

ĐẠI HỌC HUẾ
TRƯỜNG ĐẠI HỌC NÔNG LÂM

LÊ THÁI HÙNG

NGHIÊN CỨU CƠ SỞ KHOA HỌC NHẪM ĐỂ
XUẤT GIẢI PHÁP BẢO TỒN VÀ PHÁT TRIỂN
CÂY CHÒ ĐEN (*Parashorea stellata* Kurz.) TẠI TỈNH
THỪA THIÊN HUẾ

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ LÂM SINH

HUẾ, NĂM 2026

**ĐẠI HỌC HUẾ
TRƯỜNG ĐẠI HỌC NÔNG LÂM**

LÊ THÁI HÙNG

**NGHIÊN CỨU CƠ SỞ KHOA HỌC NHẪM ĐỀ
XUẤT GIẢI PHÁP BẢO TỒN VÀ PHÁT TRIỂN CÂY
CHÒ ĐEN (*Parashorea stellata* Kurz.) TẠI TỈNH
THỪA THIÊN HUẾ**

**TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ LÂM SINH
NGÀNH: LÂM SINH
MÃ SỐ: 9620205**

**NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:
PGS.TS. HOÀNG HUY TUẤN
PGS.TS. NGUYỄN VĂN LỢI**

HUẾ, NĂM 2026

MỞ ĐẦU

1. Đặt vấn đề

Chò đen (*Parashorea stellata* Kurz.) là loài cây gỗ lớn thuộc họ Dầu (Dipterocarpaceae) có giá trị cao về sinh thái, kinh tế và bảo tồn. Tuy nhiên, do quá trình khai thác kéo dài trong quá khứ kết hợp với sự suy giảm sinh cảnh tự nhiên nên nhiều quần thể đã bị thu hẹp cả về diện tích lẫn số lượng cá thể. Chò đen phân bố tự nhiên chủ yếu ở các khu vực phía Nam đến dãy Trường sơn phía Tây tại Thành phố Huế. Điều này cho thấy các quần thể Chò đen có ý nghĩa đặc biệt quan trọng về mặt sinh thái, địa sinh học và bảo tồn nguồn gen.

Các nghiên cứu về Chò đen ở Việt Nam hiện nay vẫn còn khá hạn chế. Phần lớn các công trình đã công bố chỉ tập trung vào mô tả hình thái, phân loại học, phân bố địa lý và giá trị sử dụng của loài. Đến nay vẫn chưa có công trình nào nghiên cứu một cách hệ thống, đồng bộ từ đặc điểm sinh học, phân bố và sinh thái, lâm học, đa dạng di truyền đến kỹ thuật nhân giống và các giải pháp bảo tồn, phát triển loài Chò đen tại Thành phố Huế. Các dữ liệu về khoa học của loài vẫn còn thiếu hụt dẫn đến khó khăn cho việc xây dựng các giải pháp bảo tồn và phát triển nguồn gen loài Chò đen.

2. Mục tiêu nghiên cứu

2.1. Mục tiêu chung

Xác định cơ sở khoa học phục vụ bảo tồn và phát triển loài Chò đen tại Thành phố Huế thông qua nghiên cứu đặc

điểm sinh học, sinh thái, phân bố, lâm học, đa dạng di truyền và nhân giống, làm căn cứ đề xuất các giải pháp bảo tồn và phát triển bền vững loài Chò đen.

2.2. Mục tiêu cụ thể

1) Xác định được đặc điểm hình thái, giải phẫu, vật hậu và đa dạng di truyền của loài Chò đen

2) Xác định được đặc điểm cấu trúc và tái sinh tự nhiên lâm phần có loài Chò đen phân bố.

3) Xác định được các nhân tố sinh thái ảnh hưởng đến phân bố tự nhiên và hiện trạng phân bố của loài Chò đen

4) Xác định được một số biện pháp kỹ thuật nhân giống hữu tính loài Chò đen

5) Đề xuất được các giải pháp bảo tồn và phát triển bền vững loài Chò đen tại thành phố Huế.

3. Ý nghĩa của luận án

3.1. Ý nghĩa khoa học

Bổ sung và hoàn thiện cơ sở khoa học về đặc điểm sinh học, sinh thái phân bố, lâm học, đa dạng di truyền và nhân giống loài Chò đen tại Thành phố Huế.

3.2. Ý nghĩa thực tiễn

Cung cấp cơ sở thực tiễn cho việc xây dựng các giải pháp bảo tồn và phát triển bền vững loài Chò đen. Đồng thời, kết quả nghiên cứu là nguồn tư liệu tham khảo, phục vụ nghiên cứu khoa học, giảng dạy, học tập và đào tạo trong lĩnh vực lâm sinh và bảo tồn đa dạng sinh học.

4. Những đóng góp mới của luận án

1) Bổ sung dẫn liệu khoa học về nhận dạng loài Chò đen trên cơ sở tích hợp các đặc điểm hình thái, giải phẫu và chỉ thị DNA barcode (*rbcL*, *trnH-psbA*), góp phần hoàn thiện cơ sở dữ liệu về loài tại Việt Nam.

2) Xác định được đặc điểm cấu trúc quần thể, tái sinh tự nhiên và ĐDSH của các quần xã rừng tự nhiên có Chò đen phân bố tại thành phố Huế, qua đó làm rõ khả năng tái sinh và phục hồi tự nhiên của loài phục vụ công tác bảo tồn và phát triển.

3) Bước đầu xây dựng mô hình tương quan giữa mật độ với nhân tố sinh thái làm cơ sở khoa học để lập bản đồ phân bố theo cấp mật độ, đề xuất các giải pháp quy hoạch vùng bảo tồn và phát triển loài Chò đen tại Thành phố Huế.

4) Xác định được đặc điểm sinh lý hạt giống và hoàn thiện một số biện pháp kỹ thuật nhân giống hữu tính loài Chò đen, làm cơ sở cho việc sản xuất cây giống và phát triển nguồn giống phục vụ bảo tồn và phát triển loài.

CHƯƠNG I. TỔNG QUAN CÁC VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

1.1. Tổng quan về đối tượng nghiên cứu

1.1.1. Nghiên cứu danh pháp phân loại

1.1.2. Đặc điểm hình thái và phát triển

1.1.3. Đặc điểm phân bố sinh thái và cấu trúc rừng

1.1.4. Đặc điểm sinh trưởng phát triển và tái sinh

1.1.5. Giá trị và tình trạng bảo tồn của loài Chò đen

1.2. Tổng quan các công trình nghiên cứu

- 1.2.1. Nghiên cứu đặc điểm hình thái, giải phẫu thực vật
- 1.2.2. Nghiên cứu đặc điểm cấu trúc và tài sinh rừng
- 1.2.3. Nghiên cứu phân bố và sinh thái thực vật rừng
- 1.2.4. Nghiên cứu về nhân giống cây lâm nghiệp
- 1.2.5. Nghiên cứu định danh phân tử và đa dạng di truyền
- 1.2.6. Nghiên cứu về các giải pháp bảo tồn và phát triển

1.3. Nhận xét và đánh giá chung

Số lượng công trình về đặc điểm hình thái, sinh thái, tái sinh tự nhiên, phân bố, nhân giống và tình trạng bảo tồn của loài Chò đen còn tương đối hạn chế, chưa đồng bộ và vẫn chưa được nghiên cứu đầy đủ tại Thành phố Huế.

1.4. Tổng quan về khu vực nghiên cứu

- 1.4.1. Vị trí địa lý
- 1.4.2. Địa hình, địa chất và đất đai
- 1.4.3. Đặc điểm khí hậu
- 1.4.4. Đặc điểm thủy văn
- 1.4.5. Tài nguyên sinh vật

CHƯƠNG II. ĐỐI TƯỢNG, PHẠM VI, NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Loài Chò đen (*P. stellata*) phân bố tự nhiên trên địa bàn 13 xã thuộc Thành phố Huế. Thời gian: 2023 - 2026.

2.2. Nội dung nghiên cứu

- Nghiên cứu đặc điểm sinh học của loài Chò đen
- Nghiên cứu đặc điểm lâm học của quần thể Chò đen

- Nghiên cứu hiện trạng phân bố loài Chò đen
- Nghiên cứu kỹ thuật nhân giống hữu tính loài Chò đen
- Đề xuất các giải pháp bảo tồn và phát triển bền vững loài

2.3. Cách tiếp cận nghiên cứu

Tiếp cận đối tượng nghiên cứu theo quan điểm phát sinh thảm thực vật, sinh thái nhân văn, hoạt động điền dã, thực hành thực nghiệm, hành động có sự tham gia.

2.4. Phương pháp nghiên cứu

2.4.1. Phương pháp kế thừa số liệu thứ cấp liên quan đến đối tượng, lĩnh vực nghiên cứu.

2.4.2. Phương pháp điều tra rừng thiết lập 45 OTC điển hình (50 x 20 m) và 135 ODB (5 x 5 m) để thu thập số liệu về lâm học, đa dạng sinh học và thu mẫu vật các chỉ tiêu hình thái và phân tích di truyền.

2.4.3. Phân tích hình thái, giải phẫu, vi phẫu, soi bột theo phương pháp đối chiếu, so sánh.

2.4.4. Định danh dựa trên chỉ thị DNA barcode với các vùng gen *rbcL* và *trnH-psbA* và phân tích đa dạng di truyền và đánh giá đa dạng di truyền quần thể bằng chỉ thị PCR-ISSR. So sánh trình tự dữ liệu GenBank, giản đồ phả hệ của quần thể theo thuật toán UPGMA.

2.4.5. Phương pháp nghiên cứu đặc điểm lâm học

- Tổ thành thực vật thân gỗ xác định bằng chỉ số IV%
- Các chỉ số đa dạng sinh học: Shannon-Weiner (H'), Simpson (D), Độ phong phú loài Margalef (D), Chỉ số đồng đều Pielou (J), Chỉ số tương đồng (SI).

- Phương pháp nghiên cứu cây tái sinh: Tổ thành cây tái sinh $Pi\%$ và dạng phân bố cây tái sinh trên bề mặt đất dựa trên cơ sở phân bố Poisson.

2.4.6. Phương pháp xây dựng mô hình tương quan giữa mật độ và các nhân tố sinh thái

- Xác định nhân tố sinh thái ảnh hưởng đến mật độ: theo phương pháp phân tích thành phần chính (PCA)

- Xây dựng mô hình tương quan giữa mật độ và các nhân tố sinh thái: Dựa trên các mô hình hồi quy đa biến

- Xây dựng mô hình phân bố được áp dụng phương pháp phân cấp mật độ và phương trình tuyến tính.

2.4.7. Phương pháp nghiên cứu kỹ thuật nhân giống: Các thí nghiệm bố trí dung lượng mẫu là 30, 3 lặp cho mỗi công thức, theo dõi tỷ lệ nảy mầm, thể nảy mầm, tỷ lệ sống, sinh trưởng D_{00} (mm), H_{vn} (cm), số lá.

Thí nghiệm 1: Đánh giá hình thái, phẩm chất hạt giống

Thí nghiệm 2: Ảnh hưởng phương pháp bảo quản hạt giống đến khả năng nảy mầm hạt giống

Thí nghiệm 3: Ảnh hưởng nhiệt độ nước đến nảy mầm hạt giống

Thí nghiệm 4: Ảnh hưởng thời gian ngâm đến tỷ lệ nảy mầm hạt giống

Thí nghiệm 5: Ảnh hưởng thành phần ruột bầu đến tỷ lệ sống, sinh trưởng cây con giai đoạn vườn ươm.

Thí nghiệm 6: Ảnh hưởng chế độ phân bón đến tỷ lệ sống và sinh trưởng cây con trong giai đoạn vườn ươm.

Thí nghiệm 7: Ảnh hưởng của che sáng đến tỷ lệ sống, sinh trưởng cây con trong giai đoạn vườn ươm

2.4.8. Phương pháp xử lý số liệu, phân tích bằng phần mềm BioEdit 7.0.5, SPSS V22.0, PAST v5.3, QGIS 3.34.

2.4.9. Phương pháp xây dựng các giải pháp

Dựa vào hệ thống văn bản pháp quy, xu hướng dự báo và kết quả nghiên cứu để xây dựng các giải pháp.

CHƯƠNG III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Đặc điểm sinh học của loài Chò đen

3.1.1. Đặc điểm hình thái và giải phẫu loài Chò đen

Cây thân gỗ lớn, cao 35 m, đường kính trên 100 cm, vỏ màu nâu đen nứt dọc, tán hình cầu. Lá hình bầu dục, mép nguyên, hơi vặn, 9–13 cặp gân, khi non có màu hồng. Mật độ khí khổng 692 lỗ/mm². Hoa mọc thành cụm, màu trắng sữa, thơm, 5 cánh, xếp vặn, nhị 15. Quả 5 cánh. Đặc điểm vi phẫu thân, lá, rễ có cấu trúc điển hình cây gỗ họ Dầu với các lớp bần, mô mềm, mô cứng, libe, gỗ, mô mềm ruột, ống tiết, bó sợi, mạch, lông che chở, tinh bột, mảnh mô mang tinh bột và tinh thể calci oxalat phát triển rõ.

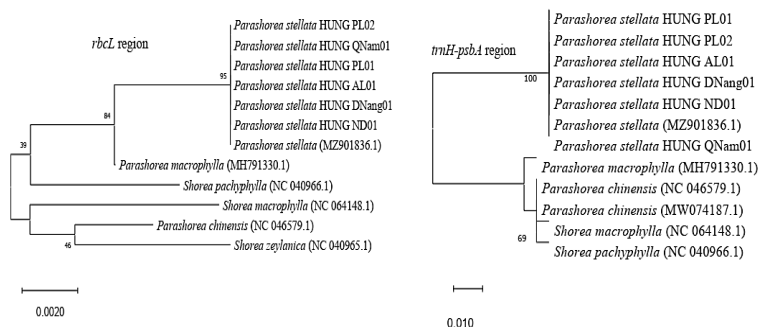
3.1.2. Đặc điểm hậu vật học loài Chò đen

Các pha vật hậu học ở 3 địa điểm nghiên cứu không có sự sai khác. Cây trưởng thành thường rụng lá, nảy chồi, ra lá non có màu hồng từ tháng 12 - 3 năm sau, ra hoa tháng 4 – 5, quả chín và rơi rụng 8 – 10. Hạt tái sinh tốt.

3.1.3. Đặc điểm di truyền quần thể loài Chò đen

3.1.3.1. Định danh loài bằng chỉ thị DNA barcode

Tất cả trình tự nucleotide của các vùng gen được lưu trữ trên Genbank, tương ứng: *rbcL* (OR922785 - OR922790) và *trnH-psbA* (OR913554 - OR913559). Phân tích BLAST đã xác minh và so sánh các trình tự với mã MZ901836.1 cho thấy mức độ bao phủ và tương đồng cao, đạt 100% với giá trị căn chỉnh là 0,000 và khác xa so với các loài khác thuộc chi *Parashorea*, *Shorea* với khoảng cách K2P tạo từ *rbcL* và *trnH-psbA* lần lượt là 0,0041 - 0,0152 và 0,078 - 0,088 tương ứng. Cây phát sinh chủng loài thể hiện ở hình 3.10.



Hình 3.10. Cây phát sinh chủng loài của loài Chò đen dựa trên trình tự các vùng gen *rbcL* và *trnH-psbA*

3.1.3.2. Đa dạng di truyền quần thể loài loài Chò đen bằng chỉ thị PCR-ISSR

a. Sự đa hình của các chỉ thị PCR-ISSR

Nghiên cứu chọn lọc được 9/15 chỉ thị ISSR có biểu hiện sự đa hình trong các phản ứng PCR trên khuôn DNA tổng số của lá loài Chò đen với tỷ lệ cá thể khuếch đại là 100%. Phản ứng PCR của 9 chỉ thị ISSR đã khuếch đại tổng

cộng 52 phân đoạn DNA có kích thước dao động từ 300 – 3.500 bp. Các kết quả nghiên cứu cho thấy cấp độ loài (PPB = 100%, Na = 2,000, Ne = 1,5239, $h = 0,3404$ và $I = 0,5225$) cao hơn đáng kể so với các chỉ số ở cấp độ quần thể (PPB = 52,3%, Na = 1,519, Ne = 1,313, $h = 0,181$ và $I = 0,270$). Kết quả này có thể giải thích bởi sự trôi dạt di truyền, suy giảm kích thước quần thể và khả năng thích nghi với môi trường của loài dẫn đến sự suy giảm đa dạng di truyền trong quần thể.

b. Sự đa dạng di truyền giữa các quần thể Chò đen

Các chỉ số đa dạng di truyền quần thể loài Chò đen được thể hiện ở bảng 3.9.

Bảng 3.9. Chỉ số đa dạng di truyền của các quần thể Chò đen tại Thành phố Huế

Stt	Thông số	Ký hiệu	Trung bình $\pm$ SE
1	Số lượng mẫu		40
2	Số lượng quần thể		5
3	Chỉ số đa dạng nguồn gen của tổng các quần thể	H_T	$0,1753 \pm 0,0064$
4	Chỉ số đa dạng gen trung bình trong tổng thể	H_S	$0,239 \pm 0,0033$
5	Chỉ số sai khác di truyền Nei giữa các quần thể	G_{ST}	0,2936
6	Chỉ số trao đổi gen giữa các quần thể	Nm	1,2033

Sự đa hình của các quần thể loài Chò đen được thu thập tại 5 vùng nghiên cứu cho thấy có mức độ đa hình tương đối thấp với giá trị $NPB = 8 - 22$, $PPB = 15,38 - 42,31\%$, $Na = 1,1538 - 1,4231$, $Ne = 1,1 - 1,2810$, chỉ số Na luôn lớn hơn Ne ; chỉ số đa dạng gen $Nei\ h = 0,0601 - 0,1565$, chỉ số Shannon $I = 0,089 - 0,2258$. Hệ số tương quan di truyền Nei lớn ($0,8844 - 0,9584$) và khoảng cách di truyền thấp ($0,0425 - 0,1228$) đã thể hiện mối quan hệ gần gũi về mặt di truyền giữa các quần thể. Sự phân hóa gen và dòng gen là những chỉ số để đánh giá cấu trúc di truyền của loài, quần thể loài Chò đen. Giá trị Nm là $1,2033$ cho thấy sự di chuyển của dòng gen giữa các vùng nghiên cứu là từ trung bình đến cao.

3.2. Đặc điểm lâm học của quần xã thực vật rừng có loài Chò đen phân bố

3.2.1. Đặc điểm cấu trúc lâm phần có loài Chò đen phân bố

3.2.1.1. Sự đa dạng thành phần loài thực vật thân gỗ ở các khu vực nghiên cứu

Kết quả điều tra ghi nhận 192 loài thực vật thân gỗ, thuộc 123 chi, 52 họ và phân bố trong 2 ngành. Trong đó, Trong đó ngành Thông (Pinophyta) ghi nhận 3 loài thuộc 3 chi và 1 họ (Podocarpaceae), gồm các loài Thông nàng (*Dacrycarpus imbricatus*), Thông tre (*Podocarpus neriifolius*) và Hoàng đàn giả (*Dacrydium elatum*). Ngược lại, ngành Ngọc lan (Magnoliophyta) chiếm phần lớn, với 189 loài (98,4%), 120 chi (97,6%), 51 họ (98,1%). Họ Dầu

(Dipterocarpaceae) có các loài đặc trưng Kiền kiền (*Hopea pierrei*), Dầu hassel (*Dipterocapus hasseltii*) cùng loài Chò đen (*Parashorea stellata*) góp phần quan trọng phân loại và giá trị sinh thái quần thể thực vật.

3.2.1.2. Đặc điểm về cấu trúc quần xã thực vật rừng có loài Chò đen phân bố

Kết quả điều tra lâm phần có sự biến động đáng kể giữa các địa điểm và trạng thái rừng. Mật độ lâm phần dao động trong khoảng 440 - 1.300 cây/ha, có xu hướng cao ở các trạng thái TXG, TXB và TXN có mật độ biến động lớn giữa các địa điểm. Điều này cho thấy sự khác biệt về mật độ của quần xã thực vật rừng. Chỉ tiêu đường kính (Dtb) của lâm phần từ 7,7 - 20,5 cm và chiều cao (Htb) từ 8,7 - 24,44 m, cho thấy sự phân hóa về cấu trúc và mức độ phát triển cấu trúc tầng cây cao giữa các trạng thái rừng. Đối với loài Chò đen, các chỉ tiêu sinh trưởng cao hơn so với giá trị trung bình của lâm phần, với đường kính từ 9,2 - 42,1 cm và chiều cao 9,4 - 22,4 m. Mật độ phân bố của loài cũng có sự khác biệt giữa các địa điểm, có xu hướng tăng dần từ trạng thái TXN lên TXG, biến động từ 20 - 110 cây/ha.

3.2.1.3. Đặc điểm cấu trúc tổ thành quần xã thực vật rừng có loài Chò đen phân bố

Kết quả điều tra và tính toán tổ thành rừng theo chỉ số quan trọng (IV%) ở bảng 3.12. cho thấy mức độ đa dạng loài cao, dao động từ 27 đến 39 loài giữa các trạng thái rừng và giữa các vùng nghiên cứu

**Bảng 3.12. Tổ thành thực vật trên các trạng thái rừng có
loài Chò đen phân bố**

Địa điểm	Trạng thái rừng	Số loài lâm phần	Số loài ưu thế	Công thức tổ thành thực vật	Chỉ số IV Chò đen
A Lưới	TXN	27	6	16,59 Vtr + 8,97 Sm + 8,64 Dc + 5,81 Mn + 4,56 Tr + 5,34 Rr + 50,09 lkh (21 loài)	2,57
	TXB	29	6	12,14 Gi + 11,49 Dg + 8,54 Chđ + 8,08 Bkh + 7,67 Kki + 5,61 Trch + 45,97 lkh (23 loài)	8,54
	TXG	37	5	13,75 Chđ + 12,09 Ch + 10,90 Trch + 6,71 Gi + 5,59 Sm + 50,96 lkh (32 loài)	13,75
Nam Đông	TXN	32	8	11,19 Vtr + 8,37 Lxet + 7,28 Dc + 7,24 Da + 6,43 Na + 6,10 Uo + 5,39 Trm + 5,32 Trch + 42,68 lkh (24 loài)	2,57
	TXB	39	7	11,24 Chđ + 8,66 Vtr + 7,47 Trm + 6,67 Dc + 5,79 Lleo + 5,76 Trch + 5,2 Kha + 49,21 lkh (32 loài)	11,24
	TXG	34	6	9,90 Trch + 8,23 Ng + 6,90 Tlg + 7,79 Chđ + 7,30 Tr + 5,22 Na + 54,66 lkh (28 loài)	7,79
Phú Lộc	TXN	31	4	25,86 Chđ + 18,39 Tlg + 8,99 Mch + 8,81 Sm + 37,95 lkh (27 loài)	25,86
	TXB	36	7	15,58 Dad + 13,44 Dgi + 9,56 Nho + 7,71 Trv + 6,18 Rsu + 5,33 Thr + 7,60 Su + 34,60 lkh (29 loài)	1,76
	TXG	27	5	30,25 Chđ + 9,21 Dc + 7,45 Mch + 7,39 Sm + 6,61 Tlg + 39,09 lkh (22 loài)	30,25

Ghi chú: Vtr: Vạng trắng; Sm: Săng máu; Dc: Dẻ cau; Mn: Mít nài; Tr: Trâm; Rr: Ràng ràng mít; Gi: Giỏi; Dg: Dẻ gai; Chđ: Chò đen; Bkh: Ba khía; Kki: Kiền kiền; Trch: Trám chua; Chu: Chuồn; Lxet: Lim xẹt bắc bộ; Da: Đào; Na: Nang; Uo: Ưoi; Trm: Trường mật; Lleo: Lèo heo; Kha: Kháo; Ng: Ngát; Tlg: Tim lang; Mch: Máu chó lá nhỏ; Dad: Dâu đất; Dgi: Dâu gia xoan; Nho: Nhội; Trv: Trường vại; Rsu: Rau sùng; Thr: Thị rừng; Su: Sung; lkh: loài khác

3.2.1.4. Đánh giá chỉ số đa dạng sinh học các QXTV rừng có phân bố Chò đen

Bảng 3.13. Giá trị các chỉ số đa dạng sinh học và mật độ cá thể thực vật thân gỗ tại các địa điểm nghiên cứu

Stt	Chỉ số	Giá trị trung bình (độ lệch chuẩn)		
		A Lưới	Nam Đông	Phú Lộc
1	Độ giàu loài Margalef (D)	26,22 (4,12)	28,33 (5,24)	30,11 (8,64)
2	Độ phong phú loài Menhinick (D ₁)	3,29 (0,48)	3,38 (0,53)	3,02 (0,37)
3	Chỉ số Shannon (H')	3,04 (0,21)	3,11 (0,19)	3,01 (0,28)
4	Chỉ số Simpson (D ₂)	0,94 (0,02)	0,94 (0,01)	0,93 (0,02)
5	Chỉ số đồng đều Pielou (J)	0,93 (0,03)	0,93 (0,02)	0,90 (0,04)
6	Mật độ (cá thể/m ²)	0,07 (0,03)	0,07 (0,01)	0,10 (0,04)

Các kết quả ở bảng 3.13 cho thấy các chỉ số đa dạng sinh học có sự tương đồng và tương đối cao. Điều này phản ánh tính ổn định, cấu trúc hỗn loài ở các quần xã thực vật rừng thân gỗ có loài Chò đen phân bố.

3.2.2. Đặc điểm tái sinh trong quần thể có loài Chò đen

3.2.2.1. Đặc điểm cấu trúc tổ thành, mật độ tái sinh lâm phần

Kết quả cho thấy mật độ cây tái sinh tăng dần từ 9.755 cây/ha (TXN) lên 9.791 cây/ha (TXB) và 10.064 cây/ha (TXG). Số loài chênh lệch từ 54 loài (TXN), 52 loài (TXB) và trạng thái TXG có 43 loài và có 5 - 6 loài tái sinh ưu thế như Tim lang, Vạng trứng, Chò đen, Trâm,... (bảng 3.17).

Bảng 3.17. Công thức tổ thành cây tái sinh tại các QXTV rừng có phân bố Chò đen

Stt	Trạng thái rừng	Số loài	Công thức tổ thành	Chỉ số Pi (%) Chò đen
1	TXN	54	11,1 Tlg + 9,8 Bbu + 8,1 Rr + 7,2 Tr + 6,4 Dc + 5,5 Vtr + 51,9 lkh (48 loài khác)	2,3
2	TXB	52	12,6 Tr + 9,5 Chđ + 9,0 Dc + 5,5 Mch + 5,0 Trch + 58,3 lkh (47 loài khác)	9,5
3	TXG	43	11,2 Trch + 8,8 Tr + 7,6 Chđ + 5,9 Mch + 5,3 Cot + 61,2 lkh (38 loài khác)	7,6

3.2.2.2. Hiện trạng phân bố cây tái sinh theo trạng thái rừng của loài Chò đen

Bảng 3.18. Hiện trạng phân bố cây tái sinh loài Chò đen trên các trạng thái rừng

Stt	Trạng thái rừng	N _o	N _t	X _{tb}	S ²	K	Dạng phân bố	Mật độ Chò đen (cây/ha)
1	TXB	15	91	6,07	26,35	4,34	cụm	809
2	TXG	14	72	5,14	25,05	4,87	cụm	640
3	TXN	10	61	6,10	43,66	7,16	cụm	542
4	Toàn lâm phần	39	224	5,74	28,83	5,02	cụm	664

Ở bảng 3.18 cho thấy mật độ tái sinh lâm phần là 664 cây/ha, dạng phân bố cụm, mức độ quần tụ khá cao nhưng mức hao hụt khoảng 84,6% ở giai đoạn cây mạ, tái sinh chưa triển vọng 14,2% nên cần các giải pháp lâm sinh là cần thiết.

3.3. Đặc điểm phân bố loài Chò đen tại Thành phố Huế

3.3.1. Xây dựng mô hình tương quan giữa mật độ loài Chò đen với các nhân tố sinh thái

3.3.1.1. Xác định nhân tố sinh thái ảnh hưởng đến mật độ phân bố loài Chò đen

Kết quả phân tích thành phần chính (PCA) của 06 nhân tố sinh thái chỉ phối đến mật độ loài Chò đen với tổng phương sai tích lũy của 03 thành phần (PC1, PC2 và PC3) đạt kỳ vọng (83,718%). Các trọng số của các nhân tố độ tàn che và tổng lượng mưa đều $> 0,3$. Ngoài ra, kết quả kiểm tra hệ số phóng đại phương sai $VIF = 1,1282$ nên mô hình không xảy ra hiện tượng đa cộng tuyến. Đây là hai nhân tố sinh thái then chốt ảnh hưởng đến mật độ phân bố của loài Chò đen trên lâm phần rừng tự nhiên tại Thành phố Huế.

3.5.1.2. *Xây dựng mô hình tương quan giữa mật độ loài Chò đen với độ tàn che và tổng lượng mưa*

Phương trình tuyến tính giữa mật độ với nhân tố sinh thái có dạng: $Mat_do = 103,79 + 81,452 \times Do_tan_che - 0,028 \times Tong_luong_mua$ ($p = 0,015 < 0,05$). Kết quả độ chính xác mô hình dự báo đạt $\%RMSE = 71,36\%$.

3.3.2. Phân cấp mật độ và xác định hiện trạng phân bố của loài Chò đen ở TP Huế

3.3.2.1. *Phân cấp mật độ phân bố loài Chò đen trên các lâm phần điều tra*

Kết quả phân tích đặc trưng mẫu cho thấy mật độ phân bố trung bình là 46 cây/ha, mật độ thấp nhất là 10 cây/ha và

mật độ cao nhất là 130 cây/ha, mức độ biến động $p = 95\%$ là 9 cây/ha. Dựa trên mô hình phân phối chuẩn đã chia thành 3 cấp mật độ của loài Chò đen (bảng 3.25).

Kết quả phân tích phương sai một nhân tố cho thấy sự sai khác về mật độ phân bố giữa các cấp mật độ có ý nghĩa thống kê ($F_{\text{tính}} = 78,819 > F_{0,05} = 3,219$; $p < 0,05$). Dựa trên phân cấp này và phương trình đã thiết lập để xây dựng bản đồ phân cấp mật độ bằng phần mềm QGIS.

Bảng 3.25. *Kết quả phân chia cấp mật độ loài Chò đen ở các khu vực điều tra*

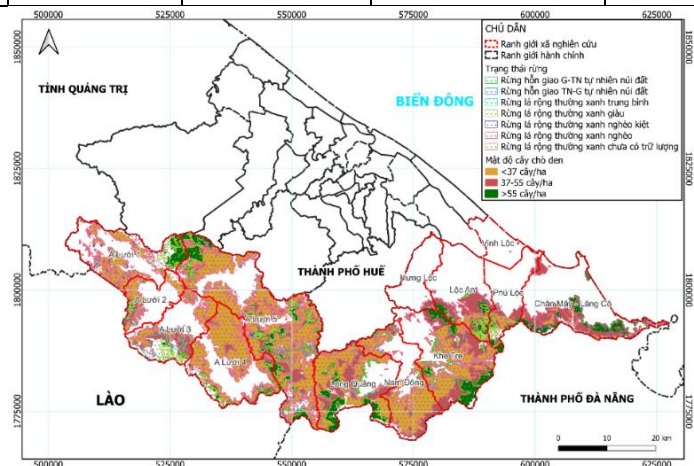
Cấp mật độ	Mật độ (cây/ha)	
	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị lớn nhất
Cấp 1 (thấp)	10	36
Cấp 2 (trung bình)	37	55
Cấp 3 (cao)	56	130

3.3.2.2. Hiện trạng phân bố loài Chò đen theo trạng thái rừng

Các kết quả ở bảng 3.26 và hình 3.16 cho thấy diện tích phân bố loài Chò đen đạt 126.163,49 ha. Trong đó, diện tích ở cấp mật độ thấp (Cấp 1) là 76.383,98 ha (chiếm khoảng 60,54% tổng diện tích); Cấp mật độ trung bình (Cấp 2) với 34.390,59 ha (chiếm 27,26%) và Cấp mật độ cao (Cấp 3) đạt 15.388,92 ha (chiếm 12,20%). Kết quả này cho thấy quần thể Chò đen phân bố ở Thành phố Huế có mật độ thấp đến trung bình ở biến động giữa các trạng thái rừng.

Bảng 3.26. Diện tích phân bố loài Chò đen theo trạng thái rừng

Trạng thái rừng	Tổng diện tích (ha)	Diện tích theo cấp mật độ		
		Cấp 1 (< 37 cây/ha)	Cấp 2 (37 - 55 cây/ha)	Cấp 3 (> 55 cây/ha)
HG1	3.819,82	3.819,82	0	0
HG2	1.382,73	1.382,73	0	0
TXB	26.903,16	0	24.250,85	2.652,31
TXG	11.165,27	0	0	11.165,27
TXK	1.649,38	1.406,6	242,78	0
TXN	81.150,09	69.726,16	9.865,41	1.558,52
TXP	93,04	48,67	31,55	12,82
Tổng	126.163,49	76.383,98	34.390,59	15.388,92



Hình 3.16. Bản đồ phân bố loài Chò đen theo trạng thái rừng

3.4. Kỹ thuật nhân giống hữu tính loài Chò đen

3.4.1. Đặc điểm sinh lý hạt giống của loài Chò đen giai đoạn vườn ươm

3.4.1.1. Đặc điểm hình thái quả và phẩm chất hạt giống

Các kết quả cho thấy quả loài Chò đen có dạng hình cầu, chiều rộng $16,53 \pm 0,22$ mm, chiều dài là $14,55 \pm 0,57$ mm. Độ thuần khá cao, đạt trung bình $91,03 \pm 0,71$ %. Số lượng hạt biến động trong khoảng 448 - 477 hạt/kg. Theo TCVN 13276:2021 thì hạt giống Chò đen xếp nhóm hạt lớn. Độ ẩm tự nhiên chiếm khoảng $39,1 \pm 1,23$ %. Các chỉ tiêu chất lượng hạt giống Chò đen đạt yêu cầu về tiêu chuẩn ngành (04TCN 136:2006).

3.4.1.2. Ảnh hưởng nhiệt độ nước đến nảy mầm hạt giống

Bảng 3.31. Ảnh hưởng nhiệt độ đến tỷ lệ nảy mầm và thể nảy mầm hạt giống Chò đen

Công thức thí nghiệm	Thời gian bắt đầu nảy mầm (ngày)	Thời gian nảy mầm (ngày)	Tỷ lệ nảy mầm (%)	Thể nảy mầm (%)
CT1: 27 ⁰ C	3	10	$90,0 \pm 0,92^a$	63,3 ^a
CT2: 35 ⁰ C	3	12	$92,2 \pm 0,87^a$	60,0 ^a
CT3: 45 ⁰ C	2	10	$87,8 \pm 0,85^b$	55,6 ^b
CT4: 55 ⁰ C	2	7	$40,0 \pm 0,51^c$	23,3 ^c

^{a, b, c} là các chữ cái thể hiện khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) giữa các công thức thí nghiệm (theo cột)

3.4.1.3. Ảnh hưởng phương pháp bảo quản đến chất lượng hạt giống

Bảng 3.32. Ảnh hưởng phương pháp và thời gian bảo quản đến tỷ lệ hạt nảy mầm

Phương pháp bảo quản	Tỷ lệ nảy mầm theo thời gian bảo quản (ngày) (%)			
	5	10	15	20
BQ1 (bảo quản thông thường)	76,67	26,67	0,00	0,00
BQ2 (bảo quản cát ẩm)	96,67	90,00	70,00	36,67
BQ3 (bảo quản tủ lạnh 10 ⁰ C)	93,33	73,33	66,67	40,00

3.4.1.4. Ảnh hưởng thời gian ngâm đến chất lượng hạt giống

Các kết quả thí nghiệm cho thấy khi xử lý hạt giống, thời gian ngâm hạt càng dài thì tỷ lệ nảy mầm và thể nảy mầm càng giảm. Sau 3 ngày hạt bắt đầu nảy mầm, tập trung ngày thứ 6 - 7 và kết thúc ngày thứ 11. Các ảnh hưởng thời gian ngâm cho kết quả về tỷ lệ nảy mầm đạt 81,1 - 93,3 % và thể nảy mầm 30,0 – 58,9%. Hạt giống được ngâm trong 4h có tỷ lệ nảy mầm và thể nảy mầm cao nhất ($93,3 \pm 4,41\%$ và 58,9 %).

3.4.2. Đặc điểm sinh trưởng và các yếu tố ảnh hưởng đến sinh trưởng của loài Chò đen trong vườn ươm

Sinh trưởng cây con trong giai đoạn vườn ươm chia ra làm 04 giai đoạn: Cây mầm (0–60 ngày): cây ưu tiên phát triển hệ rễ cọc, sử dụng dinh dưỡng từ lá mầm; Cây mầm chuyển đổi (60–150 ngày): đặc trưng khả năng tái sinh chồi mạnh (100%), bắt đầu hình thành lá thật và chuyển sang sinh trưởng tự dưỡng; Cây mạ (150–210 ngày): lá thật phát

triển ổn định, cây sinh trưởng nhanh, tỷ lệ sống 97,60%, phản ánh khả năng thích nghi tốt với điều kiện vườn ươm; Cây con sau 12 tháng (210–365 ngày): chiều cao 39,64 cm, đường kính gốc 4,55 mm, số lá 7 lá/cây, tỷ lệ sống 90,22%.

3.4.3. Ảnh hưởng các biện pháp kỹ thuật gieo ươm đến sinh trưởng cây con Chò đen trong vườn ươm

3.4.3.1. Ảnh hưởng thành phần ruột bầu đến sinh trưởng cây con

Hỗn hợp thành phần ruột bầu ở có ảnh hưởng đáng kể tỷ lệ sống, sinh trưởng của cây con trong giai đoạn 12 tháng tuổi. Công thức ruột bầu ảnh hưởng tốt nhất đến sinh trưởng và tỷ lệ sống cao của cây con với chiều cao đạt $39,64 \pm 1,64$ (cm), đường kính gốc đạt $4,55 \pm 0,13$ (mm), cây con có số lá khoảng $7,66 \pm 0,29$ (lá), tỷ lệ sống đạt 96,7% và tỷ lệ xuất vườn cao nhất (83,3% cây loại A và 14,3% cây loại B).

3.4.3.2. Ảnh hưởng của chế độ bón phân đến sinh trưởng của cây Chò đen

Các kết quả cây giống Chò đen sau 12 tháng gieo ươm cho kết quả về tỷ lệ sống của các thí nghiệm về liều lượng bón phân có tỷ lệ sống biến động từ 93,3% - 98,3%. Thí nghiệm liều lượng phân bón 15 g, 30 g cho tỷ lệ sống đạt 96,7 - 98,3%, sinh trưởng đường kính gốc $5,05 \pm 0,083$ - $5,21 \pm 0,082$ mm và chiều cao $45,06 \pm 1,065$ - $46,96 \pm 1,139$ cm và phẩm chất cây đạt tiêu chuẩn là 96,0 - 97,8 %.

3.4.3.3. Ảnh hưởng của chế độ che sáng đến sinh trưởng của cây con Chò đen

Chế độ che sáng có ảnh hưởng tới sinh trưởng của cây chò đen trong giai đoạn vườn ươm. Ở chế độ che sáng 50% cho sinh trưởng tốt nhất về đường kính gốc và tỷ lệ sống (98,3%) giữa các nghiệm thức. Ngược lại, sinh trưởng số lá và chiều cao tương đồng giữa chế độ che sáng 50% và 75%.

3.5. Một số giải pháp bảo tồn và phát triển quần thể loài Chò đen ở thành phố Huế

3.5.1. Giải pháp về quản lý tài nguyên thực vật rừng

Các đơn vị quản lý lâm nghiệp, đơn vị nghiên cứu tăng cường điều tra, giám sát và bảo vệ loài Chò đen. Sử dụng dữ liệu hình thái, vi phẫu, sinh học phân tử để xây dựng tài liệu nhận diện loài phục vụ nghiên cứu chuyên sâu.

3.5.2. Giải pháp kỹ thuật lâm sinh phục hồi quần thể

Khoanh nuôi xúc tiến tái sinh tự nhiên; Khoanh nuôi kết hợp trồng bổ sung; Nuôi dưỡng rừng tự nhiên; Làm giàu rừng bằng trồng bổ sung loài Chò đen và các loài cây bản địa có giá trị sinh thái, bảo tồn cao.

3.7.3. Giải pháp kỹ thuật phát triển nguồn giống

Bảo tồn di truyền theo hai hình thức: In-situ đối với các quần thể có giá trị di truyền cao; và Ex-situ. Quản lý nguồn giống từ cây trội, vùng lấy giống.

3.7.4. Giải pháp quy hoạch phát triển loài Chò đen

Quy hoạch bảo tồn và phát triển các quần thể rừng Chò đen theo trạng thái rừng, loại rừng, đơn vị hành chính và chủ rừng với diện tích khoảng 126.163,49 ha.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

4.1. KẾT LUẬN

1). Các đặc điểm về hình thái, vi phẫu, soi bột và vật hậu học của loài Chò đen được mô tả chi tiết, đầy đủ. Tách dòng và giải trình tự thành công 2 vùng gen lục lạp *rbcL* và *trnH-psbA* với kích thước 731bp và 236 bp có mức tương đồng 100% với các mẫu *P. stellata* đã công bố trên GenBank. Sàng lọc 9/15 chỉ thị PCR-ISSR với tỷ lệ khuếch đại 100% cá thể, 52 phân đoạn (300 – 3500 bp), mức độ đa dạng di truyền ở từng quần thể thấp hơn đáng kể so với mức đa dạng di truyền ở cấp toàn loài, có sự dịch chuyển gen giữa các quần thể ($N_m = 1,2033$). Cây nảy chồi, ra lá non có màu hồng nhạt từ tháng 12 - 3 năm sau. Ra hoa tháng 4 - 5. Quả chín, rơi rụng, từ tháng 9 - 10.

2). Xác định được 192 loài, 123 chi, 52 họ với 9 loài tham gia vào công thức tổ thành. Các chỉ số đa dạng sinh học (Độ giàu loài, Độ phong phú, Shannon, Simpson, chỉ số đồng đều) của quần thể khá cao và chỉ số tương đồng (IS) giữa các địa điểm từ 41 - 60 loài. Cấu trúc mật độ loài ở quần thể từ 440 - 1.300 cây/ha, sinh trưởng đường kính của loài Chò đen đạt khoảng $D_{1,3} = 9,2 - 42,1$ cm; $H_{vn} = 9,4 - 22,3$ m, cao hơn so với các loài khác trong quần thể và thuộc tầng vượt tán trong cấu trúc tầng thứ của rừng. Đặc điểm tái sinh của loài Chò đen có dạng phân bố cụm, với mật độ: 1.274 cây/ha, tái sinh triển vọng là 417 cây/ha và có với 5 - 6 loài cây tái sinh ưu thế cùng loài Chò đen.

3). Xác định được 2 nhân tố sinh thái ảnh hưởng đến mật độ phân bố loài Chò đen (Độ tàn che và tổng lượng mưa). Bản đồ hiện trạng được xây dựng dựa trên phương trình tương quan và 3 cấp mật độ phân bố: Cấp 1: < 37 cây/ha; Cấp 2: 37 – 55 cây/ha và Cấp 3: ≥ 56 cây/ha. Trên địa bàn 13 xã, tổng diện tích phân bố loài Chò đen khoảng 141.925,15 ha (56,6%). Trong đó, diện tích Cấp 1 khoảng 81.089,58 ha (57,1%), Cấp 2 là 41.212,85 ha (29,0%) và Cấp 3 có khoảng 19.622,45 ha (13,8%).

4). Hạt giống loài Chò đen thuộc nhóm hạt lớn, 448 - 477 hạt/1 kg, độ ẩm 39,10 %. Độ thuần 91,03 %. Hạt giống có tỷ lệ nảy mầm (96,67%) và thể nảy mầm (60%) cao nhất khi xử lý ngay sau khi thu hái hoặc bảo quản trong cát ẩm. Trong vườn ươm, cây con có 4 giai đoạn phát triển: cây mầm, cây mầm chuyển đổi, cây mạ và cây con. 100% cây mầm tái sinh chồi, thay thế chồi sơ cấp để chuyển qua các giai đoạn phát triển cây con. Cây con sinh trưởng tốt nhất với hỗn hợp ruột bầu: 78% đất rừng tầng mặt + 20% Phân chuồng hoai + 2% Supe lân; che sáng 50% sau 12 tháng gieo ươm.

5). Đề xuất 05 giải pháp bảo tồn và phát triển, gồm: giải pháp quản lý tài nguyên thực vật rừng, giải pháp kỹ thuật lâm sinh phục hồi quần thể, giải pháp quản lý nguồn giống và lưu giữ nguồn gen cây trội, giải pháp nhân giống hữu tính loài, và giải pháp quy hoạch phát triển loài Chò đen tại thành phố Huế.

4.2. KIẾN NGHỊ

1). Đối với các cơ quan quản lý lâm nghiệp tại Thành phố Huế sử dụng các kết quả nghiên cứu của luận án trong quản lý, bảo tồn loài Chò đen. Ứng dụng bản đồ phân bố đã xây dựng để quy hoạch các vùng ưu tiên bảo tồn in situ ở các khu vực rừng đặc dụng, rừng phòng hộ và thực hiện các biện pháp kỹ thuật lâm sinh trong khoanh nuôi xúc tiến tái sinh tự nhiên, nuôi dưỡng rừng có loài Chò đen phân bố.

2). Xây dựng các lâm phần tuyển chọn giống, các khu vực có cây mẹ phân bố tập trung nhằm cung cấp nguồn giống sản lượng cao và chất lượng tốt. Gồm các lâm phần ở Khoảnh 2, Tiểu khu 251, Chân Mây - Lăng Cô Khu bảo vệ cảnh quan Bắc Hải Vân và Khoảnh 6, Tiểu khu 351 ở Khu dự trữ thiên nhiên Sao la, xã A Lưới 5.

3). Cho phép áp dụng các kết quả nghiên cứu về kỹ thuật nhân giống trong thực tiễn sản xuất cho phép áp dụng công thức ruột bầu (78% đất mặt + 20% phân chuồng hoai + 2% supe lân) và chế độ che sáng 50% vào quy trình kỹ thuật sản xuất cây giống Chò đen tại các vườn ươm lâm nghiệp địa phương để phục vụ trồng rừng bản địa.

4). Hướng phát triển sau nghiên cứu: Tiếp tục cấp kinh phí cho các nghiên cứu tiếp theo nhằm mở rộng phạm vi đánh giá phân bố sinh thái, đa dạng di truyền sang các vùng sinh cảnh phía Bắc của Thành phố Huế. Ứng dụng nghiên cứu đa dạng di truyền bằng các phương pháp SSR/SNP và khảo nghiệm trồng rừng thâm canh gỗ lớn.

**DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ
KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU CỦA ĐỀ TÀI LUẬN ÁN**

T T	Tên bài báo	Tên tạp chí, số	Tác giả	Xếp hạng
1	Morphological and Molecular Characteristics of <i>Parashorea stellata</i> Kurz. in Central Vietnam	Asian Journal of Plant Sciences (1682-3974), 2024: 23(4): 412-424 DOI: 10.3923/ajps.2024.412.424	Le Thai Hung, Doan Quoc Tuan, Van Thi Yen, Nguyen Van Loi and Hoang Huy Tuan	Scopus (Q4)
2	Đánh giá đa dạng di truyền của quần thể Chò đen (<i>Parashorea stellata</i> Kurz.) ở Thành phố Huế dựa vào chỉ thị phân tử PCR-ISSR	Tạp chí Khoa học Đại học Huế: Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (2588-1191) (2025). Tập 134, Số 3A, 2025, Tr 131–146, DOI: 10.26459/hueunijar.d.v134i3A.7721	Lê Thái Hùng, Huỳnh Kim Hiếu, Hồ Đăng Nguyên, Trần Thị Thúy Hằng, Nguyễn Văn Lợi, Nguyễn Hoi, Văn Thị Yến, Hoàng Huy Tuấn	HD CD GSNN
3	Đánh giá phẩm chất hạt giống và khả năng nhân giống loài Chò đen (<i>Parashorea stellata</i> Kurz.) tại thành phố Huế	Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp (1859-3828) 3, 18-25 (2026). DOI: https://doi.org/10.52550/Jo.vnuf.15.3.2026.018-025	Lê Thái Hùng, Nguyễn Văn Lợi, Đặng Thái Hoàng, Hoàng Huy Tuấn	HD CD GSNN

**HUE UNIVERSITY
HUE UNIVERSITY OF AGRICULTURE AND
FORESTRY**

LE THAI HUNG

**SCIENTIFIC RESEARCH AIMED AT PROPOSING
SOLUTIONS FOR THE CONSERVATION AND
DEVELOPMENT OF THE *Parashorea stellata* Kurz.
SPECIES IN THUA THIEN HUE PROVINCE.**

**ABSTRACT OF A DOCTORAL THESIS IN
SILVICULTURE**

HUE, 2026

**HUE UNIVERSITY
HUE UNIVERSITY OF AGRICULTURE AND
FORESTRY**

LE THAI HUNG

**SCIENTIFIC RESEARCH AIMED AT PROPOSING
SOLUTIONS FOR THE CONSERVATION AND
DEVELOPMENT OF THE *Parashorea stellata* Kurz.
SPECIES IN THUA THIEN HUE PROVINCE.**

**ABSTRACT OF A DOCTORAL THESIS
MOJOR: SILVICULTURE
CODE: 9620205**

**SCIENTIFIC SUPERVISORS:
ASSOC. PROF. DR. HOANG HUY TUAN
ASSOC. PROF. DR. NGUYEN VAN LOI**

HUE, 2026

INTRODUCTION

1. Research Problem

Parashorea stellata Kurz. is a large tree species belonging to the Dipterocarpaceae family, holding significant ecological, economic, and conservation values. However, due to prolonged past exploitation combined with the degradation of natural habitats, many populations have diminished in both spatial extent and the number of individuals. Naturally, the species is distributed primarily from southern regions up to the western Truong Son range near Hue City. This distribution underscores the critical importance of these populations for ecology, biogeography, and the conservation of genetic resources.

Research on *P. stellata* in Vietnam remains quite limited. Most published studies have focused primarily on morphological description, taxonomy, geographical distribution, and the species' utility. To date, there has been no comprehensive, systematic study covering biological characteristics, distribution and ecology, silviculture, genetic diversity, propagation techniques, and strategies for the conservation and development of *P. stellata* in Hue City. A lack of scientific data on the species hinders the formulation of effective measures for conserving and developing its genetic resources.

2. Research objectives

2.1. General objective

To establish a scientific basis for the conservation and development of the *P. stellata* species in Hue City by investigating its biological, ecological, distributional, and silvicultural characteristics, as well as its genetic diversity and propagation methods, thereby providing a

foundation for proposing solutions for the species' conservation and sustainable development.

2.2. Specific objectives

- 1) Determine the morphological, anatomical, phenological, and genetic diversity characteristics of the *P. stellata* species.
- 2) Determine the structural characteristics and natural regeneration status of forest stands where *P. stellata* is distributed.
- 3) Identify the ecological factors influencing the natural distribution and current distribution status of *P. stellata*.
- 4) Determine technical methods for the sexual propagation of *P. stellata*.
- 5) Propose solutions for the conservation and sustainable development of *P. stellata* in Hue City.

3. Significance of the thesis

3.1. Scientific significance

Supplement and refine the scientific basis regarding the biological characteristics, ecological distribution, silviculture, genetic diversity, and propagation of the *P. stellata* in Hue City.

3.2. Practical significance

It provides a practical basis for developing solutions for the conservation and sustainable development of the *P. stellata* species. Additionally, the research findings serve as a reference resource for scientific research, teaching, learning, and training in the fields of silviculture and biodiversity conservation.

4. New contributions of the thesis

- 1) Supplementing scientific data on the identification of *P. stellata* Kurz. based on the integration of morphological,

anatomical characteristics and DNA barcode markers (*rbcL*, *trnH-psbA*), contributing to the completion of the species database in Vietnam.

2) Determining the characteristics of population structure, natural regeneration, and biodiversity of natural forest communities where *P. stellata* is distributed in Hue City, thereby clarifying the species' natural regeneration and recovery potential for conservation and development.

3) An initial correlation model linked the density distribution of *P. stellata* to two key ecological factors: canopy cover and total rainfall. These findings establish a scientific basis for mapping species density and developing targeted conservation and management plans in Hue City.

4) Determining the physiological characteristics of seeds and perfecting some techniques for sexual propagation of *P. stellata*, providing a basis for seedling production and the development of seedling sources for conservation and development of the species.

CHAPTER I. OVERVIEW OF RESEARCH

1.1. Overview of the research subject

1.1.1. Taxonomic studies

1.1.2. Morphological and developmental characteristics

1.1.3. Ecological distribution and forest structure

1.1.4. Growth, development, and regeneration characteristics

1.1.5. Value and conservation status of the species

1.2. Overview of research studies

1.2.1. Study of morphological and anatomical characteristics

- 1.2.2. Study of structural characteristics and forest regeneration
- 1.2.3. Study of forest plant distribution and ecology
- 1.2.4. Research on forestry tree propagation
- 1.2.5. Research on molecular identification and genetic diversity
- 1.2.6. Research on conservation and development solutions

1.3. General comments and assessment

Research on the morphological and ecological characteristics, natural regeneration, distribution, propagation, and conservation status of the *P. stellata* species remains relatively limited, fragmented, and insufficiently studied in Hue City.

1.4. Overview of the study area

- 1.4.1. Geographical location
- 1.4.2. Topography, geology, and soils
- 1.4.3. Climatic characteristics
- 1.4.4. Hydrological characteristics
- 1.4.5. Biological resources

CHAPTER II. RESEARCH SUBJECT, SCOPE, CONTENT, AND METHODS

2.1. Research subjects and scope

The *P. stellata* species is naturally distributed across 13 communes within Hue City. Timeframe: 2023–2026.

2.2. Research content

- Study the biological characteristics of the *P. stellata*

- Study the silvicultural characteristics of *P. stellata* populations
- Study the current distribution status of the *P. stellata*
- Study sexual propagation techniques for the *P. stellata*
- Propose solutions for the conservation and sustainable development of the species

2.3. Research Approach

The research subject is approached through the perspectives of vegetation genesis, human ecology, fieldwork, experimental practice, and participatory action.

2.4. Research methodology

2.4.1. Method of utilizing secondary data related to the research subject.

2.4.2. The forest survey method establishes 45 typical plots (50 x 20 m) and 135 sub-plots (5 x 5 m) to collect data on forestry, biodiversity and collect specimens for morphological indicators and genetic analysis.

2.4.3. Analysis of morphology, anatomy, and micro-anatomy, as well as powder microscopy, using comparative methods.

2.4.4. Identification based on DNA barcode markers (*rbcL* và *trnH-psbA* gene regions), along with genetic diversity analysis and population genetic diversity assessment using PCR-ISSR markers. Comparison of sequence data from GenBank and construction of population phylogenetic trees using the UPGMA algorithm.

2.4.5. Methodology for studying silvicultural characteristics

- Woody plant composition determined by the IV% index.

- Biodiversity indices: Shannon-Weiner (H'), Simpson (D), Margalef (D), Pielou (J), SI.
- Methodology for studying regeneration: Regeneration composition ($P_i\%$) and spatial distribution patterns of regeneration on the ground surface, based on the Poisson distribution.

2.4.6. Method for developing a model of the correlation between density and ecological factors.

- Identify ecological factors influencing density using Principal Component Analysis (PCA).
- Develop a correlation model between density and ecological factors based on multivariate regression models.
- Construct a distribution model using the density stratification method and linear equations.

2.4.7. Methodology for studying propagation techniques: Experiments were designed with a sample size of 30 and three replicates per treatment; parameters monitored included germination rate, germination energy, survival rate, and growth metrics D_{00} (mm), H_{vn} (cm), number of leaves.

Experiment 1: Evaluation of seed morphology and quality

Experiment 2: Effect of seed preservation method on seed germination ability

Experiment 3: Effect of water temperature on seed germination

Experiment 4: Effect of soaking time on seed germination rate

Experiment 5: Effect of potting medium composition on seedling survival rate and growth during the nursery stage.

Experiment 6: Effect of fertilization regime on seedling survival rate and growth during the nursery stage.

Experiment 7: Effect of shading on seedling survival rate and growth during the nursery stage.

2.4.8. Data processing and analysis using software BioEdit 7.0.5, SPSS V22.0, PAST v5.3, QGIS 3.34.

2.4.9. Methodology for developing solutions

Developing solutions based on the regulatory framework, forecast trends, and research findings.

CHAPTER III. RESEARCH RESULTS

3.1. Biological characteristics of the *P. stellata* species

3.1.1. Morphological and anatomical characteristics of the *P. stellata* species

A large woody tree reaching 35 m in height and over 100 cm in diameter, with dark brown, vertically fissured bark and a spherical crown. The leaves are oval-shaped with entire margins and a slight twist, featuring 9–13 pairs of veins; they are pink when young. Stomatal density 692 pores/mm². The flowers grow in clusters; they are milky-white, fragrant, and have five petals arranged in a twisted pattern, with 15 stamens. Five-lobed fruit. The microscopic characteristics of the stem, leaf, and root exhibit the typical structure of a woody plant in the Dipterocarpaceae family, featuring well-developed layers of cork, parenchyma, sclerenchyma, phloem, xylem, pith, secretory canals, fiber bundles, vessel elements, covering trichomes, starch, starch-bearing tissue fragments, and calcium oxalate crystals.

3.1.2. Phenological characteristics

No differences in phenological phases were observed among the three study sites. Mature trees typically shed their leaves, sprout, and produce pink young foliage between December and the following March; flowering occurs from April to May, while fruit ripening and abscission take place from August to October. Natural regeneration from seeds is good.

3.1.3. Population genetic characteristics of the *P. stellata*

3.1.3.1. Species identification using DNA barcoding

All nucleotide sequences of the gene regions are stored in GenBank, respectively: *rbcL* (OR922785 - OR922790) và *trnH-psbA* (OR913554 - OR913559). BLAST analysis and sequence comparison with accession MZ901836.1 revealed high coverage and 100% identity (with an alignment value of 0.000), while showing significant divergence from other species within the *Parashorea* and *Shorea* genera; K2P genetic distances based on *rbcL* và *trnH-psbA* sequences were 0,0041 - 0,0152 and 0,078 - 0,088, respectively. The phylogenetic tree is shown in Figure 3.10.

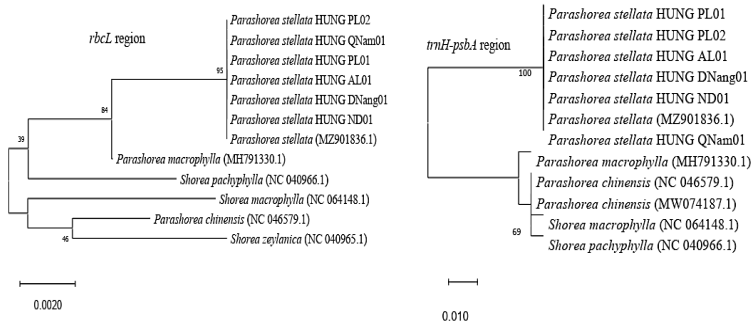


Figure 3.10. The phylogenetic tree of the *P. stellata* is based on the sequences of gene regions *rbcL* and *trnH-psbA*

3.1.3.2. Genetic diversity of *P. stellata* populations using PCR-ISSR markers

- Polymorphism of PCR-ISSR markers: The study selected 9 out of 15 ISSR markers that exhibited polymorphism in PCR reactions using total genomic DNA from *P. stellata* leaves, with an amplification success rate of 100% across individuals. The PCR reactions for these 9 ISSR markers amplified a total of 52 DNA fragments ranging in size from 300 to 3,500 bp. Research results indicate the species level (PPB = 100%, $N_a = 2,000$, $N_e = 1,5239$, $h = 0,3404$ và $I = 0,5225$) significantly higher than the indicators at the population level (PPB = 52,3%, $N_a = 1,519$, $N_e = 1,313$, $h = 0,181$ và $I = 0,270$). This result can be explained by genetic drift, a reduction in population size, and the species' environmental adaptability, leading to a decline in genetic diversity within the population.

- Genetic diversity among *P. stellata* populations:

Table 3.9. Genetic diversity indices of *P. stellata* populations in Hue City.

No.	Parameter	Symbol	Mean $\pm$ SE
1	Number of samples		40
2	Number of population		5
3	Genetic diversity index of the aggregate of populations	H_T	$0,1753 \pm 0,0064$
4	Average genetic diversity index in the population	H_s	$0,239 \pm 0,0033$

5	Nei's genetic distance index between populations	G _{ST}	0,2936
6	Gene exchange index between populations	N _m	1,2033

An analysis of polymorphism in *P. stellata* populations sampled from five study areas revealed a relatively low level of polymorphism, with a value of NPB = 8 - 22, PPB = 15,38 - 42,31%, Na = 1,1538 - 1,4231, Ne = 1,1 - 1,2810, The Na index is always greater than Ne; genetic diversity index Nei h = 0,0601 - 0,1565, Shannon I = 0,089 - 0,2258. High Nei's genetic correlation coefficient (0,8844 - 0,9584) and low genetic distance (0,0425 - 0,1228) demonstrated a close genetic relationship among the populations. Genetic differentiation and gene flow serve as indicators for assessing the genetic structure of the *P. stellata* and its populations. An N_m value of 1.2033 indicates a moderate to high level of gene flow among the study areas.

3.2. Silvicultural characteristics of forest plant communities where *P. stellata* is distributed

3.2.1. Structural characteristics of forest stands containing *P. stellata*

3.2.1.1. Diversity of woody plant species in the study areas

The survey results recorded 192 woody plant species, belonging to 123 genera and 52 families across two divisions. Among these, the Pinophyta for three species belonging to three genera and one family (Podocarpaceae), comprising the following species: *Dacrycarpus imbricatus*, *Podocarpus neriifolius* and *Dacrydium elatum*. In contrast, the

Magnoliophyta, with 189 species (98,4%), 120 genera (97,6%), 51 families (98,1%). There are three species belonging to the Dipterocarpaceae family: *Hopea pierrei*, *Dipterocapus hasseltii* with *P. stellata* contributes significantly to the classification and ecological valuation of plant populations.

3.2.1.2. Structural characteristics of forest plant communities where P. stellata is distributed

The results of the forest stand survey reveal significant variation across locations and forest conditions. Forest density ranges from 440 to 1,300 trees/ha, tending to be higher in the TXG, TXB, and TXN categories, where density varies widely between locations. This indicates differences in the density of the forest plant communities. The diameter of the forest from 7.7 to 20.5 cm, and the mean height from 8.7 to 24.44 m, indicating variations in structural composition and the development of the upper canopy layer across different forest states. For the *P. stellata* species, growth metrics exceeded the stand averages, with diameters ranging from 9.2 to 42.1 cm and heights from 9.4 to 22.4 m. The species' distribution density also varied by location, showing a gradual increase from the TXN state to the TXG state, with values ranging from 20 to 110 trees/ha.

3.2.1.3. Structural characteristics of forest plant communities containing P. stellata

The results of the investigation and calculation of forest composition based on the Importance Value Index (IV%) presented in table 3.12 indicate a high level of species

diversity, ranging from 27 to 39 species across different forest states and study areas.

Table 3.12. Floristic composition of forest states where P. stellata is distributed

Location	Forest status	Species	Dominance	Composition formula	IV of <i>P. stellata</i>
A Luoi	TXN	27	6	16,59 Vtr + 8,97 Sm + 8,64 Dc + 5,81 Mn + 4,56 Tr + 5,34 Rr + 50,09 lkh (21 species)	2,57
	TXB	29	6	12,14 Gi + 11,49 Dg + 8,54 Chđ + 8,08 Bkh + 7,67 Kki + 5,61 Trch + 45,97 lkh (23 species)	8,54
	TXG	37	5	13,75 Chđ + 12,09 Ch + 10,90 Trch + 6,71 Gi + 5,59 Sm + 50,96 lkh (32 species)	13,75
Nam Dong	TXN	32	8	11,19 Vtr + 8,37 Lxet + 7,28 Dc + 7,24 Da + 6,43 Na + 6,10 Uo + 5,39 Trm + 5,32 Trch + 42,68 lkh (24 l species)	2,57
	TXB	39	7	11,24 Chđ + 8,66 Vtr + 7,47 Trm + 6,67 Dc + 5,79 Lleo + 5,76 Trch + 5,2 Kha + 49,21 lkh (32 species)	11,24
	TXG	34	6	9,90 Trch + 8,23 Ngđ + 6,90 Tlg + 7,79 Chđ + 7,30 Tr + 5,22 Na + 54,66 lkh (28 species)	7,79
Phu Loc	TXN	31	4	25,86 Chđ + 18,39 Tlg + 8,99 Mch + 8,81 Sm + 37,95 lkh (27 species)	25,86
	TXB	36	7	15,58 Dad + 13,44 Dgi + 9,56 Nho + 7,71 Trv + 6,18 Rsu + 5,33 Thr + 7,60 Su + 34,60 lkh (29 species)	1,76
	TXG	27	5	30,25 Chđ + 9,21 Dc + 7,45 Mch + 7,39 Sm + 6,61 Tlg + 39,09 lkh (22 species)	30,25

3.2.1.4. Assessment of biodiversity indices of forest plant communities where P. stellata is distributed.

The biodiversity indices are similar and relatively high reflecting the stability and multi-species structure of the woody plant communities within the distribution range of *P. stellata* (table 3.13).

Table 3.13. Values of biodiversity indices and density of woody plant individuals at the study sites

No	Index	Mean (SD)		
		A Luoi	Nam Dong	Phu Loc
1	Margalef (D)	26,22 (4,12)	28,33 (5,24)	30,11 (8,64)
2	Menhinick (D ₁)	3,29 (0,48)	3,38 (0,53)	3,02 (0,37)
3	Shannon (H')	3,04 (0,21)	3,11 (0,19)	3,01 (0,28)
4	Simpson (D ₂)	0,94 (0,02)	0,94 (0,01)	0,93 (0,02)
5	Pielou (J)	0,93 (0,03)	0,93 (0,02)	0,90 (0,04)
6	Density (ind./m ²)	0,07 (0,03)	0,07 (0,01)	0,10 (0,04)

3.2.2. Regeneration characteristics of populations containing the *P. stellata* species.

3.2.2.1. Structural composition characteristics and stand regeneration density

The density of regenerating trees increased progressively from 9,755 tr./ha (TXN) to 9,791 tr./ha (TXB) and 10,064 tr./ha (TXG). The number of species varied (54 in TXN, 52 in TXB, and 43 in TXG) with 5–6 dominant regenerating species.

*Table 3.17. Composition formula of regeneration in forest vegetation plots where *P. stellata* is distributed.*

No	Forest status	No. of Species	Plant composition formula	Pi (%) of <i>P. stellata</i>
1	TXN	54	11,1 Tlg + 9,8 Bbu + 8,1 Rr + 7,2 Tr + 6,4 Dc + 5,5 Vtr + 51,9 lkh (48)	2,3

			species)	
2	TXB	52	12,6 Tr + 9,5 Chđ + 9,0 Dc + 5,5 Mch + 5,0 Trch + 58,3 lkh (47 species)	9,5
3	TXG	43	11,2 Trch + 8,8 Tr + 7,6 Chđ + 5,9 Mch + 5,3 Cot + 61,2 lkh (38 species)	7,6

3.2.2.2. Current distribution of *P. stellata* regeneration by forest status

Table 3.18. Current distribution status of *P. stellata* regeneration across forest types

No	Forest status	N _đ	N _t	X _{tb}	S ²	K	Distribu-tion pattern	Density of <i>P. stellata</i> (tree/ha)
1	TXB	15	91	6,07	26,35	4,34	Cluster	809
2	TXG	14	72	5,14	25,05	4,87	Cluster	640
3	TXN	10	61	6,10	43,66	7,16	Cluster	542
4	All forest	39	224	5,74	28,83	5,02	Cluster	664

There was a stand regeneration density of 664 trees/ha with a clumped distribution pattern and a relatively high degree of aggregation; however, the loss rate at the seedling stage is approximately 84.6%, and 14.2% of the regeneration lacks future potential, indicating a need for silvicultural interventions.

3.3. Distribution characteristics of the *P. stellata* species in Hue City.

3.3.1. Developing a model of the correlation between the density of *P. stellata* and ecological factors

3.3.1.1. Identifying ecological factors affecting the distribution density of the *P. stellata* species

Principal Component Analysis of 6 ecological factors influencing the density of the *P. stellata* species yielded a cumulative variance of 83.718% across the first three components (PC1, PC2, PC3), meeting expectations. The factor loadings for canopy cover and total rainfall both exceeded 0.3. Furthermore, the variance inflation factor (VIF) was 1.1282, indicating the absence of multicollinearity in the model. These two ecological factors are key determinants of the distribution density of *P. stellata* in the natural forest stands of Hue City.

3.5.1.2. Developing a correlation model between the density of *P. stellata* and canopy cover and total rainfall.

The linear equation relating density to the ecological factor takes the form: $\text{Mat_do} = 103,79 + 81,452 \times \text{Do_tan_che} - 0,028 \times \text{Tong_luong_mua}$ ($p = 0,015 < 0,05$). The model's forecasting accuracy results are satisfactory, $\text{RMSE} = 71,36\%$.

3.3.2. Classification of density and determination of the distribution status of the *P. stellata* species

3.3.2.1. Classification of *P. stellata* distribution density in surveyed forest stands

Analysis of sample characteristics reveals an average density of 46 trees/ha (10 - 130 trees/ha); the variation is 9 trees/ha. Based on a normal distribution model, the *P. stellata* population has been categorized into three density levels (Table 3.25). In addition, the results of the one-way analysis

of variance indicate a statistically significant difference in distribution density among the density levels ($F_{-t} = 78.819 > F_{0.05} = 3.219$; $p < 0.05$). Based on this classification and the established equation, a density classification map was generated using QGIS software.

Table 3.25. Classification of P. stellata density levels in the surveyed areas

Density level	Density (tree/ha)	
	Min	Max
Leve 1 (Low)	10	36
Leve 2 (Mean)	37	55
Leve 3 (High)	56	130

3.3.2.2. Current distribution of *P. stellata* by forest status

The distribution area of the *P. stellata* covers 126,163.49 hectares. Specifically, the low-density category (Level 1) accounts for 76,383.98 hectares (approximately 60.54% of the total area); the medium-density category (Level 2) covers 34,390.59 hectares (27.26%); and the high-density category (Level 3) comprises 15,388.92 hectares (12.20%). These findings suggest that the *P. stellata* population in Hue City exhibits low to medium density across varying forest conditions.

Table 3.26. Distribution area of P. stellata by forest status

Forest status	Total area (ha)	Area by density level		
		Level 1 (< 37 tree/ha)	Level 2 ($37 - 55$ tree/ha)	Level 3 (> 55 tree/ha)
HG1	3.819,82	3.819,82	0	0
HG2	1.382,73	1.382,73	0	0
TXB	26.903,16	0	24.250,85	2.652,31

Forest status	Total area (ha)	Area by density level		
		Level 1 (< 37 tree/ha)	Level 2 (37 - 55 tree/ha)	Level 3 (> 55 tree/ha)
TXG	11.165,27	0	0	11.165,27
TXK	1.649,38	1.406,6	242,78	0
TXN	81.150,09	69.726,16	9.865,41	1.558,52
TXP	93,04	48,67	31,55	12,82
Total	126.163,49	76.383,98	34.390,59	15.388,92

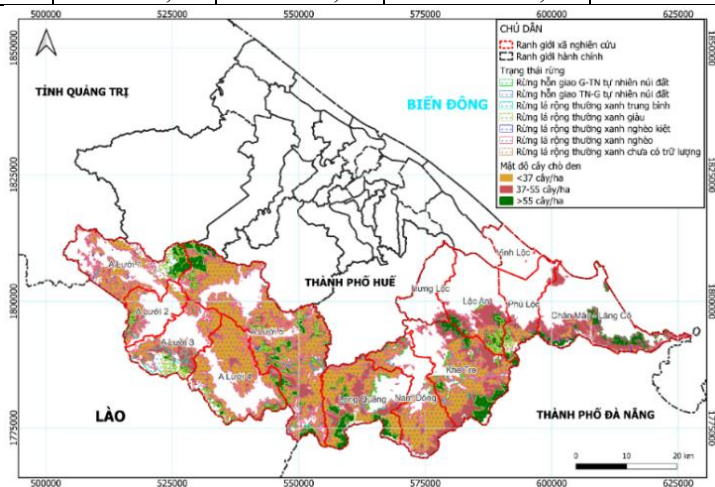


Figure 3.16. Distribution map of *P. stellata* by forest status

3.4. Sexual propagation techniques for *P. stellata*

3.4.1. Seed physiological characteristics of *P. stellata* at the nursery stage

3.4.1.1. Fruit morphological characteristics and seed quality

The *P. stellata* fruits are spherical, with a width of 16.53 ± 0.22 mm and a length of 14.55 ± 0.57 mm, and 448 to 477 seeds/kg. Purity is averaging $91.03 \pm 0.71\%$. Natural moisture content is approximately $39.1 \pm 1.23\%$.

3.4.1.2. Effect of water temperature on seed germination

Table 3.31. Effect of temperature on the germination rate and germination energy of *P. stellata* seeds

Formula	Starting (day)	Germinate (day)	Rate (%)	Sprouting stage (%)
CT1: 27 ⁰ C	3	10	90,0 ± 0,92 ^a	63,3 ^a
CT2: 35 ⁰ C	3	12	92,2 ± 0,87 ^a	60,0 ^a
CT3: 45 ⁰ C	2	10	87,8 ± 0,85 ^b	55,6 ^b
CT4: 55 ⁰ C	2	7	40,0 ± 0,51 ^c	23,3 ^c

3.4.1.3. Effect of storage methods on seed quality

Table 3.32. Effect of storage method and duration on seed germination rate

Storage method	Germination rate according to storage duration (days) (%)			
	5	10	15	20
BQ1 (standard storage)	76,67	26,67	0,00	0,00
BQ2 (storing moist sand)	96,67	90,00	70,00	36,67
BQ3 (store in the refrigerator 10 ⁰ C)	93,33	73,33	66,67	40,00

3.4.1.4. Effect of soaking duration on seed quality

During the seed treatment process, longer soaking times resulted in decreased germination rates and germination energy. Germination began after three days, peaked between the sixth and seventh days, and concluded on the eleventh day. Varying soaking durations resulted in germination rates ranging from 81.1% to 93.3% and germination energy from 30.0% to 58.9%.

Seeds soaked for four hours exhibited the highest germination rate ($93.3 \pm 4.41\%$) and germination energy (58.9%).

3.4.2. Growth characteristics and factors affecting the growth of *P. stellata* in the nursery.

Seedling development in the nursery is divided into four stages: Sprout (0–60 days): the plant prioritizes taproot development and utilizes nutrients from the cotyledons; Transitional sprout (60–150 days): characterized by a strong capacity for shoot regeneration (100%), the initiation of true leaf formation, and a shift to autotrophic growth; Young seedling (150–210 days): true leaves develop steadily, the plant grows rapidly, and the survival rate is 97.60%, reflecting good adaptability to nursery conditions; Seedling at 12 months: height of 39.64 cm, stem base diameter of 4.55 mm, 7 leaves/plant, and a survival rate of 90.22%.

3.4.3. Effect of nursery technical measures on the growth of *P. stellata* seedlings in the nursery

3.4.3.1. *The influence of the composition of the potting mix on seedling growth*

The composition of the potting medium significantly influenced the survival rate and growth of seedlings during the 12-month stage. The specific potting medium formula that yielded the best growth and highest survival rate resulted in a seedling height of 39.64 ± 1.64 cm, a root collar diameter of 4.55 ± 0.13 mm, and 7.66 ± 0.29 leaves/seedling; the survival rate reached 96.7%, with the highest proportion of seedlings ready for outplanting (83.3% grade A and 14.3% grade B).

3.4.3.2. *Effect of fertilization regimes on the growth of P. stellata trees.*

After 12 months in the nursery, seedlings in the fertilizer dosage experiments showed survival rates ranging from 93.3% to 98.3%. Treatments using 15 g and 30 g of fertilizer achieved survival rates of 96.7–98.3%, with root-collar diameters of 5.05 ± 0.083 – 5.21 ± 0.082 mm, heights of 45.06 ± 1.065 – 46.96 ± 1.139 cm, and seedling quality meeting standards at a rate of 96.0–97.8%.

*3.4.3.3. Effect of shading regimes on the growth of *P. stellata* seedlings*

Shading regimes influence the growth of *P. stellata* seedlings in the nursery stage. Among the tested treatments, the 50% shading regime resulted in the best growth in terms of root-collar diameter and survival rate (98.3%). Conversely, leaf count and height growth were similar between the 50% and 75% shading regimes.

3.5. Some solutions for the conservation and development of the *P. stellata* population

3.5.1. Solutions for forest plant resource management

Forestry management and research agencies are stepping up surveys, monitoring, and protection efforts for the *P. stellata* species. Morphological, micro-anatomical, and molecular data are being utilized to develop species identification materials to support in-depth research.

3.5.2. Silvicultural technical solutions for population restoration

Enclosure to promote natural regeneration; enclosure combined with enrichment planting; tending of natural forests; and forest enrichment through the planting of *P.*

stellata and other native species of high ecological and conservation value.

3.7.3. Technical solutions for developing seed sources

Genetic conservation is carried out in two forms: in-situ for populations of high genetic value, and ex-situ genetic resource management involves the use of plus trees and designated seed collection areas.

3.7.4. Planning and development strategy for P. stellata

Planning for the conservation and development of *P. stellata* forest populations, categorized by forest status, forest type, administrative unit, and forest owner, covering an area of approximately 126,163.49 hectares.

CHAPTER IV. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

4.1. Conclusions

1). The morphological, micro-anatomical, powdered-sample, and phenological characteristics of the *P. stellata* species are described in detail. Two chloroplast gene regions *rbcL* (731 bp) and *trnH-psbA* (236 bp) were successfully isolated and sequenced, showing 100% similarity to *P. stellata* samples previously published on GenBank. Screening of 9 out of 15 PCR-ISSR markers yielded a 100% amplification rate across individuals and produced 52 fragments (ranging from 300 to 3,500 bp); genetic diversity within individual populations was significantly lower than that of the species as a whole, and gene flow was observed between populations ($N_m = 1.2033$). The tree produces new shoots and pale pink young leaves between December and the following March. Flowering occurs from April to May, while fruit ripening and abscission take place from September to October.

2). A total of 192 species, 123 genera, and 52 families were identified, with 9 species contributing to the compositional structure. Biodiversity indices (species richness, abundance, Shannon, Simpson, and evenness) for the population were relatively high, and the similarity index (IS) between sites ranged from 41 to 60. Species density within the population ranged from 440 to 1,300 trees/ha, and the diameter growth of the *P. stellata* species reached approximately $D_{1,3} = 9,2$ -

42,1 cm; $H_{vn} = 9,4 - 22,3$ m. It is taller than other species in the population and occupies the emergent layer of the forest's vertical structure. The regeneration of *P. stellata* exhibits a clustered distribution pattern, with a total density of 1,274 trees/ha, a density of 417 trees/ha for promising regeneration, and 5–6 other dominant tree species.

3). Two ecological factors influencing the distribution density of the *P. stellata* species were identified: canopy cover and total rainfall. A current status map was developed based on a correlation equation and three distribution density levels: Level 1 (< 37 trees/ha), Level 2 (37–55 trees/ha), and Level 3 (≥ 56 trees/ha). Across the 13 communes, the total distribution area of the *P. stellata* species is approximately 141,925.15 ha (56.6%). Specifically, the area for Level 1 is approximately 81,089.58 ha (57.1%), Level 2 is 41,212.85 ha (29.0%), and Level 3 is approximately 19,622.45 ha (13.8%).

4). The seed of *P. stellata* are classified as large, with 448–477 seeds/kg, a moisture content of 39.10%, and a purity of 91.03%. Germination rates (96.67%) and germination vigor (60%) are highest when seeds are treated immediately after collection or stored in moist sand. In the nursery, seedlings undergo four developmental stages: germinant, transitional germinant, young seedling, and established seedling. All germinants regenerate a shoot to replace the primary shoot and progress through the seedling developmental stages. Seedlings exhibit optimal growth using a potting mixture of 78% topsoil,

20% decomposed manure, and 2% superphosphate, with 50% shading applied after 12 months of nursery cultivation.

5). Five solutions for the conservation and development of *P. stellata* in Hue City are proposed, comprising: forest plant resource management; silvicultural techniques for population restoration; management of seed sources and preservation of superior tree germplasm; sexual propagation; and development planning.

4.2. Recommendations

1). Forestry management agencies in Hue City can utilize the dissertation's research findings for the management and conservation of the *P. stellata* species. The developed distribution map can be applied to designate priority areas for in-situ conservation within special-use and protection forests, as well as to implement silvicultural measures, such as assisted natural regeneration and forest tending in areas where the species occurs.

2). Establish seed-selection forest stands and areas with concentrated distributions of mother trees to provide high-yield, high-quality seed sources. These include stands in Compartment 2, Sub-compartment 251 (Chan May - Lang Co North Hai Van Landscape Protection Area) and Compartment 6, Sub-compartment 351 (Saola Nature Reserve, A Luoi Commune).

3). Allowing the application of research results on breeding techniques in production practices allows the application of

potting formula (78% topsoil + 20% manure + 2% superphosphate) and 50% light shading regime into the technical process of producing seedlings at local forestry nurseries to serve native forest planting.

4). Future research directions: Continue funding subsequent studies to expand the scope of ecological distribution and genetic diversity assessments to the northern habitats of Hue City; apply genetic diversity research using SSR/SNP methods and conduct trials on intensive plantation forestry for large-diameter timber.

LIST OF PUBLICATIONS RELATED TO THE RESEARCH RESULTS OF THE DISSERTATION

No.	Publication	Journal, issue	Author	List
1	Morphological and Molecular Characteristics of <i>Parashorea stellata</i> Kurz. in Central Vietnam	Asian Journal of Plant Sciences (1682-3974), 2024: 23(4): 412-424 DOI: 10.3923/ajps.2024.412.424	Le Thai Hung, Doan Quoc Tuan, Van Thi Yen, Nguyen Van Loi and Hoang Huy Tuan	Scopus (Q4)
2	Đánh giá đa dạng di truyền của quần thể Chò đen (<i>Parashorea stellata</i> Kurz.) ở Thành phố Huế dựa vào chỉ thị phân tử PCR-ISSR	Tạp chí Khoa học Đại học Huế: Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (2588-1191) (2025). Tập 134, Số 3A, 2025, Tr 131–146, DOI: 10.26459/hueunijar.d.v134i3A.7721	Lê Thái Hùng, Huỳnh Kim Hiếu, Hồ Đăng Nguyên, Trần Thị Thúy Hằng, Nguyễn Văn Lợi, Nguyễn Hoi, Văn Thị Yên, Hoàng Huy Tuấn	HD CD GSNN
3	Đánh giá phẩm chất hạt giống và khả năng nhân giống loài Chò đen (<i>Parashorea stellata</i> Kurz.) tại thành phố Huế	Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp (1859-3828) 3, 18-25 (2026). DOI: https://doi.org/10.55250/Jo.vnuf.15.3.2026.018-025	Lê Thái Hùng, Nguyễn Văn Lợi, Đặng Thái Hoàng, Hoàng Huy Tuấn	HD CD GSNN