2, pp. 406-412, 2018, doi: 10.13057/biodiv/d190207.
- [5] A. N. Arunkumar, G. Joshi, and R. Warriar, "Growth Assessment of Young Plantation of *Santalum album* with *Dalbergia latifolia* as Host," *Indian Forester*, vol. 148, no. 8, p. 785, 2022, doi: 10.36808/if/2022/v148i8/162882.
- [6] Y. Li, X. Zhang, Q. Cheng, J. A. T. Silva, L. Fang, and G. Ma, "Elicitors Modulate Young Sandalwood (*Santalum album* L.) Growth, Heartwood Formation, and Concrete Oil Synthesis," *Plants*, vol. 10, 2021, Art. no. 339, doi: 10.3390/plants10020339.
- [7] J. R. Rot, D. R. Prajapati, R. J. Mevada, M. Jani, S. K. Jha, H. P. Vanapariya, and K. Sasikumar, "Growth performance of *Santalum album* L. Association with different Host species in South Gujarat Region," *Indian Forester*, vol. 148, no. 11, pp. 969-985, 2022, doi: 10.36808/if/2022/v148i11/156796.
- [8] Y. Yang, L. P. He, and X. Y. Gao, "Determination of γ - Aminobutyric Acid in leaves of *Santalum album* L. by HPLC," *Chemistry and Industry of Forest Products*, vol. 33, no. 2, pp. 134-138, 2013.
- [9] W. J. Pan, X. Lin, L. Y. Zhou, R. Wang, and C. Yan, "Optimization of Technical Processes for Extraction and Purification of Vitexin and Isovitexin from Leaves of *Santalum album*," *Lishizhen Medicine and Materia Medica Research*, vol. 9, pp. 2055-2057, 2016.
- [10] T. H. G. Nguyen, T. L. A. Vu, T. H. Kim, T. K. Y. Pham, D. N. Nguyen, T. M. H. Bui, H. N. Nguyen, and T. P. Do, "Identification of DNA barcodes for White Sandalwood (*Santalum album* L.) for species identification," *Journal of Forest Science and Technology*, no. 2, pp. 24-32, 2023.
- [11] Ministry of Agriculture and Rural Development, "Decision No. 1305/QĐ-BNN-TCLN on recognition of forest plant varieties: Sandalwood originating from Karnataka India, April 22, 2019", 2019.
- [12] H. H. Pham, *Plants of Vietnam*. Young Publishing House of Ho Chi Minh City, 2003.
- [13] T. B. Nguyen, *List of plant species in Vietnam*. Agriculture Publishing House, Hanoi, 2003.
- [14] R. M. Klein and D. T. Klein, *Plant research methods (translators: Nguyen Tien Ban, Nguyen Nhu Khanh)*. Hanoi Science and Technology Publishing House, 1979.
- [15] B. Nguyen, *Plant morphology*. Vietnam Education Publishing House, 2005.
- [16] T. S. Hoang and P. N. Nguyen, *Practice Morphology - Plant Anatomy*. Publishing House University of Pedagogy, Hanoi, 2008.
- [17] Ministry of Agriculture and Rural Development, "National Regulation QCVN 01-38:2010/BNNPTNT dated October 12, 2010, on investigation and detection of pests on crops", 2010.