

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PTNT

VIỆN KHOA HỌC LÂM NGHIỆP VIỆT NAM

LÊ CẢNH NAM

**ĐẶC ĐIỂM LÂM HỌC VÀ SINH THÁI QUẦN THỂ
LOÀI THÔNG 5 LÁ (*Pinus dalatensis* Ferré) Ở TÂY NGUYÊN**

LUẬN ÁN TIẾN SĨ LÂM NGHIỆP

Hà Nội, 2020

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PTNT

VIỆN KHOA HỌC LÂM NGHIỆP VIỆT NAM

LÊ CẢNH NAM

**ĐẶC ĐIỂM LÂM HỌC VÀ SINH THÁI QUẦN THỂ
LOÀI THÔNG 5 LÁ (*Pinus dalatensis* Ferré) Ở TÂY NGUYÊN**

Chuyên ngành: Lâm sinh

Mã số: 9 62 02 05

Người hướng dẫn khoa học:

- 1. GS.TS. Bảo Huy**
- 2. TS. Nguyễn Thành Mến**

Hà Nội, 2020

LỜI CAM ĐOAN

Luận án này được hoàn thành theo Chương trình đào tạo tiến sĩ tại Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam, khóa 25/2013. Tôi xin cam đoan công trình nghiên cứu này là của bản thân tôi. Tất cả các số liệu và kết quả trình bày trong luận án là trung thực, nếu có gì sai tôi xin chịu hoàn toàn trách nhiệm.

Được sự cho phép của chủ nhiệm đề tài khoa học công nghệ cấp tỉnh “Điều tra phân bố, sinh thái một số loài thực vật thân gỗ quý hiếm phục vụ công tác bảo tồn nguồn gen tại tỉnh Đắk Lắk” Luận án có kế thừa một phần số liệu để nghiên cứu sinh thái loài tại Vườn quốc gia Chư Yang Sin.

Tác giả



Lê Cảnh Nam

LỜI CẢM ƠN

Luận án được hoàn thành theo Chương trình đào tạo tiến sĩ tại Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam, khóa 25/2013. Tác giả xin chân thành cảm ơn sự quan tâm, giúp đỡ và hỗ trợ của tập thể lãnh đạo các đơn vị: Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam, Viện Khoa học Lâm nghiệp Nam Trung Bộ và Tây Nguyên, Ban Khoa học, Đào tạo và Hợp tác quốc tế, Viện Nghiên cứu Lâm sinh trong quá trình thực hiện và hoàn thành luận án.

Tác giả xin được gửi lời cảm ơn đến Lãnh đạo và cán bộ - viên chức các VQG Bidoup - Núi Bà, Chư Yang Sin và Kon Ka Kinh đã tạo điều kiện và giúp đỡ tác giả trong thời gian thu thập số liệu ngoại nghiệp.

Xin chân thành cảm ơn GS.TSKH. Nguyễn Ngọc Lung, GS.TS. Vương Văn Quỳnh, GS.TS. Võ Đại Hải, TS. Đào Công Khanh, PGS.TS. Lê Xuân Trường, PGS.TS. Vũ Nhâm, TS. Cao Thị Lý, PGS.TS. Nguyễn Huy Sơn, PGS. TS. Triệu Văn Hùng, PGS. TS. Trần Văn Con, PGS. TS. Bùi Thế Đồi, TS. Nguyễn Phú Hùng, TS. Trần Lâm Đồng, TS. Lại Thanh Hải, TS. Đặng Thịnh Triều, TS. Nguyễn Văn Thịnh, ThS. Hồ Ngọc Thọ, ThS. Nguyễn Công Tài Anh, ThS. Lương Hữu Thạnh, ThS. Bùi Thế Hoàng, ThS. Trương Quang Cường, ThS. Lưu Thế Trung, ThS. Hoàng Thanh Trường, TS. Ngô Văn Cầm, hai thầy phản biện độc lập và những người khác đã góp ý và hỗ trợ tác giả trong quá trình thu thập số liệu và hoàn thành luận án.

Tác giả xin chân thành cảm ơn TS. Nguyễn Thành Mến, Viện trưởng Viện KHLN Nam Trung Bộ và Tây Nguyên, là người hướng dẫn khoa học 2 đã tạo điều kiện và giúp đỡ tác giả trong suốt quá trình học tập và hoàn thành luận án.

Đặc biệt, tác giả xin ghi nhận và chân thành cảm ơn GS.TS. Bảo Huy với tư cách là người hướng dẫn khoa học 1 đã dành nhiều thời gian và công sức cho việc hướng dẫn và giúp đỡ nghiên cứu sinh hoàn thành luận án này.

Cuối cùng tác giả xin gửi lời cảm ơn đến những người thân trong gia đình, vợ con đã động viên, chia sẻ trong suốt quá trình thực hiện và hoàn thành luận án.

Tác giả

Lê Cảnh Nam

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	III
LỜI CẢM ƠN	IV
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ TỪ VIẾT TẮT	VIII
DANH MỤC CÁC BẢNG	IX
DANH MỤC CÁC HÌNH.....	XI
MỞ ĐẦU	1
CHƯƠNG 1	4
TỔNG QUAN VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU.....	4
1.1. TRÊN THẾ GIỚI	4
1.1.1. Cấu trúc quần thể thực vật rừng	4
1.1.2. Tái sinh rừng.....	7
1.1.3. Sinh thái rừng và mối quan hệ các nhân tố sinh thái đến rừng	8
1.1.4. Nghiên cứu vòng năm và sinh trưởng cây rừng trong mối quan hệ với khí hậu.....	9
1.1.5. Ứng dụng GIS để nghiên cứu, lập dữ liệu phân bố, sinh thái loài	11
1.1.6. Nghiên cứu về Thông 5 lá	11
1.2. TRONG NƯỚC.....	12
1.2.1. Cấu trúc quần thể thực vật rừng	12
1.2.2. Tái sinh rừng.....	17
1.2.3. Sinh thái rừng và mô hình hóa các mối quan hệ sinh thái rừng	18
1.2.4. Vòng năm và mô hình hóa quá trình sinh trưởng cây rừng.....	21
1.2.5. Sử dụng GIS để nghiên cứu, lập dữ liệu phân bố, sinh thái loài	22
1.2.6. Nghiên cứu về Thông 5 lá	23
1.3. Thảo luận vấn đề nghiên cứu	25
CHƯƠNG 2	28
NỘI DUNG, PHƯƠNG PHÁP.....	28
VÀ ĐẶC ĐIỂM KHU VỰC NGHIÊN CỨU.....	28
2.1. Nội dung nghiên cứu	28
2.2. Phương pháp nghiên cứu.....	28
2.2.1. Tiếp cận nghiên cứu	28
2.2.2. Phương pháp nghiên cứu đặc điểm cấu trúc lâm phần.....	30

2.2.3. Phương pháp nghiên cứu ảnh hưởng các nhân tố sinh thái đến phân bố mật độ Thông 5 lá	36
2.2.4. Phương pháp xác định mối quan hệ sinh thái loài.....	40
2.2.5. Phương pháp nghiên cứu ảnh hưởng của nhân tố khí hậu đến bề rộng vòng năm và sinh trưởng đường kính loài Thông 5 lá theo vùng phân bố	43
2.2.6. Phương pháp lập bản đồ phân bố và mật độ loài Thông 5 lá	50
2.3. Đặc điểm khu vực nghiên cứu.....	50
CHƯƠNG 3	53
KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN	53
3.1. Đặc điểm cấu trúc lâm phần có phân bố Thông 5 lá.....	53
3.1.1. Cấu trúc thành phần loài lâm phần có phân bố Thông 5 lá.....	53
3.1.2. Cấu trúc thành phần loài cây gỗ tái sinh ở lâm phần có phân bố Thông 5 lá.....	55
3.1.3. Cấu trúc số cây theo cấp kính (N/D) của lâm phần có phân bố Thông 5 lá.....	58
3.1.4. Cấu trúc số cây theo cấp chiều cao (N/H) của lâm phần có phân bố Thông 5 lá.....	64
3.1.5. Cấu trúc mặt bằng của lâm phần và riêng loài Thông 5 lá.....	68
3.1.6. Cấu trúc N/D và N/H của riêng loài Thông 5 lá.....	70
3.2. Ảnh hưởng của các nhân tố sinh thái đến phân bố mật độ Thông 5 lá	75
3.3. Mối quan hệ sinh thái giữa Thông 5 lá với các loài ưu thế trong quần xã.....	81
3.4. Bề rộng vòng năm và sinh trưởng, tăng trưởng đường kính cây cá thể Thông 5 lá dưới ảnh hưởng của nhân tố khí hậu và vùng phân bố	85
3.4.1. Biến động của nhân tố khí hậu trong vùng phân bố Thông 5 lá.....	85
3.4.2. Biến động bề rộng vòng năm chuẩn hóa (Zt) theo chuỗi thời gian ở 3 vùng phân bố.....	88
3.4.3. Ảnh hưởng của khí hậu đến chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa (Zt) vùng Bidoup - Núi Bà.....	91
3.4.4. Ảnh hưởng của khí hậu đến chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa (Zt) vùng Chư Yang Sin.....	96
3.4.5. Ảnh hưởng của khí hậu đến chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa (Zt) vùng Kon Ka Kinh.....	98
3.4.6. Mô hình sinh trưởng, tăng trưởng đường kính Thông 5 lá theo vùng phân bố sinh thái	101
3.5. Bản đồ và cơ sở dữ liệu GIS về phân bố mật độ và sinh thái Thông 5 lá	119
3.6. Tổng hợp các ứng dụng cho bảo tồn và phát triển quần thể Thông 5 lá	124

KẾT LUẬN, TỒN TẠI VÀ KIẾN NGHỊ	128
KẾT LUẬN.....	128
TỒN TẠI.....	130
KIẾN NGHỊ.....	130
DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐÃ CÔNG BỐ	131
TÀI LIỆU THAM KHẢO	132
PHỤ LỤC	149

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ TỪ VIẾT TẮT

<i>Từ viết tắt, ký hiệu</i>	<i>Nguyên nghĩa</i>
A	Tuổi cây (năm)
BD	Bidoup - Núi Bà
CYS	Chư Yang Sin
D	Đường kính ở độ cao ngang ngực 1,3 m (cm)
F	Tần suất xuất hiện
G	Tiết diện ngang thân cây vị trí 1,3m (m ²)
GIS	Hệ thống thông tin địa lý (Geographic Information System)
H	Chiều cao cây (m)
IUCN	Liên minh bảo tồn đa dạng sinh học quốc tế (International Union for Conservation of Nature)
IV%	Chỉ số quan trọng loài (Importance Value Index)
KKK	Kon Ka Kinh
N	Mật độ cây gỗ/ha (cây/ha)
NT	Sắp nguy cấp (Near Threatened)
ÔTC	Ô tiêu chuẩn
P	Lượng mưa (mm/năm)
<i>Pd</i>	Tỷ lệ tăng trưởng đường kính
T	Nhiệt độ (°C)
VQG	Vườn quốc gia
<i>Z_d</i>	Tăng trưởng đường kính (cm/năm)
<i>Z_r</i>	Bề rộng vòng năm (cm)
<i>Z_t</i>	Bề rộng vòng năm chuẩn hóa

DANH MỤC CÁC BẢNG

Bảng 2.1. Mã hóa mật độ Thông 5 lá và các nhân tố sinh thái cùng chiều tăng.....	39
Bảng 2.2. Thông tin thống kê về cây mẫu Thông 5 lá đã khoan xác định.....	44
Bảng 3.1. Thành phần loài ưu thế theo IV% trong các lâm phần có Thông 5 lá phân bố ...	54
Bảng 3.2. Thành phần loài tái sinh ưu thế theo IV% trong các lâm phần	57
Bảng 3.3. Kiểm tra sự đồng nhất các dãy phân bố N/D của các ô tiêu chuẩn trong vùng và khác vùng phân bố theo tiêu chuẩn χ^2	59
Bảng 3.4. Kết quả kiểm tra mô phỏng cấu trúc N/D theo nhóm ô đồng nhất.....	59
Bảng 3.5. Kiểm tra sự đồng nhất dãy phân bố N/H các ô tiêu chuẩn.....	65
Bảng 3. 6. Kết quả các ô có thể mô phỏng được cấu trúc N/H theo một phân bố lý thuyết ở ba vùng phân bố.	65
Bảng 3.7. Cấu trúc mặt bằng lâm phần theo ô tiêu chuẩn và riêng loài Thông 5 lá.....	68
Bảng 3.8. Kết quả mô phỏng cấu trúc N/D theo các dạng phân bố lý thuyết cho loài Thông 5 lá ở 3 vùng phân bố.....	72
Bảng 3.9. Kết quả mô phỏng cấu trúc N/H theo các dạng phân bố lý thuyết cho loài Thông 5 lá ở 3 vùng phân bố.....	74
Bảng 3.10. Kết quả lựa chọn mô hình quan hệ giữa cấp mật độ Thông 5 lá (N)	76
Bảng 3.11. Biến động cấp mật độ Thông 5 lá /ha (N) theo 27 tổ hợp ba nhân tố ảnh hưởng	78
Bảng 3.12. Các nhân tố sinh thái hình thành các cấp mật độ Thông 5 lá.....	79
Bảng 3.13. Chỉ số IV% của các loài ưu thế trên tất cả lâm phần nghiên cứu ở ba vùng phân bố loài Thông 5 lá	82
Bảng 3.14. Kết quả xác định mối quan hệ sinh thái loài giữa Thông 5 lá với các loài ưu thế trong quần xã	82
Bảng 3.15. Chỉ số IV% của các loài ưu thế tái sinh trên tất cả lâm phần nghiên cứu	83
Bảng 3.16. Kết quả xác định mối quan hệ sinh thái loài giữa Thông 5 lá tái sinh với các loài ưu thế tái sinh trong quần thể.....	84
Bảng 3.17. Chỉ tiêu thống kê của bề rộng vòng năm chuẩn hóa (Z_t) ở ba vùng phân bố theo chuỗi thời gian	88
Bảng 3.18. Chỉ tiêu thống kê bề rộng vòng năm chuẩn hóa Z_t và chỉ tiêu khí hậu theo chuỗi thời gian tương ứng.....	90
Bảng 3.19. Chỉ tiêu thống kê sinh trưởng D và Zd theo A của các cây khoan.....	102

Bảng 3.20. Thẩm định chéo sai số theo K-Fold mô hình quan hệ H/D của Thông 5 lá có hay không xét ảnh hưởng của các vùng phân bố khác nhau.....	103
Bảng 3.21. Tham số của mô hình $H = a_i \times D^b$ theo các vùng phân bố Thông 5 lá khác nhau ở Tây Nguyên	105
Bảng 3.22. Ước tính H của Thông 5 lá theo D qua mô hình $H = a_i \times D^b$ ở các vùng phân bố khác nhau ở Tây Nguyên	106
Bảng 3.23. Thẩm định chéo sai số theo K-Fold để lựa chọn mô hình sinh trưởng đường kính (D/A) của Thông 5 lá	107
Bảng 3.24. Thẩm định chéo sai số theo K-Fold để lựa chọn mô hình sinh trưởng đường kính (D/A) của Thông 5 lá với ảnh hưởng của các vùng phân bố khác nhau	109
Bảng 3.25. Mô hình Mitscherlich $D = 300 \times (1 - e^{(-ai \times A)})$ chung và theo các vùng phân bố Thông 5 lá khác nhau ở Tây Nguyên.....	110
Bảng 3.26. Ước tính sinh trưởng D của Thông 5 lá theo mô hình Mitscherlich	113
Bảng 3.27. Áp dụng thẩm định chéo K-Fold để lựa chọn mô hình quan hệ Pd theo D của Thông 5 lá với ảnh hưởng của các vùng phân bố khác nhau	115
Bảng 3.28. Mô hình $Pd = a \times D^{bi}$ được lựa chọn theo các vùng phân bố Thông 5 lá khác nhau ở Tây Nguyên	117
Bảng 3.29. Ước tính Pd theo D loài Thông 5 lá qua mô hình $Pd = a \times D^{bi}$ ở 3 vùng phân bố Thông 5 lá khác nhau ở Tây Nguyên.....	118
Bảng 3.30. Mật độ các điểm phân bố Thông 5 lá theo cấp N ứng với ba nhân tố sinh thái ảnh hưởng là P, DC và TDD ở ba vùng phân bố sinh thái	119

DANH MỤC CÁC HÌNH

Hình 1.1. Khung khái niệm phân chia xã hợp thực vật thành các phức hợp, ưu hợp và quần hợp thực vật.	13
Hình 1.2. Ba kiểu phân bố cây trên mặt đất	17
Hình 2.1. Hình ảnh thân, lá, hoa và nón Thông 5 lá (<i>Pinus dalatensis</i> Ferré).....	30
Hình 2.2. Vị trí 17 ÔTC 2.500m ² nghiên cứu cấu trúc lâm phần	31
Hình 2.3. Sơ đồ điểm nghiên cứu 1 km ² và ô mẫu 1.000 m ² phân tầng để điều tra phân bố, mật độ, tái sinh và các nhân tố sinh thái.	37
Hình 2.4. Vị trí 19 điểm nghiên cứu 1 km ² ở ba vùng phân bố loài Thông 5 lá.....	38
Hình 2.5. Sử dụng khoan tầng trưởng Haglof để xác định bề rộng vòng năm	43
Hình 2.6. Sơ đồ ước tính số vòng năm mất	45
Hình 2.7. Kính hiển vi (40X), thiết bị đo Velmex và máy tính để xác định bề rộng vòng năm	45
Hình 2.8. Mẫu lõi gỗ khoan đã được dán, đánh bóng và định tuổi chéo	46
Hình 3.1. Tái sinh tự nhiên Thông 5 lá trên đất trống trong VQG Chư Yang Sin.	56
Hình 3.2. Phân bố N/D của lâm phần có Thông 5 lá ở các vùng phân bố.....	58
Hình 3.3. Kiểu dạng phân bố quan sát N/D và mô phỏng theo phân bố khoảng cách:	61
Hình 3.4. Mô phỏng phân bố N/D của ô CYS 4 theo phân bố Weibull	62
Hình 3.5. Các dãy N/D quan sát của 3 nhóm ô không mô phỏng được theo bốn dạng phân bố lý thuyết thử nghiệm. N _{qs} 3, 4, 5 là dữ liệu cây quan sát ở nhóm ô 3, 4, 5.....	63
Hình 3.6. Phân bố N/H của các lâm phần có phân bố Thông 5 lá ở Tây nguyên.	64
Hình 3.7. Mô phỏng phân bố N/H theo phân bố Weibull có dạng lệch trái (a) đến gần chuẩn (b). N _{qs} : Số cây quan sát/ha; N _{lt} : Số cây ước tính/ha theo Weibull.....	67
Hình 3.8. Các dãy phân bố N/H ở các ôtc trên ba vùng không mô phỏng được theo phân bố lý thuyết	68
Hình 3.9. Phân bố N/D của loài Thông 5 lá ở ba vùng phân bố	71
Hình 3.10. Phân bố N/D loài Thông 5 lá được mô phỏng theo phân bố Weibull cho từng vùng phân bố (a & c) và phân bố quan sát (b). N _{qs} là số cây quan sát /ha trong từng vùng phân bố và N _{lt} là số cây/ha theo phân bố Weibull	73
Hình 3.11. Phân bố N/H của loài Thông 5 lá ở 3 vùng phân bố.....	75

Hình 3.12. Quan hệ R^2 với số tham số tối ưu của mô hình quan hệ mật độ Thông 5 lá với các nhân tố sinh thái ảnh hưởng.....	76
Hình 3.13. Quan hệ giá trị dự đoán và quan sát của mô hình ước tính cấp N Thông 5 lá theo 3 biến sinh thái độ cao (DC), tầng dày đất (TDD) và lượng mưa trung bình năm (P)	77
Hình 3.14. Biến động sai số chuẩn hóa theo giá trị dự đoán của mô hình dùng ước tính cấp N Thông 5 lá theo 3 biến sinh thái độ cao (DC), tầng dày đất (TDD) và lượng mưa trung bình năm (P).....	78
Hình 3.15. Biến động nhiệt độ trung bình năm (T_{tb} , °C) các khu vực phân bố Thông 5 lá: (a) Bidoup - Núi Bà, (b) Chư Yang Sin và (c) Kon Ka Kinh.....	86
Hình 3.16. Biến động lượng mưa trung bình năm (P_{tb} mm/năm) các khu vực phân bố Thông 5 lá: (a) Bidoup - Núi Bà, (b) Chư Yang Sin và (c) Kon Ka Kinh	87
Hình 3.17. Chuỗi bề rộng vòng năm chuẩn hóa Z_t của loài Thông 5 lá	89
Hình 3.18. Biến động bề rộng vòng năm chuẩn hóa (Z_t) theo chuỗi thời gian của dữ liệu khí hậu thu thập được ở ba vùng phân bố Thông 5 lá.....	91
Hình 3.19. Quan hệ Z_t quan sát và Z_t dự đoán (trái) và biến động sai số có trọng số (phải) của mô hình $Z_t = f(T_6)$ vùng Bidoup - Núi Bà.....	92
Hình 3.20. Quan hệ giữa Z_t quan sát và dự đoán qua mô hình $Z_t = f(T_6)$	93
Hình 3.21. Tương quan thuận biến động giữa nhiệt độ tháng 6 (T_6) và chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa dự đoán qua mô hình có trọng số (Z_t) trong 38 năm	94
Hình 3.22. Quan hệ Z_t quan sát và dự đoán (trái) và biến động sai số có trọng số (phải) của mô hình $Z_t = f(P_{11})$ vùng Bidoup - Núi Bà.....	94
Hình 3.23. Tương quan thuận biến động giữa lượng mưa tháng 11 (P_{11}) và chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa dự đoán qua mô hình có trọng số (Z_t)	95
Hình 3.24. Quan hệ Z_t quan sát và dự đoán (trái) và biến động sai số có trọng số theo dự đoán qua mô hình $Z_t = f(T_3, T_4)$ ở vùng Chư Yang Sin.....	96
Hình 3.25. Z_t dự đoán qua mô hình theo hai biến số nhiệt độ tháng 3 và tháng 4 (T_3, T_4) so với Z_t quan sát trong chuỗi thời gian từ 1980 – 2011 (32 năm) ở vùng Chư Yang Sin	97
Hình 3.26. Tương quan nghịch giữa biến động giữa nhiệt độ tháng 3 và 4 ($T_3 \times T_4$) và chỉ số bề rộng vòng năm (Z_t) trong 32 năm (1980 – 2011) ở vùng Chư Yang Sin	98

Hình 3.27. Quan hệ Z_t quan sát và dự đoán (trái) và sai số theo Z_t dự đoán có trọng số (phải) qua mô hình $Z_t = f(T4)$ vùng Kon Ka Kinh	99
Hình 3.28. Bề rộng vòng năm chuẩn hóa quan sát và dự đoán Z_t qua mô hình theo biến $T4$ theo chuỗi thời gian 1980 – 2011 (32 năm) ở vùng Kon Ka Kinh	99
Hình 3.29. Tương quan nghịch giữa Z_t dự đoán qua mô hình với nhiệt độ tháng 4 ($T4$) trong giai đoạn 1980 – 2011 vùng Kon Ka Kinh	100
Hình 3.30. Biến động đường kính ngang ngực (D) theo tuổi (A) Thông 5 lá trên cơ sở tích lũy bề rộng vòng năm của các cây mẫu khoan ở ba vùng phân bố ở Tây Nguyên.....	103
Hình 3.31. (a): Quan hệ H dự đoán qua mô hình Power so với H quan sát và (b): Biến động sai số có trọng số theo giá trị H dự đoán qua mô hình Power chung cả ba vùng phân bố	104
Hình 3.32. Quan hệ giữa H quan sát và H dự đoán qua mô hình Power theo ba vùng phân bố. BD: Bidoup - Núi Bà; CYS: Chư Yang Sin và KKK: Kon Ka Kinh	104
Hình 3.33. Đường cong H/D theo mô hình Power của Thông 5 lá ở ba vùng phân bố (BD: Bidoup - Núi Bà; CYS: Chư Yang Sin và KKK: Kon Ka Kinh).....	105
Hình 3.34. Quan hệ giữa giá trị D thẩm định từ 1/10 số liệu ngẫu nhiên với D dự đoán qua các mô hình chung các vùng phân bố.	108
Hình 3.35. Biến động sai số có trọng số theo dự đoán D từ 1/10 dữ liệu thẩm định ngẫu nhiên của mô hình lựa chọn Mitscherlich $D = D_m \times (1 - e^{-a \times A})$ chung cho các vùng phân bố ...	109
Hình 3.36. Quan hệ giữa giá trị D dự đoán qua mô hình lựa chọn Mitscherlich.....	110
Hình 3.37. Biểu diễn đám mây điểm D/A và đường sinh trưởng đường kính (D/A) Thông 5 lá theo mô hình Mitscherlich: $D = D_m \times (1 - e^{-ai \times A})$ phân biệt cho ba vùng phân bố:.....	111
Hình 3.38. Quan hệ giữa Pd quan sát dùng thẩm định từ 1/10 dữ liệu ngẫu nhiên với Pd dự đoán qua mô hình Power $Pd = a \times D^b$ chung cho các vùng phân bố.....	116
Hình 3.39. Quan hệ giữa giá trị Pd quan sát dùng thẩm định từ 1/10 dữ liệu ngẫu nhiên và Pd dự đoán qua mô hình Power $Pd = aD^{bi}$ theo vùng phân bố: BD: Bidoup - Núi Bà, CYS: Chư Yang Sin, KKK: Kon Ka Kinh	116
Hình 3.40. Quan hệ Pd/D Thông 5 lá theo mô hình $Pd = a \times D^b$ phân biệt cho ba vùng phân bố: BD: Bidoup - Núi Bà, CYS: Chư Yang Sin, KKK: Kon Ka Kinh.	117

Hình 3.41. Bản đồ cấp mật độ quần thể Thông 5 lá ở VQG Bidoup - Núi Bà. Cấp mật độ Thông 5 lá: Thấp (10 – 50 cây/ha) và hiếm (<10 cây/ha). Số trên bản đồ là số hiệu tiểu khu rừng.....	120
Hình 3.42. Bản đồ cấp mật độ quần thể Thông 5 lá ở VQG Chư Yang Sin. Cấp mật độ Thông 5 lá: Trung bình (51-100 cây/ha), thấp (10 – 50 cây/ha) và hiếm hoặc ít gặp (<10 cây/ha). Số trên bản đồ là số hiệu tiểu khu rừng.....	121
Hình 3.43. Bản đồ cấp mật độ quần thể Thông 5 lá ở VQG Kon Ka Kinh. Cấp mật độ Thông 5 lá: Cao (>100 cây/ha), trung bình (51-100 cây/ha), thấp (10 – 50 cây/ha) và hiếm (<10 cây/ha). Số trên bản đồ là số hiệu tiểu khu rừng.....	122
Hình 3.44. Bản đồ cấp mật độ quần thể Thông 3 lá ở Tây Nguyên.	123
Hình 3.45. Mô hình cấu trúc N/D mẫu chuẩn dạng giảm theo phân bố khoảng cách của lâm phần có phân bố Thông 5 lá.....	125

MỞ ĐẦU

1. Sự cần thiết của luận án

Thông 5 lá hay còn gọi là Thông 5 lá đà lạt, có tên khoa học là *Pinus dalatensis* Ferré đã được Ferré, một nhà thực vật học người Pháp mô tả và công bố vào năm 1960 (Businsky, 1999 [94]). Đây là loài cây đặc hữu theo nghĩa rộng của dãy Trường Sơn (Phan Kế Lộc và cs, 2011 [45]), đồng thời cũng là loài cây gỗ quý hiếm của Việt Nam, có giá trị khoa học và sử dụng cao; được xếp vào nhóm IIA theo Nghị định số 06/2019/NĐ-CP[11]; và xếp vào nhóm sắp nguy cấp (NT) trong danh sách đỏ (Red List) của IUCN năm 2019[118].

Thông 5 lá là loài cây gỗ lớn thường xanh, cao đến 30 – 40 m, đường kính ngang ngực lên đến 2,5 m (Businsky, 2004 [95]; Loc *et al.*, 2017 [129]), có phân bố trong kiểu rừng hỗn giao cây lá rộng lá kim (Thái Văn Trường, 1978 [71]; Nguyễn Hoàng Nghĩa, 2004 [55]). Ở Tây Nguyên, Thông 5 lá có phân bố tập trung tại các cao nguyên Langbiang, Ban Mê Thuột, Pleiku và Kon Tum. Thông 5 lá là một trong sáu loài cây lá kim tại Tây Nguyên được xếp trong danh sách đỏ bị đe dọa toàn cầu của IUCN (Trang, 2011 [152]).

Trên toàn cầu và toàn quốc, loài Thông 5 lá hiện còn phân bố ít hơn 10 địa điểm khác nhau vì đã có sự sụt giảm về môi trường sống của nó; số lượng cá thể thường giới hạn dưới 100 cây trưởng thành trong mỗi vùng phân bố (Hiep *et al.* (2004) [110]). Vì là loài có phạm vi phân bố tương đối hẹp, do đó cho đến nay các nghiên cứu về Thông 5 lá chủ yếu là phân loại thực vật, mô tả về vùng phân bố, các đặc điểm về hình thái, nhân giống hữu tính, vô tính của loài, cũng như hiện trạng bảo tồn. Ngoài ra, còn có nhận định về công dụng của loài Thông 5 lá là loài hiếm nên không nên sử dụng làm cây lấy gỗ cho dù gỗ loài cây này tương tự như gỗ Thông 3 lá (Nguyễn Đức Tố Lưu và Thomas, 2004 [48]).

Với hiện trạng suy giảm về số lượng cá thể và quần thể Thông 5 lá, thì việc bảo tồn và phát triển loài này là rất cần thiết (Nguyễn Tiến Hiệp và cs, 2004 [20]; Nguyễn Đức Tố Lưu và Thomas, 2004 [48]). Trong khi đó các thông tin, kiến thức khoa học về lâm học, sinh thái của quần thể Thông 5 lá là rất hạn chế, chưa đáp ứng

yêu cầu cho xây dựng chiến lược bảo tồn và phát triển loài này. Thực tế cần các thông tin khoa học lâm học như cấu trúc, tái sinh, sinh trưởng để áp dụng biện pháp lâm sinh, cần các kiến thức về sinh thái để quy hoạch, giám sát bảo tồn và phát triển loài phù hợp.

Vì vậy để đóng góp cho việc hoạch định các chiến lược lâm sinh trong quản lý, bảo tồn các quần thể Thông 5 lá quý hiếm, luận án này nghiên cứu “**Đặc điểm lâm học và sinh thái quần thể loài Thông 5 lá (*Pinus dalatensis* Ferré) ở Tây Nguyên**” là cần thiết.

2. Mục tiêu của luận án

Mục tiêu chung: Góp phần cung cấp cơ sở, thông tin dữ liệu khoa học về lĩnh vực lâm học và sinh thái rừng phục vụ bảo tồn và phát triển bền vững loài và quần thể Thông 5 lá quý hiếm ở Tây Nguyên.

Mục tiêu cụ thể:

- Định lượng được các đặc điểm lâm học chính của cá thể và quần thể Thông 5 lá bao gồm mô phỏng cấu trúc, tái sinh, sinh trưởng và tăng trưởng dưới ảnh hưởng của nhân tố khí hậu và môi trường phục vụ việc áp dụng các biện pháp lâm sinh và bảo tồn.
- Xác định được các nhân tố sinh thái chủ yếu ảnh hưởng đến mật độ và lập bản đồ mật độ quần thể loài Thông 5 lá phục vụ cho quản lý, xử lý lâm sinh, bảo tồn và phát triển quần thể.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu:

3.1 Đối tượng: Loài Thông 5 lá hay còn gọi là Thông 5 lá đà lạt (Hình 2.1).

Tên khoa học: *Pinus dalatensis* Ferré, thuộc chi *Pinus*, họ *Pinaceae*, bộ *Pinales*, lớp *Pinopsida*, Ngành hạt trần *Pinophyta* (IUCN Plant redlist, 2019 [118]).

3.2 Phạm vi nghiên cứu:

3.2.1 Phạm vi không gian:

Nghiên cứu được thực hiện trên các lâm phần có phân bố tự nhiên và tập trung loài Thông 5 lá (*Pinus dalatensis* Ferré) thuộc lâm phận quản lý của ba VQG: Bidoup-Núi Bà (BD), Chư Yang Sin (CYS) và Kon Ka Kinh (KKK) ở Tây Nguyên.

3.2.2 Phạm vi thời gian

Số liệu được tiến hành thu thập từ năm 2017 đến năm 2018.

4. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

- Ý nghĩa khoa học: Bổ sung cơ sở lý luận về đặc điểm lâm học và sinh thái quần thể Thông 5 lá.

- Ý nghĩa thực tiễn: Làm cơ sở đề xuất một số biện pháp kỹ thuật lâm sinh để bảo tồn và phát triển bền vững loài Thông 5 lá ở Tây Nguyên.

5. Những điểm mới của luận án

- Xây dựng được mô hình dự đoán mật độ loài Thông 5 lá dưới ảnh hưởng của ba nhân tố sinh thái chính là độ cao so với mặt nước biển, độ dày tầng đất và lượng mưa trung bình năm.

- Chỉ ra các nhân tố khí hậu đã ảnh hưởng đến sinh trưởng Thông 5 lá đó là gia tăng nhiệt độ trong mùa mưa có tác dụng thúc đẩy sinh trưởng Thông 5 lá, ngược lại gia tăng nhiệt độ trong mùa khô hạn sẽ làm giảm sinh trưởng Thông 5 lá.

- Thiết lập và thẩm định chéo sai số hệ thống mô hình sinh trưởng, tăng trưởng đường kính loài Thông 5 lá cho ba vùng phân bố sinh thái ở Tây Nguyên.

6. Cấu trúc của luận án:

Luận án gồm 147 trang, trong đó có 32 bảng và 55 hình, cấu trúc bao gồm Mở đầu: 3 trang; Chương 1: Tổng quan vấn đề nghiên cứu: 23 trang; Chương 2: Nội dung, phương pháp và đặc điểm khu vực nghiên cứu: 25 trang; Chương 3: Kết quả nghiên cứu và thảo luận: 75 trang; Kết luận – tồn tại và kiến nghị: 3 trang; và Phụ lục.

CHƯƠNG 1

TỔNG QUAN VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

Đặc điểm lâm học và sinh thái cá thể, quần thể rừng bao hàm nhiều nội dung rất rộng như là khái niệm hệ sinh thái rừng, phân loại rừng, nhân tố sinh thái và mối quan hệ giữa các yếu tố sinh thái với sinh vật rừng, đặc điểm cấu trúc rừng, diễn thế và tái sinh rừng và sinh trưởng phát triển cá thể, quần thể rừng. Tổng quan này tập trung vào các vấn đề chính được nghiên cứu trong luận án.

1.1. TRÊN THẾ GIỚI

1.1.1. Cấu trúc quần thể thực vật rừng

Cấu trúc rừng là một nội dung cơ bản của khoa học lâm học, nó bao hàm sự phối trí trong không gian và thời gian mà chủ yếu là của thực vật rừng. Cấu trúc rừng cho thấy hình ảnh của thực vật rừng và mối quan hệ qua lại giữa thực vật với hoàn cảnh rừng trên một đơn vị diện tích và động thái của nó. Cấu trúc rừng nhiệt đới được bắt đầu nghiên cứu theo phương pháp mô tả sự đa dạng của dạng sống, loài thực vật, sự phân tầng rừng, kết cấu theo kích thước. Mặt cắt đứng và ngang của rừng thường được sử dụng để cho thấy sự phối hợp, phân bố của loài thực vật, cá thể theo chiều đứng và ngang của rừng (Richards, 1952 [64]; Baur, 1976 [1]).

Các nghiên cứu về cấu trúc rừng mưa nhiệt đới đã được bắt đầu tiến hành mô tả, phân tích bởi Richards (1952) [64], Odum (1971) [62], Baur (1976) [1], ... Các nghiên cứu này thường nêu lên khái niệm và mô tả về tổ thành loài, các dạng sống và tầng phiến của rừng. Odum (1971) [62] đã đưa ra khái niệm hệ sinh thái rừng trên cơ sở hoàn chỉnh thuật ngữ hệ sinh thái. Khái niệm hệ sinh thái được làm sáng tỏ là cơ sở để nghiên cứu các nhân tố cấu trúc trên quan điểm sinh thái học. Mô phỏng toán cấu trúc rừng được phát triển mạnh mẽ cùng với khoa học toán thống kê và công nghệ xử lý trên máy tính nhằm định lượng và phát hiện các quy luật phức tạp của cấu trúc của rừng mưa nhiệt đới hỗn loài khác tuổi (Zheng và Zhou, 2010 [159]).

1.1.1.1. Cấu trúc tổ thành loài thực vật rừng, dạng sống của rừng mưa nhiệt đới

Rừng mưa nhiệt đới được đánh giá cao về sự đa dạng thành phần loài động, thực vật rừng. Richards (1952) [64] đã xác định có từ 70 -100 loài cây gỗ trên 1 ha rừng

nhật đới, tuy nhiên hầu như không có loài nào chiếm hơn 10% tổ thành loài. Baur (1976) [1] trong một nghiên cứu ở rừng Amazon, đã ghi nhận được 36 họ thực vật trên ô tiêu chuẩn 2 ha hoặc tại New South Wales (Úc) cũng ghi nhận được 31 họ thực vật, không kể thực vật ngoại tầng, thân thảo và thực vật phụ sinh trên ô tiêu chuẩn 04 ha. Trong rừng nhiệt đới ẩm Đông Nam Á, thường có một nhóm loài ưu thế, hình thành nên các ưu hợp từ 5 – 10 loài, hoặc như các loài thuộc họ Dầu có thể chiếm đến 50% số lượng cá thể trong quần thể rừng thưa lá rộng rụng lá cây họ dầu (Catinot, 1974 [5]; Thái Văn Trùng, 1978 [71]; Bảo Huy, 2017c [33]). Loài ưu thế cây gỗ thường được xác định qua chỉ số quan trọng loài IV% (Importance Value Index) của Curtis và McIntosh (1950) [101] thông qua các đại lượng N%, G% và F% với N% là % mật độ loài, G% là % tổng tiết diện ngang (G) của loài và F% là tần suất xuất hiện loài (Narayan và Anshumali, 2015 [135]).

Các dạng sống được mô tả là rất đa dạng trong rừng mưa nhiệt đới bao gồm cây thân gỗ, thân thảo, dây leo, phụ sinh, ký sinh, ... và chúng có mối quan hệ chặt chẽ với nhau trên cơ sở các mối quan hệ sinh thái, ... (Richards, 1952 [64]; Odum, 1971 [62]; Baur, 1976 [1]). Xử lý mối quan hệ giữa các dạng sống để đạt được mục tiêu quản lý rừng khác nhau là phức tạp, trong khi kinh doanh rừng gỗ thì các loài dây leo, phụ sinh, ký sinh trên cây gỗ cần được loại trừ, trong khi đó để bảo tồn đa dạng sinh học thì các dạng sống đều có ý nghĩa của nó trong việc cân bằng hệ sinh thái rừng; Đặc biệt là mối quan hệ giữa các nhóm thực vật rừng (Richards, 1952 [64]; Baur, 1976 [1]).

1.1.1.2. Cấu trúc ba chiều quần thể thực vật rừng (N/D, N/H và cấu trúc mặt bằng)

Nghiên cứu cấu trúc quần thể thực vật rừng đã có từ lâu và được chuyển dần từ mô tả định tính sang định lượng, các mô hình toán học đã được nhiều nhà khoa học sử dụng để mô hình hoá cấu trúc rừng, xác định mối quan hệ giữa các nhân tố cấu trúc của rừng.

i) Cấu trúc số cây theo cấp kính (N/D)

Cấu trúc N/D là dạng cấu trúc thuận lợi nhất cho việc mô phỏng theo một hàm toán học vì đặc điểm phân bố có quy luật rõ ràng số cây theo cấp kính của rừng khác

tuổi; dạng phân bố hình chữ J ngược là điển hình cho phân bố N/D của rừng mưa nhiệt đới (Worber *et al.*, 2003 [156]). Mayer *et al.* (1943, 1951) đã mở rộng luật Licourt để giới thiệu khái niệm phân bố cân bằng và được biết như là một phân bố tạo ra sự bền vững sản lượng rừng nhiệt đới khác tuổi hỗn loài (dẫn theo Bảo Huy, 2017a [31]). Trong khi đó Rollet (1971) [143], Balley (1973) [86] đã sử dụng hàm Weibull để mô hình hoá cấu trúc N/D cho loài Thông. Mayer (1943) đã mô tả phân bố N/D bằng phương trình toán học có dạng đường cong giảm liên tục và được gọi là phân bố giảm Mayer, ngoài ra Balley (1973) [86], Felfili (1997) [105] và một số tác giả khác như Barbosa *et al.* (2018) [87] dùng hàm Hyperbol, hàm Poisson, hàm Logarit chuẩn, họ Pearson, hàm Weibull... để mô hình hóa phân bố N/D.

Trong các dạng hàm phân bố xác suất thì hàm Weibull có khả năng mô tả cho phân bố N/D ở nhiều kiểu phân bố từ dạng giảm đến có đỉnh từ lệch trái đến gần chuẩn và lệch phải; do đó nó thích ứng với các kiểu phân bố N/D của rừng khác tuổi đến đồng tuổi nhiệt đới; vì vậy đã được áp dụng rộng rãi hơn và có xu hướng thay thế cho mô hình Mayer chỉ mô tả được cho dạng phân bố giảm liên tục, bởi vì rừng nhiệt đới thành thực có khi lại có kiểu phân bố chữ J ngược có đỉnh ở cấp kính nhỏ (Baker *et al.*, 2005 [85]; Zheng và Zhou, 2010 [159]).

ii) Cấu trúc tầng rừng, phân bố số cây theo cấp chiều cao (N/H)

Hiện tượng phân tầng là một trong những đặc trưng cơ bản về cấu trúc hình thái của quần thể thực vật rừng và là cơ sở để tạo nên cấu trúc tầng rừng nhiệt đới. Một trong những cơ sở định lượng để phân chia tầng là qui luật phân bố số cây theo cấp chiều cao. Phương pháp vẽ phễu diện đồ mặt cắt đứng của rừng được David và Richards (1933 – 1943) khởi xướng và sử dụng đầu tiên ở Guyan, đến nay vẫn là phương pháp có hiệu quả để mô tả sự phân bố thành phần loài chiếm đóng theo tầng rừng (Catinot, 1974 [5]; Plandy, 1978 [63]); tuy nhiên, phương pháp này có nhược điểm là chỉ minh hoạ được cách sắp xếp loài cây, tán cây theo hướng thẳng đứng của các loài cây gỗ trong một diện tích có hạn và không chỉ ra được số lượng cây gỗ theo tầng (Phùng Ngọc Lan, 1986 [43]).

Với hạn chế trong định lượng của phương pháp vẽ phễu diện đồ mặt cắt đứng tầng tán rừng, xu hướng nghiên cứu định lượng về cấu trúc N/H rừng mưa đã được các nhà khoa học lâm học chú ý. Với kiểu dạng phân bố có đỉnh từ lệch trái sang phải hoặc có nhiều đỉnh của phân bố N/H của rừng mưa, do đó tiếp cận theo mô hình toán học cho cấu trúc N/H tỏ ra khó khăn hơn cấu trúc N/D và vì vậy nhiều mô hình toán,

phân bố xác suất đã được thử nghiệm để cố gắng mô phỏng kiểu cấu trúc phức tạp này của rừng nhiệt đới hỗn loài khác tuổi; bao gồm hàm Hyperbol, hàm Poisson, hàm Logarit chuẩn, họ Pearson, hàm Weibull (Balley, 1973 [86]; Bảo Huy, 2017a [31]; Barbosa *et al.*, 2018 [87]).

iii) Cấu trúc mặt bằng

Cấu trúc mặt bằng được hiểu là mạng hình phân bố mật độ cây trên mặt phẳng nằm ngang của đất rừng. Mạng hình phân bố mật độ là sơ đồ thể hiện vị trí của từng cây trên một trục tọa độ. Mật độ và mạng hình phân bố cây cho biết khả năng tận dụng không gian dinh dưỡng của quần thể rừng trên một mặt phẳng nằm ngang.

Richards (1952) [64], khi nghiên cứu rừng mưa nhiệt đới tại Nam Mỹ và Châu Phi cho thấy mật độ lâm phần biến động từ 390 – 1.710 cây/ha ($D \geq 10\text{cm}$). Biểu diễn cho kiểu cấu trúc mật độ này được thể hiện qua phễu diện đồ mặt cắt ngang của rừng và đã được Catinot (1974) [5] và Plandy (1978) [63] sử dụng khi nghiên cứu về cấu trúc hình thái phân bố trên mặt cắt ngang rừng nhiệt đới.

Jayaraman (1999) [120] đã định nghĩa cấu trúc mặt bằng thể hiện sự phân bố và sử dụng không gian dinh dưỡng trên mặt đất rừng, thường được chia thành ba kiểu: ngẫu nhiên, cụm hoặc đều. Trong các kiểu phân bố thì phân bố cụm thể hiện rừng chưa lợi dụng tốt không gian dinh dưỡng trên mặt đất.

Mặt cắt ngang cùng với mặt cắt đứng rừng cho thấy hình ảnh khá rõ ràng về sự phân bố cây rừng và tán cây che phủ trên một đơn vị diện tích đất rừng; tuy nhiên cũng như hạn chế của mặt cắt đứng là nó chỉ mô tả trên một diện tích nhất định và không định lượng được khả năng sử dụng diện tích đất rừng ở mức như thế nào. Do vậy để định lượng kiểu phân bố số cây trên mặt đất rừng, phân bố xác suất theo tiêu chuẩn U của cự ly trung bình giữa hai cây đã được sử dụng (Clark và Evans, 1954 [98]; Bảo Huy, 2017a [31]).

1.1.2. Tái sinh rừng

Tái sinh rừng là một quá trình sinh học mang tính đặc thù của hệ sinh thái rừng mưa nhiệt đới; tái sinh rừng thúc đẩy việc hình thành cân bằng sinh học trong rừng nhiệt đới, đảm bảo cho rừng tồn tại liên tục. Có thể nói tái sinh rừng là tiền đề của

diễn thế rừng, giúp cho rừng luôn ở trạng thái vận động. Nghiên cứu đặc điểm tái sinh rừng có thể làm sáng tỏ quá trình tồn tại và phát triển của rừng trong quá khứ, hiện tại và trong tương lai (Phùng Ngọc Lan, 1986 [43]).

Aubreville (1938), khi nghiên cứu tái sinh tự nhiên ở rừng nhiệt đới Châu Phi đã nhận thấy trong phạm vi nhỏ thì tổ thành loài cây mẹ ở tầng trên và tổ thành cây tái sinh ở tầng dưới là khác nhau rất nhiều; và tổ thành loài cây của rừng mưa biến đổi từ nơi này sang nơi khác, từ đó đã đề ra lý luận bức khảm tái sinh, theo lý luận này, có thể coi một diện tích rừng mưa rộng lớn là một bức khảm mà mỗi đơn vị của bản ghép đó là một tổ hợp hình thành bởi những loài cây ưu thế khác nhau, và xét trên một đơn vị diện tích nhỏ thì tổ hợp loài cây tái sinh không mang tính kế thừa, tuy nhiên khi xét trên một phạm vi rộng lớn thì các tổ hợp loài cây sẽ kế thừa nhau ít nhiều theo phương thức tuần hoàn; Stennis (1956), đã chỉ ra hai đặc điểm tái sinh phổ biến của rừng mưa nhiệt đới đó là tái sinh phân tán, liên tục đối với các loài cây chịu bóng và tái sinh vệt đối với các loài cây ưa sáng (Phùng Ngọc Lan, 1986 [43]).

Xúc tiến tái sinh tự nhiên và nhân tạo là một giải pháp lâm sinh chủ đạo trong phục hồi rừng nhiệt đới (Lieth và Mooney, 1991 [128]; Kamo *et al.*, 2002 [122]; Lamb *et al.*, 2005 [126]).

1.1.3. Sinh thái rừng và mối quan hệ các nhân tố sinh thái đến rừng

Hệ sinh thái rừng có mối quan hệ chặt chẽ với môi trường xung quanh và ngược lại, các tác động của nhân tố sinh thái ảnh hưởng tổng hợp đến phân bố, sinh trưởng của rừng. Các nhân tố sinh thái trong các nhóm khí hậu, đất đai, địa hình, nước có mối quan hệ qua lại và ảnh hưởng đến sinh trưởng cây rừng, tái sinh cây rừng (Richards, 1952 [64]; Odum, 1971 [62]).

Khoa học về sinh thái ngày nay trở nên rất quan trọng, nó nghiên cứu các yêu cầu sinh thái của sinh vật để giúp cho việc bảo tồn và phát triển cá thể cũng như quần thể; hoặc giúp phục hồi các chức năng sinh thái dựa vào sinh vật.

Mối quan hệ giữa thực vật với môi trường là một nội dung nghiên cứu quan trọng để duy trì, bảo tồn và phát triển cá thể và quần thể. Thực tế cho thấy với sự đa dạng loài, quần xã thực vật rừng, các yêu cầu sinh thái của chúng vẫn còn nhiều bí ẩn

chưa được khám phá. Vì vậy nghiên cứu các yêu cầu sinh thái của thực vật rừng, cá thể, quần xã thực vật là nội dung còn rộng mở và cần thiết cho bảo tồn và phát triển rừng bền vững (Odum, 1971 [62]).

Baur (1976) [1] đã nghiên cứu ảnh hưởng của các nhân tố sinh thái đến tái sinh tự nhiên bao gồm nhân tố ánh sáng (thông qua độ tàn che của rừng), độ ẩm của đất, kết cấu quần thụ, cây bụi, thảm tươi và đã chỉ ra rằng nhân tố ánh sáng ảnh hưởng mạnh đến sinh trưởng của cây tái sinh.

Nghiên cứu phát hiện các mối quan hệ giữa các nhóm nhân tố sinh thái và ảnh hưởng tổng hợp của chúng đến phân bố, sinh trưởng, tái sinh rừng là một lĩnh vực khoa học rộng và quan trọng phục vụ quản lý và bảo tồn hệ sinh thái rừng bền vững. Tuy nhiên các mối quan hệ sinh thái và tác động đến rừng thường phức tạp, do đó chưa có nhiều những nghiên cứu toàn diện.

1.1.4. Nghiên cứu vòng năm và sinh trưởng cây rừng trong mối quan hệ với khí hậu

1.1.4.1. Vòng năm cây rừng phục vụ nghiên cứu sinh trưởng, tăng trưởng cây rừng và lâm phần

Lịch sử nghiên cứu vòng năm cây rừng đã hình thành từ rất lâu trong quá khứ, Andrew Ellicott Douglass, nhà thiên văn học người Mỹ được xem là cha đẻ của ngành khoa học niên đại thực vật (Dendrochronology), ông là người đầu tiên phát hiện mối liên hệ giữa vòng năm cây rừng với chu kỳ hoạt động của mặt trời vào năm 1901 (Fritts, 1987 [108]).

Đến nay, bên cạnh việc sử dụng vòng năm và chuỗi niên đại cây rừng trong nghiên cứu về tăng trưởng, động thái rừng,... thì chuỗi niên đại cây rừng còn được ứng dụng nghiên cứu trong nhiều lĩnh vực khác như khí hậu thông qua tái lập những biến đổi của môi trường như lượng mưa, nhiệt độ, áp suất không khí, dòng chảy, hạn hán và các hiện tượng trong quá khứ như lửa rừng, đại dịch bệnh hại, núi lửa, sạt lở đất, lũ lụt, động đất,... ảnh hưởng đến biến động bề rộng vòng năm (Biondi, 1999 [89]).

Trước những năm 1990, các nhà khoa học cho rằng cây rừng vùng nhiệt đới không có vòng năm hoặc/có vòng năm không rõ ràng do sự biến động của khí hậu

giữa các mùa không đủ lớn. Jacoby và D'Arrigo (1990) [119] đã công bố những dữ liệu vòng năm cây Tách tại Jave, Indonesia; tiếp đó những công bố về ghi nhận dữ liệu vòng năm cây rừng khu vực Đông Nam Á (Buckley *et al.*, 1995 [90], Pummijumong *et al.*, 1995 [140]). Đến nay, đã có nhiều kết quả nghiên cứu ghi nhận về vòng năm cây rừng nhiệt đới tại Châu Mỹ, Châu Phi (Baker *et al.*, 2005 [85]).

Đã có nhiều nhà khoa học sử dụng vòng năm cây rừng để nghiên cứu về cấu trúc tuổi, sản lượng của lâm phần hoặc về tăng trưởng của các khu rừng nhiệt đới (Wosber *et al.*, 2003 [156]. Pastur *et al.*, 2008 [136]) đã sử dụng vòng năm để xác định tăng trưởng quần thể rừng thuần loài *Nothofagus pumilio* (Poepp. & Endl.) Krasser ở Argentina thông qua phương trình toán. Johnson và Abrams [121] đã sử dụng vòng năm và chỉ số bề rộng vòng năm để nghiên cứu sự thay đổi tăng trưởng tiết diện ngang theo thời gian của hai loài cây Hemlock – *Tsuga canadensis* (L.) Carriere và Blackgum - *Nyssa sylvatica* Marshall ở miền Đông Hoa Kỳ. Barbosa *et al.* (2018) [87] đã thiết lập tương quan giữa tăng trưởng đường kính hàng năm với tuổi cho từng loài cây thông qua các phương trình/hàm phân bố bậc 2, Chapman-Richards, Gompertz, Logistic, Michealis-Menten và Schumacher – Hall.

Sinh trưởng, tăng trưởng của bề rộng vòng năm chịu ảnh hưởng bởi nhiều nhân tố, trong đó có nhân tố tuổi. Vì vậy để loại trừ ảnh hưởng của nhân tố tuổi khi nghiên cứu ảnh hưởng của các nhân tố môi trường đến bề rộng vòng năm, sử dụng chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa (Zt) (Cook, 1985 [99]).

1.1.4.2. Mô hình hóa quá trình sinh trưởng, tăng trưởng rừng

Mô hình hóa sinh trưởng cây rừng, lâm phần là một chuyên ngành khoa học sinh trắc học (Biometric), trong đó nghiên cứu chuyên sâu về sử dụng mô hình toán để mô phỏng các quá trình sinh trưởng của cây và lâm phần; mục đích là phát hiện được quy luật sinh trưởng, tăng trưởng cây và lâm phần làm cơ sở cho áp dụng giải pháp lâm sinh thúc đẩy tăng trưởng, dự đoán sản lượng rừng. Gần đây nhiều phương pháp hiện đại đã được phát triển, áp dụng cho mô hình hóa quá trình sinh trưởng rừng có độ tin cậy cao hơn như phương pháp phi tuyến Maximum Likelihood có trọng số (Weight), mô hình có xét ảnh hưởng của các nhân tố sinh thái (Random effect) để

thay đổi các tham số theo các nhân tố ảnh hưởng và phương pháp thẩm định chéo (Cross validation) để chỉ ra sai số khách quan của mô hình (Swanson *et al.*, 2011 [149], Pinheiro *et al.*, 2014 [139]; Archontoulis và Miguez, 2015 [82], Huy *et al.*, 2016a, b,c, 2019 [113, 114, 115, 117]).

1.1.5. Ứng dụng GIS để nghiên cứu, lập dữ liệu phân bố, sinh thái loài

Hệ thống thông tin địa lý (Geographic Information System – GIS) được hình thành từ những năm 60 của thế kỷ 20 và được phát triển rất mạnh mẽ trong những năm gần đây. GIS dựa trên hệ thống máy tính để lưu trữ và phân tích các nguồn dữ liệu thông tin địa lý (Aronoff, 1989 [83]). Cùng với ảnh viễn thám, GIS đã là một công cụ hỗ trợ mạnh trong chức năng quản lý tài nguyên thiên nhiên, tài nguyên rừng. Trong lâm nghiệp. GIS được sử dụng đầu tiên là để thiết lập bản đồ số, đến nay thì GIS đã có vai trò quan trọng hơn nhiều trong quản lý tài nguyên thiên nhiên để hỗ trợ cho ra quyết định và thực thi quản lý tài nguyên bền vững (Franklin, 2001 [106]).

Trong lĩnh vực lâm nghiệp nó có thể giúp cho việc quản lý cơ sở dữ liệu theo thời gian, phân tích mối quan hệ giữa trữ lượng, sinh khối, carbon rừng với các yếu tố ảnh hưởng, dự báo tăng trưởng và phát thải CO₂,... (Campbell *et al.*, 2008 [97]). Theo Franklin (2001) [106], tiềm năng GIS đóng góp trong việc quản lý rừng bền vững là rất lớn, là công cụ lý tưởng để giải quyết các vấn đề như: tập hợp cơ sở dữ liệu không gian tham chiếu trên tất cả qui mô có liên quan; cung cấp cho người sử dụng với nhiều công cụ phân tích trong tay để tích lũy thông tin và từ đó có thể thực hiện các phân tích không gian để cung cấp thông tin cần thiết và ra quyết định.

1.1.6. Nghiên cứu về Thông 5 lá

Trên thế giới, có 25 loài Thông 5 lá thuộc phân chi *Strobus* với 3 Section; Thông 5 lá (*Pinus dalatensis* Ferré) thuộc Subsection *Strobi* (Richard *et al.*, 2004 [142]) và có phân bố tự nhiên tại Phou Ak tỉnh Khammoune, Lào (Thomas *et al.*, 2007 [150]). Bởi vì có phân bố hẹp, hầu hết các nghiên cứu liên quan đến Thông 5 lá chủ yếu tập trung vào mô tả hình thái, ghi nhận vùng phân bố mới. Stefanie và Bond (2000) [147] đã sử dụng mẫu vật của Thông 5 lá từ phòng mẫu vật (herbarium) để mô tả hình thái lá, giải phẫu học và về phân loại loài này. Năm 2006, một nhóm các

nhà thực vật học đến từ Vương quốc Anh và quốc gia Lào đã phát hiện và ghi nhận vùng phân bố mới của loài Thông 5 lá (*Pinus dalatensis* Ferré) tại Phou Ak thuộc huyện Boualapha, tỉnh Khammoune, Lào; trước đó loài này cũng đã được phát hiện có phân bố tại Khu bảo tồn Xe Sap tỉnh Xe Kong, Lào (theo Rundel, 1999), tuy nhiên phát hiện này chưa được thẩm định (Thomas *et al.*, 2007 [150]).

Businsky (2010) [96], đã phân tích các dữ liệu về phân bố địa lý của loài Thông 5 lá được phát hiện tại Phou Ak (Lào), và nhận thấy rằng vùng phân bố địa lý của loài này nằm giữa hai loài *Pinus dalatensis* Ferré và *Pinus eremitana* và đã đặt tên là *Pinus anemophyla*. Năm 2014, Avaryanov *et al.* (2014) [84], đã định danh lại loài *Pinus anemophyla* thành *Pinus dalatensis* Ferré var. *anemophyla* (Businsky) Aver. Com.et stat. nop. và đánh giá tình trạng bảo tồn loài này là nguy cấp (NT) (Thomas and Phan, 2013 [150]).

Tổng quan các nghiên cứu trên thế giới liên quan đến Thông 5 lá cho thấy chưa có một nghiên cứu nào liên quan đến các đặc điểm lâm học, sinh thái loài này được thực hiện.

1.2. TRONG NƯỚC

1.2.1. Cấu trúc quần thể thực vật rừng

Trần Ngũ Phương (1970) và Thái Văn Trùng (1978) là những nhà khoa học lâm nghiệp Việt Nam đầu tiên đã đặt nền móng cho nghiên cứu cấu trúc sinh thái rừng, hai tác giả này đã khởi động nghiên cứu cấu trúc sinh thái để làm cơ sở phân loại thảm thực vật rừng Việt Nam (Trần Văn Con, 1991, 2001 [7, 8]). Cấu trúc rừng đầu tiên ở Việt Nam được Thái Văn Trùng (1978, 1999 [71, 72]) mô tả theo cấu trúc tầng rừng, đã phân chia thực vật rừng nhiệt đới thành 5 tầng. Sau đó khoa học nghiên cứu cấu trúc dần được lượng hóa và mô phỏng theo các hàm, phân bố xác suất có độ tin cậy cao và có tính khái quát (Nguyễn Văn Trương, 1973, 1983 [73, 74]; Đồng Sĩ Hiền, 1974 [18]).

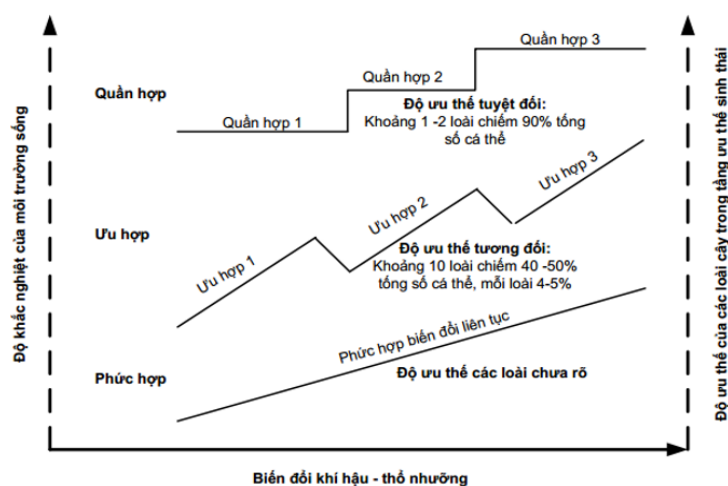
Đặc điểm cấu trúc quần thể thực vật rừng nhiệt đới bao gồm cấu trúc không gian 3 chiều và động thái của nó còn gọi là cấu trúc theo thời gian (Nguyễn Văn Trương, 1973, 1983 [73, 74]; Đồng Sĩ Hiền, 1974 [18]; Thái Văn Trùng, 1978 [71];

Phùng Ngọc Lan, 1986 [43]; Bảo Huy, 2017a [31]). Đặc điểm cấu trúc nói chung được mô tả, minh họa thông qua các trắc diện đồ (Thái Văn Trùng, 1978 [71]; Phùng Ngọc Lan, 1986 [43]) và cho đến những năm 1980 -1990 thì mô phỏng toán các mặt quy luật cấu trúc được quan tâm đầy mạnh (Nguyễn Văn Trương, 1983 [74]; Trần Văn Con, 1991, 2011 [7, 10]; Bảo Huy và cs, 1997 [36]; Nguyễn Hải Tuất và cs, 2006 [76]).

Phát hiện các quy luật cấu trúc thực vật rừng là nội dung khoa học lâm học cơ bản, làm cơ sở quan trọng để xây dựng giải pháp lâm sinh cho kinh doanh và bảo tồn rừng bền vững.

1.2.1.1. Cấu trúc thành phần loài thực vật rừng (cấu trúc tổ thành loài)

Rừng tự nhiên nhiệt đới rất đa dạng và phong phú về thành phần loài cây, có cấu trúc tổ thành loài cây gỗ rất phức tạp (Trần Văn Con, 2001 [8]). Thái Văn Trùng, 1978, 1999 [71, 72] đã bổ sung các luận điểm về mặt lý luận các hệ sinh thái thảm thực vật rừng trên quan điểm sinh thái học, ông đã xác định cấu trúc tổ thành loài và phân chia thành các quần hợp, ưu hợp và phức hợp trên cơ sở xác định tỉ lệ những cá thể chiếm ưu thế trong tổ thành loài cây (Hình 1.1). Việc thay đổi mức độ ưu thế của các loài là do biến đổi khí hậu, thổ nhưỡng và mức độ khắc nghiệt của môi trường (Bảo Huy, 2017c [33]).



Phân chia Xã hợp thực vật theo H. Walter, 1962 (Dẫn theo Thái Văn Trùng, 1978)

Hình 1.1. Khung khái niệm phân chia xã hợp thực vật thành các phức hợp, ưu hợp và quần hợp thực vật (Nguồn Bảo Huy, 2017c [33]).

Nghiên cứu cấu trúc tổ thành loài với mục đích đề xuất các biện pháp kỹ thuật lâm sinh thích hợp tác động vào rừng nhằm tối ưu tổ thành loài để không ngừng nâng cao chất lượng và sản lượng của rừng, cũng như các hoạt động cải tạo, tái tạo và phục hồi rừng. Trên quan điểm kinh doanh rừng gỗ thì Nguyễn Ngọc Lung (1985) sau đó là Lê Minh Trung (1991), Lê sáu (1996), đã phân chia quần thụ của rừng thành 3 nhóm loài (i) Nhóm “*loài mục đích*”; (ii) Nhóm “*loài hỗ trợ*” và (iii) Nhóm “*loài không có ích*” (dẫn theo Trần Văn Con, 2001 [8]). Tuy nhiên, trên quan điểm bảo tồn đa dạng sinh học thì rõ ràng không có loài không có ích; vì các loài có mối quan hệ chặt chẽ và hình thành nên những quần thể ổn định, bền vững với môi trường sinh thái (Bảo Huy, 2017c [33]).

Các ưu hợp, quần hợp và loài ưu thế được xác định thông qua chỉ số IV% của Curtis và McIntosh (1954) [101] hoặc của Marmillod (1982) (Bảo Huy, 1997, 2017a [36, 31]; Cao Thị Lý, 2007 [49]; Nguyễn Toàn Thắng và cs, 2012 [65]; Lê Cảnh Nam và Nguyễn Thành Mến, 2012 [51]; Nguyễn Văn Hoàn và cs, 2013 [24]; Võ Đại Hải, 2010, 2014 [14, 15]; Nguyễn Thị Thu Hiền và Trần Thị Thu Hà, 2014 [19]; Ngô Văn Nhung, 2014 [56]; Đỗ Văn Ngọc, 2014a [58]; Lê Cảnh Nam và cs, 2016 [52]; Nguyễn Thị Bích Ngọc, 2017 [60]; Vũ Đức Bình và cs, 2017 [3]).

1.2.1.2. Cấu trúc 3 chiều quần thể thực vật rừng (N/D, N/H và cấu trúc mặt bằng)

i. Cấu trúc N/D

Phân bố số cây theo cấp kính (N/D) là một nội dung lâm học quan trọng, là cơ sở chính để áp dụng trong kỹ thuật chăm sóc, nuôi dưỡng rừng bền vững ở Việt Nam. Các nghiên cứu cấu trúc N/D cho kiểu rừng tự nhiên ở Tây Nguyên của nhiều tác giả cho thấy có 3 kiểu: i) Giảm đều; ii) Đường cong giảm có một đỉnh lệch trái; và iii) đường cong giảm có 2 đỉnh (Trần Văn Con, 2001 [8]; Bảo Huy, 2017a [31]). Định lượng chính xác phân bố N/D cho phép nghiên cứu sự tương tác giữa những quá trình sinh học với động thái của quần thể rừng (Nguyễn Văn Thêm, 2017 [66]).

Ngày nay, nghiên cứu phân bố N/D hầu hết được mô phỏng toán, Nguyễn Văn Trương (1983) [74], khi nghiên cứu quy luật cấu trúc rừng hỗn loài Việt Nam đã sử dụng các hàm toán học như hàm mũ, hàm logarit, hàm phân bố Poisson, Pearson để

biểu thị quy luật cấu trúc N/D và cho thấy hàm Pearson là không phù hợp. Tùy thuộc vào các giai đoạn sinh trưởng, kiểu rừng, mức độ tác động mà có sự phù hợp với các dạng hàm phân bố khác nhau. Gần đây, một số tác giả như Nguyễn Thành Mến (2004) [50], Lê Cảnh Nam và Nguyễn Thành Mến (2012) [51], Nguyễn Toàn Thắng và cs (2012) [65], Nguyễn Văn Hoàn và cs (2013) [24], Nguyễn Trọng Bình (2014) [2] và Lê Cảnh Nam và cs (2016) [52] cho rằng các hàm phân bố khoảng cách và Weibull mô phỏng tốt cho phân bố N/D của các trạng thái rừng thuộc các kiểu rừng khác nhau như kiểu rừng lá rộng thường xanh sau khai thác trạng thái IIIB, IV ở Phú Yên; kiểu rừng hỗn giao cây lá rộng cây lá kim ở VQG Bidoup - Núi Bà hay các lâm phần có phân bố loài Dẻ yên thế hoặc các lâm phần thuộc trạng thái IIA, IIIA2 tại Sơn Động, Bắc Giang. Đỗ Thị Hà và Bùi Thị Hằng (2010) [13], xác định hàm phân bố Mayer là phù hợp nhất cho phân bố N/D khi nghiên cứu cấu trúc rừng thường xanh trạng thái IIIA₂ tại Kon Rẫy – Kon Tum. Võ Đại Hải (2014) [15], nhận thấy rằng các hàm phân bố Weibull, Mayer, Khoảng cách và hàm phân bố giảm đều thích hợp để mô phỏng phân bố N/D khi nghiên cứu cấu trúc N/D của các trạng thái rừng IIA tại Yên Lập, Hoà Bình. Hoặc Nguyễn Thị Thu Hiền, Trần Thị Thu Hà (2014) [19], cho rằng hàm phân bố Khoảng cách mô phỏng tốt có phân bố N/D của kiểu rừng lá rộng thường xanh tại VQG Vũ Quang, tỉnh Hà Tĩnh; Phùng Đình Trung và cs (2016) [70], đã xác định các hàm phân bố Mayer và Khoảng cách phù hợp cho mô phỏng phân bố N/D của rừng phục hồi sau khai thác tại Khu bảo tồn thiên nhiên văn hoá Đồng Nai; Bùi Mạnh Hưng và Lê Xuân Trường (2017) [38] xác định hàm phân bố chuẩn Lognormal là mô phỏng tốt nhất cho phân bố N/D của rừng tự nhiên tại VQG Kon Ka Kinh.

Việc mô phỏng toán cấu trúc N/D mang lại hai lợi ích chính: i) Ứng dụng trong điều tra rừng bằng cách giảm nhẹ khối lượng đo đếm, chỉ cần xác định mật độ, thì với xác suất phân bố sẽ dễ dàng suy ra tần số cây theo cấp kính; ii) Điều chỉnh rừng về dạng ổn định hơn thông qua tỉa thưa, khai thác chọn hợp lý; một khu rừng hỗn loài bền vững khi có cấu trúc N/D dạng giảm với tốc độ giảm phù hợp theo kiểu rừng, vùng sinh thái; dựa vào mô hình có cấu trúc N/D tốt làm mẫu thì có thể dẫn dắt các

khu rừng bị xáo trộn dần về trạng thái ổn định qua điều chỉnh phân bố N/D (Nguyễn Văn Trương, 1983 [74]; Bảo Huy, 2017a [31]).

ii. Cấu trúc tầng rừng và mô phỏng phân bố N/H

Sự phân tầng rừng thể hiện sự cạnh tranh ánh sáng và nhu cầu ánh sáng của các loài khác nhau trong hệ sinh thái rừng hỗn loài khác tuổi nhiệt đới. Những tác giả đầu tiên khi nghiên cứu về cấu trúc tầng tán đã sử dụng phương pháp mô tả số tầng, thành phần loài từng tầng và sử dụng phẫu diện đồ mặt cắt đứng rừng để minh họa hình ảnh phân tầng của rừng và mức độ cạnh tranh, tập trung của các loài trong quá trình vươn lên giành ánh sáng (Thái Văn Trùng, 1978, 1999 [71, 72]).

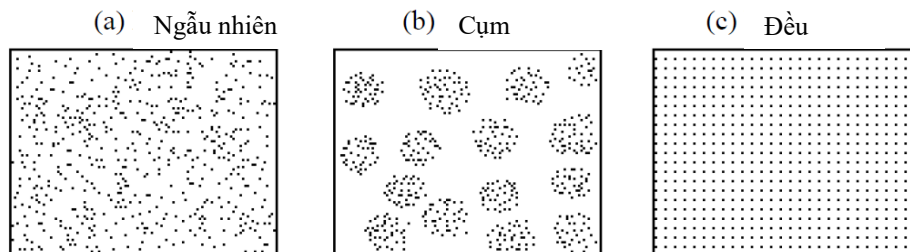
Đặc điểm chung của cấu trúc phân tầng rừng nhiệt đới là có 3 tầng cây gỗ chính là tầng vượt tán, với các loài ưu thế tuyệt đối có khả năng sinh học hình thành chiều cao trội, tầng này thường không liên tục; tầng ưu thế sinh thái, đây là tầng tập trung loài và số cá thể, tán lá liên tục và quyết định đến hoàn cảnh sinh thái rừng bên dưới nó; tầng dưới tán là số cây nằm dưới tầng ưu thế sinh thái bao gồm các loài cây con của tầng trên và các loài có khả năng chịu bóng và có đặc điểm sinh học với chiều cao thấp (Thái Văn Trùng, 1978 [71], Bảo Huy và cs, 1997 [36], Bảo Huy, 2014, 2017a, c [25, 28, 31]).

Bên cạnh việc mô tả sự phân tầng, thành phần loài cây chiếm đóng trong từng tầng thì việc mô phỏng toán phân bố N/H cũng được đặt ra nhằm lượng hóa số cá thể theo tầng hoặc cấp chiều cao phục vụ cho điều tra rừng, đo tính thể tích cây đứng của lâm phần và áp dụng biện pháp lâm sinh. Vì vậy phân bố N/H cũng được nhiều tác giả quan tâm nghiên cứu mô phỏng theo các dạng hàm, phân bố khác nhau. Kiểu phân bố thực tế của N/H rừng hỗn loài khác tuổi có dạng một đỉnh từ trái sang phải và nhiều đỉnh khi bị xáo trộn; do đó một số hàm phân bố thường được áp dụng để mô tả cho phân bố N/H là Weibull, Khoảng cách, Poisson (Nguyễn Văn Trương, 1973, 1983 [73, 74]; Đồng Sĩ Hiền, 1974 [18]; Bảo Huy, 2017a [31]; Nguyễn Thành Mến, 2004 [50]; Lê Cảnh Nam và Nguyễn Thành Mến, 2012 [51]; Nguyễn Toàn Thắng và cs, 2012 [65]; Võ Đại Hải, 2014 [15]; Lê Cảnh Nam và cs, 2016 [52]). Tóm lại, với đặc điểm phân bố thực tế là có đỉnh ở các vị trí khác nhau, do đó phân bố Weibull tỏ

ra thích hợp nhất trong nhiều trường hợp cho các kiểu phân bố này do có thể thay đổi từ dạng giảm sang có đỉnh từ trái đến chuẩn và lệch phải; và vì vậy nó được sử dụng phổ biến cho mô phỏng phân bố N/H cho hầu hết các kiểu rừng, trạng thái rừng tại Việt Nam.

iii. *Cấu trúc mặt bằng (mạng hình phân bố mật độ cây trên mặt phẳng nằm ngang của đất rừng)*

Cấu trúc mặt bằng hoặc mạng hình phân bố mật độ cây trên mặt đất rừng thể hiện khả năng sử dụng không gian dinh dưỡng trên mặt cắt ngang của rừng. Có ba kiểu dạng phân bố: ngẫu nhiên, cụm hoặc đều (Jayaraman, 1999 [120]) (Hình 1.2). Trong đó kiểu phân bố cụm thể hiện rừng chưa lợi dụng tốt không gian trên mặt đất.



Hình 1.2. Ba kiểu phân bố cây trên mặt đất (Nguồn Jayaraman, 1999).

Phương pháp toán thống kê để xác định kiểu phân bố cây rừng trên mặt đất rừng thường được áp dụng là kiểm tra phân bố khoảng cách từ một cây chọn ngẫu nhiên đến cây gần nhất, với dung lượng mẫu $n > 30$ (số khoảng cách đo) theo tiêu chuẩn U của Clark và Evans (Nguyễn Hải Tuất, 1990 [75]; Bảo Huy, 1997, 2917a [25, 31]). Ứng dụng phương pháp này nhiều số tác giả đã đánh giá và đề xuất biện pháp kỹ thuật điều tiết cấu trúc mặt bằng cho nhiều đối tượng rừng nghiên cứu khác nhau (Nguyễn Thành Mến, 2004 [50]; Bùi Chính Nghĩa, 2012 [54]; Nguyễn Văn Hoàn và cs, 2013 [24]).

1.2.2. *Tái sinh rừng*

Tái sinh rừng là quá trình phục hồi lại thành phần cơ bản của rừng, chủ yếu là tầng cây gỗ; Đôi khi tái sinh rừng còn được hiểu là sự tái sinh của một hệ sinh thái rừng (Phùng Ngọc Lan, 1986 [43]).

Rừng nhiệt đới Việt Nam có những đặc điểm tái sinh chung của rừng nhiệt đới đó là kiểu tái sinh phân tán liên tục. Đặc điểm tái sinh vệt cũng diễn ra ở rừng nguyên sinh ở nước ta khi có cây bị ngã đổ (Phùng Ngọc Lan, 1986 [43]). Thái Văn Trưng, (1978) [71] khi nghiên cứu về thảm thực vật rừng Việt Nam, đã nhấn mạnh tới ý nghĩa của điều kiện ngoại cảnh ảnh hưởng đến các giai đoạn phát triển của cây tái sinh. Tác giả nhận định ánh sáng là nhân tố sinh thái đã khống chế và điều khiển quá trình tái sinh tự nhiên trong thảm thực vật rừng.

Những hiểu biết về mối quan hệ giữa loài cây tái sinh với hoàn cảnh sinh thái, tiểu hoàn cảnh rừng có ý nghĩa rất quan trọng trong việc nghiên cứu qui luật tái sinh cho từng loại rừng. Rừng tự nhiên sản xuất ở Việt Nam sau nhiều năm khai thác không bền vững đã trở nên nghèo kiệt về thành phần loài cây gỗ và trữ lượng của nó, vì vậy nghiên cứu phục hồi rừng thông qua xúc tiến tái sinh tự nhiên, nhân tạo đã được tiến hành rộng rãi (Phạm Ngọc Thường, 2003 [68]; Trần Văn Con, 2006 [9]; Võ Đại Hải, 2010 [14]; Ngô Văn Cẩm và cs, 2010 [6]; Bùi Chính Nghĩa, 2012 [54]; Bảo Huy, 2014, 2015a, b [28, 29, 30]; Nguyễn Thị Bích Ngọc, 2017 [60]; Huy *et al.*, 2018 [116]).

Tuy nhiên từ tổng quan cũng cho thấy các nghiên cứu chủ yếu là đánh giá khả năng tái sinh tự nhiên; các nghiên cứu thực nghiệm và áp dụng biện pháp tái sinh nhân tạo như trồng, làm giàu rừng mới chỉ được triển khai trên quy mô hạn chế; trong khi đó diện tích rừng tự nhiên suy thoái chiếm quy mô lớn cần được phục hồi.

1.2.3. Sinh thái rừng và mô hình hóa các mối quan hệ sinh thái rừng

Nhân tố sinh thái có vai trò quan trọng và ảnh hưởng quyết định đến phân bố, sinh trưởng, phát triển, cấu trúc và tính ổn định của cá thể cũng như quần thể thực vật rừng. Mỗi vùng sinh thái khác nhau có một tổ hợp các nhân tố sinh thái khác nhau và hình thành một số kiểu rừng đặc trưng và tạo nên một cảnh quan địa lý riêng biệt. Các nhân tố sinh thái ảnh hưởng đến thực vật rừng luôn có tổng hợp, đồng thời các nhân tố sinh thái đều có mối quan hệ qua lại chặt chẽ và hình thành nên các tổ hợp sinh thái, khi một nhân tố sinh thái thay đổi sẽ dẫn đến sự thay đổi các nhân tố của các nhân tố sinh thái khác và làm thay đổi bản chất của tổ hợp và ảnh hưởng đến thực

vật rừng. Xác định nhân tố sinh thái chủ đạo có ý nghĩa quan trọng trong quản lý bảo tồn loài, quần thể, phục hồi rừng phù hợp với các tổ hợp sinh thái (Phùng Ngọc Lan, 1986 [43]; Bảo Huy, 2015a, 2017a [29, 31]; Huy *et al.*, 2018 [116]).

Ngày nay, với sự phát triển khoa học tin học các mối quan hệ giữa các nhân tố sinh thái được phát hiện thuận lợi và chỉ ra tác động tổng hợp cũng như mức độ ảnh hưởng của chúng đến thực vật như mật độ, sinh trưởng, vùng phân bố thông qua các mô hình toán đa biến, tổ hợp biến sinh thái; từ đây chỉ ra nhân tố hoặc tổ hợp nhân tố sinh thái chủ đạo ảnh hưởng đến thực vật rừng (Bảo Huy, 2015a, 2017a [29, 31]).

1.2.3.1. Nghiên cứu mối quan hệ sinh thái giữa các loài

Rừng hỗn loài nhiệt đới rất phong phú và đa dạng về thành phần loài và có cấu trúc tổ thành loài rất phức tạp (Trần Văn Con, 2001 [8]). Nghiên cứu về quan hệ sinh thái giữa các loài nhằm mục đích định hướng trong việc lựa chọn thành phần loài cây hỗn giao trong phục hồi các hệ sinh thái rừng, trồng rừng hỗn giao, làm giàu rừng (Bảo Huy, 2015a, 2017a [25, 31]). Để xác định mối quan hệ giữa các loài như nói trên, cho đến nay hầu hết sử dụng phương pháp thực nghiệm sinh thái học của Stephen and Garray (1986) và Nguyễn Hải Tuất (1990) (Bảo Huy, 2017a [31]).

Đã có nhiều tác giả đã áp dụng phương pháp này để nghiên cứu quan hệ sinh thái loài làm cơ sở làm giàu rừng, trồng rừng hỗn giao, phục hồi cảnh quan rừng hoặc bảo tồn (Nguyễn Thành Mến, 2004 [50]; Cao Thị Lý, 2007 [49]; Lê Cảnh Nam và Nguyễn Thành Mến, 2012 [51]; Đỗ Văn Ngọc, 2014b [59]; Lê Cảnh Nam và cs, 2016 [52]; Lại Thanh Hải, Phan Thị Luyến, 2016 [17]; Vũ Đức Bình và cs, 2017 [3]). Ngoài ra Bùi Đoàn (2001) [12] đã đề nghị khái niệm “Nhóm sinh thái” để mô tả từng nhóm loài trong cùng một biên độ sinh thái nào đó.

1.2.3.2. Mô hình hóa các mối quan hệ giữa các nhân tố sinh thái đến rừng

Với sự tiến bộ của thống kê tin học thì mối quan hệ, tác động đến rừng của các nhân tố sinh thái được lượng hóa thành các mô hình toán gọi là mô hình hóa. Mô hình hóa được hiểu là biểu diễn bằng mô hình toán học các mối quan hệ. Mô hình hóa rất được phát triển trong nghiên cứu sinh thái học, nó giúp cho việc phát hiện các mối quan hệ qua lại giữa phân bố, sinh trưởng, tăng trưởng và phát triển cá thể hoặc quần

thể với các nhân tố môi trường xung quanh; tìm ra nhân tố chủ đạo ảnh hưởng và lượng hóa bằng mô hình toán giúp cho việc dự báo sinh trưởng, năng suất sinh vật theo các biến đổi sinh thái, hoặc chọn lựa các điều kiện sinh thái thích hợp cho sinh vật.

Mô hình quan hệ sinh thái dạng tổng quát:

$$y_i = f(x_j) + \varepsilon \quad (1.1)$$

Trong đó y_i là biến số phụ thuộc như là mật độ phân bố, sinh trưởng, tăng trưởng, kiểu phân bố của loài, quần thể; x_j là các nhân tố sinh thái ảnh hưởng, bao gồm các nhân tố khí hậu, địa hình, đất đai, lý hóa tính đất, ... f là mô hình mô phỏng mối quan hệ giữa y_i và x_j .

Mối quan hệ này có thể ở dạng hàm đơn giản như tuyến tính, tuy nhiên đa số là phức tạp vì sự thay đổi của x_j làm cho y_i thay đổi không theo dạng tuyến tính mà biến động, tăng giảm, có cực trị, ... Do đó việc phát hiện dạng mô hình toán biểu diễn mối quan hệ sinh thái phức tạp là một vấn đề cần được tiến hành một cách khoa học và cẩn thận. Trong khi đó đôi khi mô hình này bị đơn giản hóa thành các mô hình tuyến tính, điều này đã bóp méo mối quan hệ sinh thái hoặc phản ánh sai hoàn toàn mối quan hệ sinh thái phức tạp này. Ngoài ra để mô hình hóa thì các biến số sinh thái định tính x_j cần phải “mã hóa”, việc mã hóa có thể hệ thống 1, 2, 3 nếu biến số x_j có quan hệ thuận hoặc nghịch với y_i ; trường hợp mối quan hệ phức tạp không theo một chiều tăng hay giảm nhất định và biến thiên có cực trị thì việc mã hóa hệ thống nói trên sẽ đòi hỏi tìm ra mô hình toán rất phức tạp; một giải pháp khác là mã hóa x_j theo gradient của y_i để đưa mô hình toán về dạng đơn giản hơn (Bảo Huy, 2015a, b, 2017a; [29, 30, 31]; Huy *et al.*, 2018 [116]).

Mô hình hóa sinh thái có thể kết hợp với công nghệ GIS để chồng xếp các lớp bản đồ của các nhân tố sinh thái chủ đạo ảnh hưởng đến phân bố, sinh trưởng, tái sinh của loài, quần thể để xác định được các vùng phân bố lõi, các vùng, tiểu vùng sinh thái cho bảo tồn, gây trồng, phục hồi và phát triển loài hoặc quần thể đó (Bảo Huy, 2009, 2014a, 2015a [26, 28, 29]).

1.2.4. Vòng năm và mô hình hóa quá trình sinh trưởng cây rừng

Nghiên cứu tăng trưởng vòng năm cây rừng không chỉ để xác định sản lượng, tăng trưởng của rừng mà còn được ứng dụng nghiên cứu trong một số lĩnh vực khác như biến đổi khí hậu, ... Gần đây một số nghiên cứu dựa vào biến động bề rộng vòng năm cây rừng bằng khoan tăng trưởng đã được tiến hành tại Việt Nam.

Sano *et al.* (2009) [144], Buckley *et al.* (2010, 2017) [91, 92] đã tái lập lại cổ khí hậu Việt Nam trên cơ sở chuỗi niên đại dựa vào vòng năm loài cây Pomu thu thập tại Mù Cang Chải tỉnh Yên Bái, Tây Giang tỉnh Quảng Nam và Bidoup - Núi Bà tỉnh Lâm Đồng. Ngoài ra, Buckley *et al.* (2010) [91] thông qua chuỗi niên đại cũng đã xác định được có hai đợt hạn hán kéo dài liên tiếp đã xảy ra vào những thập niên cuối thế kỷ 14 và đầu thế kỷ 15, đây là một phát hiện quan trọng trong lịch sử gió mùa và hiện tượng El Nino ở Đông Nam Á. Hansen *et al.* (2017) [109] đã sử dụng chuỗi niên đại 350 năm (1666 – 2016) từ loài Thiết sam giả lá ngắn (*Pseudotsuga sinensis* var. *brevifolia* (W.C.Cheng & L.K.Fu) Farjon & Silba) được thu thập tại Khu bảo tồn Thiên nhiên Kim Hỷ, Bắc Kạn, qua dữ liệu này nhóm tác giả đã tái lập được chế độ khí hậu thủy văn riêng rẽ cho từng vùng ở miền Bắc Việt Nam.

Một số nghiên cứu khác liên quan đến ảnh hưởng của các nhân tố khí hậu đến sinh trưởng vòng năm cây rừng như: Phạm Trọng Nhân và cs (2011) [53] đã xác định các nhân tố khí hậu đã ảnh hưởng đến sinh trưởng vòng năm của loài Thông 3 lá (*Pinus kesiya* Royle ex Gordon) tại Lâm Đồng. Nguyễn Thị Oanh và cs (2015) [61] đã xác định mối liên hệ giữa bề rộng vòng năm loài Pomu (*Fokienia hodginsii* (Dunn) A. Henry & H.H. Thomas) tại Măng Bút, Kon Plong với khí hậu và lý giải sự ảnh hưởng của khí hậu đến nhịp điệu sinh trưởng vòng năm, đồng thời đã tái lập được đặc điểm cổ khí hậu tại khu vực Kon Tum; Nguyễn Văn Thiết (2016) [67] dựa vào chuỗi niên đại vòng năm loài Du sam (*Keteleeria evelyniana* Mast) để xác định mối liên hệ giữa sinh trưởng với các hiện tượng ENSO trong giai đoạn 1950 – 2010.

Mô hình hóa sinh trưởng cây rừng là một chuyên ngành khoa học chuyên sâu về sử dụng mô hình toán để mô phỏng các quá trình sinh trưởng của cây và lâm phần đã được phát triển lâu đời (Đồng Sĩ Hiền, 1974 [18]; Vũ Tiến Hình, 2003, 2012 [21,

22]). Nhiều mô hình toán được thử nghiệm cho các loài cây, kiểu rừng khác nhau với mục đích là phát hiện được quy luật sinh trưởng, tăng trưởng cây và lâm phần làm cơ sở cho áp dụng giải pháp lâm sinh, dự đoán sản lượng rừng (Nguyễn Văn Trương, 1973 [73]; Đồng Sĩ Hiền, 1974 [18]; Trần Văn Con, 1991 [7]; Bảo Huy và cs, 1997, 2017a, 2017b [25, 31, 32]; Nguyễn Ngọc Lung và Đào Công Khanh, 1999 [47]; Vũ Tiến Hình, 2003, 2012 [21, 22]; Nguyễn Hải Tuất và cs, 2006 [76]; Bảo Huy và Đào Công Khanh, 2008 [35]; Phạm Quang Tuyền và cs, 2016 [77]; Trần Đức Trọng và cs, 2019 [69]).

Gần đây nhiều phương pháp hiện đại đã được phát triển, áp dụng cho mô hình hóa quá trình sinh trưởng rừng có độ tin cậy cao hơn như phương pháp phi tuyến Maximum Likelihood có trọng số (Weight), mô hình có xét ảnh hưởng của các nhân tố sinh thái (Random effect) để thay đổi các tham số theo các nhân tố ảnh hưởng và phương pháp thẩm định chéo (Cross validation) để chỉ ra sai số khách quan của mô hình (Huy *et al.*, 2016a, b, c, 2019 [113, 114, 115, 117]).

1.2.5. Sử dụng GIS để nghiên cứu, lập dữ liệu phân bố, sinh thái loài

Trong ngành lâm nghiệp, trong những năm gần đây, công nghệ viễn thám và GIS đã được áp dụng rộng rãi trong nghiên cứu thay đổi sử dụng đất rừng, giám sát biến động tài nguyên rừng, quy hoạch sử dụng đất rừng, phân cấp thích nghi cho loài cây trồng phục vụ quy hoạch cơ cấu cây trồng rừng, phục hồi sinh thái, cảnh quan rừng (Bảo Huy, 2009, 2013 [26, 27]; Đặng Ngọc Quốc Hưng và Hồ Đắc Thái Hoàng, 2009 [39]; Phùng Văn Khen và Phạm Trịnh Hùng, 2017, [42]; Nguyễn Hải Hòa và Phạm Việt Bắc, 2017 [23]; Trịnh Thị Ngoan và cs, 2018 [57]).

Bảo Huy (2009, 2015b) [26, 30] đã phát triển phương pháp lồng ghép mô hình hồi quy đa biến trong GIS để phân cấp lưu vực, phân vùng thích nghi cây trồng, ... Trong đó, từ mô hình hồi quy đa biến đã chỉ ra được nhân tố chủ đạo ảnh hưởng đến thực vật, cây trồng, làm cơ sở chèn ghép các lớp dữ liệu theo biến số của mô hình trong GIS và các tham số của từng biến số sinh thái trong mô hình hồi quy được đưa vào GIS để xác định cấp thích nghi cây trồng, thay vì cho điểm theo trọng số từng nhân tố sinh thái dựa vào kinh nghiệm của chuyên gia như truyền thống, do đó mang

lại kết quả khách quan và nâng cao độ tin cậy, tính thực tiễn của áp dụng GIS (Bảo Huy, 2013, 2015, b, 2017a) [27, 29, 30, 31]).

Ứng dụng GIS trong công tác bảo tồn như quản lý dữ liệu sinh thái ảnh hưởng đến phân bố, tái sinh loài, xây dựng bản đồ dự báo mật độ loài, ... còn hạn chế, đặc biệt là ở Tây Nguyên. Một nghiên cứu gần đây, Bảo Huy và cs (2014) [34] đã tiến hành lập bản đồ và cơ sở dữ liệu GIS về mật độ một số loài thực vật thân gỗ quý hiếm ở Đắk Lắk.

1.2.6. Nghiên cứu về Thông 5 lá

Thông 5 lá (*Pinus dalatensis* Ferré) chỉ có phân bố ở Cao nguyên nam Việt Nam (Zonneveld *et al.*, 2009 [160]) và một vài khu vực biên giới ở tỉnh Quảng Bình và khu vực núi Mang huyện Phú Lộc, tỉnh Thừa Thiên - Huế (Phan Kế Lộc và cs, 2011 [45]). Thông 5 lá tập trung nhiều ở các Cao nguyên: Lâm Viên tỉnh Lâm Đồng, Pleiku tỉnh Gia Lai, Ngọc Linh tỉnh Kon Tum và ở Thừa Lưu – Huế (Nguyễn Đức Tố Lưu và Thomas, 2004 [48]). Trong khi đó Farjon (2002) [104] cho rằng Thông 5 lá là loài có tính đặc hữu hẹp tại một số vùng thuộc lâm phần quản lý của VQG Bidoup - Núi Bà tỉnh Lâm Đồng và một vài vùng khác tại tỉnh Đắk Lắk, Khánh Hoà. Tuy nhiên, Phan Kế Lộc và cs (2011) [45] cho rằng Thông 5 lá được xác định lại chỉ là loài đặc hữu theo nghĩa rộng ở dãy Trường Sơn, bởi vì Thông 5 lá còn có phân bố cả ở sườn tây của dãy, có trên đất Lào với ranh giới mở rộng đến bắc Đông dương, và mọc thành quần xã ở ngay độ cao thấp chỉ từ 550 m cho đến 2598 m.

Ở Việt Nam Thông 5 lá được xem là loài cây đặc hữu, có phân bố trong kiểu rừng kín hỗn hợp cây lá rộng, lá kim, ẩm nhiệt đới (Thái Văn Trùng, 1978 [71]). Thông 5 lá thường phát triển với Thông 2 lá dẹt (*Pinus krempfii* Lecomte), Pơ mu (*Fokienia hodginsii* Dunn) A. Henry & H. H. Thomas), Thông 3 lá (*Pinus kesiya* Royle ex Gordon), Hồng tùng (*Dacrydium elatum* (Roxb.) Wall. ex Hook.) và các loài cây lá rộng khác tạo nên kiểu rừng hỗn giao lá rộng lá kim đặc trưng của vùng Tây Nguyên (Nguyễn Đức Tố Lưu và Thomas, 2004 [48]; Nguyễn Hoàng Nghĩa, 2004 [55]; Hiep *et al.*, 2004 [110]; Trang, 2011 [152]).

Thông 5 lá được mô tả là loài cây gỗ lớn, dáng hùng vĩ, mọc cùng với một số

loài cây lá kim và lá rộng khác tạo thành tầng tán cao của rừng tự nhiên hỗn giao lá rộng lá kim (Nguyễn Hoàng Nghĩa, 2004 [55]). Trong lần đầu được công bố vào năm 1960, Thông 5 lá được biết đến với cái tên “Pin du Moyen Annam”; sau đó Businsky đã tiếp tục nghiên cứu và phân chia thành 3 phân loài theo từng khu vực phân bố: *Pinus dalatensis* var. *dalatensis* được mô tả với các mẫu vật được lấy từ Trại Mát và vùng núi Chư Yang Sin; *Pinus dalatensis* var. *bidoupnensis* được mô tả từ mẫu vật thu thập từ vùng núi Bidoup và *Pinus dalatensis* subsp. *Procera* được mô tả từ mẫu vật được thu thập từ Ngọc Linh (Kon Tum) và Thừa Lưu (Huế) (Businsky, 1999 [94]); đến năm 2004, đã bổ sung thêm các thông tin về hình thái nón, cánh hạt và kích thước hạt cũng như có sự so sánh với các loài thông khác. Đến nay Thông 5 lá từ 3 phân loài này được biết đến với tên gọi phổ biến là *Pinus dalatensis* (Businsky, 2004 [95]).

Về tái sinh và diễn thế quần thể Thông 5 lá, Nguyễn Hoàng Nghĩa (2004) [55] và Phí Hồng Hải (2011) [16] cho rằng các quần thể Thông 5 lá là “các thoái hóa của kiểu rừng thường xanh” do quan sát thấy trong lâm phần tập trung chủ yếu các cá thể Thông 5 lá có cấp kính lớn ($\geq 45\text{cm}$), các cá thể có cấp kính nhỏ ($\leq 10\text{cm}$) là rất ít; do đó đề xuất tiếp tục nghiên cứu xúc tiến tái sinh tự nhiên và tái sinh nhân tạo để duy trì thế hệ trung gian như là một biện pháp bảo tồn duy nhất và hiệu quả nhất. Tuy nhiên vấn đề này cần được thảo luận lại, vì Thông 5 lá là loài cây ưa sáng ngay giai đoạn nhỏ, do đó không thể tái sinh dưới tán cây mẹ thành thực có độ tàn che cao, loài này lại tìm thấy tái sinh rất mạnh ở nơi tán mở trong rừng với độ tàn che từ 0,3-0,5 và lỗ trống 100 – 200 m² (Lê Văn Vinh, 2013 [79]); hoặc tái sinh được tìm thấy dày đặc ở bìa rừng và các khu vực mở tán (Trang, 2011 [152]).

Về mặt yêu cầu sinh thái và phân bố đã ghi nhận Thông 5 lá xuất hiện ở độ cao từ 1.070 m tại lâm phần quản lý của VQG Kon Ka Kinh thuộc địa giới hành chính của xã Ayun, huyện Mang Yang (Racz và Huyen, 2007 [141]); ghi nhận vùng phân bố mới của loài Thông 5 lá tại khu vực Núi Mang – VQG Bạch Mã (Lương Việt Hùng và cs, 2010 [37], Phan Kế Lộc và cs, 2010, 2011, 2013 [44, 45, 46]). Ngoài ra còn có một vài nghiên cứu khác liên quan như nghiên cứu cấu trúc lâm phần có phân bố

Thông 5 lá (Lê Cảnh Nam và cs, 2016 [52]), phân tích đa dạng di truyền các quần thể Thông 5 lá ở Tây Nguyên (Phong *et al.*, 2017 [137]).

Tổng quan các nghiên cứu liên quan đến Thông 5 lá trong nước cho thấy hầu hết các nghiên cứu chỉ tập trung vào mô tả hình thái, ghi nhận vùng phân bố mới, xếp loại, đặt tên loài trong hệ thống phân loại thực vật; chỉ mới có một vài nghiên cứu liên quan đến cấu trúc rừng, tình hình tái sinh của loài nhưng trên phạm vi riêng lẻ cho từng khu vực.

1.3. Thảo luận vấn đề nghiên cứu

Tổng quan các vấn đề nghiên cứu liên quan đến đặc điểm lâm học, sinh thái rừng nói chung và của riêng quần thể loài Thông 5 lá cho thấy:

- Khoa học về lượng hóa cấu trúc, mô hình hóa sinh trưởng đã được phát triển mạnh nhờ sự tiến bộ của khoa học tin học, công nghệ thông tin, khoa học sinh trắc rừng. Đây là nền tảng cho nghiên cứu lượng hóa hình thái cấu trúc, động thái rừng phục vụ cho quản lý lâm sinh, bảo tồn rừng có hiệu quả, đáng tin cậy.

- Mô hình đa nhân tố đã giúp cho việc phát hiện có hiệu quả, đáng tin cậy sự ảnh hưởng của các nhân tố sinh thái đến sinh trưởng, phân bố loài làm cơ sở xác định vùng phân bố, khu vực phục hồi rừng phù hợp với yêu cầu sinh thái cá thể và quần thể.

- Ảnh hưởng của nhân tố khí hậu đến sinh trưởng cây rừng hoặc ngược lại sử dụng sự biến động của độ vòng năm để nghiên cứu biến động khí hậu là một ngành khoa học kinh điển trên thế giới, tuy nhiên áp dụng còn hạn chế ở Việt Nam. Trong tình hình biến đổi khí hậu thì lĩnh vực khoa học này sẽ mở ra nhiều cơ hội cho nghiên cứu, ứng dụng để quản lý lâm sinh thích ứng với biến đổi khí hậu, hoặc dự báo biến đổi khí hậu từ nghiên cứu biến động về rộng vòng năm của cây rừng.

- GIS ứng dụng rộng khắp trong nhiều lĩnh vực khoa học và thực tiễn; trong đó đối với lâm nghiệp thì GIS cùng với ảnh viễn thám đã và sẽ có tiềm năng nghiên cứu ứng dụng cao hơn cả do những biến số của rừng liên quan chặt chẽ đến các lớp dữ liệu bản đồ theo không gian và thời gian. Từ đó cho phép quản lý, bảo tồn rừng trên diện rộng có hiệu quả, đạt độ tin cậy.

Đối với quần thể Thông 5 lá, do tính đặc hữu, phạm vi phân bố hẹp, hầu hết các nghiên cứu chỉ tập trung vào mô tả hình thái, ghi nhận vùng phân bố mới, xếp loại, đặt tên loài trong hệ thống phân loại thực vật; chỉ mới có một vài nghiên cứu liên quan đến cấu trúc rừng, tình hình tái sinh của loài nhưng trên phạm vi riêng lẻ cho từng khu vực; và hầu như chưa có những nghiên cứu đầy đủ về cấu trúc, tái sinh, sinh học, sinh thái loài, động thái của quần thể và đa dạng di truyền cũng như các mô hình bảo tồn cho loài này (Farjon, 2002 [104]).

Vì vậy các vấn đề sau cần quan tâm nghiên cứu liên quan đến loài Thông 5 lá trong lĩnh vực lâm học, sinh thái học như sau:

- Về cấu trúc quần thể thực vật rừng: Mô phỏng cấu trúc lâm phần nơi có loài phân bố tự nhiên Thông 5 lá và đặc điểm cấu trúc cho riêng loài Thông 5 lá để có thể đưa ra giải pháp lâm sinh trong bảo tồn loài bền vững.

- Về sinh thái:

- Xác định mối quan hệ sinh thái giữa loài Thông 5 lá với các loài ưu thế trong quần xã thực vật rừng để quản lý tổ thành loài phù hợp dựa vào mối quan hệ sinh thái hỗ trợ lẫn nhau giữa các loài.

- Xác định các nhân tố sinh thái chính ảnh hưởng đến phân bố, mật độ cây gỗ và cây tái sinh Thông 5 lá làm cơ sở cho việc quy hoạch các khu vực bảo tồn và phát triển quần thể Thông 5 lá quý hiếm một cách phù hợp với yêu cầu sinh thái của nó.

- Về vòng năm, sinh trưởng Thông 5 lá: Nghiên cứu bề rộng vòng năm và sinh trưởng, tăng trưởng cá thể Thông 5 lá dưới ảnh hưởng của nhân tố khí hậu và vùng phân bố sẽ làm cơ sở cho việc xác định khu vực phát triển thích hợp Thông 5 lá và dự đoán sản lượng.

- Về GIS: Thiết lập bản đồ và cơ sở dữ liệu về phân bố, mật độ cùng với dữ liệu sinh thái và tái sinh của loài Thông 5 lá là cần thiết trong bảo vệ, bảo tồn và chọn khu vực phục hồi các quần thể Thông 5 lá.

Với những yêu cầu nói trên, cần có những nghiên cứu đầy đủ và có hệ thống về đặc điểm lâm học, sinh thái học trên một phạm vi bao phủ các vùng phân bố của

loài này để cung cấp các thông tin khoa học cơ bản về quần thể Thông 5 lá nhằm đóng góp cho việc hoạch định các chiến lược lâm sinh trong quản lý, bảo tồn và phát triển quần thể Thông 5 lá bền vững.

CHƯƠNG 2

NỘI DUNG, PHƯƠNG PHÁP VÀ ĐẶC ĐIỂM KHU VỰC NGHIÊN CỨU

2.1. Nội dung nghiên cứu

- i) Nghiên cứu và mô phỏng đặc điểm cấu trúc lâm phần có phân bố Thông 5 lá*
- Nghiên cứu đặc điểm cấu trúc tổ thành loài của lâm phần có phân bố Thông 5 lá.
 - Mô phỏng cấu trúc số cây theo cấp kính (N/D), theo cấp chiều cao (N/H) và cấu trúc mặt bằng của lâm phần và riêng loài Thông 5 lá.
- ii) Nghiên cứu ảnh hưởng của các nhân tố sinh thái đến phân bố mật độ quần thể Thông 5 lá.*
- iii) Nghiên cứu mối quan hệ sinh thái giữa loài Thông 5 lá với các loài ưu thế trong quần xã thực vật rừng.*
- iv) Nghiên cứu bề rộng vòng năm và sinh trưởng, tăng trưởng đường kính cây cá thể Thông 5 lá dưới ảnh hưởng của nhân tố khí hậu và vùng phân bố:*
- Xác định các yếu tố khí hậu ảnh hưởng đến chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa của loài Thông 5 lá.
 - Thiết lập mô hình sinh trưởng, tăng trưởng đường kính của loài Thông 5 lá với ảnh hưởng của vùng phân bố khác nhau.
- v) Lập cơ sở dữ liệu GIS về phân bố mật độ, sinh thái Thông 5 lá.*
- vi) Đề xuất các ứng dụng cho bảo tồn và phát triển quần thể Thông 5 lá trên cơ sở các kết quả nghiên cứu.*

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Tiếp cận nghiên cứu

Luận án tập trung nghiên cứu các đặc điểm lâm học và sinh thái rừng phục vụ cho bảo tồn và phát triển cá thể và quần thể Thông 5 lá, trong đó:

- Cấu trúc rừng được rút mẫu nghiên cứu trên các ô tiêu chuẩn điển hình trên các lâm phần không/ít bị tác động, có diện tích đủ lớn để phản ánh quy luật cấu trúc về loài, phân bố số cây theo đường kính, chiều cao. Cấu trúc cũng được nghiên cứu

chung cho lâm phần và riêng quần thể Thông 5 lá để so sánh và đánh giá tỷ trọng của loài nghiên cứu trong lâm phần. Mô phỏng toán cấu trúc được áp dụng để tiếp cận và phát hiện, đánh giá các quy luật phân bố và đề xuất các mô hình mẫu chuẩn.

- Tiếp cận phát hiện các nhân tố sinh thái ảnh hưởng đến mật độ, phân bố loài Thông 5 lá dựa vào rút mẫu điển hình hệ thống với số mẫu đủ lớn để bảo đảm sự biến động của các nhân tố sinh thái theo mật độ và khách quan; đồng thời mô hình phi tuyến tính đa biến, tổ hợp biến có trọng số đã được áp dụng để có thể phát hiện được các nhân tố sinh thái ảnh hưởng đến mật độ và lập được mô hình có mối quan hệ sinh thái phức tạp này. Ngoài ra xác xuất thống kê sinh học cũng được áp dụng để phản ánh khách quan mối quan hệ sinh thái giữa các loài ưu thế và với loài nghiên cứu.

- Sử dụng tiếp cận bề rộng năm bằng khoan tăng trưởng để hạn chế chặt hạ cây nghiên cứu theo phương pháp giải tích thân cây truyền thống. Bề rộng vòng năm bị chi phối và ảnh hưởng của nhân tố tuổi cây và các tổng hợp các nhân tố sinh thái – môi trường. Nghiên cứu này đã loại bỏ ảnh hưởng của tuổi đến bề rộng vòng năm thông qua biến đổi thành chỉ tiêu bề rộng vòng năm chuẩn hóa. Nghiên cứu tác động trực tiếp của các nhân tố khí hậu chính như nhiệt độ, lượng mưa theo tháng, trung bình trong nhiều năm đến bề rộng vòng năm chuẩn hóa mà không xét đến các nhân tố sinh thái môi trường khác để chỉ ra được mức độ ảnh hưởng của nhân tố khí hậu đến sinh trưởng đường kính Thông 5 lá. Trên cơ sở bề rộng vòng năm xác định được sinh trưởng, tăng trưởng đường kính theo tuổi; mô hình hóa sinh trưởng đường kính Thông 5 lá theo phương pháp hiện đại là Maximum Likelihood dạng mô hình phi tuyến tính có trọng số và có xét ảnh hưởng ngẫu nhiên (random effects) của các yếu tố sinh thái, vùng phân bố đến tham số của mô hình. Sử dụng thẩm định chéo K-Fold để chỉ ra sai số của hệ thống mô hình một cách khách quan.

- Kết hợp mô hình quan hệ mật độ Thông 5 lá với các nhân tố sinh thái ảnh hưởng trong GIS để lập được bản đồ cấp mật độ phân bố khác nhau trong từng vùng sinh thái phân bố loài nghiên cứu.



Thân



Lá và hoa



Lá và nón non

Hình 2.1. Hình ảnh thân, lá, hoa và nón Thông 5 lá (*Pinus dalatensis* Ferré)

(Ảnh: Lê Cảnh Nam, 2019).

2.2.2. Phương pháp nghiên cứu đặc điểm cấu trúc lâm phần

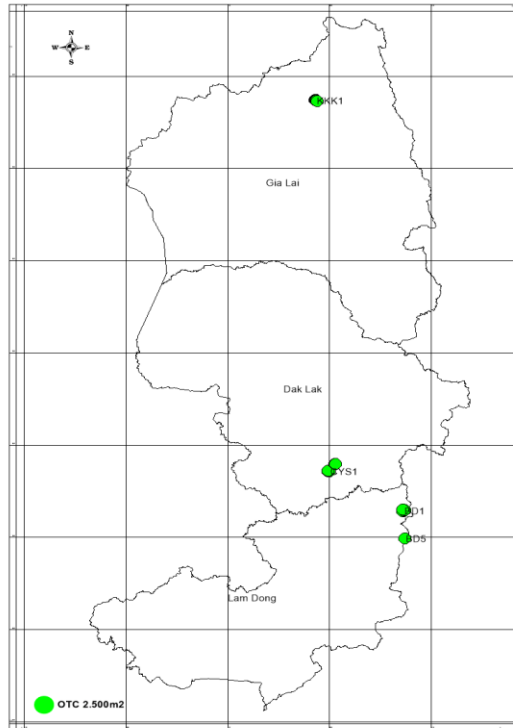
2.2.2.1. Thu thập số liệu nghiên cứu cấu trúc

Sử dụng phương pháp rút mẫu điển hình ô tiêu chuẩn (ÔTC) có diện tích 2.500 m² trong từng vùng phân bố loài Thông 5 lá trong kiểu rừng hỗn giao lá rộng lá kim để nghiên cứu cấu trúc rừng (Bảo Huy, 2017a [31]). Tiêu chuẩn lựa chọn vị trí đặt ÔTC là những lâm phần ít/chưa bị tác động, đã thiết lập 6 ÔTC 2.500 m² (50 m × 50 m) ở VQG Bidoup - Núi Bà, 6 ÔTC ở VQG Chư Yang Sin và 5 ÔTC ở VQG Kon Ka Kinh; tổng cộng có 17 ÔTC 2.500 m² được lập để nghiên cứu đặc điểm cấu trúc các lâm phần có phân bố Thông 5 lá, vị trí ÔTC thể hiện trên bản đồ ở Hình 2.2.

Thu thập số liệu tầng cây gỗ: Trên các ô tiêu chuẩn (ÔTC) điển hình 2.500 m² tiến hành phân chia thành 25 ô đơn vị có diện tích 100 m² (10 m × 10 m) và đo đếm toàn diện với các chỉ tiêu: tên loài, đo chiều cao cây (H, m), đường kính ngang ngực (D, cm) với những cây có $D \geq 6$ cm, đo cự ly từ một cây trong ô đến cây gần nhất, nếu là cây Thông 5 lá thì có 2 cự ly: đến cây Thông 5 lá gần nhất khác và cây gỗ gần nhất, nếu là cây loài khác thì chỉ đo một cự ly đến cây gần nhất khác.

Thu thập số liệu lớp cây tái sinh: Trên các ÔTC 2.500 m² đo đếm tầng cây gỗ, tiến hành đặt 5 ô dạng bản có diện tích là 4 m² (2 m x 2 m), 4 ô ở bốn góc và một ở

tâm ô để nghiên cứu tái sinh. Cây tái sinh nghiên cứu là những cây triển vọng có $H \geq 0,5$ m và $D < 6$ cm, các chỉ tiêu đo đếm lớp cây tái sinh trên ô dạng bản là xác định tên loài, đo chiều cao cây (H, m).



Hình 2.2. Vị trí 17 ÔTC 2.500m² nghiên cứu cấu trúc lâm phần có phân bố Thông 5 lá ở ba vùng phân bố Tây nguyên.

2.2.2.2. Phương pháp xác định cấu trúc tổ thành loài cây gỗ

Sử dụng chỉ số quan trọng IV% (Curtis và McIntosh, 1950 [101]; Narayan và Anshumali, 2015 [135]; Bảo Huy, 2107a [31]) để xác định loài ưu thế và cấu trúc tổ thành loài cây gỗ và tỷ trọng loài Thông 5 lá trong các lâm phần có phân bố loài nghiên cứu.

$$IV\% = \frac{N\% + G\% + F\%}{3} \quad (2.1)$$

$$N\% = \frac{\text{Mật độ của loài}}{\text{Mật độ chung của lâm phần}} \times 100 \quad (2.2)$$

$$G\% = \frac{\text{Tổng tiết diện ngang của loài}}{\text{Tổng tiết diện ngang của các loài trong lâm phần}} \times 100 \quad (2.3)$$

$$F\% = \frac{\text{Số ô có loài xuất hiện}}{\text{Tổng số ô xuất hiện của các loài}} \times 100 \quad (2.4)$$

Trong đó: N% là % mật độ loài, G% là % tổng tiết diện ngang (G, m²) của loài và F% là % tần suất xuất hiện loài trên ô đơn vị 10 m × 10 m của hệ thống ô 2.500 m² cho mỗi vùng phân bố đồng nhất sinh thái. Đối với cây tái sinh thì chỉ số IV% được tính theo 2 biến số là N% và F%, lúc này F% là % tần suất xuất hiện loài trên ô đo tái sinh dạng bảng 4 m² của hệ thống ô 2.500 m².

Chỉ số IV% được tính theo từng vùng phân bố trên cơ sở đồng nhất các yếu tố sinh thái ở các ô mẫu trong mỗi vùng (Narayan và Anshumali, 2015 [135]).

2.2.2.3. Phương pháp mô phỏng cấu trúc phân bố số cây theo cấp kính (N/D) và theo cấp chiều cao (N/H)

Phạm vi cấp kính và cấp chiều cao để thiết lập các dãy phân bố được thăm dò để có được chuỗi phân bố N/D và N/H phản ánh quy luật chung ổn định cho các ô mẫu; đã thử nghiệm các cự ly cấp D khác nhau từ 2, 4, 6, 8 và 10 cm và từ đó xác định được mỗi cấp D có phạm vi 10 cm, nhỏ nhất biến động từ 6 – 16 cm, trung bình là 11 cm, tiếp theo là 16 – 26 cm với trung bình là 21 cm, tương tự có trung bình cấp kính tiếp theo là 31, 41, 51 cm, ... Với cấp H xác định mỗi cấp có phạm vi 2 m, nhỏ nhất biến động từ 5 – 7 m, trung bình là 6 m, tiếp theo là 7 – 9 m với trung bình là 8 m, tương tự có trung bình cấp H tiếp theo là 10, 12, 14 m....

Kiểm tra sự đồng nhất của các dãy phân bố N/D hoặc N/H của các ô mẫu bằng tiêu chuẩn thống kê χ^2 , nhằm xem xét các dãy phân bố ở các ô mẫu có cùng chung một tổng thể để gộp chung tính toán, mô phỏng (Bảo Huy, 2017a [31]).

Giả thuyết H₀: F₁ = F₂ = ... = F_k (Cho mọi ô mẫu i và cấp D_j hoặc H_j). Hay nói khác là các dãy phân bố N/D hoặc N/H là đồng nhất ở các ô mẫu khác nhau, hay cùng một tổng thể.

Kiểm tra sự đồng nhất bằng tiêu chuẩn χ^2 như sau:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m \frac{(f_{ij} - f_{j \cdot} \cdot n_i / n)^2}{f_{j \cdot} \cdot n_i / n} \quad (2.5)$$

Trong đó:

- i là số ô mẫu, $i = 1, 2, \dots, k$ (k ô); j là cấp D hoặc cấp H, $j = 1, 2, \dots, m$ (m cấp D hoặc H);

- f_{ij} : là tần số theo ô i và cấp j ; n_i là tổng tần số của ô i và $f_{j \cdot}$ là tổng tần số cấp j .

So sánh với $\chi^2_{(0,05; df=(m-1)(k-1))}$. Nếu $\chi^2 < \chi^2_{(0,05; df=(m-1)(k-1))}$ thì chấp nhận giả thuyết H_0 , tức là các dãy phân bố đồng nhất với nhau. Nếu $\chi^2 > \chi^2_{(0,05; df=(m-1)(k-1))}$ thì bác bỏ giả thiết H_0 .

Thử nghiệm mô phỏng các kiểu cấu trúc N/D và N/H theo bốn dạng hàm, phân bố: Mayer, khoảng cách, hình học và Weibull, và kiểm tra sự phù hợp của phân bố lý thuyết so với thực tế ở mức $P_{\text{value}} < 0,05$ theo tiêu chuẩn $\chi^2_{(0,05, df)}$ (Nguyễn Hải Tuất và cs, 2006 [76]; Bảo Huy, 2017a [31]).

Hàm Mayer:

$$y = \alpha \times e^{-\beta \times x} \quad (2.6)$$

Phân bố khoảng cách:

$$Y \quad x = 0 \quad (2.7)$$

$$P(x) = (1-\alpha) \times (1-Y) \times \alpha^{x-1} \quad x \geq 1$$

Với x là mã số các cỡ kính từ nhỏ đến lớn 0, 1, 2, 3... và Y và α là hai tham số của phân bố cần ước lượng.

Khi: $Y < (1-Y) \times (1-\alpha)$: Phân bố có đỉnh tại $x=1$.

$Y = 1 - \alpha$: Phân bố giảm có thể thay thế bằng phân bố hình học.

$Y > (1-Y) \times (1-\alpha)$: Phân bố giảm.

Ước lượng 2 tham số bằng phương pháp cực đại hợp lý:

$$Y = N_0/N \quad (2.8)$$

$$\alpha = 1 - \frac{\sum_{i=1}^r N_i}{\sum_{i=1}^r N_i \cdot x_i} \quad (2.9)$$

Trong đó N_0 là số cây ở cấp nhỏ nhất, N_i là số cây ở cấp i N là tổng mật độ của ô
Phân bố hình học:

$$P(x) = \alpha^x \times (1-\alpha) \quad x=0, 1, 2, 3...r \quad (2.10)$$

Ước lượng α bằng phương pháp cực đại hợp lý:

$$\alpha = \frac{x}{x+1} \quad (2.11)$$

$$x = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^r N_i \cdot x_i \quad (2.12)$$

Trong đó x là mã số cấp, N_i là số cây ở cấp i , N là tổng mật độ của ô.

Phân bố Weibull:

Hàm mật độ:

$$f(x) = \alpha \times \lambda \times (x - x_{\min})^{\alpha-1} \times \exp(-\lambda \times (x - x_{\min})^\alpha) \quad (2.13)$$

Hàm phân bố :

$$F(x) = 1 - \exp(-\lambda \times (x - x_{\min})^\alpha) \quad (2.14)$$

Trong đó α và λ là hai tham số; x_{\min} : trị số thực nghiệm nhỏ nhất; x : các giá trị thực nghiệm, nếu xếp theo cấp thì x là giá trị giữa mỗi cấp.

Khi : $\alpha \leq 1$: Phân bố giảm; $1 < \alpha < 3$: Phân bố lệch trái;

$\alpha = 3$: Phân bố đối xứng; $\alpha > 3$: Phân bố lệch phải.

Kiểm tra sự phù hợp của phân bố lý thuyết bằng tiêu chuẩn χ^2 , chọn cặp tham số có χ^2 bé nhất và nhỏ thua $\chi^2_{\text{bảng}}$ với $P < 0,05$.

Tham số λ được ước lượng bằng phương pháp cực đại hợp lý:

$$\lambda = N / \sum_{i=1}^r N_i \times (x_i - x_{\min})^\alpha \quad (2.15)$$

Trong đó N : Tổng số cây đo đếm; N_i : Số cây ở cấp/tổ i ; x_i là giá trị giữa cấp.

Tất cả các hàm, phân bố thử nghiệm mô phỏng các kiểu cấu trúc được kiểm tra, đánh giá bằng tiêu chuẩn χ^2 với $P_{\text{value}} < 0,05$ (Wratten và Fry, 1986 [80]).

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^l \frac{(\hat{y}_i - y_i)^2}{\hat{y}_i} \quad (2.16)$$

Trong đó \hat{y}_i và y_i là số cây/tần số lý thuyết và thực tế ở cấp/tổ i ; l là số cấp, tổ có $\hat{y}_i \geq 5$. Nếu $\chi^2 < \chi^2_{(0,05, df)}$ thì kết luận phân bố lý thuyết mô phỏng tốt phân bố thực nghiệm; trong đó df là độ tự do = $l - r - 1$ với r là số tham số của mô hình lý thuyết.

2.2.2.4. Phương pháp nghiên cứu cấu trúc mặt bằng cây rừng

Cấu trúc mặt bằng thể hiện sự phân bố và sử dụng không gian dinh dưỡng trên mặt đất rừng, kiểu dạng phân bố thường được chia thành ba kiểu: ngẫu nhiên, cụm hoặc đều; phương pháp áp dụng để xác định lâm phần thuộc kiểu phân bố nào là dựa trên phân bố khoảng cách từ một cây chọn ngẫu nhiên đến cây gần nhất, với dung lượng mẫu $n > 30$ (số khoảng cách đo) tính theo tiêu chuẩn U (Clark và Evans, 1954 [98]; Bảo Huy, 2017a [31]). Cấu trúc mặt bằng được nghiên cứu chung lâm phần và riêng cho loài Thông 5 lá.

$$U = \frac{(\bar{x}\sqrt{\lambda} - 0,5)\sqrt{n}}{0,26136} \quad (2.17)$$

\bar{x} : Khoảng cách bình quân giữa các cây (Lấy tổng khoảng cách chia cho số lần đo là n).

λ : Số cây trên một m^2 diện tích đất rừng = tổng số cây trong ô mẫu / diện tích ô (m^2).

Nếu : $|U| \leq 1,96$: Cây rừng phân bố ngẫu nhiên trên mặt đất rừng;

$U > 1,96$: Cây rừng phân bố cách đều trên mặt đất rừng;

$U < -1,96$: Cây rừng phân bố cụm trên mặt đất rừng.

Sử dụng dữ liệu từ 15 ô tiêu chuẩn được đo cự ly đến cây gần nhất trong tổng số 17 ôc 2.500 m^2 (6 ô ở Bidoup - Núi Bà, 6 ô Chư Yang Sin (có 2 ôc không đo cự

ly cây) và 5 ô ở Kon Ka Kinh) trên ba vùng phân bố. Cấu trúc mặt bằng được xem xét dựa vào dữ liệu đo cự ly từ một cây đến cây gần nhất chung các loài và từ một cây Thông 5 lá đến Thông 5 lá gần nhất để nghiên cứu phân bố mặt bằng của riêng loài này.

2.2.3. Phương pháp nghiên cứu ảnh hưởng các nhân tố sinh thái đến phân bố mật độ Thông 5 lá

2.2.3.1. Phương pháp thu thập số liệu

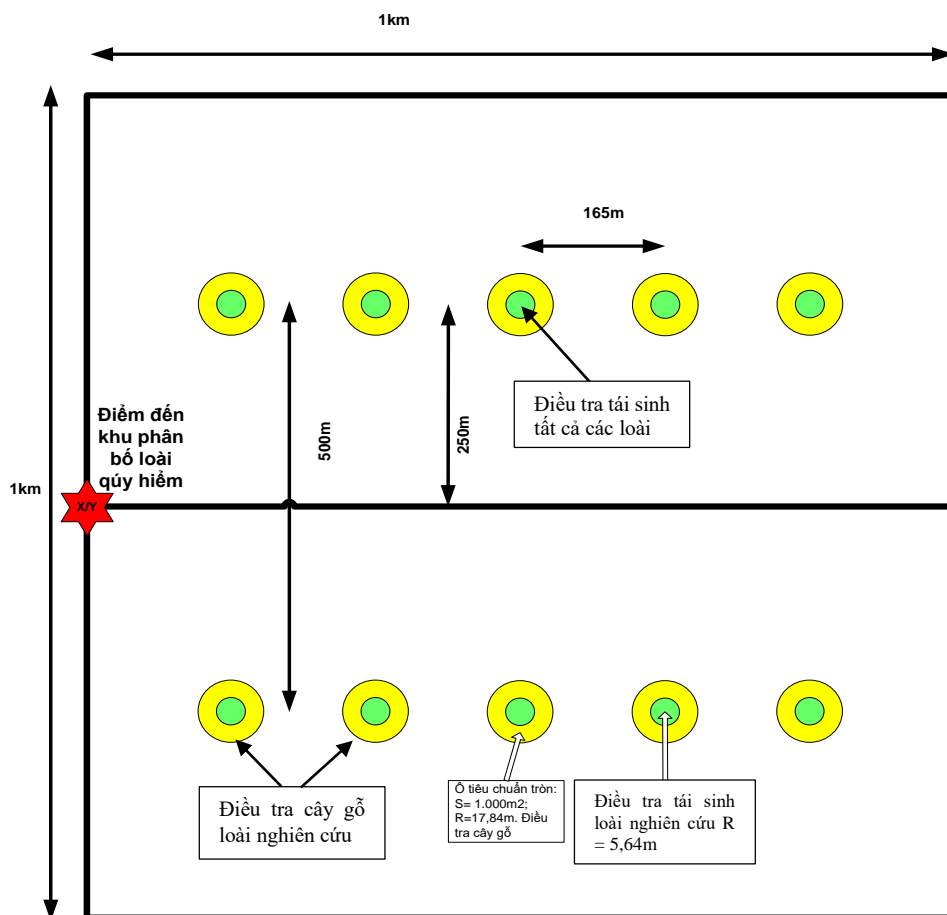
Điều tra, khảo sát xác định vùng phân bố tự nhiên của quần thể Thông 5 lá ở các VQG Bidoup - Núi Bà tỉnh Lâm Đồng, VQG Chư Yang Sin tỉnh Đắk Lắk, VQG Kon Ka Kinh tỉnh Gia Lai.

Kết hợp với phỏng vấn thực tế cán bộ kỹ thuật, kiểm lâm và người dân sống gần rừng tại các VQG để xác định vị trí và chấm lên bản đồ những điểm có phân bố loài Thông 5 lá.

Sử dụng phương pháp rút mẫu điển hình hệ thống để thu thập dữ liệu để lập mô hình quan hệ giữa mật độ với tổ hợp các nhân tố sinh thái. Tại mỗi khu vực có phân bố loài Thông 5 lá đã xác định, lập các điểm có diện tích là 1 km² theo phương pháp rút mẫu điển hình, trên mỗi điểm tiến hành bố trí hệ thống các ô mẫu theo 2 tuyến song song cách nhau 500 m; mỗi tuyến gồm 5 ô mẫu phân tầng hình tròn 1.000 m² với bán kính $R = 17,84$ m, như vậy mỗi điểm có 10 ô mẫu (Hình 2.3, Bảo Huy, 2017c [33]). Trong mỗi ô mẫu, đo tầng cây gỗ trong diện tích 1.000 m² và đo tái sinh trong ô phụ có diện tích 100 m² với $R = 5,64$ m. Trên mỗi tuyến có 4 ô 1.000 m² (8 ô trong mỗi điểm 1 km²) chỉ đo đếm loài Thông 5 lá ($D \geq 6$ cm) cùng với các đặc điểm sinh thái và chỉ đo đếm cây Thông 5 lá tái sinh ($D < 6$ cm, $H \geq 0,5$ m) trên ô đo đếm tái sinh ($R = 5,64$ m). Riêng ô giữa mỗi tuyến (có 2 ô trong mỗi điểm 1 km²) thì đo đếm tất cả các loài cây gỗ có $D \geq 6$ cm và tất cả các cây tái sinh trên ô đo đếm tái sinh ($R = 5,64$ m). Tổng cộng ở Bidoup - Núi Bà có 5 điểm 1 km² với 50 ô mẫu 1.000 m², Chư Yang Sin có 4 điểm 1 km² với 40 ô mẫu 1.000 m² và Kon Ka Kinh có 10 điểm 1 km² với 100 ô 1.000 m²; tổng có 19 điểm 1 km² với lý thuyết là 190 ô mẫu 1.000 m² chỉ điều tra loài Thông 5 lá. Tuy nhiên do sự khó khăn của địa hình nên thực tế chỉ điều tra được 173 ô mẫu; trong đó có 38 ô mẫu 1.000 m² điều tra tất cả các loài khác

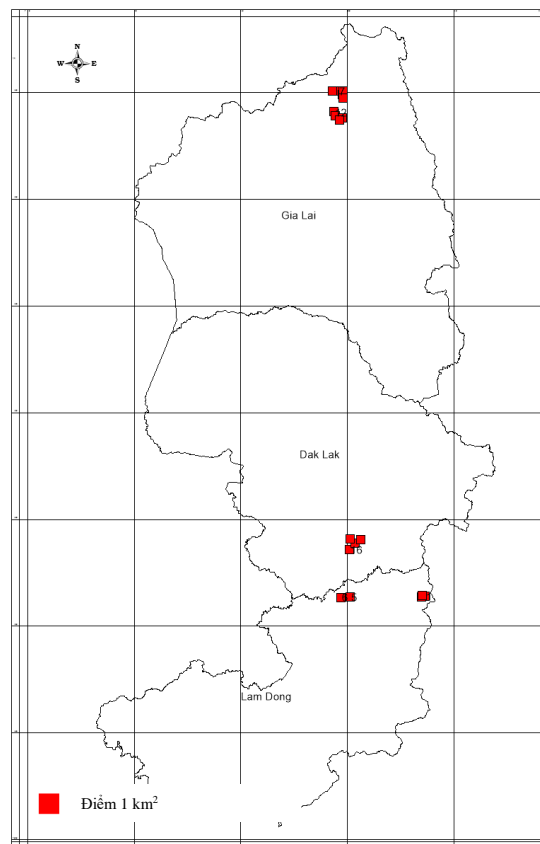
để nghiên cứu mối quan hệ sinh thái với loài Thông 5 lá (Hình 2.4) và có 38 ô mẫu phụ 100 m^2 ($R = 5,64 \text{ m}$) điều tra tất cả các loài tái sinh ($D < 6 \text{ cm}$, $H \geq 0,5 \text{ m}$) để nghiên cứu quan hệ sinh thái của Thông 5 lá tái sinh với các loài tái sinh ưu thế sinh thái. Trong tổng số 173 ô mẫu 1.000 m^2 , luận án đã kế thừa 23 ô mẫu 1.000 m^2 được thu thập từ vùng sinh thái Chư Yang Sin của đề tài khoa học công nghệ cấp tỉnh.

Có mười (10) nhân tố sinh thái được thu thập và đo đếm trong ô mẫu 1.000 m^2 bao gồm: trạng thái (TrThai) (TT số 33/2018/TT-BNNPT) [4], độ tàn che (DTC, 1/10), số tầng cây gỗ (TCG), độ dốc (DD, độ), vị trí địa hình (VT), độ cao so với mặt biển (DC, m), lượng mưa trung bình năm (P, mm/năm), nhiệt độ trung bình không khí năm (T, °C), độ ẩm không khí (DA, %), độ dày tầng đất (TDD, cm).



Hình 2.3. Sơ đồ điểm nghiên cứu 1 km^2 và hệ thống ô mẫu 1.000 m^2 phân tầng để điều tra phân bố, mật độ, tái sinh và các nhân tố sinh thái (Nguồn Bảo Huy và cs, 2014b, 2017c [34, 33]).

Nhân tố khí hậu được thu thập theo các chỉ tiêu chính như nhiệt độ trung bình năm (T_{tb}), lượng mưa trung bình năm (P_{tb}). Dữ liệu khí hậu thu thập theo các khu vực có phân bố Thông 5 lá nghiên cứu bao gồm: tại vùng Bidoup - Núi Bà sử dụng số liệu khí hậu của Trạm khí tượng Đà Lạt, vùng Chư Yang Sin sử dụng số liệu khí hậu của Trạm khí tượng Buôn Ma Thuột và vùng Kon Ka Kinh sử dụng số liệu khí hậu của Trạm khí tượng Pleiku. Trong đó dữ liệu khí hậu thu thập được ở Bidoup - Núi Bà là 38 năm (1979 – 2016), Chư Yang sin và Kon Ka Kinh là 32 năm (1980 – 2011).



Hình 2.4. Vị trí 19 điểm nghiên cứu 1 km² ở ba vùng phân bố loài Thông 5 lá

2.2.3.2. Mô hình hoá mối quan hệ mật độ Thông 5 lá với các nhân tố sinh thái ảnh hưởng

Sử dụng mô hình hồi quy đơn biến, đa biến, tuyến tính hoặc phi tuyến có trọng số, hoặc tổ hợp biến để phát hiện nhân tố sinh thái chủ đạo ảnh hưởng đến phân bố mật độ Thông 5 lá. Theo các bước sau (Bảo Huy, 2017a [31]):

i) Thu thập dữ liệu về biến số phụ thuộc y là mật độ Thông 5 lá cùng với nó là các nhân tố sinh thái x_i dự kiến có ảnh hưởng (có thể định tính hay định lượng). Trong đó mật độ Thông 5 lá quy ra ha được thu thập từ 173 ô mẫu 1.000 m² của 19 điểm 1km² trên ba vùng phân bố ở Tây Nguyên, cùng với nó là 10 nhân tố sinh thái được thu thập như ở Bảng 2.1 và chi tiết trong Phụ lục 5. Mật độ Thông 5 lá được quy ra héc ta (N cây/ha) ở đây được hiểu là mật độ của loài này trong 19 điểm phân bố ở 3 vùng nghiên cứu.

Bảng 2.1. Mã hóa mật độ Thông 5 lá và các nhân tố sinh thái cùng chiều tăng của mật độ Thông 5 lá

Stt	Nhân tố sinh thái, đơn vị đo	Ký hiệu của mã hóa	Mã hóa theo cấp				
			1	2	3	4	5
1	Mật độ Thông 5 lá (cây / ha)	N	<10 Hiếm	10 – 50 Thấp	51 – 100 Trung bình	>100 Cao	
2	Trạng thái rừng (TT 33/2018/TT-BNN)	Trthai	Đất trống	Rừng non	Rừng nghèo	Rừng trung bình	Rừng giàu
3	Độ tàn che (1/10)	DTC	≤ 0,3	> 0,5 - 0,9	> 0,3 - 0,5		
4	Số tầng cây gỗ	TCG	0	1	3	2	
5	Độ dốc (độ)	DD	> 30 - 45	≤ 10	> 20 - 30	> 10 - 20	
6	Vị trí	VT	Thung lũng	Bằng	Chân	Sườn	Đỉnh
7	Độ cao so mặt nước biển (m)	DC	≤ 1.000	> 1.500 - 1.900	> 1.000 - 1.500		
8	Độ dày tầng đất (cm)	TDD	≤ 30	> 50	> 30 - 50		
9	Lượng mưa trung bình năm (mm/năm)	P	1.797,7	2.207,3	1.893,1		
10	Nhiệt độ không khí trung bình năm (°C)	T	18,0	21,9	23,8		
11	Độ ẩm không khí trung bình năm (%)	DA	85,4	83,0	81,5		

ii) Mã hóa các nhân tố định tính và nhân tố sinh thái được phân cấp:

Trong thực tế chưa biết chiều hướng biến thiên (thuận hay nghịch) của biến mật độ Thông 5 lá theo nhân tố sinh thái (định tính hoặc định lượng) (Bảo Huy, 2017a [31]). Từ các số liệu thu thập được tiến hành phân cấp các biến sinh thái và sử dụng tiêu chuẩn phi tham số Kruskal Wallis để kiểm tra có sự ảnh hưởng của từng nhân tố

đó với mật độ Thông 5 lá hay không, sau đó dùng trắc nghiệm Duncan để xem các cấp nào là đồng nhất hoặc khác biệt để gộp nhóm và mã hóa từng cấp nhân tố sinh thái cùng chiều biến thiên thuận với chiều gia tăng mật độ Thông 5 lá (Bảng 2.1).

iii) Thăm dò xác định biến số sinh thái x_i có ảnh hưởng đến mật độ Thông 5 lá y theo tiêu chuẩn C_p của Mallows (1973) [132] và hệ số xác định hiệu chỉnh (R_{adj}^2). Các biến x_i ảnh hưởng đến y tối ưu được xác định dựa vào chỉ số C_p bé nhất và càng gần (xấp xỉ) với số tham số (bao gồm hằng số) hoặc/và R_{adj}^2 lớn nhất.

iv) Thử nghiệm các mô hình tuyến tính, phi tuyến tính, đa biến hoặc/và tổ hợp biến có quan hệ với nhau để thiết lập mô hình quan hệ giữa mật độ Thông 5 lá với các nhân tố sinh thái ảnh hưởng.

Ước lượng hàm phi tuyến tính đa biến theo phương pháp Marquardt có trọng số (Weight) (Picard *et al.*, 2012 [138]; Bảo Huy, 2017a [31]). Sử dụng trọng số $Weight = 1/x_i^a$ với x_i là biến sinh thái có ảnh hưởng lớn nhất, với $a = \pm 20$, thay đổi a để tìm mô hình tốt nhất. Mô hình được lựa chọn dựa vào chỉ tiêu thống kê R_{adj}^2 lớn và các sai số bé nhất gồm sai số trung bình bình phương (RMSE) và sai số trung bình tuyệt đối % (MAPE) (Swanson *et al.*, 2011 [149]; Huy *et al.*, 2016a, b, c, 2019 [113, 114, 115, 117]); kết hợp với kiểm tra đồ thị quan hệ giá trị quan sát với dự đoán và phân bố sai số theo giá trị dự đoán qua mô hình (Bảo Huy, 2017a, b [31, 32]).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (2.18)$$

$$MAPE (\%) = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|y_i - \hat{y}_i|}{y_i} \quad (2.19)$$

Trong đó n là số dữ liệu; y_i , \hat{y}_i lần lượt là giá trị mật độ Thông 5 lá đo tính và dự đoán qua mô hình.

2.2.4. Phương pháp xác định mối quan hệ sinh thái loài

Dữ liệu bao gồm 38 ô mẫu 1.000m² đo toàn bộ các loài tầng cây gỗ và 33 ô phụ 100 m² đo tái sinh loài cây gỗ trong 19 điểm 1 km² nghiên cứu ở ba vùng phân bố được sử dụng để nghiên cứu quan hệ sinh thái loài. Sử dụng phương pháp nghiên

cứu mối quan hệ loài sinh thái loài trong rừng mưa nhiệt đới dựa vào tiêu chuẩn ρ và χ^2 (Wratten và Fry, 1986 [80]; Bảo Huy và cs, 1997 [25]).

Quan hệ sinh thái giữa từng cặp loài được nghiên cứu, trong đó nghiên cứu quan hệ giữa loài Thông 5 lá với các loài ưu thế với $IV\% \geq 3\%$ trong lâm phần (Curtis và McIntosh, 1950 [101]; Narayan và Anshumali, 2015 [135]; Bảo Huy, 2017 [31]) ($IV\%$ tính theo công thức (2.1), (2.2), (2.3) và (2.4)) đã được trình bày tại mục 2.3.1.2).

Tiến hành kiểm tra quan hệ cho từng cặp loài theo tiêu chuẩn ρ và χ^2 (Bảo Huy và cs, 1997, 2014, 2017a [31, 34, 36]; Cao Thị Lý, 2007 [49]).

Sử dụng các tiêu chuẩn thống kê sau để đánh giá quan hệ theo từng cặp loài:

ρ : Hệ số tương quan giữa 2 loài A và B.

$$\rho = \frac{P(AB) - P(A).P(B)}{\sqrt{P(A).(1 - P(A)).P(B).(1 - P(B))}} \quad (2.20)$$

Trong đó:

$\rho = 0$: 2 loài A và B độc lập nhau.

$0 < \rho \leq 1$: loài A và B liên kết dương.

$-1 \leq \rho < 0$: loài A và B liên kết âm (bài xích nhau).

Xác suất xuất hiện loài:

$P(AB)$: Xác suất xuất hiện đồng thời của 2 loài A và B

$P(A)$: Xác suất xuất hiện loài A.

$P(B)$: Xác suất xuất hiện loài B.

$$P(AB) = \frac{nAB}{n} \quad P(A) = \frac{nA + nAB}{n} \quad P(B) = \frac{nB + nAB}{n}$$

Với:

nA : số ô tiêu chuẩn chỉ xuất hiện loài A.

nB : số ô tiêu chuẩn chỉ xuất hiện loài B.

nAB : số ô tiêu chuẩn xuất hiện đồng thời 2 loài A và B.

n : tổng số ô quan sát ngẫu nhiên.

ρ nói lên chiều hướng liên hệ và mức độ liên hệ giữa 2 loài $\rho < 0$: 2 loài liên kết âm và $|\rho|$ càng lớn thì mức độ bài xích nhau càng mạnh, ngược lại $\rho > 0$: 2 loài liên kết dương và $|\rho|$ càng lớn thì mức độ hỗ trợ nhau càng cao.

Trong trường hợp $|\rho|$ xấp xỉ 0, thì chưa thể biết giữa 2 loài có thực sự quan hệ với nhau hay không, lúc này cần sử dụng thêm phương pháp kiểm tra tính độc lập bằng tiêu chuẩn χ^2 .

$$N^2t = \frac{(|ad - bc| - 0.5).^2 n}{(a + b).(c + d).(a + c).(b + d)} \quad (2.21)$$

Trong đó:

$c = nA$: Là số ô tiêu chuẩn chỉ xuất hiện loài A.

$b = nB$: Là số ô tiêu chuẩn chỉ xuất hiện loài B.

$a = nAB$: Là số tiêu chuẩn xuất hiện đồng thời cả loài A và loài B.

d : là số ô tiêu chuẩn không chứa cả hai loài A và B.

n : là số ô quan sát.

χ^2t tính được ở công thức trên được so sánh với $\chi^2_{0,05}$ hoặc $0,10$ ứng với bậc tự do $K=1$ $\chi^2_{0,05, K=1} = 3,84$ hoặc $\chi^2_{0,10, K=1} = 2,71$.

Nếu $\chi^2t \leq \chi^2_{0,05}$ hoặc $0,10$ thì mối quan hệ giữa 2 loài là ngẫu nhiên.

Nếu $\chi^2t > \chi^2_{0,05}$ hoặc $0,10$ thì giữa 2 loài có quan hệ với nhau.

Để xem xét mối quan hệ theo từng cặp loài, sử dụng đồng thời 2 tiêu chuẩn ρ và χ^2 :

χ^2 : để kiểm tra mối quan hệ từng cặp loài.

ρ : trong trường hợp kiểm tra bằng χ^2 cho thấy có quan hệ, thì ρ sẽ cho biết chiều hướng mối quan hệ đó theo dấu của ρ (- hay +) và mức độ quan hệ qua giá trị $|\rho|$.

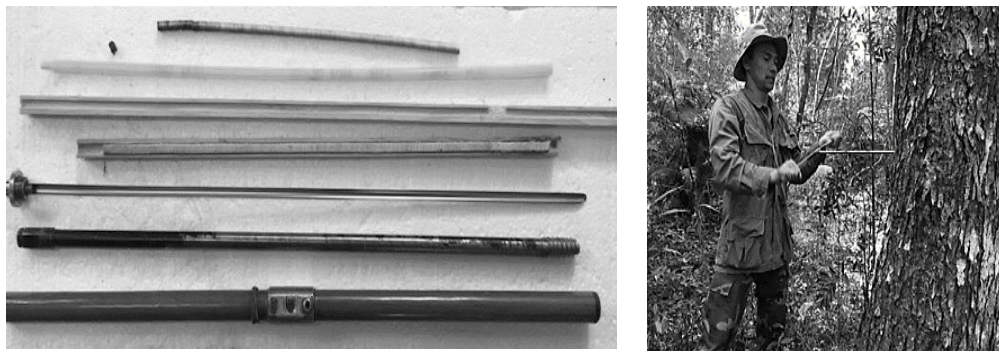
Từ đó có thể xác định được:

- Các loài có quan hệ dương: $\chi^2t > \chi^2_{0,05 - 0,10}$ và $\rho > 0$.
- Các loài có quan hệ âm: $\chi^2t > \chi^2_{0,05 - 0,10}$ và $\rho < 0$
- Các loài có quan hệ ngẫu nhiên: $\chi^2t \leq \chi^2_{0,05 - 0,10}$.

2.2.5. Phương pháp nghiên cứu ảnh hưởng của nhân tố khí hậu đến bề rộng vòng năm và sinh trưởng đường kính loài Thông 5 lá theo vùng phân bố

2.2.5.1. Thu thập số liệu bề rộng vòng năm, dữ liệu sinh trưởng, tăng trưởng đường kính Thông 5 lá

Sử dụng khoan tăng trưởng Haglof với đường kính mũi khoan là 5 mm và chiều dài khoan 70 cm để xác định bề rộng vòng năm (Zr) theo năm (Hình 2.5).



Hình 2.5. Sử dụng khoan tăng trưởng Haglof để xác định bề rộng vòng năm loài Thông 5 lá

Tổng số cây Thông 5 lá được khoan là 56 cây trên ba vùng phân bố Bidoup - Núi Bà (26 cây), Chư Yang Sin (14 cây) và Kon Ka Kinh (16 cây), với các thông tin thống kê trong Bảng 2.2. Cây khoan được phân bố theo tỉ lệ phân bố số cây theo cấp kính của quần thể Thông 5 lá với dạng có đỉnh lệch trái; trong đó các cấp kính < 40 cm có 19 cây; tập trung ở các cấp kính 40 – 70 cm có 27 cây và giảm ở cấp kính > 70 cm có 10 cây. Chỉ tiêu lựa chọn cây khoan lấy mẫu là cây sinh trưởng bình thường có $D \geq 10$ cm, không bị dị tật, có phân bố trong lâm phần nghiên cứu. Cây cũng được phân bố dọc theo độ cao địa hình (Dymond *et al.*, 2016 [103]) trong ba vùng phân bố sinh thái để đánh giá phản ứng của tăng trưởng bề rộng vòng năm của cây Thông 5 lá với những thay đổi của các yếu tố môi trường sinh thái và khí hậu.

Những cây lấy mẫu được xác định tọa độ UTM bằng GPS và đo D và H của cây đứng, mỗi cây khoan 2 - 4 lõi theo hướng Đông Tây – Bắc Nam.

Mẫu khoan được phơi khô, sau đó mẫu được dán lên khay gỗ và cuối cùng được đánh/chà bóng bề mặt bằng giấy nhám cho đến khi bề mặt mẫu bóng láng và vòng năm được nhìn thấy rõ nhất.

Bảng 2.2. Thông tin thống kê về cây mẫu Thông 5 lá đã khoan xác định bề rộng vòng năm

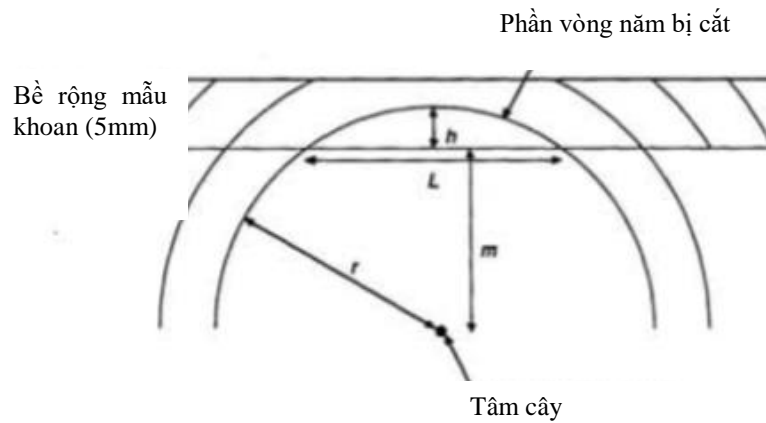
Chỉ tiêu thống kê	D (cm)	H (m)
Số cây	56	56
Trung bình	52,0	18,2
Sai tiêu chuẩn	21,259	4,090
Hệ số biến động	40, 8%	22,43%
Nhỏ nhất	11,0	8,0
Lớn nhất	119,0	25,0
Biến động tuyệt đối	108,0	17,0
Độ lệch chuẩn hóa - Stnd. skewness	1,796	-1,061
Độ nhọn chuẩn hóa - Stnd. kurtosis	0,753	-0,810

Ghi chú: D : Đường kính ngang ngực H : Chiều cao cây

Tuổi cây được xác định bằng phương pháp chuỗi niên đại tiêu chuẩn (Stokes và Smiley, 1968 [148]) và phương pháp định tuổi chéo (Crossdate) cùng phần mềm Cofecha (Fritts, 1976 [107]; Holmes, 1983 [112]) để xác định vòng năm giả (false ring) và vòng năm mất (missing ring). Trong đó khi xác định tuổi cây, chấp nhận sai số do bỏ qua một số năm để cây đạt độ cao ở vị trí khoan (thường là 1,0 - 1,3 m từ mặt đất đến vị trí khoan); đối với cây khoan đúng tâm thì số vòng năm chính là tuổi cây (A , năm), trong khi đó đối với cây lớn không thể khoan đến tâm thì không xác định tuổi, chỉ xác định bề rộng vòng năm (Zr , cm), tăng trưởng đường kính (Zd , cm) và đường kính ngang ngực không vỏ (D , cm) theo năm. Riêng cây khoan bị lệch tâm nhưng vẫn khoan đến vòng năm đối diện (Hình 2.6) thì tuổi A được xác định là số vòng năm đo được và số vòng năm ước tính r , r được tính theo công thức của Duncan (1989) [102].

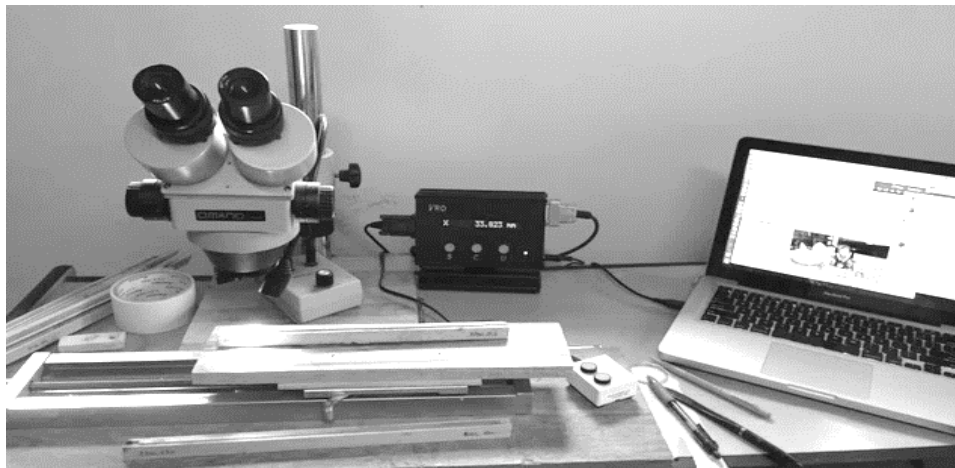
$$r = \frac{L^2}{8h} + \frac{h}{2} \quad (2.22)$$

Trong đó: r là số vòng năm ước đoán; L là chiều dài vòng năm bị cắt; h là chiều cao/độ dày của vòng năm bị cắt.



Hình 2.6. Sơ đồ ước tính số vòng năm mắt

Đo đếm bề rộng vòng năm (Zr) bằng thiết bị đo Velmex, máy tính và kính hiển vi có độ phóng đại 40 lần cùng với sự trợ giúp của phần mềm J2X (Speer *et al.*, 2010 [146]) (Hình 2.7). Từ đó suy ra đường kính ngang ngực (D , cm), lượng tăng trưởng đường kính (Zd , $cm/năm$) theo năm và tuổi (A , $năm$) của các cây lấy mẫu khoan tăng trưởng.



Hình 2.7. Kính hiển vi (40X), thiết bị đo Velmex và máy tính để xác định bề rộng vòng năm



Hình 2.8. Mẫu lõi gỗ khoan đã được dán, đánh bóng và định tuổi chéo

2.2.5.2. Phương pháp xác định ảnh hưởng của các chỉ tiêu khí hậu đến độ vòng năm

Nhân tố khí hậu được thu thập theo các chỉ tiêu như nhiệt độ trung bình tháng i (T_i), trung bình năm (T_{tb}), lượng mưa trung bình tháng i (P_i), trung bình năm (P_{tb}) theo như mục 2.3.2.

Để loại trừ ảnh hưởng của nhân tố tuổi (A) đến bề rộng vòng năm, sử dụng chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa (Z_t) và được tính toán theo phần mềm Arstan (Cook, 1985 [99]).

$$Z_t = \frac{r_t}{g_t} \quad (2.23)$$

$$g_t = \frac{\sum r_t}{n} \quad (2.24)$$

Trong đó: Z_t là chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hoá tại năm t ; r_t là bề rộng vòng năm đo được tại năm t ; g_t là sinh trưởng trung bình tại năm t và n là số năm.

Lúc này kỳ vọng của chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa $E[Z_t] = 1$ cho tất cả thời điểm t và phương sai δ^2 của Z_t sẽ là:

$$\delta^2 = \sum_{t=1}^n \frac{(Z_t - E[Z_t])^2}{n} \quad (2.25)$$

Z_t được tính trung bình từ các mẫu cây khoan và theo chuỗi thời gian của khí hậu thu thập được ở ba vùng phân bố Thông 5 năm lá để xem xét ảnh hưởng của các nhân tố khí hậu đến Z_t . Dữ liệu chuỗi Z_t theo chuỗi khí hậu cho từng vùng sinh thái

trình bày trong các Phụ lục 2, Phụ lục 3 và Phụ lục 4. Như vậy từ chuỗi dữ liệu Z_t theo năm, chọn ra và hình thành những chuỗi giá trị Z_t theo năm tương ứng với những năm có giá trị khí hậu thu thập theo từng vùng phân bố sinh thái để nghiên cứu ảnh hưởng của nhân tố khí hậu đến bề rộng vòng năm chuẩn hóa Z_t .

Phân tích ảnh hưởng của các chỉ tiêu khí hậu chính như nhiệt độ theo tháng từ tháng 1 đến tháng 12 (T1-T12), nhiệt độ năm (T_{tb}), lượng mưa theo tháng từ 1 đến 12 (P1-P12), lượng mưa năm (P_{tb}) đến Z_t , một chỉ tiêu khí hậu được xem là có ảnh hưởng khi có $P < 0,05$.

Mô hình hóa quan hệ Z_t với biến khí hậu ảnh hưởng T_i/P_i được dò tìm theo các dạng tuyến tính và phi tuyến tính khác nhau. Sử dụng trọng số $Weight = 1/T_i/P_i^a$ với T_i/P_i là biến có ảnh hưởng lớn nhất, với $a = \pm 20$, thay đổi a để tìm mô hình tốt nhất với hệ số tương quan (R) hoặc/và hệ số xác định (R^2) cao nhất, sai số nhỏ, và đồ thị biến động sai số theo dự đoán là phân bố hẹp và đều quanh giá trị dự đoán (Bảo Huy, 2017a [31]).

Các sai số bé nhất được sử dụng gồm sai số trung bình bình phương (RMSE) và sai số trung bình tuyệt đối % (MAPE) (Swanson *et al.*, 2011 [149]; Huy *et al.*, 2016a, b, c, 2019 [113, 114, 115, 117]). Các sai số RMSE và MAPE tính theo công thức (2.18) và (2.19) đã được trình bày tại mục 2.2.3.2.

2.2.5.3. Phương pháp lập mô hình sinh trưởng, tăng trưởng đường kính Thông 5 lá thay đổi theo vùng phân bố và thẩm định chéo sai số (Cross-Validation)

Có một lượng lớn các dạng mô hình sinh trưởng, tăng trưởng cây rừng đã được đề xuất và phát triển (Zeide, 1993 [158]; Vanslay, 1994 [154]; Sedmak và Scheer, 2012 [145]; Martins *et al.*, 2014 [133]). Trong đó mô hình quan hệ chiều cao - đường kính (H/D) của Thông 5 lá được sử dụng theo dạng hàm Power, đây là hàm phổ biến cho quan hệ này được nhiều tác giả áp dụng (Đồng Sĩ Hiền, 1974 [18]; Bảo Huy, 2017a [31]; Trần Đức Trọng và cs, 2019 [69]); trong khi đó mô hình sinh trưởng D theo A được lựa chọn từ các mô hình dạng Exponential (Archontoulis và Miguez, 2015 [82]) và thay đổi tham số theo vùng phân bố (Bảo Huy, 2017a, b [31, 32]); mô

hình tỷ lệ tăng trưởng đường kính Pd/D trong đó $Pd = Zd/D$ giảm theo D tăng do đó được mô phỏng theo hàm Power và Hyperbol.

Dưới đây là các dạng hàm chính được thử nghiệm để lựa chọn mô hình sinh trưởng, tăng trưởng, tương quan của Thông 5 lá (Zeide, 1989, 1993 [157, 158]; Vanslay, 1994 [154]; Archontoulis và Miguez, 2015 [82]; Bảo Huy, 2017a [31]; Luo *et al.*, 2018 [130]):

$$\text{Power: } Y = a_i \times X^{b_i} + \varepsilon_i \quad (2.26)$$

$$\text{Chapman-Richards: } Y = Y_0 \times (1 - \exp(-a_i \times X))^{b_i} + \varepsilon_i \quad (2.27)$$

$$\text{Gompertz: } Y = Y_0 \times \exp(-a_i \times \exp(-b_i \times X)) + \varepsilon_i \quad (2.28)$$

$$\text{Korf: } Y = Y_0 \times \exp(-a_i / X^{b_i}) + \varepsilon_i \quad (2.29)$$

$$\text{Mitscherlich (Monomolecular): } Y = Y_0 \times (1 - \exp(-a_i \times X)) + \varepsilon_i \quad (2.30)$$

$$\text{Hyperbol: } Y = a_i + 1/X^{b_i} + \varepsilon_i \quad (2.31)$$

$$\text{Hàm phương sai của sai số ngẫu nhiên: } \text{Var}(\varepsilon_i) = \sigma^2 (\gamma_i)^{2k} \quad (2.32)$$

Trong đó Y là chiều cao cây (H , m) hoặc đường kính ngang ngực cây (D , cm), hoặc tỷ lệ tăng trưởng Pd ; Y_0 là giá trị tối đa của biến Y ; X là đường kính (D , cm) hoặc tuổi cây (A , năm); a_i , b_i và m_i là các tham số của các mô hình thay đổi theo vùng phân bố sinh thái Thông 5 lá i ; ε_i là sai số ngẫu nhiên theo vùng phân bố i ; σ^2 là tổng bình phương của sai số; γ_i là biến trọng số theo vùng phân bố i , và k là hệ số của hàm phương sai (Huy *et al.*, 2016a, 2019 [113, 117]).

Ước lượng các mô hình theo phương pháp hợp lý cực đại (Maximum Likelihood) cho dạng hàm ảnh hưởng tổng hợp phi tuyến có trọng số (Weighted non-linear mixed effect model) và xem xét ảnh hưởng ngẫu nhiên (random effects) của các vùng phân bố sinh thái khác nhau lên các tham số của mô hình. Áp dụng chương trình nlme trong phần mềm mã nguồn mở R (Pinheiro *et al.*, 2014 [139]; Huy *et al.*, 2016a, b, c, 2019 [113, 114, 115, 117]) để ước lượng các mô hình.

Sử dụng phương pháp thẩm định chéo (Cross-Validation) K-Fold với $K = 10$ để đánh giá sai số và lựa chọn mô hình; trong đó chia dữ liệu thành 10 phần bằng nhau một cách ngẫu nhiên, mỗi lần đánh giá sử dụng $K-1$ (9/10) dữ liệu để lập mô hình và tính các chỉ tiêu thống kê AIC, R^2_{adj} của mô hình, phần dữ liệu còn lại (K ,

1/10) dùng để đánh giá mô hình thông qua các sai số như Bias, RMSE, MAPE; lặp lại 10 lần việc lập mô hình và thẩm định chéo; cuối cùng các chỉ tiêu thống kê và sai số được tính trung bình từ 10 lần lặp lại (Kohavi, 1995 [124]; Picard *et al.*, 2012 [138]; Huy *et al.*, 2019 [117]).

Mô hình được lựa chọn dựa vào chỉ tiêu thống kê Akaike Information Criterion (AIC-Akaike, 1973 [81]) với AIC bé nhất, kết hợp với R^2_{adj} lớn và các sai số bé nhất gồm Bias (%), sai số trung bình bình phương (RMSE, %) và sai số trung bình tuyệt đối (MAPE %) (Swanson *et al.*, 2011 [149]; Huy *et al.*, 2016a, b, c, 2019 [113, 114, 115, 117]); kết hợp với kiểm tra đồ thị quan hệ giá trị thực nghiệm với dự đoán và phân bố sai số theo giá trị dự đoán qua mô hình.

Các sai số sử dụng thẩm định chéo:

$$Bias (\%) = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \quad (2.33)$$

$$RMSE (\%) = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K 100 \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right)^2} \quad (2.34)$$

$$MAPE (\%) = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|y_i - \hat{y}_i|}{y_i} \quad (2.35)$$

Trong đó: $K = 10$; n là số dữ liệu; y_i , \hat{y}_i lần lượt lần lượt là giá trị quan sát và dự đoán qua mô hình.

Chỉ tiêu AIC càng nhỏ càng phản ánh độ tin cậy cao của mô hình, do đó AIC được ưu tiên sử dụng trong lựa chọn mô hình tối ưu. Tuy nhiên khi giá trị thống kê như AIC và R^2_{adj} của các mô hình so sánh là gần bằng nhau, thì mô hình được lựa chọn dựa vào một hoặc các sai số (như là Bias, RMSE, MAPE) bé nhất.

Sau khi sử dụng phương pháp K-Fold để thẩm định chéo và lựa chọn mô hình thích hợp, các tham số của mô hình lựa chọn được ước tính dựa vào toàn bộ dữ liệu.

2.2.6. Phương pháp lập bản đồ phân bố mật độ loài Thông 5 lá

Trên cơ sở dữ liệu tọa độ điểm phân bố quần thể loài Thông 5 lá với các chỉ tiêu điều tra về mật độ, nhân tố sinh thái liên quan (19 điểm 1 km² theo 173 ô mẫu 1.000 m² nghiên cứu ở ba vùng phân bố ở Tây Nguyên), tiến hành lập cơ sở dữ liệu và sử dụng GIS để lập bản đồ cấp mật độ loài ở từng Vườn quốc gia và toàn vùng Tây Nguyên (Bảo Huy, 2009 [26]).

Sử dụng chức năng phân tích chuyên đề về mật độ Thematic Map/ Grid của Mapinfo xây dựng bản đồ mật độ quần thể loài.

Trên cơ sở lớp dữ liệu mật độ Thông 5 lá, thiết lập các tham số để lập bản đồ mật độ theo các cấp:

- Cell size (m): Kích cỡ của pixel hiển thị trên bản đồ, tùy vào bản đồ, giá trị càng nhỏ thì khi hiển thị sẽ rõ nét hơn.
- Search Radius (m): Bán kính quan sát hoặc cụ thể là khoảng cách giữa các điểm, các tuyến điều tra trên hiện trường, lấy giá trị tương ứng cự ly giữa hai tuyến điều tra trong từng điểm 1 km² là 500 m.
- Grid Border (m): Phạm vi từ các tuyến khảo sát đến ranh giới ngoài cùng của vùng quan sát loài.
- Method: Sử dụng phương pháp theo cấp mật độ phân chia đều.
- Number of Inflections: Số cấp phân chia, ở đây đối với Thông 5 lá chọn phân chia làm 4 cấp mật độ như ở Bảng 2.2.

Đồng thời các chỉ tiêu sinh thái liên quan đến quần thể được lưu trữ và dễ dàng cập nhật trong GIS và làm cơ sở để theo dõi biến động quần thể Thông 5 lá phục vụ cho quản lý và bảo tồn.

2.3. Đặc điểm khu vực nghiên cứu

a) Bidoup - Núi Bà

VQG Bidoup - Núi Bà tỉnh Lâm Đồng, nằm trên địa bàn hành chính của huyện Lạc Dương và một phần của huyện Đam Rông, tỉnh Lâm Đồng. Tổng diện tích tự nhiên là 69.663,2 ha, trong đó đất lâm nghiệp là 69.626,5 chiếm 99,94% tổng diện tích (QĐ số 1485/QĐ-UBND) [78].

Tọa độ địa lý từ 12⁰⁰'04" đến 12⁰⁵'00" vĩ độ Bắc và từ 108⁰¹'00" đến 108⁰⁴'00" kinh độ Đông. Có độ cao so với mặt nước biển dao động từ 640 – 2.287m, có độ dốc từ 15 – 30⁰, nghiêng từ Đông sang Đông Nam.

Trong khu vực có hai mùa rõ rệt, mùa mưa bắt đầu từ tháng 4 đến tháng 11, mùa khô bắt đầu từ tháng 12 đến tháng 4 năm sau. Nhiệt độ trung bình năm là 18,4⁰C; tháng lạnh nhất có nhiệt độ trung bình là 16⁰C (tháng 1), tháng nóng nhất có nhiệt độ trung bình là 19,9⁰C (tháng 5). Lượng mưa trung bình năm là 1.920mm (trung bình từ năm 2009 – 2016), tại các đai độ cao trên 1.900 m như các vùng núi Bidoup, Gia rích, Chư Yên Du thì lượng mưa có thể đạt từ 2.800 – 3.000 mm/năm.

Chủ yếu là đất Feralit vàng đỏ phát triển trên nền đá kết tinh chua, đất thịt nhẹ đến trung bình, tầng đất dày trung bình từ 30 – 80 cm, tỷ lệ đá lẫn dưới 20%, có kết cấu hơi chặt.

Đây là vùng thượng nguồn của hai hệ thống sông Serepok và sông Đồng Nai, với các hệ thống sông suối chằng chịt; và là nơi duy trì và cung cấp nguồn nước cho thành phố Đà Lạt và các vùng lân cận như Đồng Nai, thành phố Hồ Chí Minh.

Gồm nhiều hệ sinh thái rừng khác nhau như: Rừng kín thường xanh mưa ẩm nhiệt đới, rừng kín hỗn hợp cây lá rộng lá kim, rừng lùn đỉnh núi, rừng thưa cây lá kim á nhiệt đới núi thấp.

b) Chư Yang Sin

VQG Chư Yang Sin có địa bàn hành chính nằm trên 2 huyện Krông Bông và Lắk của tỉnh Đắk Lắk, tổng diện tích tự nhiên là 58.947 ha. Tọa độ địa lý từ 12⁰¹'16" đến 12⁰³'58" vĩ độ Bắc và từ 108⁰¹'47" đến 108⁰³'48" kinh độ Đông. Có độ cao so với mặt biển dao động từ 440 – 2.405 m, có độ dốc từ 25 – 35⁰.

Có hai mùa, mùa mưa bắt đầu từ tháng 4 đến tháng 12, mùa khô từ cuối tháng 12 đến đầu tháng 4 năm sau. Nhiệt độ trung bình năm là 22⁰C, nhiệt độ tháng nóng nhất là 23,7⁰C (tháng 3) và nhiệt độ tháng lạnh nhất là < 12⁰C (tháng 1). Lượng mưa trung bình năm cao, dao động từ 1.800 – 2.000 mm.

Chủ yếu là đất Feralit đỏ vàng phát triển trên đá mẹ Macma acid, tầng đất dày < 100cm, hàm lượng hữu cơ trong đất cao, giàu mùn (5 - 8%).

Đây là đầu nguồn của hệ thống sông Krông nô và Krông Ana cùng chảy vào hệ thống sông Serepok.

Gồm nhiều hệ sinh thái/kiểu rừng chính như: kiểu rừng kín thường xanh mưa ẩm nhiệt đới, rừng kín thường xanh mưa ẩm á nhiệt đới núi thấp, rừng kín thường xanh mưa ẩm á nhiệt đới núi trung bình và kiểu rừng thưa cây lá kim á nhiệt đới núi thấp.

c) Kon Ka Kinh

VQG Kon Ka Kinh nằm ở phía Đông Bắc của tỉnh Gia Lai, cách trung tâm thành phố Pleiku 50 km, có địa bàn hành chính thuộc hai huyện Mang Yang và Đăk Đoa, tổng diện tích tự nhiên là 42.143,25 ha. Tọa độ địa lý 14⁰20'00" độ vĩ Bắc 108⁰22'00" kinh độ Đông. Với 3 kiểu địa hình chính là: địa hình núi cao (từ 1.700 – 1.748 m); địa hình núi trung bình (700 – 1.700 m) và địa hình núi thấp (600 – 700 m).

Có hai mùa, mùa mưa bắt đầu từ tháng 5 đến tháng 11 và mùa khô từ tháng 12 đến tháng 4 năm sau. Nhiệt độ trung bình năm là 21,5 °C; nhiệt độ cao nhất là 25 °C (tháng 4), nhiệt độ thấp nhất là 15 °C (tháng 1). Lượng mưa trung bình năm dao động từ 2.000 – 2.500 mm.

Chủ yếu là các loại đất chính sau đất Feralit đỏ vàng trên đá mẹ Macma acid, đất Feralit nâu đỏ phát triển trên đá mẹ Macma kiềm trung tính và đất Feralit mùn vàng đỏ phát triển trên đá sét biến chất.

Đây là vùng đầu nguồn của 3 hệ thống sông chính: sông Ba, sông Sesan và sông Ayun.

Gồm các hệ sinh thái rừng chủ yếu sau: rừng kín thường xanh mưa ẩm nhiệt đới núi trung bình; Rừng kín thường xanh mưa ẩm nhiệt đới núi thấp; Rừng hỗn giao cây lá rộng lá kim mưa mùa nhiệt đới núi trung bình.

CHƯƠNG 3

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đặc điểm cấu trúc lâm phần có phân bố Thông 5 lá

Cấu trúc nghiên cứu bao gồm cấu trúc tổ thành loài cây thân gỗ, cấu trúc số cây theo cấp kính (N/D), theo chiều cao (N/H) và cấu trúc mặt bằng chung cho lâm phần và riêng cho loài Thông 5 lá.

Số liệu quan sát từ 17 ÔTC 2.500 m² trên ba vùng phân bố Bidoup - Núi Bà, Chư Yang Sin và Kon Ka Kinh, tính toán trung bình chung có được các kết quả sau:

- Mật độ trung bình cây gỗ của lâm phần (N_{tb}/ha) tại cả ba vùng phân bố biến động từ 1.087 – 1.750 cây/ha, trong đó vùng Chư Yang Sin có mật độ trung bình cao nhất là 1.750 cây/ha, tiếp đến là vùng Bidoup - Núi Bà với 1.251 cây/ha và thấp nhất là vùng Kon Ka Kinh với 1.087 cây/ha.

- Đường kính trung bình của lâm phần (D, cm) của cả ba vùng phân bố biến động từ 15,7 – 19,5 cm, lớn nhất là vùng Bidoup - Núi Bà (19,5 cm), tiếp đó là Kon Ka Kinh (17,1 cm) và nhỏ nhất là Chư Yang Sin (15,7 cm).

- Chiều cao trung bình của lâm phần (H) của cả 3 vùng biến động từ 12,4 – 15,0m, cao nhất là vùng Bidoup - Núi Bà (15,0 m), tiếp đó là Kon Ka Kinh (13,6 m) và thấp nhất là Chư Yang Sin (12,4 m).

3.1.1. Cấu trúc tổ thành loài lâm phần có phân bố Thông 5 lá

Kết quả nghiên cứu cho thấy Thông 5 lá có phân bố chủ yếu trong kiểu rừng lá rộng thường xanh xen một số loài cây lá kim, nhưng chưa hình thành kiểu rừng hỗn giao lá rộng lá kim. Tổng số loài cây gỗ là khá cao, biến động từ 107 – 130 loài, 61 – 78 chi và 35 – 42 họ thực vật.

Trong kiểu rừng nghiên cứu, nếu xét loài ưu thế với IV% > 5% thì vùng BD có 4 loài với tổng IV% là 29,2%, CYS chỉ có 1 loài với IV% = 8,4% và KKK có 3 loài với tổng IV% = 32,6%. Như vậy các lâm phần này chủ yếu ở kiểu phức hợp, độ ưu thế của các loài chưa rõ so với phân loại của Thái Văn Trùng (1978) [71] (Hình 1.1). Nghiên cứu nhằm xem xét quan hệ sinh thái của nhóm loài ưu thế của từ 5 - 10

loài, lúc này loài ưu thế được chọn với $IV\% \geq 3\%$ trong ba vùng sinh thái phân bố như ở Bảng 3.1.

Số loài ưu thế từ 5 – 8 loài; trong đó loài Thông 5 lá luôn xuất hiện là loài ưu thế với $IV\%$ từ 3,6% – 12,2% (Bảng 3.1). Danh mục và tên khoa học các loài cây xuất hiện trong các lâm phần nghiên cứu được thể hiện chi tiết tại Phụ lục 1.

Bảng 3.1. Thành phần loài ưu thế theo $IV\%$ trong các lâm phần có Thông 5 lá phân bố

Vùng phân bố	Thứ tự loài ưu thế	Loại	N (cây/ha)	N%	G (m ² /ha)	G%	F	F%	IV%
Bidoup Núi Bà	1	Ngũ mạt linh	137	10,9	6,42	10,8	54	6,5	9,4
	2	Thông 2 lá dẹt	42	3,4	10,66	17,9	30	3,6	8,3
	3	Thông 5 lá	21	1,7	9,18	15,4	17	2,1	6,4
	4	Trâm vô đồ	70	5,6	3,41	5,7	43	5,2	5,5
	5	Kha thụ ấn	68	5,4	1,81	3,0	32	3,8	4,1
	6	Cáp mộc bidoup	57	4,5	1,91	3,2	33	4,0	3,9
	7	Hồng tùng	24	1,9	3,97	6,7	20	2,4	3,7
	8	Chò xốt	35	2,8	1,74	2,9	28	3,4	3,0
	9	99 loài khác	797	63,8	20,34	34,2	576	69,1	55,7
	Tổng		1.251	100,0	57,38	100,0	811	100,0	100,0
Chư Yang Sin	1	Hồng quang	219	11,8	4,48	10,1	38	3,5	8,4
	2	Sồi linh	83	4,5	1,75	3,9	31	2,9	3,8
	3	Kha thụ nhím	77	4,1	1,78	4,0	33	3,0	3,7
	4	Trâm vô đồ	66	3,5	1,92	4,3	33	3,0	3,6
	5	Thông 5 lá	11	0,6	4,11	9,2	9	0,8	3,6
	6	125 loài khác	1.406	75,5	30,45	68,4	939	86,7	76,9
	Tổng		1.750	100	42,92	100,0	951	100,0	100,0
Kon Ka Kinh	1	Thông 5 lá	59	5,4	10,39	26,3	32	4,8	12,2
	2	Kha thụ	138	12,7	4,69	11,8	43	6,4	10,3
	3	Chò xốt	83	7,7	6,18	15,6	48	7,1	10,1
	4	Côm	45	4,1	1,11	2,8	30	4,4	3,8
	5	Sến	55	5,1	0,53	1,3	28	4,2	3,5
	6	Cáp mộc	42	3,9	0,88	2,2	24	3,6	3,2
	7	Kháo	45	4,1	0,34	0,9	28	4,2	3,0
	8	Gò đồng	40	3,68	0,71	1,78	23	3,5	3,0
	9	119 Loài khác	579	53,27	14,73	37,25	416	61,9	50,8
	Tổng		1.087	100,0	39,55	100,0	672	100,0	100,0

Kết quả từ Bảng 3.1, xác định được công thức tổ thành loài cho từng vùng phân bố:

- ***Bidoup - Núi Bà:***

9,4% *Ngũ mạt linh* + 8,3% *Thông 2 lá dẹt* + **6,4% *Thông 5 lá*** + 5,5% *Trâm vỏ đỏ* + 4,1% *Kha thụ ấn* + 3,9% *Cáp mộc bidoup* + 3,7% *Hồng tùng* + 3,0% *Chò xót* + 55,7% loài khác.

- ***Chư Yang Sin:***

8,4% *Hồng quang* + 3,8% *Sồi lĩnh* + 3,7% *Kha thụ nhím* + 3,6% *Trâm vỏ đỏ* + **3,6% *Thông 5 lá*** + 76,9% loài khác.

- ***Kon Ka Kinh:***

12,2% *Thông 5 lá* + 10,3% *Kha thụ* + 10,1% *Chò xót* + 3,8% *Côm* + 3,5% *sến* + 3,2% *Cáp mộc* + 3,0% *Kháo* + 3,0% *Gò đồng* + 50,8% loài khác.

Kết quả này cho thấy khác với một số loài Thông phổ biến khác như Thông 2 lá (*Thông nhựa*) và Thông 3 lá có thể hình thành những quần thể thuần loại, thì Thông 5 lá không chiếm ưu thế tuyệt đối mà hỗn giao với các loài cây lá rộng, lá kim khác.

Chỉ số IV% sử dụng bao gồm chỉ tiêu F% (tần suất phân bố của ô mẫu) và được tính chung trong từng vùng phân bố đã chỉ ra được khái quát thành phần loài ưu thế của các lâm phần có phân bố Thông 5 lá trên từng vùng sinh thái ở Tây Nguyên

Ngoài ra nhóm loài ưu thế ở các vùng sinh thái khác nhau là Bidoup - Núi Bà, Chư Yang Sin và Kon Ka Kinh có sự khác biệt rõ rệt (Bảng 3.1); kết quả này phù hợp với kết luận của Narayan và Anshumali (2015) [135] khi nghiên cứu về chỉ số quan trọng IV% của các loài ưu thế đã chỉ ra có sự thay đổi nhanh chóng loài ưu thế khi thay đổi các điều kiện, vùng sinh thái trong các vùng rừng nhiệt đới.

3.1.2. Cấu trúc tổ thành loài cây gỗ tái sinh ở lâm phần có phân bố Thông 5 lá

Kết quả tính toán chỉ số IV% của các loài cây gỗ tái sinh (chỉ tính theo hai nhân tố N% và F%) và như tầng cây gỗ, xác định loài ưu thế tái sinh có IV% \geq 3% cho từng vùng phân bố trình bày ở Bảng 3.2. Tổng số loài cây gỗ tái sinh biến động khá lớn, từ 36 – 97 loài, trong đó số loài cây gỗ tái sinh nhiều nhất là tại Chư Yang Sin với 97 loài, thấp nhất là tại Kon Ka Kinh với 36 loài. Số loài cây tái sinh ưu thế

biến động từ 4 – 7 loài. Trong tất cả các loài cây tái sinh đo đếm được tại ba vùng phân bố cho thấy rất hiếm bắt gặp Thông 5 lá tái sinh và không chiếm ưu thế trong các lâm phần có cây Thông 5 lá trưởng thành trong ô đo đếm. Trong khi đó, thỉnh thoảng vẫn bắt gặp Thông 5 lá tái sinh trong tự nhiên, đặc biệt Thông 5 lá có tái sinh khá nhiều ở nơi đất trống (Hình 3.1), những nơi mở tán hoặc ven đường mới mở.



Hình 3.1. Tái sinh tự nhiên Thông 5 lá trên đất trống trong VQG Chư Yang Sin.

Ảnh: Lê Cảnh Nam (2018)

Xem xét sự trùng khớp hay không giữa các loài ưu thế ở tầng cao và tái sinh trên cơ sở so sánh Bảng 3.1 và Bảng 3.2; kết quả cho thấy thành phần loài cây gỗ ưu thế ở các tầng cao và thành phần loài cây tái sinh ưu thế tại 3 vùng phân bố loài Thông 5 lá là có sự khác biệt; điều này cho thấy đây là kết quả của kiểu tái sinh tuần hoàn theo vết nơi mở tán - một đặc trưng của phương thức tái sinh của các hệ sinh thái rừng mưa nhiệt đới (Richard, 1952 [64]; Baur, 1975 [1]; Thái Văn Trường, 1978 [71]; Phùng Ngọc Lan, 1986 [43]).

Kết quả từ Bảng 3.2 xác định được cấu trúc tổ thành loài cây tái sinh trên 3 vùng phân bố như sau:

- **Bidoup – Núi Bà:**

7,0% Đa hương + 4,8% Diên bạch + 4,1% Công + 3,1% Sồi langbiang + 3,0% Cứt ngựa + 77,9% loài khác.

- **Chư Yang Sin:**

4,5% *Kha thụ nhím* + 3,9% *Cà ổi* + 3,8% *Trâm vỏ đỏ* + 3,0% *Kháo* + 84,7% loài khác.

- **Kon Ka Kinh:**

23,4% *Kha thụ* + 12,8% *Trâm* + 7,3% *Kháo* + 6,0% *Sâm* + 5,3% *Sồi* + 5,3% *Sụ lông* + 3,5% *Côm* + 35,5% loài khác.

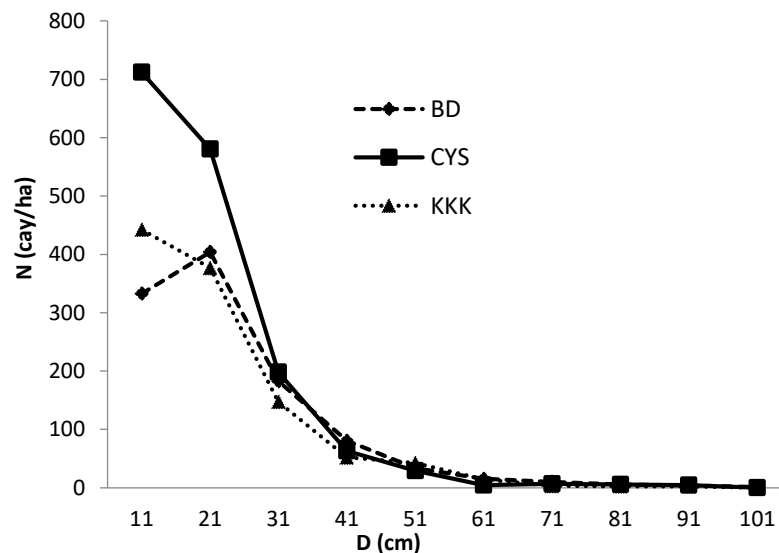
Bảng 3.2. Thành phần loài tái sinh ưu thế theo IV% trong các lâm phần có Thông 5 lá phân bố

Vùng phân bố	Thứ tự loài ưu thế	Loài	N/ha (cây/ha)	N%	F	F%	IV%
Bidoup - Núi Bà	1	Đa hương	1.500	8,2	750	5,8	7,0
	2	Diên bạch	1.083	5,9	500	3,9	4,9
	3	Công	667	3,7	583	4,5	4,1
	4	Sồi Langbiang	667	3,7	333	2,6	3,1
	5	Cút ngựa	750	4,1	250	1,9	3,0
	6	69 loài khác	13.583	74,4	10.500	81,3	77,9
		Tổng	18.250	100,0	12.917	100,0	100,0
Chư Yang Sin	1	Kha thụ nhím	1.300	5,4	600	3,7	4,5
	2	Cà ổi lá nhỏ	1.600	6,6	200	1,2	3,9
	3	Trâm đỏ	1.100	4,5	500	3,1	3,8
	4	Kháo	1.000	4,1	300	1,9	3,0
	5	93 loài khác	19.200	79,3	14.600	90,1	84,7
		Tổng	24.200	100,0	16.200	100,0	100,0
Kon Ka Kinh	1	Kha thụ	3.500	29,8	1.333	17,0	23,4
	2	Trâm	1.500	12,8	1.000	12,8	12,8
	3	Kháo	1.083	9,2	417	5,3	7,3
	4	Sâm	750	6,4	583	7,4	6,0
	5	Sồi	500	4,3	500	6,4	5,3
	6	Sụ lông	500	4,3	500	6,4	5,3
	7	Côm	333	2,8	333	4,3	3,5
	8	29 loài khác	3.583	30,5	316	40,4	35,5
		Tổng	11.750	100,0	7.833	100,0	100,0

Kết quả phân tích này và từ thực tế trong tự nhiên cho thấy không phải Thông 5 lá không có tái sinh tự nhiên mà chỉ tái sinh tại những nơi có điều kiện thuận lợi về các điều kiện sinh thái, đó là đủ ánh sáng, nhiệt độ, ... hoặc ở những lỗ trống trong rừng, bìa rừng hay các khu vực mở tán. Tán rừng thành thực có cây mẹ Thông 5 lá đã cản trở tái sinh tự nhiên của chính loài này, chủ yếu là hạn chế về nhiệt, và thiếu ánh sáng. Phí Hồng Hải (2011) [16] và Trang (2011) [152] cũng có nhận định tương tự về đặc điểm tái sinh tự nhiên của loài này. Một quan sát khác cho rằng sự khó khăn trong tái sinh tự nhiên Thông 5 lá còn do nó yêu cầu định kỳ cần có lửa rừng để dọn dẹp cỏ dại và thúc đẩy hạt giống nảy mầm (Hiep *et al.*, 2004 [110]).

3.1.3. Cấu trúc số cây theo cấp kính (N/D) của lâm phần có phân bố Thông 5 lá

Dãy phân bố N/D của các lâm phần có phân bố Thông 5 lá cho ba vùng phân bố thể hiện trong Hình 3.2. Kiểu dạng phân bố của các lâm phần này hoàn toàn đồng nhất với kiểu phân bố chung của kiểu rừng hỗn loại lá rộng nhiệt đới mà nhiều tác giả đã khẳng định (Nguyễn Văn Trương, 1973, 1983 [73, 74]; Đồng Sĩ Hiền, 1974 [18]; Phùng Ngọc Lan, 1986 [43]; Trần Văn Con, 1991 [7], Bảo Huy, 2017a [31]) đó là dạng phân bố giảm hình chữ J ngược hoặc có một đỉnh ở cấp kính thứ 2.



Hình 3.2. Phân bố N/D của lâm phần có Thông 5 lá ở các vùng phân bố.

BD: Bidoup - Núi Bà, CYS: Chư Yang Sin, KKK: Kon Ka Kinh

Biểu đồ phân bố số cây theo cấp kính cũng cho thấy ngoại trừ hai cấp kính đầu (cấp kính 11 và 21 cm) thì từ cấp kính 31 cm trở đi cả ba đường phân bố N/D của cả 3 vùng gần như là trùng nhau. Cho thấy các lâm phần có Thông 5 lá khá đồng nhất về phân bố N/D, chỉ khác biệt một ít ở lớp cây nhỏ do tác động khác nhau của các yếu tố môi trường dưới tán rừng tạo nên sự thay đổi mật độ lớp cây nhỏ.

Kết quả kiểm tra sự đồng nhất của các phân bố N/D trong cùng vùng phân bố và ở cả ba vùng theo tiêu chuẩn K mẫu đứn quăng bằng tiêu chuẩn χ^2 ở Bảng 3.3.

Bảng 3.3. Kiểm tra sự đồng nhất các dãy phân bố N/D của các ô tiêu chuẩn trong vùng và khác vùng phân bố theo tiêu chuẩn χ^2

Stt	K mẫu	χ^2	χ^2 (0,05; df = (m-1)(k-1))	Kết luận	Ghi chú
1	17 ô	474,98	164,22	H_0^-	df=(17-1)(9-1)
2	4 ô (BD:1, 3, 5; CYS: 6)	33,12	36,42	H_0^+	df=(8-1)(4-1)
3	4 ô (CSY: 5; KKK:1,2,4)	29,65	40,11	H_0^+	df=(10-1)(4-1)
4	3 ô (BD: 2, 6; KKK: 5)	9,20	28,87	H_0^+	df=(9-1)(3-1)
5	3 ô (BD 4, CYS: 1, 2)	21,27	26,30	H_0^+	df=(9-1)(3-1)
6	2 ô (CYS 3; KKK 3)	12,86	15,51	H_0^+	df=(9-1)(2-1)
7	CYS 4				

Ghi chú: BD: Bidoup - Núi Bà; CYS: Chư Yang Sin; và KKK: Kon Ka Kinh; i ($i = 1, \dots, 6$) là số thứ tự ô tiêu chuẩn. H_0^+ : Các dãy phân bố N/D ở các ô mẫu là đồng nhất, H_0^- : Các dãy phân bố N/D ở các ô mẫu là có sự khác biệt.

Kết quả cho thấy không có đồng nhất chung các dãy N/D của tất cả ô mẫu ở ba vùng phân bố, như vậy có sự khác biệt giữa các ô trong từng vùng hay giữa các vùng. Đã tổ hợp xếp các nhóm đồng nhất và kết quả thu được cho thấy có 5 nhóm ô đồng nhất với nhau và 01 ô riêng biệt. Các nhóm ô này có thể gộp lại để mô phỏng phân bố N/D chung theo nhóm theo các dạng hàm phân bố lý thuyết (04 hàm).

Bảng 3.4. Kết quả kiểm tra mô phỏng cấu trúc N/D theo nhóm ô đồng nhất ở 3 vùng phân bố

Stt	Nhóm OTC đồng nhất	Dạng hàm phân bố	λ	γ	α	β	χ^2	χ^2 (0,05)	df	Kết luận
1	BD (1,3,5) và CYS 6	Mayer			1513,8	0,074	158,78	11,07	5	H_0^-
		Khoảng cách		0,296425	0,47		10,34	11,07	5	H_0^+

Stt	Nhóm OTC đồng nhất	Dạng hàm phân bố	λ	Y	α	β	χ^2	$\chi^2(0,05)$	df	Kết luận
		Hình học			0,57		145,60	14,07	7	H_0^-
		Weibull	0,074493		0,90		67,56	14,07	7	H_0^-
2	CYS 5 và KKK (1,2,4)	Mayer			2106,2	0,080	201,54	11,07	5	H_0^-
		Khoảng cách		0,399149	0,40		8,42	11,07	5	H_0^+
		Hình học			0,28		83,15	12,59	6	H_0^-
		Weibull	0,089615		0,90		102,08	14,07	7	H_0^-
3	BD (2, 6) và KKK5	Mayer			1018,3	0,060	112,12	11,07	5	H_0^-
		Khoảng cách		0,32015	0,47		12,02	11,07	5	H_0^-
		Hình học			0,56		79,99	14,07	7	H_0^-
		Weibull	0,076446		0,90		61,37	14,07	7	H_0^-
4	BD 4 và CYS (1, 2)	Mayer			1014,6	0,070	325,69	9,49	4	H_0^-
		Khoảng cách		0,437016	0,34		9,81	7,81	3	H_0^-
		Hình học			0,46		163,63	12,59	6	H_0^-
		Weibull	0,098258		0,90		207,06	12,59	6	H_0^-
5	CYS 3 và KKK 3	Mayer			1015,7	0,060	125,67	11,07	5	H_0^-
		Khoảng cách		0,505034	0,49		50,27	11,07	5	H_0^-
		Hình học			0,49		50,31	12,59	6	H_0^-
		Weibull	0,218218		0,60		77,10	12,59	6	H_0^-
6	CYS 4	Mayer			1408,9	0,131	68,57	5,99	5	H_0^-
		Khoảng cách		0,555825	0,21		1,93	5,99	2	H_0^+
		Hình học			0,36		31,58	9,49	4	H_0^-
		Weibull	0,206968		0,90		3,65	7,81	6	H_0^+

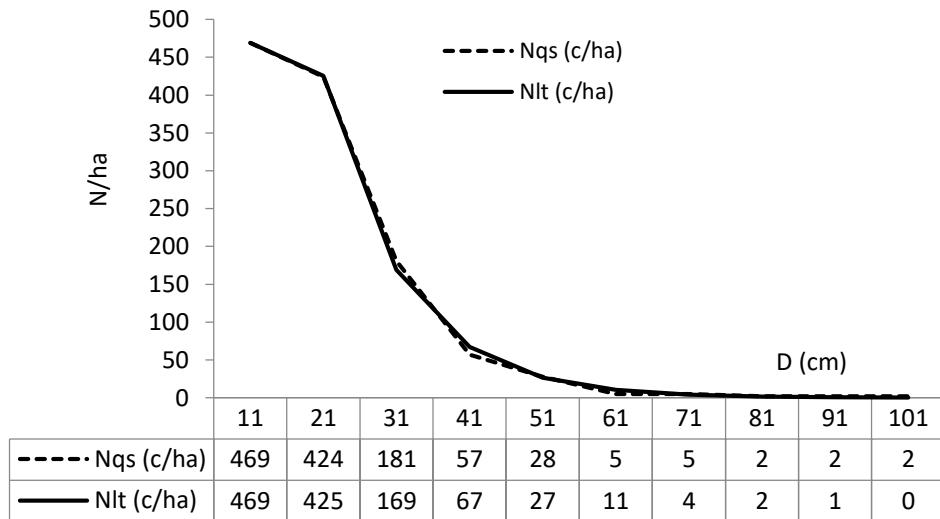
Ghi chú: H_0^- : Không mô phỏng được theo các dạng phân bố lý thuyết; H_0^+ : mô phỏng được theo dạng phân bố lý thuyết (in đậm). BD: Bidoup - Núi Bà; CYS: Chư Yang Sin; và KKK: Kon Ka Kinh.

Tại Bảng 3.4 cho thấy có 3 nhóm ô tiêu chuẩn có thể mô phỏng theo dạng phân bố khoảng cách với 9/17 ô, chiếm tỷ lệ (53%) với $\chi^2 < \chi^2(0,05)$, các nhóm ô tiêu chuẩn còn lại không thể mô phỏng theo 4 dạng phân bố lý thuyết thể được chọn hiện qua $\chi^2 > \chi^2(0,05)$. Riêng ô tiêu chuẩn CYS 4 có thể mô phỏng theo hai hàm phân bố khoảng cách và Weibull.

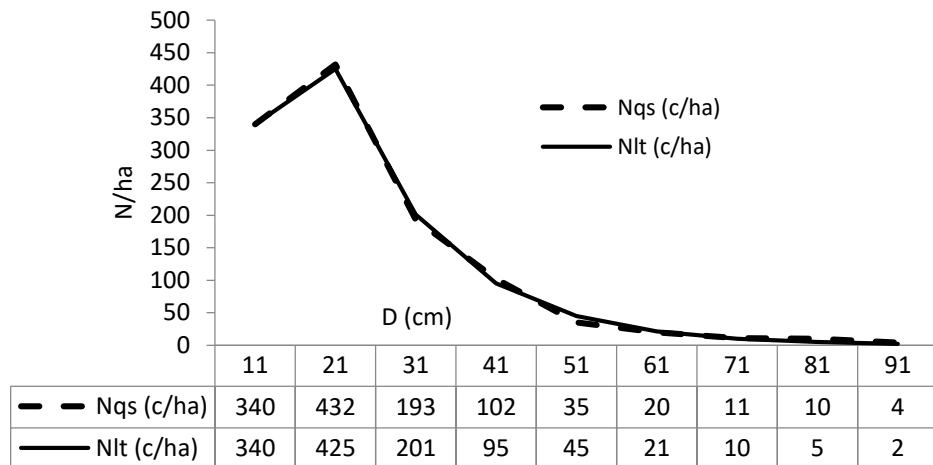
Kết quả này cho thấy quy luật chung của phân bố N/D của các lâm phần có Thông 5 lá:

- Đa số tuân theo quy luật phân bố khoảng cách có dạng giảm chữ J ngược hoặc có một đỉnh ở cấp D nhỏ (Hình 3.3). Quy luật phân bố của các lâm phần này

cũng theo quy luật chung của các kiểu rừng hỗn giao lá rộng lá kim đã được mô phỏng bởi Nguyễn Văn Trương (1973, 1983) [73, 74] và Đồng Sĩ Hiền (1974) [18]. Kết quả này cho thấy hầu hết các lâm phần nghiên cứu ở 3 vùng là ổn định và bền vững về mặt số lượng cá thể.



(a)



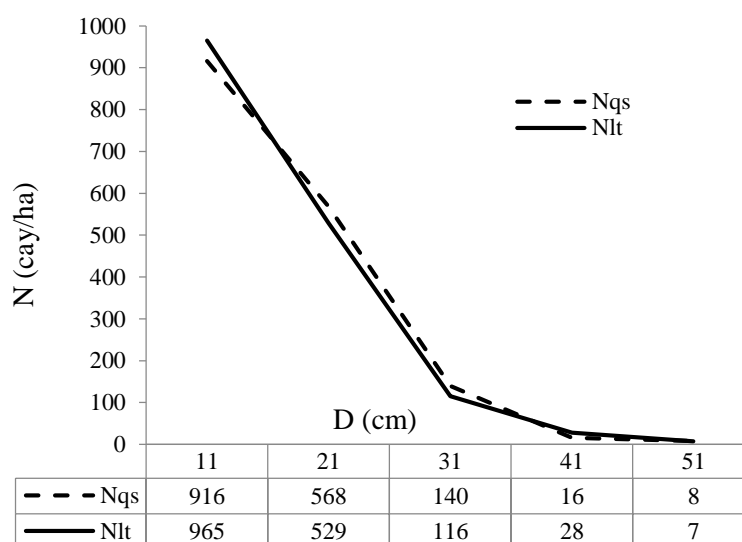
(b)

Hình 3.3. Kiểu dạng phân bố quan sát N/D và mô phỏng theo phân bố khoảng cách:

a) dạng giảm chữ J ngược; và b) dạng giảm có đỉnh ở cấp kính nhỏ.

Nqs: Số cây quan sát, Nlt: Số cây ước lượng theo hàm phân bố khoảng cách.

- Phân bố Weibull về lý thuyết có khả năng mô tả cho nhiều kiểu dạng phân bố N/D. Tuy nhiên trong nghiên cứu này, phân bố Weibull chỉ phù hợp với một ô tiêu chuẩn (Hình 3.4). Do vậy phân bố khoảng cách là phù hợp nhất để mô phỏng phân bố N/D chung ở các vùng phân bố.



Hình 3.4. Mô phỏng phân bố N/D của ô CY5 4 theo phân bố Weibull ($\alpha = 0,9$).

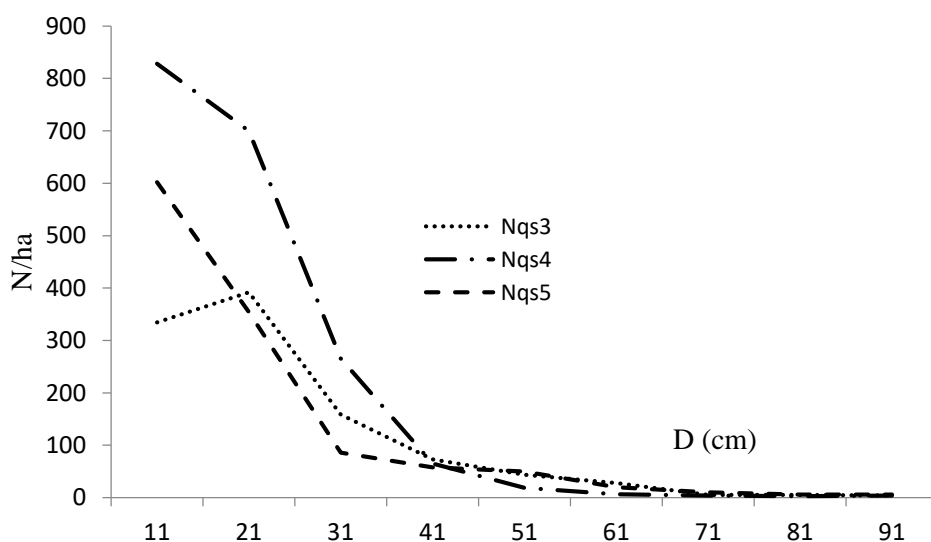
Nqs: Số cây quan sát, Nlt: Số cây ước lượng theo hàm Weibull.

- Có ba nhóm (8/17 ôtc, chiếm 47%) ô tiêu chuẩn không mô phỏng được theo 4 hàm phân bố lý thuyết Weibull, Khoảng cách, Hình học và Mayer. Điều này cho thấy phân bố N/D cũng có sự khác biệt và riêng biệt đáng kể, sự khác biệt này chịu ảnh hưởng của sự khác nhau của vùng sinh thái (Hình 3.5).

Cả ba nhóm ôtc này có dạng phân bố N/D tuân theo kiểu dạng phân bố chung là giảm chữ J ngược hoặc có một đỉnh ở cấp kính thứ 2. Tuy nhiên tốc độ giảm khác hoặc đỉnh phân bố thấp nên không phù hợp với một dạng phân bố lý thuyết nào trong 4 dạng hàm phân bố được thử nghiệm.

Kết quả nghiên cứu này phù hợp với một số nghiên cứu gần đây cho rằng phân bố khoảng cách, hình học mô phỏng tốt cho phân bố N/D của kiểu rừng hỗn giao cây lá rộng lá kim ở Tây Nguyên (Phí Hồng Hải, 2011 [16]; Nguyễn Trọng Bình, 2014 [2]); ngoài ra phân bố N/D có thể mô phỏng theo dạng hàm phân bố Weibull (Phí

Hồng Hải, 2011 [16]; Lê Cảnh Nam và Nguyễn Thành Mến, 2012 [51]; Lê Cảnh Nam và cs, 2016 [52]).



Hình 3.5. Các dãy N/D quan sát của 3 nhóm ô không mô phỏng được theo bốn dạng phân bố lý thuyết thử nghiệm. Nqs 3, 4, 5 là dữ liệu cây quan sát ở nhóm ô 3, 4, 5

Tóm lại quy luật phân bố N/D phổ biến của các lâm phần có phân bố Thông 5 lá ở Tây Nguyên biểu thị cho cấu trúc rừng hỗn loài khác tuổi, tuân theo phân bố khoảng cách dạng giảm hoặc có 1 đỉnh ở cấp kính thứ hai. Kiểu phân bố giảm cho thấy các lâm phần có Thông 5 lá là bền vững, còn kiểu phân bố giảm một đỉnh thể hiện sự hạn chế lớp cây nhỏ do lâm phần thành thực làm cản trở ánh sáng, không gian dinh dưỡng cho lớp cây tái sinh, kế cận; điều này sẽ được giải tỏa khi mà thế hệ cây già ngã đổ mở ra không gian cho thế hệ tiếp theo.

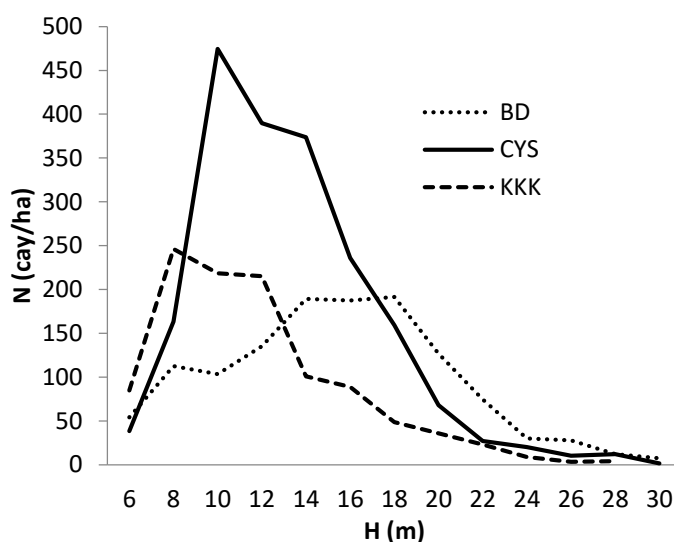
Mô hình phân bố khoảng cách với các tham số của nó đã ước lượng trong nghiên cứu này cung cấp cơ sở để ước tính phân bố N/D lâm phần có phân bố Thông 5 lá ở Tây Nguyên và là cơ sở để thiết lập giải pháp lâm sinh bảo đảm sự ổn định của cấu trúc và lựa chọn để xây dựng mô hình mẫu chuẩn trong điều chỉnh cấu trúc rừng theo hướng bền vững.

Việc sử dụng phân bố lý thuyết khoảng cách để ước lượng phân bố N/D của các lâm phần có Thông 5 lá, trước hết tính các tham số trung bình, từ đó tính được

xác suất phân bố P_i theo tầng cấp D_i ; và chỉ cần điều tra mật độ sau đó nhân với xác suất P_i từng cấp kính sẽ ước tính được dãy phân bố N/D .

3.1.4. Cấu trúc số cây theo cấp chiều cao (N/H) của lâm phần có phân bố Thông 5 lá

Phân bố chung N/H của lâm phần có phân bố Thông 5 lá tại Bidoup - Núi Bà, Chư Yang Sin và Kon Ka Kinh được thể hiện tại Hình 3.6; cho thấy phân bố N/H của cả 3 vùng đều có dạng có đỉnh, tuy nhiên tại cả hai vùng Chư Yang Sin và Kon Ka Kinh có dạng một đỉnh lệch trái, số cây tập trung nhiều ở cấp chiều cao nhỏ từ 8 – 14 m. Riêng tại vùng Bidoup - Núi Bà phân bố có dạng hình chuông, số cây tập trung nhiều ở các cấp chiều cao 14 – 20 m. Kiểu dạng phân bố N/H này cũng tương đồng với quy luật phân bố N/H của rừng hỗn giao lá rộng nhiệt đới được mô tả bởi Đồng Sĩ Hiền (1974) [18] và Nguyễn Văn Trương (1973, 1983) [73, 74]. Đây là một đặc trưng của rừng kín nhiệt đới, nhiều loài cây ở cấp kính nhỏ nhưng đã vươn cao để cạnh tranh ánh sáng, do đó đã tạo nên một tầng có đỉnh với nhiều loài cây tham gia. Độ cao của tầng tạo đỉnh tùy thuộc vào mức độ thành thực, lập địa của mỗi vùng sinh thái.



Hình 3.6. Phân bố N/H của các lâm phần có phân bố Thông 5 lá ở Tây nguyên.

Kết quả kiểm tra sự đồng nhất dãy phân bố N/H giữa các ô và vùng phân bố bằng tiêu chuẩn χ^2 mức ý nghĩa $P = 0,05$ trình bày trong Bảng 3.5.

Bảng 3.5. Kiểm tra sự đồng nhất dãy phân bố N/H các ô tiêu chuẩn ở các vùng phân bố

Stt	K mẫu	χ^2	χ^2 (0,05; df = (m-1)(k-1))	Kết luận	Ghi chú
1	17 ô	2116,53	225,33	H_0^-	df=(17-1)(12-1)
2	4 ô (CSY 5; KKK: 1, 2, 4)	528,34	47,40	H_0^-	df=(12-1)(4-1)
3	4 ô (BD: 1, 3, 5; CYS 6)	596,78	47,40	H_0^-	df=(13-1)(4-1)
4	3 ô (BD 2; CYS 5; KKK 5)	524,39	36,42	H_0^-	df=(12-1)(3-1)
5	3 ô (BD 4; CYS: 2, 3)	1246,25	36,42	H_0^-	df=(12-1)(3-1)
6	2 ô (CYS 4; KKKL 3)	810,23	36,42	H_0^-	df=(12-1)(3-1)

Ghi chú: BD: Bidoup - Núi Bà; CYS: Chư Yang Sin và KKK: Kon Ka Kinh. Các tổ hợp ô trong bảng là đại diện cho các phương án tổ hợp khác nhau.

Kết quả cho thấy giữa các ô và các phương án tổ hợp các nhóm ô (Bảng 3.5) không có sự đồng nhất nào, điều này phản ánh phân bố số cây theo cấp chiều cao (N/H) khá nhạy cảm và có sự riêng biệt rõ rệt theo từng vùng phân bố hoặc theo các điều kiện hoàn cảnh khác nhau.

Vì vậy đề tài đã tiến hành kiểm tra khả năng mô phỏng phân bố số cây theo cấp chiều cao (N/H) cho từng dữ liệu của 17 ô tiêu chuẩn theo ba dạng phân bố lý thuyết (không sử dụng hàm Mayer dạng giảm vì các phân bố N/H thực tế đều có đỉnh), kết quả có 6/17 ôtc mô phỏng được theo hàm phân bố Weibull (Bảng 3. 6).

Bảng 3. 6. Kết quả các ô có thể mô phỏng được cấu trúc N/H theo một phân bố lý thuyết ở ba vùng phân bố.

St	Ô mẫu theo vùng phân bố	Dạng hàm phân bố	Các tham số				χ^2	χ^2 (0,05, df)	Độ tự do (df)	Kết luận
			λ	γ	α	β				
1	BD 5	Khoảng cách		0,074	0,770		43,19	16,92	9	H_0^-
		Hình học			0,774		92,79	18,31	10	H_0^-
		Weibull	0,020		1,800		10,36	14,07	7	H_0^+
2	BD 6	Khoảng cách		0,038	0,804		76,76	16,92	9	H_0^-
		Hình học			0,805		141,71	18,31	8	H_0^-
		Weibull	0,009		2,000		10,56	15,51	8	H_0^+
3	CYS 1	Khoảng cách		0,046	0,672		124,17	11,07	5	H_0^-
		Hình học			0,744		309,80	14,07	7	H_0^-
		Weibull	0,187		1,600		1,99	5,99	2	H_0^+

St t	Ô mẫu theo vùng phân bố	Dạng hàm phân bố	Các tham số				χ^2	χ^2 (0,05, df)	Độ tự do (df)	Kết luận
			λ	γ	α	β				
4	CYS 2	Khoảng cách		0,031	0,689		186,27	12,59	6	H_0^-
		Hình học			0,757		369,78	14,07	7	H_0^-
		Weibull	0,211		1,400		5,12	7,81	3	H_0^+
5	CYS 4	Khoảng cách		0,012	0,730		219,71	11,07	5	H_0^-
		Hình học			0,422		648,08	18,31	10	H_0^-
		Weibull	0,277		1,500		0,47	5,99	2	H_0^+
6	KKK1	Khoảng cách	0,150		0,597		18,83	11,07	5	H_0^-
		Hình học			0,678		71,46	12,59	6	H_0^-
		Weibull	0,049		1,700		0,60	11,07	5	H_0^+

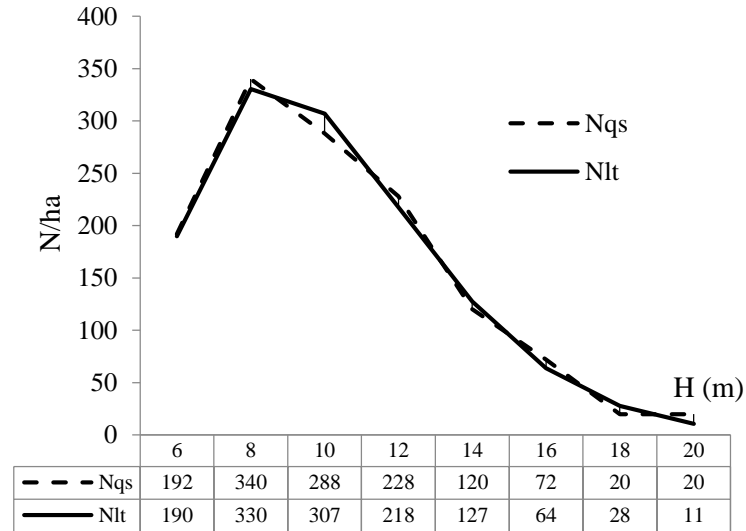
Ghi chú: H_0^- : giả thuyết bị bác bỏ; H_0^+ : Giả thuyết được chấp nhận, hàm phân bố lý thuyết mô phỏng tốt cho phân bố quan sát.

BD: Bidoup - Núi Bà, CYS: Chư Yang Sin và KKK: Kon Ka Kinh. In đậm là phân bố N/H mô phỏng được với một dạng phân bố lý thuyết.

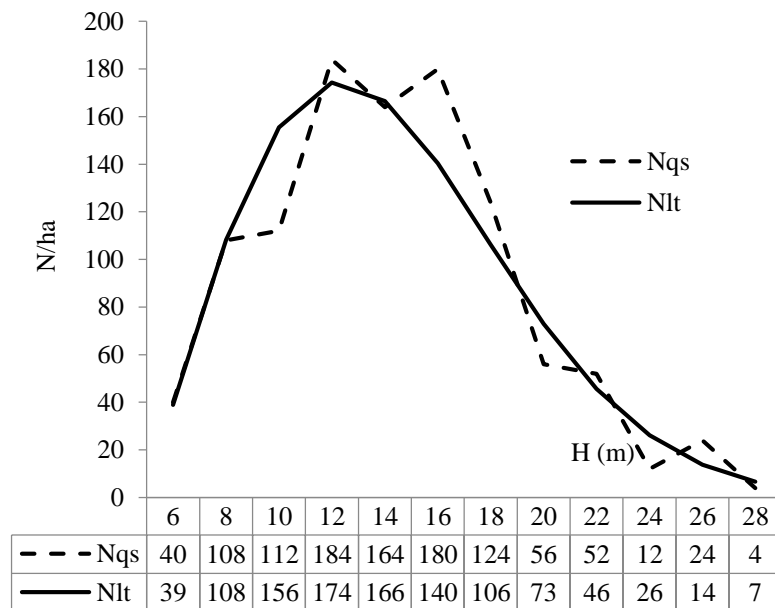
Như vậy có 6/17 (tỷ lệ 35%) ô tiêu chuẩn có thể mô phỏng phân bố N/H theo hàm phân bố Weibull có đỉnh; phản ánh quy luật chung của phân bố N/H có đỉnh lệch trái đến gần chuẩn (Hình 3.7) và chỉ thị cho sự cạnh tranh ánh sáng của các loài cỏ găng vươn lên các tầng cao. Do vậy kết luận này khác với Lê Cảnh Nam và Nguyễn Thành Mến (2012) [51], Lê Cảnh Nam và cs (2016) [52] khi cho rằng phân bố N/H của rừng hỗn giao cây lá rộng lá kim có phân bố các loài cây Thông 5 lá, Thông 2 lá dẹt tại VQG Bidoup - Núi Bà đều tuân theo hàm phân bố Weibull; hoặc Nguyễn Trọng Bình (2014) [2] khẳng định rằng các hàm phân bố Weibull, Mayer và Khoảng cách đều không phù hợp để mô phỏng cho phân bố N/H của kiểu rừng hỗn giao cây lá rộng lá kim tại VQG Bidoup - Núi Bà.

Tuy nhiên, từ kết quả này cũng cho thấy phân bố N/H rất biến động và có nhiều kiểu dạng phân bố (chiếm tỷ lệ 65%), như từ dạng giảm cho đến có từ một đến nhiều đỉnh và thay đổi theo từng vùng, từng điều kiện sinh thái do đó khó tiếp cận theo một quy luật phân bố chung (Hình 3.8). Vì vậy cần hạn chế sử dụng phân bố lý thuyết để ước tính phân bố N/H; chỉ sử dụng để mô tả sự phân tầng, tầng tụ tán nhằm đề xuất giải pháp lâm sinh thích hợp. Việc sử dụng phân bố lý thuyết Weibull để ước lượng phân bố N/H của lâm phần có Thông 5 lá, trước hết tính các tham số trung

bình, từ đó tính được xác suất phân bố P_i theo từng cấp H_i ; và chỉ cần điều tra mật độ và nhân với xác suất từng cấp P_i sẽ ước tính được phân bố N/H .

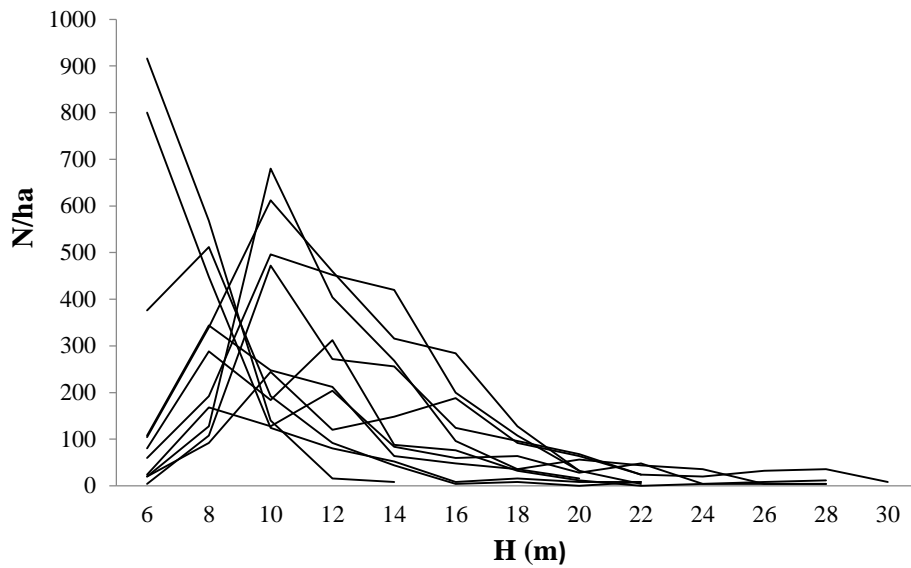


(a)



(b)

Hình 3.7. Mô phỏng phân bố N/H theo phân bố Weibull có dạng lệch trái (a) đến gần chuẩn (b). Nqs: Số cây quan sát/ha; Nlt: Số cây ước tính/ha theo Weibull



Hình 3.8. Các dãy phân bố N/H ở các ôtc trên ba vùng không mô phỏng được theo phân bố lý thuyết

3.1.5. Cấu trúc mặt bằng của lâm phần và riêng loài Thông 5 lá

Kết quả đánh giá kiểu phân bố cây trên mặt đất rừng cho chung các loài và riêng loài Thông 5 lá ở ba vùng phân bố được trình bày ở Bảng 3.7.

Bảng 3.7. Cấu trúc mặt bằng lâm phần theo ô tiêu chuẩn và riêng loài Thông 5 lá trên 3 vùng phân bố

Vùng hân bố	Ô tiêu chuẩn	Lâm phần/Loài	\bar{x} (m)	n (tổng khoảng cách)	λ (số cây/m ²)	U	Kiểu phân bố
BD	BD1	Lâm phần	1,25	337	0,1348	-2,919	Cụm
	BD2	Lâm phần	1,32	331	0,1324	-1,357	Ngẫu nhiên
	BD3	Lâm phần	1,44	312	0,1248	0,570	Ngẫu nhiên
	BD4	Lâm phần	1,15	359	0,1436	-3,647	Cụm
	BD5	Lâm phần	1,48	271	0,1-84	-0,808	Ngẫu nhiên
	BD6	Lâm phần	1,28	266	0,1064	-5,076	Cụm
6 ô		Thông 5 lá	8,16	32	0,0021	-2,669	Cụm
CYS	CYS1	Lâm phần	0,99	569	0,2276	-2,624	Cụm
	CYS2	Lâm phần	1,07	494	0,1976	-2,231	Cụm
	CYS4	Lâm phần	1,14	386	0,1544	-3,770	Cụm
	CYS4	Lâm phần	1,23	413	0,1652	-0,108	Ngẫu nhiên

Vùng hân bố	Ô tiêu chuẩn	Lâm phân/Loài	\bar{x} (m)	n (tổng khoảng cách)	λ (số cây/m ²)	U	Kiểu phân bố
	4 ô	Thông 5 lá	11,13	50	0,0011	-3,536	Cụm
KKK	KKK1	Lâm phân	1,35	322	0,1288	-0,949	Ngẫu nhiên
	KKK2	Lâm phân	1,40	303	0,1212	-0,866	Ngẫu nhiên
	KKK3	Lâm phân	1,67	212	0,0848	-0,716	Ngẫu nhiên
	KKK4	Lâm phân	1,41	274	0,1096	-2,030	Cụm
	KKK5	Lâm phân	1,46	248	0,099	-2,376	Cụm
	5 ô	Thông 5 lá	6,19	54	0,006	-0,581	Ngẫu nhiên

Ghi chú: BD: Bidoup - Núi Bà; CYS: Chư Yang Sin và KKK: Kon Ka Kinh

Xét về lâm phần thì có 8 ô có phân bố cụm (chiếm 53%), 7 ô phân bố ngẫu nhiên (chiếm 47%). Các kiểu phân bố mặt bằng của các lâm phần này cũng theo kiểu chung của rừng mưa nhiệt đới, đó là chủ yếu phân bố cụm ở giai đoạn trung niên, chuyển dần sang ngẫu nhiên đến đều khi bắt đầu thành thực (Nguyễn Văn Trương, 1973, 1983 [73, 74]; Bảo Huy, 2017a [31]).

Trong khi đó nếu xét riêng loài Thông 5 lá thì hầu hết có phân bố cụm, riêng vùng phân bố Kon Ka Kinh, quần thể loài Thông 5 lá có phân bố ngẫu nhiên. Kết quả này phù hợp với đặc điểm phân bố và tái sinh loài Thông 5 lá, chúng chỉ tái sinh nơi lỗ trống và tuần hoàn, do đó thường có phân bố cụm các cây Thông 5 lá theo vệt và sau đó theo thời gian sẽ tuần hoàn trong vùng phân bố thích hợp tạo thành kiểu phân bố bức khảm. Từ kết quả này đưa đến gợi ý việc xúc tiến tái sinh và bảo tồn Thông 5 lá cần tuân theo quy luật tuần hoàn và phân bố cụm; trong đó cần xúc tiến tái sinh theo nơi lỗ trống và bảo tồn loài theo cụm, đám.

Nghiên cứu về cấu trúc mặt bằng còn có cách tiếp cận khác đó là xem xét phân bố của mật độ (N) hoặc/và tổng tiết diện ngang cây rừng (G) hoặc/và trữ lượng (M) trên một đơn vị diện tích đất rừng, rừng được coi là có phân bố đồng đều khi một trong các chỉ tiêu lâm phần này là bằng nhau trên các đơn vị diện tích đất rừng, ngược lại nếu chỗ có chỉ tiêu lâm phần quá cao, chỗ quá thấp thì rừng có phân bố không đồng đều và chưa tận dụng tốt nhất không gian dinh dưỡng. Từ đây đề xuất điều chỉnh để rừng đạt sự đồng đều về N/G/M; rừng trồng với cự ly trồng cách đều là một minh

hoạ cho sự phân bố đều N/G/M trên diện tích đất rừng. Theo cách tiếp cận này Nguyễn Văn Trương (1983) [74] đã đề nghị phân chia rừng tự nhiên thành các đơn vị đất 400 m² (20 m × 20 m) và cho rằng có phân bố đều khi mỗi đơn vị đất có G xấp xỉ giá trị G trung bình của lâm phần; ngược lại có đơn vị đất có G cao và nơi lại có G quá thấp thì rừng không tận dụng tốt không gian dinh dưỡng; biện pháp lâm sinh lúc này là tỉa thưa nơi có G cao và xúc tiến tái sinh, sinh trưởng nơi có G thấp trên từng đơn vị đất 400 m² nhằm tạo ra sự đồng đều. Tuy vậy đề xuất này cho đến nay chưa thể áp dụng vì sự phức tạp trong phân chia rừng tự nhiên trên địa hình phức tạp thành các đơn vị đất để xử lý lâm sinh. Vì vậy phương pháp tiếp cận trong luận án này đã đơn giản hơn đó là chỉ xem xét cự ly từ một cây rừng đến cây gần nhất để đánh giá kiểu phân bố cây trên mặt đất rừng (cụm, ngẫu nhiên hay cách đều) và biện pháp lâm sinh lúc này chỉ là tỉa thưa nơi dày khi cây rừng có cự ly bé hơn cự ly trung bình và xúc tiến tái sinh, sinh trưởng cây rừng nơi có cự ly lớn hơn cự ly cây đến cây trung bình trong lâm phần.

3.1.6. Cấu trúc N/D và N/H của riêng loài Thông 5 lá

Số liệu quan sát 17 ÔTC 2.500 m² từ ba vùng phân bố Thông 5 lá gồm Bidoup - Núi Bà (6 ÔTC), Chư Yang Sin (6 ÔTC) và Kon Ka Kinh (5 ÔTC), tính toán được các giá trị trung bình liên quan đến các chỉ tiêu sinh trưởng và mật độ Thông 5 lá tại từng vùng phân bố như sau:

- i. Vùng phân bố Bidoup - Núi Bà:*
 - + Mật độ trung bình của Thông 5 lá (N, cây/ha) là 21 cây/ha.
 - + Đường kính trung bình của Thông 5 lá (D) là: 68,4 cm.
 - + Chiều cao trung bình của Thông 5 lá (H) là: 24,6 m.
- ii. Vùng phân bố Chư Yang Sin:*
 - + Mật độ trung bình của Thông 5 lá (N, cây/ha) là 11 cây/ha.
 - + Đường kính trung bình của Thông 5 lá (D) là: 75,6 cm.
 - + Chiều cao trung bình của Thông 5 lá (H) là: 23,8 m.
- iii. Vùng phân bố Kon Ka Kinh:*
 - + Mật độ trung bình của Thông 5 lá (N, cây/ha) là 60 cây/ha.

+ Đường kính trung bình của Thông 5 lá (D) là: 39,51 cm.

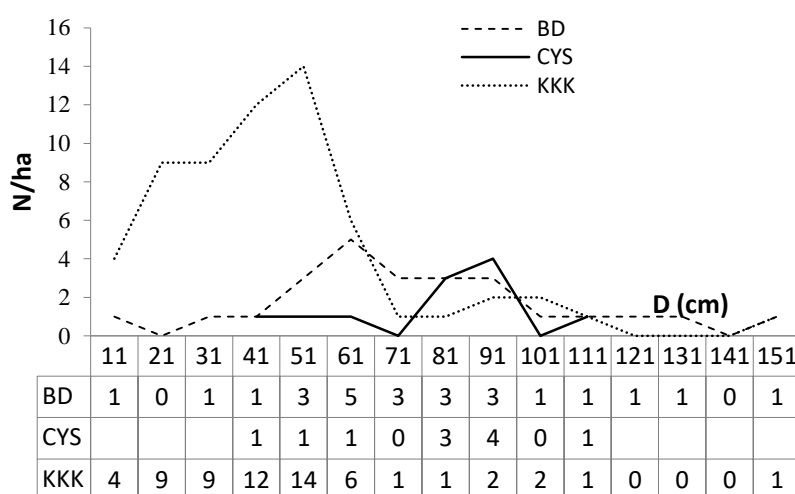
+ Chiều cao trung bình của Thông 5 lá (H) là: 18,4 m.

Kết quả trên cho thấy vùng có mật độ Thông 5 lá cao nhất là ở Kon Ka Kinh với mật độ trung bình là 60 cây/ha, tuy nhiên vùng này có đường kính trung bình thấp hơn, cây Thông 5 lá chủ yếu ở giai đoạn trung niên với $D < 40$ cm, trong khi đó mật độ Thông 5 lá thấp hơn ở Bidoup - Núi Bà và Chư Yang Sin và ở đây cây thường thành thực với $D > 65$ cm.

3.1.6.1. Cấu trúc N/D Thông 5 lá

Ba dãy phân bố N/D theo từng vùng phân bố của loài Thông 5 lá ở Hình 3.9 cho thấy đều theo dạng có đỉnh từ lệch trái sang gần chuẩn, tập trung ở cấp kính thành thực với $D = 51 - 91$ cm.

Kết quả xem xét khả năng mô phỏng phân bố N/D của Thông 5 lá theo một dạng lý thuyết trình bày ở Bảng 3.8, trong đó không sử dụng hàm Mayer vì các phân bố đều có đỉnh.



Hình 3.9. Phân bố N/D của loài Thông 5 lá ở ba vùng phân bố

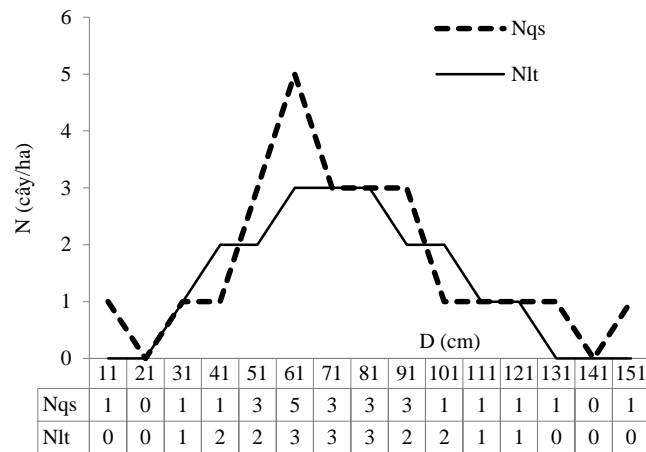
Kết quả từ Bảng 3.8 cho thấy phân bố Weibull mô phỏng tốt cho phân bố N/D riêng loài Thông 5 lá tại hai vùng phân bố Bidoup - Núi Bà và Kon Ka Kinh. Trong đó ở Kon Ka Kinh phân bố N/D có dạng có đỉnh lệch trái, còn vùng còn lại có phân bố gần tiệm cận chuẩn (Hình 3.10 a và Hình 3.10 c).

Từ Bảng 3.8 cũng cho thấy cả 3 hàm lý thuyết được thử nghiệm không mô phỏng được cho phân bố N/D riêng loài Thông 5 lá tại vùng phân bố Chư Yang Sin, biểu đồ quan sát có dạng có đỉnh, số cây tập trung nhiều ở các cấp kính từ 81 – 91 cm; có nghĩa là quần thể Thông 5 lá ở đây rất thành thực và thiếu hẳn lớp cây kế cận ngay trên các lâm phần có cây lớn (Hình 3.10 b).

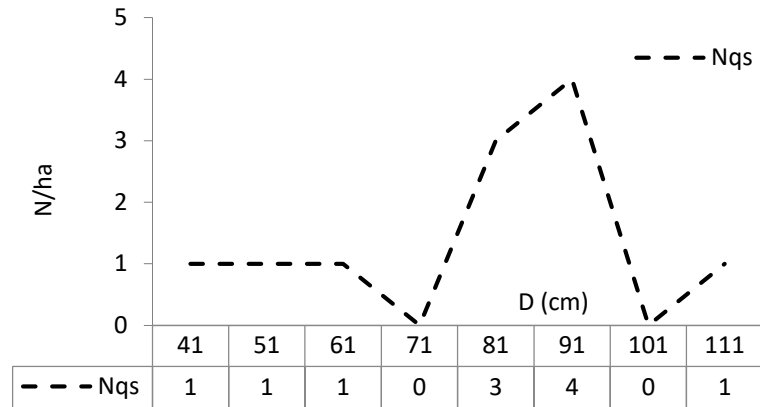
Bảng 3.8. Kết quả mô phỏng cấu trúc N/D theo các dạng phân bố lý thuyết cho loài Thông 5 lá ở 3 vùng phân bố

Vùng phân bố	Dạng hàm phân bố	λ	γ	α	χ^2	χ^2 (0,05, df)	Bậc tự do df = l-r-1	Kết luận
BD	Khoảng cách*							
	Hình học			0,85	11,68	3,84	1	H_0^-
	Weibull	0,00002		2,50	0,80	5,99	2	H_0^+
CYS	Khoảng cách*							
	Hình học			0,79	8,79	3,84	1	H_0^-
	Weibull*							
KKK	Khoảng cách*							
	Hình học			0,77	92,31	3,84	1	H_0^-
	Weibull	0,00178		1,70	5,08	9,49	4	H_0^+

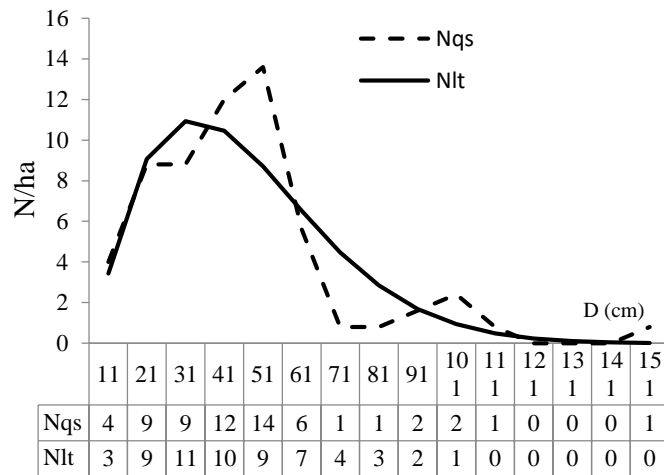
Ghi chú: *: Không tính vì số cấp D là $l < r - 1$. Bidoup - Núi Bà (BD), Chư Yang Sin (CYS) và Kon Ka Kinh (KKK). In đậm là mô phỏng được với dạng lý thuyết (H_0^+)



Bidoup - Núi Bà (a)



Chur Yang Sin (b)



Kon Ka Kinh (c)

Hình 3.10. Phân bố N/D loài Thông 5 lá được mô phỏng theo phân bố Weibull cho từng vùng phân bố (a & c) và phân bố quan sát (b). N_{qs} là số cây quan sát /ha trong từng vùng phân bố và N_{lt} là số cây/ha theo phân bố Weibull

Như vậy nếu so sánh phân bố N/D của lâm phần và riêng loài Thông 5 lá (Hình 3.2 và Hình 3.9) thì khẳng định sự phân bố bền vững của các lâm phần hỗn giao lá rộng lá kim trên cơ sở chủ yếu theo dạng phân bố giảm; trong khi đó riêng loài Thông 5 lá chủ yếu có phân bố có đỉnh tập trung, điều này giúp khẳng định kết quả nghiên cứu về tái sinh Thông 5 lá, có nghĩa Thông 5 lá không có quá trình tái sinh liên tục trên cùng một đơn vị diện tích, mà sẽ tuần hoàn theo kiểu tái sinh vệt và quá trình này chắc chắn sẽ dài.

3.1.6.2. Cấu trúc N/H Thông 5 lá

Kết quả xem xét khả năng mô phỏng phân bố N/H của Thông 5 lá theo một dạng lý thuyết trình bày ở Bảng 3.9, trong đó không sử dụng hàm phân bố Mayer vì các phân bố đều có đỉnh.

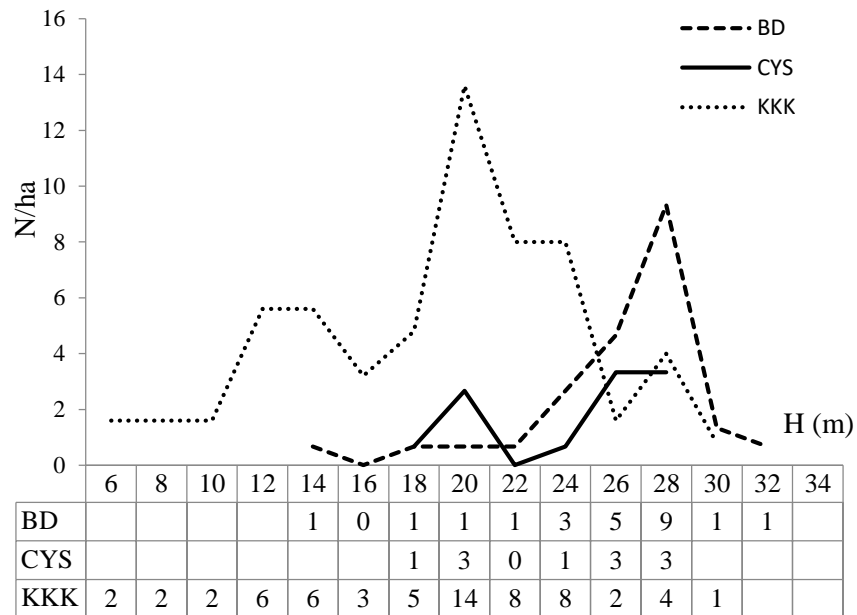
Bảng 3.9. Kết quả mô phỏng cấu trúc N/H theo các dạng phân bố lý thuyết cho loài Thông 5 lá ở 3 vùng phân bố

Vùng phân bố	Dạng hàm phân bố	λ	Y	α	χ^2	$\chi^2(0,05, df)$	Độ tự do df	Kết luận
BD	Khoảng cách*							
	Hình học			0,86	36,08	3,84	1	H_0^-
	Weibull	0,00000		6,50	9,91	5,99	2	H_0^-
CYS	Khoảng cách*							
	Hình học			0,76	126,44	3,84	1	H_0^-
	Weibull*							
KKK	Khoảng cách*							
	Hình học			0,86	426,95	5,99	2	H_0^-
	Weibull	0,00023		3,10	17,91	11,07	5	H_0^-

Ghi chú: *: Không tính vì số cấp H là $l < r - 1$.

Bidoup - Núi Bà (BD), Chư Yang Sin (CYS) và Kon Ka Kinh (KKK).

Kết quả cho thấy hầu hết đều bác bỏ giả thuyết H_0^- , có nghĩa là phân bố N/H của riêng loài Thông 5 lá không thể mô phỏng theo một dạng phân bố lý thuyết nào được thử nghiệm. Bởi vì hầu hết các phân bố N/H đều có nhiều đỉnh; hoặc có một đỉnh nhưng rất tập trung số cây. Điều này phù hợp với kết quả về phân bố N/D của riêng loài Thông 5 lá, là chúng có từng giai đoạn tái sinh nhất định và không liên tục, hình thành số cá thể tập trung trong từng giai đoạn tuổi tạo thành một đến nhiều đỉnh; do vậy lâm phần có Thông 5 lá sẽ không liên tục mà sẽ tuần hoàn trên các lâm phần khác nhau (Hình 3.11).



Hình 3.11. Phân bố N/H của loài Thông 5 lá ở 3 vùng phân bố

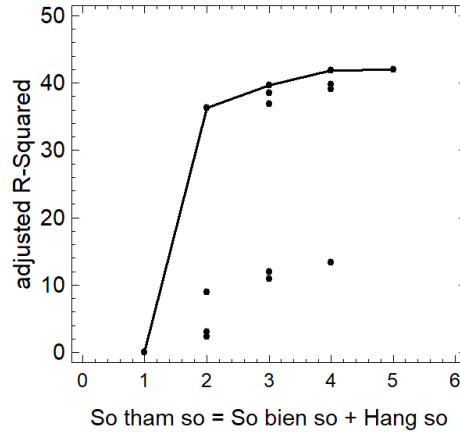
3.2. Ảnh hưởng của các nhân tố sinh thái đến phân bố mật độ Thông 5 lá

Trên cơ sở 173 ô mẫu 1.000m² điều tra loài Thông 5 lá từ 19 điểm 1 km² nghiên cứu trong ba vùng phân bố đã chỉ ra biến động các nhân tố sinh thái nơi có phân bố Thông 5 lá vùng Tây Nguyên (Bảng 2.1)

Kết quả cho thấy Thông 5 lá có phân bố trong kiểu rừng lá rộng thường xanh xen một số loài cây lá kim, xuất hiện những nơi có độ tàn che từ 0,3 trở lên, có phân bố ở hầu hết các độ dốc, trạng thái rừng, vị trí địa hình khác nhau của vùng núi Tây Nguyên; chủ yếu trên đất feralit đỏ vàng núi cao. Trong đó mật độ biến động khi thay đổi các nhân tố sinh thái.

Các tác động ngẫu nhiên có thể là do đất (độ phì, thoát nước, v.v.), địa hình (độ cao, độ dốc, vị trí), khí hậu (nhiệt độ và lượng mưa) và các yếu tố khác, phản ánh sự biến động của phân bố của một loài cây nhất định (Vanslay, 1994 [154]). Vì vậy nghiên cứu này khảo sát 10 nhân tố sinh thái được đề tìm nhân tố chủ đạo ảnh hưởng đến mật độ loài Thông 5 lá (N/ha) trong 19 điểm phân bố ứng với 19 km² ở vùng Tây Nguyên, bao gồm các nhân tố: kiểu rừng/trạng thái (TrThai), độ tàn che (DTC), số tầng cây gỗ (TCG), độ dốc (DD, độ), vị trí địa hình (VT), độ cao so với mặt biển (DC,

m), lượng mưa trung bình năm (P, mm/năm), nhiệt độ trung bình không khí năm (T, °C), độ ẩm không khí (DA, %), độ dày tầng đất (TDD).



Hình 3.12. Quan hệ R^2 với số tham số tối ưu của mô hình quan hệ mật độ Thông 5 lá với các nhân tố sinh thái ảnh hưởng

Kết quả sử dụng tiêu chuẩn C_p của Mallow [132] cho thấy có 3 biến số là độ cao so với mặt biển (DC), độ dày tầng đất (TDD) và lượng mưa trung bình năm (P) có khả năng ảnh hưởng đến cấp mật độ Thông 5 lá (N) với R_{adj}^2 cao nhất và có chỉ số C_p xấp xỉ với số tham số = 3 biến số + 1 hằng số = 4 (Hình 3.12).

Bảng 3.10. Kết quả lựa chọn mô hình quan hệ giữa cấp mật độ Thông 5 lá (N) với các nhân tố sinh thái

Stt	Dạng mô hình	Trọng số Weight	$R_{adj.}$	RMSE %	MAPE %
1	$N/P = 0,890614 \times DC^{-0,0451131} \times TDD^{0,540172} \times P^{-0,9126}$	1/P	0,651	0,283	31,64
2	$N/P = 1,28798 \times \exp(-0,0037156 \times DC + 0,272688 \times TDD - 0,585141 \times P)$	$1/P^{0,5}$	0,659	0,316	31,79
3	$N/P = 0,899798 + 0,086599 \times DC + 0,254437 \times TDD - 0,426971 \times P$	$1/P^{0,5}$	0,653	0,319	32,74

Ghi chú: $n = 173$; N: Mã cấp mật độ Thông 5 lá /ha trong vùng có phân bố loài;

DC: Mã cấp độ cao; TDD: Mã độ dày tầng đất; P: Mã lượng mưa trung bình năm.

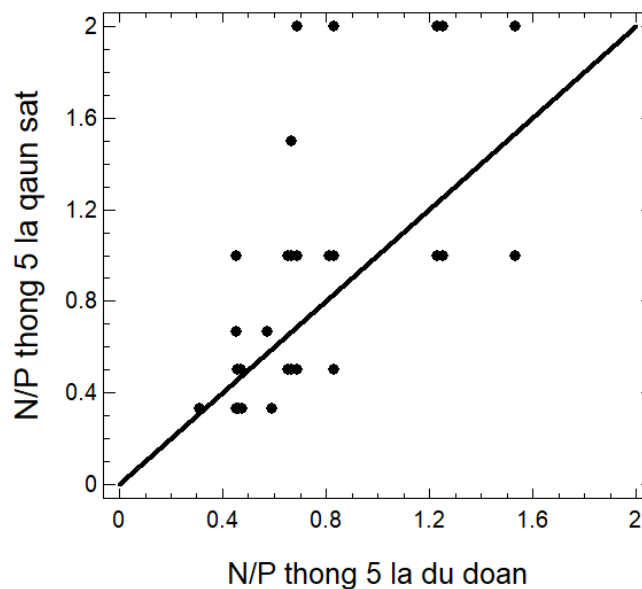
In đậm: Mô hình được lựa chọn.

Từ đây sử dụng 3 nhân tố sinh thái này để dò tìm mô hình quan hệ thích hợp giữa chúng với cấp mật độ (N) trên cơ sở đổi biến số, tổ hợp biến theo nhiều dạng mô hình phi tuyến (Bảng 3.10).

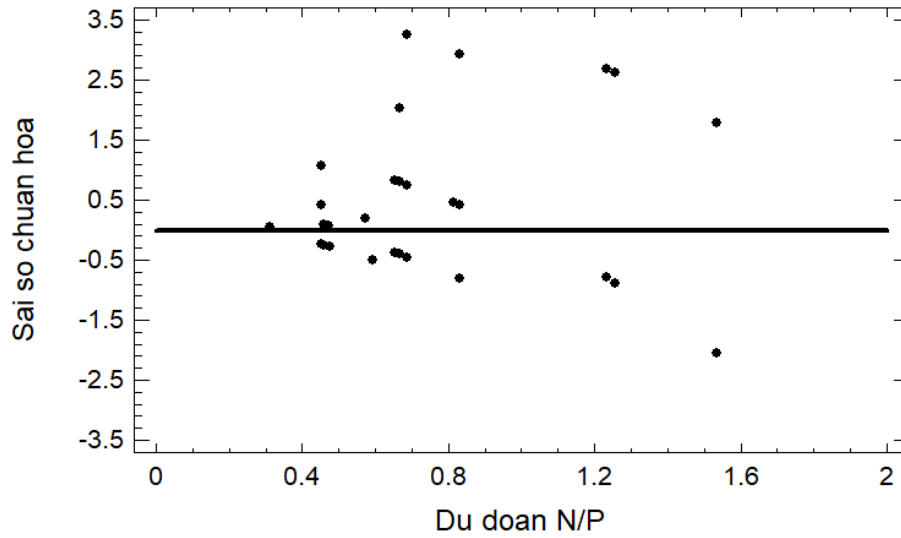
Các mô hình thử nghiệm có R_{adj} . xấp xỉ nhau, do đó sai số được ưu tiên để lựa chọn, mô hình hàm Power nhiều biến là tốt nhất được lựa chọn (Bảng 3.10). Như vậy mô hình lựa chọn để ước tính cấp mật độ Thông 5 lá /ha (N) theo 3 nhân tố sinh thái ảnh hưởng là độ cao so với mặt biển (DC), độ dày tầng đất (TDD) và lượng mưa trung bình năm (P):

$$N = P \times (0,890614 \times DC^{-0,0451131} \times TDD^{0,540172} \times P^{-0,9126}) \quad (3.1)$$

Mô hình lựa chọn ước tính cấp N Thông 5 lá có quan hệ giữa giá trị dự báo và quan sát khá bám nhau (Hình 3.13) và sai số theo dự đoán là phân bố khá đều (Hình 3.14). Mỗi quan hệ giữa N với các nhân tố sinh thái môi trường là phức tạp, khó dò tìm được nhân tố ảnh hưởng và lập mô hình quan hệ. Trong nghiên cứu này đã lập được mô hình với mức quan hệ giữa N với ba nhân tố sinh thái ảnh hưởng là DC, TDD và P là 65% (Ứng với R).



Hình 3.13. Quan hệ giá trị dự đoán và quan sát của mô hình ước tính cấp N Thông 5 lá theo 3 biến sinh thái độ cao (DC), tầng dày đất (TDD) và lượng mưa trung bình năm (P)



Hình 3.14. Biến động sai số chuẩn hóa theo giá trị dự đoán của mô hình dùng ước tính cấp N Thông 5 lá theo 3 biến sinh thái độ cao (DC), tầng dày đất (TDD) và lượng mưa trung bình năm (P)

Bảng 3.11. Biến động cấp mật độ Thông 5 lá /ha (N) theo 27 tổ hợp ba nhân tố ảnh hưởng

P	DC	TDD		
		1	2	3
1	1	1	1	1
1	2	1	3	1
1	3	1	4	1
2	1	1	1	1
2	2	1	1	1
2	3	1	2	1
3	1	1	1	1
3	2	1	1	1
3	3	1	1	1

Ghi chú: DC: Mã cấp độ cao; TDD: Mã độ dày tầng đất; P: Mã lượng mưa trung bình năm và cấp N theo Bảng 2.2. Trong đó Cấp N: 1: <10 cây/ha, 2: 10 -50 cây/ha, 3: 51 – 100 cây/ha và 4:>100 cây/ha.

Từ mô hình lựa chọn trên, thế mã số của ba biến sinh thái ảnh hưởng dự đoán được cấp mật độ Thông 5 lá (N) (Bảng 2.1) theo 27 tổ hợp các nhân tố, trình bày ở Bảng 3.11.

Phân bố cấp mật độ Thông 5 lá theo phạm vi 4 cấp trình bày ở Bảng 2.1 biến động theo 3 nhân tố sinh thái thông qua mô hình lựa chọn trình bày ở Bảng 3.12.

Bảng 3.12. Các nhân tố sinh thái hình thành các cấp mật độ Thông 5 lá

Cấp N Thông 5 lá	Lượng mưa (P, mm/năm)	Độ cao (DC) so với mặt biển (m)	Độ dày tầng đất (TDD, cm)
<i>Cao:</i> Cấp 4: > 100 cây/ha	1.800 – 2.200	1.500 – 1.900	>50
<i>Trung bình:</i> Cấp 3: 51 – 100 cây/ha	1.800 – 2.200	1.000 – 1.500	>50
<i>Thấp:</i> Cấp 2: 10 - 50 cây/ha	≥ 2.200	1.500 – 1.900	>50
<i>Hiếm:</i> Cấp 1: < 10 cây/ha	< 1.800	< 1.000	≤ 30

Kết quả ở Bảng 3.12 cho thấy trong vùng phân bố tự nhiên của loài, Thông 5 lá có phân bố tập trung ở những vùng sinh thái có lượng mưa từ 1.800 – 2.200 mm/năm, trên độ cao từ 1.000 – 1.900 m so với mặt nước biển và đất có tầng đất mặt khá dày (> 50 cm) trong kiểu rừng lá rộng thường xanh xen cây lá kim. Mật độ của Thông 5 lá giảm dần trong vùng sinh thái có độ cao < 1.000 m so với mặt nước biển, nơi có lượng mưa thấp < 1.800 mm/năm và đất có tầng mỏng (< 30 cm).

Trong khi đó khi chỉ nghiên cứu ở VQG Bidoup - Núi Bà, Trần Thị Thanh Hương và cs (2017) [40], và Trần Thị Thanh Hương (2019) [41] đã chỉ ra rằng Thông 5 lá có phân bố tự nhiên trong kiểu rừng kín thường xanh hỗn giao lá rộng lá kim ẩm á nhiệt đới núi thấp và trung bình, có độ cao so với mặt nước biển dao động từ 1.000 – 1.700 m, và kiểu rừng kín thường xanh hỗn giao lá rộng lá kim ẩm á nhiệt đới núi cao và ôn đới ẩm núi thấp, trong đó tập trung nhiều ở đai độ cao trên 1.700 m; tương tự như vậy Nguyễn Trọng Bình (2017) [2] cũng khẳng định tại các lâm phần thuộc VQG Bidoup - Núi Bà, Thông 5 lá cùng với các loài cây lá kim và lá rộng khác cũng tham gia vào công thức tổ thành và hình thành nên ưu hợp thực vật “Thông 2 lá dẹt, Thông 5 lá, Trâm vỏ đỏ, Cáp mọc bidoup, Trâm trắng và Cáp mọc việt nam” và có phân bố chủ yếu tại các đai cao từ 1.500 – 1.700 m so với mặt nước biển. Tuy nhiên trong nghiên cứu này với phạm vi nghiên cứu rộng hơn cho ba vùng phân bố ở Tây

Nguyên kết quả đã cho thấy có sự khác biệt đó là Thông 5 lá có mật độ tập trung ở đai cao từ 1.000 – 1.900 m so với mặt nước biển.

Các yếu tố địa hình có thể được sử dụng để mô hình hóa sinh trưởng, mật độ của cây rừng trong các khu rừng hỗn giao nhiệt đới không đồng tuổi. Ví dụ, các tham số của các mô hình sinh trưởng, phân bố của loài Thông đỏ (*Pinus resinosa* Aiton) thay đổi theo độ cao và độ dốc khác nhau đáng kể, với kết quả cho thấy cây phát triển tốt hơn ở các khu vực thấp và bằng phẳng hơn (Lee *et al.*, 2004 [127]). Kết quả sinh trưởng trong nghiên cứu này, tương tự như những phát hiện về cây Thông đỏ, sự phát triển của cây Thông 5 lá thay đổi đáng kể dưới các độ cao khác nhau.

Đã có một số lượng lớn các nghiên cứu về mối quan hệ giữa khí hậu và sự phát triển của cây rừng (Fritts *et al.*, 1976 [107]; Cook *et al.*, 1987 [100]), trong đó cho thấy cây lá kim chịu ảnh hưởng rõ rệt của khí hậu. Ví dụ, nghiên cứu của Dymond *et al.* (2016) [103] cho thấy mối quan hệ của thay đổi khí hậu đối với sinh trưởng cây Thông đỏ ở phía bắc bang Minnesota. Đối với nghiên cứu này, một bộ dữ liệu khí hậu được thu thập trong khoảng thời gian từ 32 đến 38 năm tại các khu vực phân bố Thông 5 lá như đã trình bày cho thấy có sự biến động của nhân tố khí hậu thông qua P , T và độ ẩm. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra một nhân tố khí hậu chính là P đã chi phối đến mật độ của Thông 5 lá qua mô hình (3.1).

Ngoài ra, nhân tố khí hậu có khả năng tạo ra các môi đe dọa đến sự phát triển và tái sinh của rừng thông (Zonneveld *et al.*, 2009 [160]). Kết quả của nghiên cứu này cho thấy những thay đổi trong các yếu tố khí hậu bao gồm P , T đều ảnh hưởng đáng kể đến sự phát triển của cây Thông 5 lá. Những thay đổi nhỏ trong khí hậu cũng có thể tác động mạnh mẽ đến chế độ lửa (Keeley, 2012 [123]), do đó sẽ gián tiếp ảnh hưởng đáng kể đến sự tái sinh, sinh trưởng của cây thông.

Hầu hết các nghiên cứu khác chỉ phát hiện được nhân tố độ cao so với mặt biển có ảnh hưởng đến sự xuất hiện hay không xuất hiện của Thông 5 lá, tuy nhiên chưa chỉ ra vùng tập trung cũng như cấp mật độ phân bố. Kết quả của nghiên cứu này đã cho thấy có ba nhân tố sinh thái ảnh hưởng tổng hợp đến mật độ loài Thông 5 lá và chỉ ra cấp mật độ khác nhau theo tổ hợp ba nhân tố sinh thái ảnh hưởng.

3.3. Môi quan hệ sinh thái giữa Thông 5 lá với các loài ưu thế trong quần xã thực vật rừng

Rừng hỗn loài nhiệt đới gồm nhiều loài cây cùng tồn tại, thời gian cùng tồn tại của một số loài trong đó phụ thuộc và mức độ phù hợp hay đối kháng giữa chúng với nhau trong quá trình lợi dụng những yếu tố môi trường hoặc chúng có cùng chung yêu cầu sinh thái hay không mà cùng xuất hiện hoặc chỉ có loài này mà không có loài khác. Có thể phân ra làm 3 trường hợp (Bảo Huy, 1997, 2017a [25, 31]):

- *Liên kết dương*: Là trường hợp những loài cây có thể cùng tồn tại suốt quá trình sinh trưởng, giữa chúng không có sự cạnh tranh về ánh sáng, về các chất dinh dưỡng trong đất và không làm hại nhau thông qua các chất hoặc sinh vật trung gian khác. Ngoài ra liên kết dương còn thể hiện về yêu cầu sinh thái, hai loài cùng xuất hiện khi có chung yêu cầu sinh thái cơ bản.

- *Liên kết âm*: Là trường hợp những loài cây không thể tồn tại lâu dài bên cạnh nhau được do có những đối kháng quyết liệt trong quá trình lợi dụng các yếu tố môi trường (ánh sáng, chất dinh dưỡng trong đất, nước...), có khi loại trừ lẫn nhau thông qua nhiều yếu tố như: độc tố lá cây, các tinh dầu hoặc sinh vật trung gian. Ngoài ra liên kết âm còn thể hiện sự khác nhau hoàn toàn về yêu cầu sinh thái, hai loài không cùng xuất hiện khi có sự khác biệt về yêu cầu sinh thái cơ bản.

- *Quan hệ ngẫu nhiên*: Là trường hợp những loài cây tồn tại tương đối độc lập với nhau hoặc đối với các loài có phổ sinh thái rộng thì có thể tồn tại cùng nhau hoặc không cùng nhau và không phân biệt được rõ ràng.

Phát hiện mối quan hệ sinh thái giữa các loài là một nội dung lâm học, sinh thái quan trọng nhằm cung cấp hiểu biết về sinh thái loài để đưa ra giải pháp quản lý bền vững về cấu trúc tổ thành loài, tập trung cho loài cần bảo tồn; vì vậy luận án này xác định mối quan hệ sinh thái của loài Thông 5 lá với một số loài ưu thế trong lâm phần nó phân bố.

Bảng 3.13. Chi số IV% của các loài ưu thế trên tất cả lâm phần nghiên cứu ở ba vùng phân bố loài Thông 5 lá

Stt	Loài	N (cây)	N%	G (m ²)	G%	F	F%	IV%
1	Chò xốt	300	62	15,98	6,7	31	2,8	5,2
2	Thông 5 lá	89	1,8	22,96	9,6	22	2,0	4,5
3	Dẻ đá (Sồi)	258	5,3	13,56	5,7	22	2,0	4,3
4	Hồng quang	148	3,0	11,00	4,6	27	2,4	3,4
5	209 loài khác	4.067	83,6	174,70	73,3	1003	90,8	82,6
	Tổng	4.862	100	238,19	100,0	1105	100,0	100,0

Từ Bảng 3.13 cho thấy có tất cả 213 loài, thuộc 98 chi và 57 họ thực vật thân gỗ xuất hiện trên tất cả các lâm phần nghiên cứu ở 3 vùng phân bố có loài Thông 5 lá, kết quả này cho thấy sự đa dạng về tổ thành loài cây gỗ trên tất cả các lâm phần có phân bố Thông 5 lá ở 3 vùng phân bố tại Tây Nguyên.

Kết quả phân tích từ 38 ô mẫu 1.000 m² trong hệ thống 19 điểm 1 km² nghiên cứu sinh thái trên 3 vùng phân bố, đã xác định được 4 loài có ưu thế sinh thái với IV% ≥ 3%, đó là Chò xốt, Thông 5 lá, Dẻ đá (Sồi) và Hồng quang với tổng IV% là 17,4%. Kết quả từ Bảng 3.13 cũng cho thấy tuy số lượng cá thể Thông 5 lá không cao (N = 89 cá thể) so với các loài ưu thế trong lâm phần, nhưng tổng tiết diện ngang lớn (G = 22,96 m²) nhất trong nhóm loài ưu thế sinh thái, điều này cho thấy Thông 5 lá chủ yếu là các cây trưởng thành có kích thước lớn và đặc biệt Thông 5 lá xuất hiện hầu hết trên các ô mẫu điều tra (22/38 ô mẫu 1.000 m²).

Bảng 3.14. Kết quả xác định mối quan hệ sinh thái loài giữa Thông 5 lá với các loài ưu thế trong quần xã

Stt	Loài A	Loài B	nA (c)	nB (b)	nAB (a)	nAB - (d)	P(A)	P(B)	P(AB)	ρ	χ^2	Quan hệ mức 95%
1	Thông 5 lá	Chò xốt	3	10	20	5	0,605	0,789	0,526	0,243	2,22	Quan hệ ngẫu nhiên
2	Thông 5 lá	Dẻ đá (Sồi)	8	8	14	8	0,579	0,579	0,368	0,136	0,69	Quan hệ ngẫu nhiên
3	Thông 5 lá	Hồng quang	3	8	19	8	0,579	0,711	0,500	0,396	5,91	Quan hệ dương

Stt	Loài A	Loài B	nA (c)	nB (b)	nAB (a)	nAB - (d)	P(A)	P(B)	P(AB)	ρ	χ^2	Quan hệ mức 95%
4	Chò xót	Dẻ đá (Sỏi)	11	2	20	5	0,816	0,579	0,526	0,282	2,99	Quan hệ ngẫu nhiên
5	Chò xót	Hồng quang	8	4	23	3	0,816	0,711	0,605	0,146	0,79	Quan hệ ngẫu nhiên
6	Dẻ đá (Sỏi)	Hồng quang	2	7	20	9	0,579	0,711	0,526	0,513	9,96	Quan hệ dương

Ghi chú: $\chi^2_{(0,05, df=1)}=3,84$

Kết quả phân tích quan hệ sinh thái giữa Thông 5 lá với các loài có ưu thế sinh thái từ Bảng 3.14 cho thấy Thông 5 lá có quan hệ ngẫu nhiên với các loài Chò xót, Dẻ đá (Sỏi) và có quan hệ dương (quan hệ hỗ trợ) với loài Hồng quang; các loài còn lại có quan hệ dương và ngẫu nhiên với nhau.

Từ 33 ô mẫu 100 m² trong hệ thống 19 điểm 1 km² nghiên cứu sinh thái cây tái sinh trên 3 vùng phân bố, kết quả từ Bảng 3.15 cho thấy có 165 loài cây tái sinh được ghi nhận, với 5 loài tái sinh có ưu thế sinh thái (IV% \geq 3%), đó là Dẻ rừng, Chò xót, Trâm, Hồng quang và Kháo. Với IV% = 1,0% cho thấy Thông 5 lá không phải là loài tái sinh có ưu thế. Kết quả này cũng cho thấy tổ thành loài cây tái sinh triển vọng có ưu thế sinh thái có 02 loài giống với tổ thành loài cây gỗ có ưu thế sinh thái đó là các loài Chò xót và Hồng quang.

Bảng 3.15. Chi số IV% của các loài ưu thế tái sinh trên tất cả lâm phần nghiên cứu ở ba vùng phân bố loài Thông 5 lá

Stt	Loài	N (cây)	N%	F	F%	IV%
1	Dẻ rừng	169	8,7	21	3,0	5,8
2	Chò xót	137	7,0	20	2,8	4,9
3	Trâm	83	4,3	20	2,8	3,6
4	Hồng quang	82	4,2	19	2,7	3,5
5	Kháo	75	3,9	17	2,4	3,1
6	Thông 5 lá	17	0,9	8	1,1	1,0
6	160 loài khác	1382	71,0	597	85,1	78,1
	Tổng	1945	100,0	702	100,0	100,0

Tiến hành kiểm tra mối quan hệ sinh thái cặp đôi giữa loài Thông 5 lá tái sinh với các loài có ưu thế sinh thái tái sinh. Kết quả phân tích thể hiện ở Bảng 3.16.

Bảng 3.16 chỉ ra Thông 5 lá tái sinh có quan hệ ngẫu nhiên với các loài Dẻ rừng, Trâm, Hồng quang và Kháo; Thông 5 lá có quan hệ dương với loài Chò xốt. Kết quả phân tích quan hệ sinh thái ở tầng cây gỗ, Thông 5 lá có quan hệ ngẫu nhiên với loài Chò xốt và quan hệ dương với loài Hồng quang, tuy nhiên ở giai đoạn cây non/cây tái sinh thì Thông 5 lá lại có quan hệ dương với Chò xốt và quan hệ ngẫu nhiên với Hồng quang.

Bảng 3.16. Kết quả xác định mối quan hệ sinh thái loài giữa Thông 5 lá tái sinh với các loài ưu thế tái sinh trong quần thể

Stt	Loài A	Loài B	nA (c)	nB (b)	nAB (a)	nAB -(d)	P(A)	P(B)	P(AB)	ρ	χ^2	Quan hệ mức 95%
1	Thông 5 lá	Chò xốt	0	12	8	13	0,242	0,606	0,242	0,456	6,80	Quan hệ dương
2	Thông 5 lá	Dẻ rừng	1	14	7	11	0,242	0,636	0,212	0,281	2,56	Quan hệ ngẫu nhiên
3	Thông 5 lá	Trâm	1	13	7	12	0,242	0,606	0,212	0,311	3,15	Quan hệ ngẫu nhiên
4	Thông 5 lá	Hồng quang	1	12	7	13	0,242	0,576	0,212	0,343	3,82	Quan hệ ngẫu nhiên
5	Thông 5 lá	Kháo	3	12	5	13	0,242	0,515	0,152	0,124	0,49	Quan hệ ngẫu nhiên

Ghi chú: $\chi^2_{(0,05, df=1)}=3,84$

Nghiên cứu mối quan hệ sinh thái loài là một công cụ hữu ích đã được một số tác giả đã ứng dụng và làm cơ sở khoa học để đề xuất các mô trồng rừng hỗn giao, phục hồi cảnh quan rừng theo hướng bảo tồn đa dạng sinh học hoặc trồng làm giàu rừng ở Tây Nguyên (Bảo Huy, 1997, 2017a [25, 31]; Cao Thị Lý, 2007 [49]; Lê Cảnh Nam và Nguyễn Thành Mến, 2012 [51]; Đỗ Văn Ngọc, 2014b [59]; và Lê Cảnh Nam và cs, 2016 [52]).

Từ các kết quả nghiên cứu này, khi xây dựng các chương trình, nhiệm vụ phục hồi sinh thái rừng cần lưu ý đến các mối quan hệ dương và ngẫu nhiên và tránh trồng các loài có quan hệ âm với nhau. Đặc biệt đối với loài Thông 5 lá cần hạn chế trồng rừng thuần loài và nên trồng hỗn giao với các loài có quan hệ dương hoặc ngẫu nhiên như Chò xốt, Hồng quang và Dẻ đá.

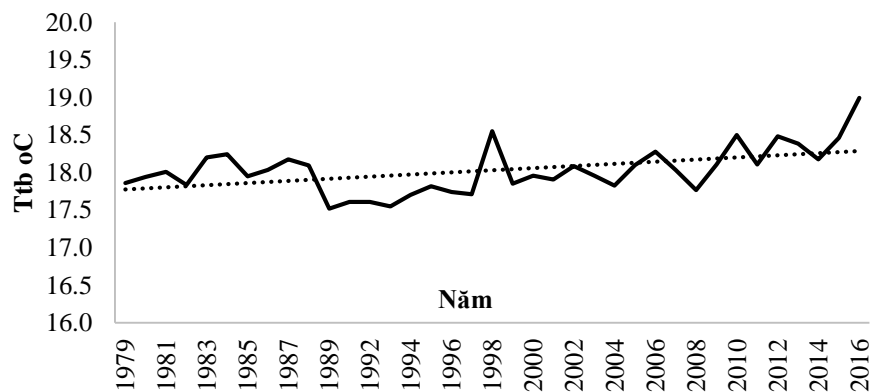
Trong thực tế mối quan hệ giữa các loài không chỉ theo cặp đôi, một loài nào đó có thể có quan hệ với nhiều loài thực vật thân gỗ khác nhau và rất phức tạp; phương pháp thống kê sinh học đang áp dụng chỉ giới hạn trong phát hiện mối quan hệ sinh thái từng cặp loài trên cơ sở xác suất xuất hiện của chúng trên các ô đơn vị nghiên cứu; do đó tiếp tục phát triển các phương pháp nghiên cứu thống kê sinh thái để phát hiện được các mối quan hệ sinh thái phức tạp trong sự đa dạng loài của rừng nhiệt đới là một công việc cần thiết và có ý nghĩa nhưng cũng rất thử thách.

3.4. Bề rộng vòng năm và sinh trưởng, tăng trưởng đường kính cây cá thể

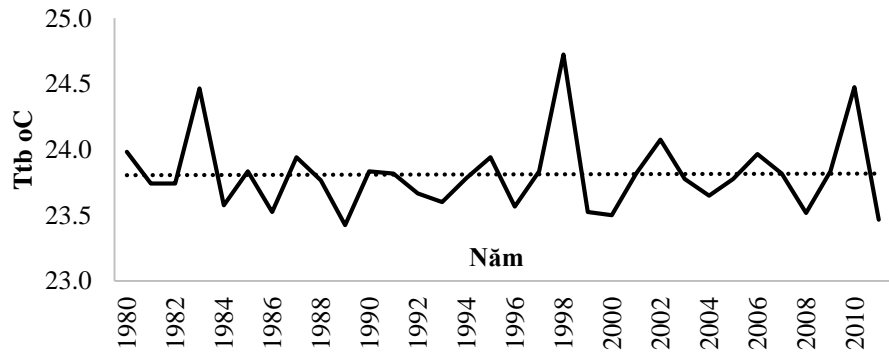
Thông 5 lá dưới ảnh hưởng của nhân tố khí hậu và vùng phân bố

3.4.1. Biến động của nhân tố khí hậu trong vùng phân bố Thông 5 lá

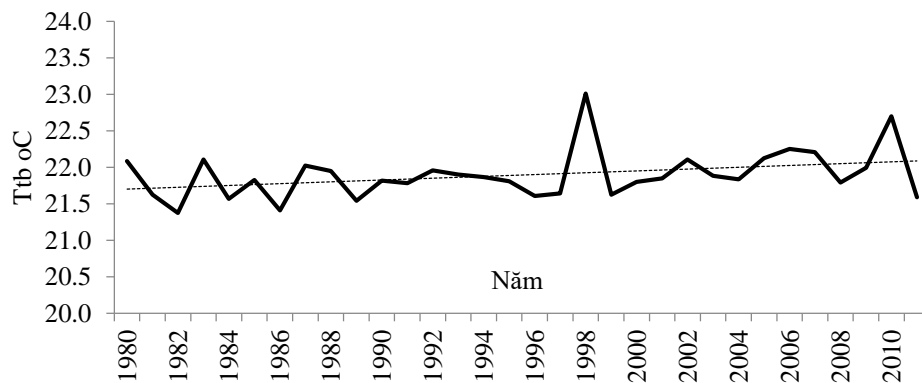
Có sự biến động nhiệt độ (T_{tb}), lượng mưa (P_{tb}) trung bình theo năm tại 3 vùng phân bố, kết quả Hình 3.15 (a, b, c) và Hình 3.16 (a, b, c) cho thấy biểu đồ biểu diễn có sự biến thiên của nhiệt độ và lượng mưa trung bình theo năm với các cực trị, đặc biệt có một số năm các cực trị có giá trị cao hoặc thấp rất bất thường; điều này cho thấy có sự thay đổi của nhân tố khí hậu rõ rệt biểu hiện qua biến động đột ngột của nhiệt độ và lượng mưa qua các năm.



(a)



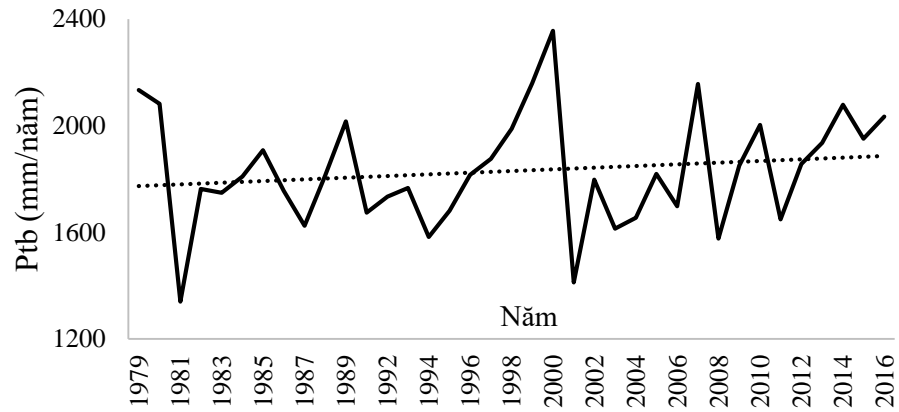
(b)



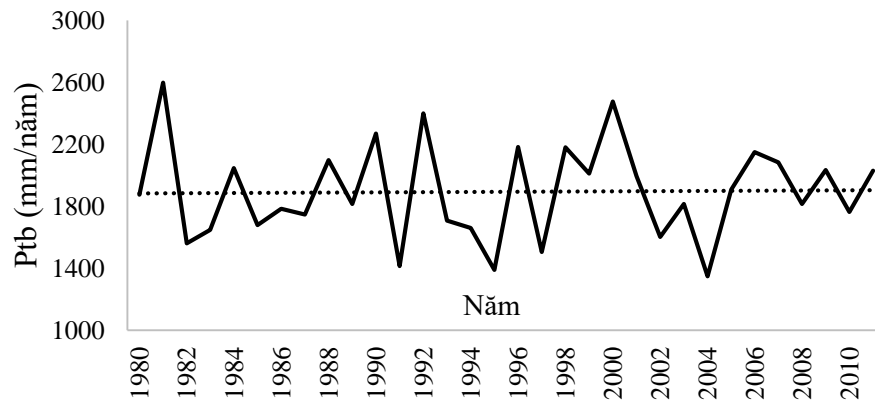
(c)

Hình 3.15. Biến động nhiệt độ trung bình năm (Ttb , $^{\circ}C$) các khu vực phân bố Thông 5
lá: (a) Bidoup - Núi Bà, (b) Chư Yang Sin và (c) Kon Ka Kinh

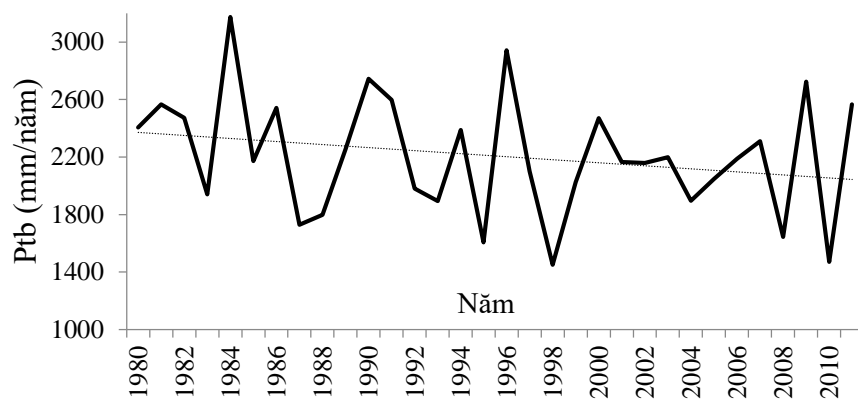
Nhìn chung nhiệt độ trung bình năm theo hướng gia tăng từ $0,5 - 1^{\circ}C$ trong vòng 30 năm qua, điều này phù hợp với thông tin về biến đổi khí hậu do gia tăng nhiệt độ toàn cầu trước đây; trong khi đó thì lượng mưa trung bình năm lại không có quy luật rõ rệt, nơi thì có xu hướng tăng như ở Bidoup - Núi Bà, nơi có xu hướng giảm rõ rệt như ở Kon Ka Kinh và nơi hầu như không có biến động gì như ở Chư Yang Sin. Kết quả này khẳng định hiện tượng biến động khí hậu ở vùng Tây Nguyên tuân theo quy luật chung toàn cầu đó là sự gia tăng của nhiệt độ không khí và kéo theo thời tiết bất thường như mưa, bão làm cho lượng mưa không ổn định qua các năm.



(a)



(b)



(c)

Hình 3.16. Biến động lượng mưa trung bình năm (P_{tb} mm/năm) các khu vực phân bố Thông 5 lá: (a) Bidoup - Núi Bà, (b) Chư Yang Sin và (c) Kon Ka Kinh.

Kết quả của sự biến động nhân tố khí hậu như biến động nhiệt độ theo hướng gia tăng và sự thất thường của lượng mưa đã ảnh hưởng đến các hệ sinh thái rừng, đến chu kỳ, nhịp điệu sinh trưởng của cây rừng. Do đó nghiên cứu này khảo sát ảnh hưởng của hai nhân tố nhiệt độ và lượng mưa đến sự thay đổi bề rộng vòng năm của loài Thông 5 lá ở vùng Tây Nguyên.

3.4.2. Biến động bề rộng vòng năm chuẩn hóa (Zt) theo chuỗi thời gian ở 3 vùng phân bố

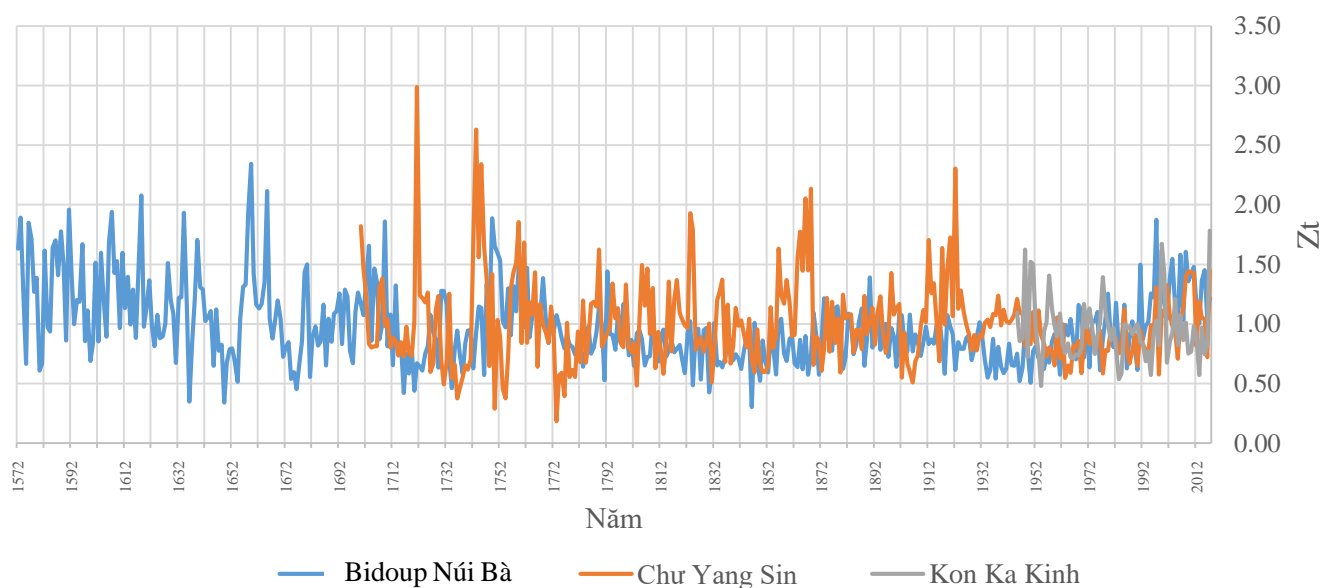
Đã lập được ba chuỗi bề rộng vòng năm chuẩn hóa (Zt) theo chuỗi thời gian tại ba vùng phân bố Thông 5 lá ở Tây Nguyên, kết quả tính toán các chỉ tiêu thống kê trong Bảng 3.17 và minh họa tại Hình 3.17.

Trong đó chuỗi thời gian biến động từ năm 1572 – 2017 (446 năm); với vùng Bidoup - Núi Bà thì dữ liệu Zt kéo dài 446 năm (từ năm 1572 – 2017), trong khi đó các chuỗi Zt ở Chư Yang Sin và Kon Ka Kinh là ngắn hơn, Chư Yang Sin là 318 năm (từ năm 1700 – 2017) và Kon Ka Kinh là 73 năm (từ năm 1945 – 2017). Sự khác biệt này là do tuổi của các quần thể Thông 5 lá khác nhau ở 3 vùng, vùng Bidoup - Núi Bà có quần thể Thông 5 lá già nhất, cây có tuổi cao nhất là 446 tuổi, trong khi đó vùng Kon Ka Kinh là quần thể non nhất, cây có tuổi cao nhất là 73 tuổi. Kết quả chuỗi niên đại này phù hợp với kết quả đã trình bày tại mục 3.1, khi đường kính trung bình của Thông 5 lá tại vùng Kon Ka Kinh là nhỏ nhất ($D < 40$ cm), và tương tự như vậy đối với vùng Bidoup - Núi Bà và Chư Yang Sin.

Bảng 3.17. Chỉ tiêu thống kê của bề rộng vòng năm chuẩn hóa (Zt) ở ba vùng phân bố theo chuỗi thời gian

Chỉ tiêu thống kê	Thời gian (năm)	Zt		
		Bidoup - Núi Bà	Chư Yang Sin	Kon Ka Kinh
n	446	446	318	73
Trung bình	1794	0,979	1,000	0,949
Sai tiêu chuẩn	128,893	0,325	0,356	0,260
Hệ số biến động %	7,18%	33,14%	35,79%	27,40%
Nhỏ nhất	1572	0,304	0,184	0,481
Lớn nhất	2017	2,342	2,988	1,781

Chỉ tiêu thống kê	Thời gian (năm)	Z_t		
		Bidoup - Núi Bà	Chư Yang Sin	Kon Ka Kinh
Biên động	445	2,038	2,804	1,3
Độ lệch chuẩn hóa	0,0	8,93813	10,98860	4,13798
Độ nhọn chuẩn hóa	-5,17301	5,63133	17,17810	3,02258



Hình 3.17. Chuỗi bề rộng vòng năm chuẩn hóa Z_t của loài Thông 5 lá ở ba vùng phân bố theo năm từ 1572 đến 2017

Qua kết quả trên đã lập được ba chuỗi biến động bề rộng vòng năm chuẩn hóa cho loài Thông 5 lá kéo dài trong 446 năm; cho thấy có những biến động lớn về sinh trưởng Thông 5 lá trong một số giai đoạn; đặc biệt là vùng phân bố Chư Yang Sin có sự biến động lớn, tiếp theo Bidoup - Núi Bà; trong khi đó thì vùng phân bố Kon Ka Kinh khá ổn định. Sự biến động này đã được loại trừ ảnh hưởng của tuổi cây, do đó cho thấy các yếu tố môi trường như là khí hậu đã có tác động rõ rệt đến sinh trưởng Thông 5 lá. Do đó đề tài tiếp tục khảo sát để phát hiện chỉ tiêu khí hậu nào đã ảnh hưởng tạo ra biến động sinh trưởng Thông 5 lá. Kết quả sẽ có ý nghĩa đối với nghiên cứu sinh trưởng dưới ảnh hưởng của biến động khí hậu.

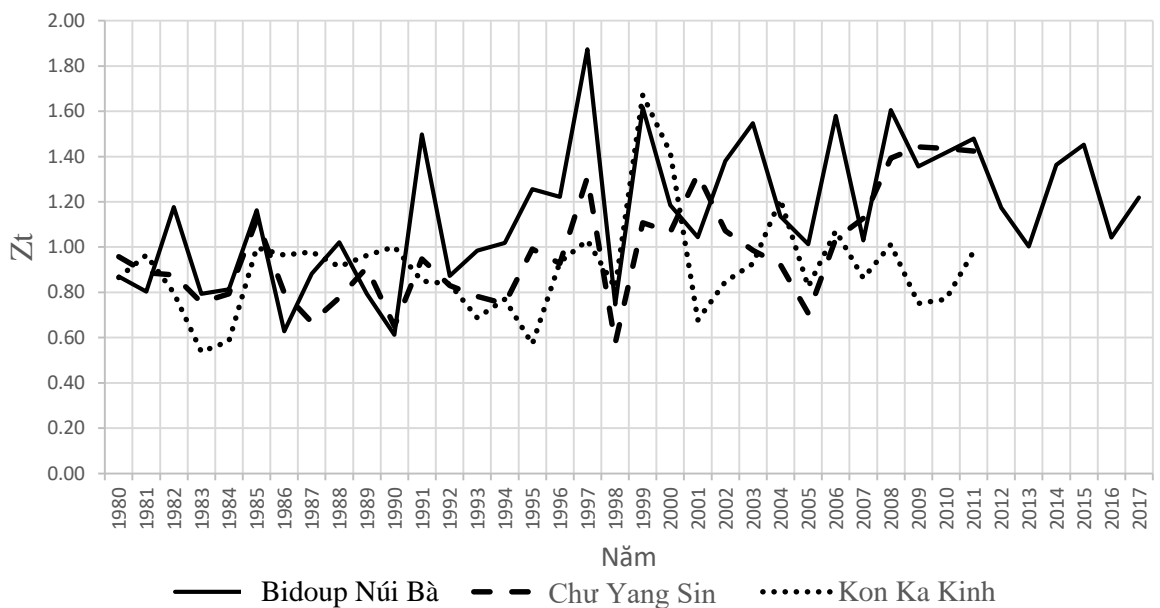
Vì dữ liệu khí hậu chỉ thu thập được trong vòng tối đa 38 năm (1979 – 2016) ở Bidoup - Núi Bà, trong khi đó ở Chư Yang Sin và Kon Ka Kinh trong vòng 32 năm

(1980 – 2011); sử dụng dữ liệu Z_t trình bày ở Hình 3.17 tương ứng với với chuỗi dữ liệu khí hậu thu thập được ở ba vùng để nghiên cứu ảnh hưởng của các chỉ tiêu khí hậu khác nhau đến khả năng tăng trưởng của Thông 5 lá (Dữ liệu tại các Phụ lục 2, Phụ lục 3 và Phụ lục 4). Chỉ số thống kê Z_t và các nhân tố khí hậu chính theo vùng phân bố trong Bảng 3.18. Từ Hình 3.18 cho thấy Z_t của Thông 5 lá có sự biến động mạnh dưới ảnh hưởng của nhân tố khí hậu, đặc biệt là từ những năm từ 1997 đến 2017 thì sự biến động của ba vùng phân bố Thông 5 lá có sự trùng khớp các cực trị Z_t , hay nói khác là nhân tố khí hậu đã ảnh hưởng chung và khá đồng nhất lên sinh trưởng của Thông 5 lá vùng Tây Nguyên.

Bảng 3.18. Chỉ tiêu thống kê bề rộng vòng năm chuẩn hóa Z_t và chỉ tiêu khí hậu theo chuỗi thời gian tương ứng

Vùng phân bố	Chỉ tiêu thống kê	Thời gian (năm)	Z_t	$Ttb (^{\circ}C)$	Ptb (mm/năm)
Bidoup - Núi Bà	n	38	38	38	38
	Trung bình	1998	1,149	18,0	1831,8
	Sai tiêu chuẩn	11,113	0,304	0,324	212,433
	Hệ số biến động %	0,55%	26,47%	1,80%	11,59%
	Nhỏ nhất	1980	0,613	17,5	1340,0
	Lớn nhất	2017	1,874	19,0	2356,0
	Biến động	37,0	1,261	1,5	1016,0
	Độ lệch chuẩn hóa	0,0	0,68218	1,74962	0,22298
	Độ nhọn chuẩn hóa	-1,50997	-0,67224	1,16832	0,30281
Chư Yang Sin	n	32	32	32	32
	Trung bình	1996	0,980	23,8	1893,1
	Sai tiêu chuẩn	9,381	0,244	0,295	312,195
	Hệ số biến động %	0,47%	24,88%	1,24%	16,50%
	Nhỏ nhất	1980	0,576	23,4	1347,1
	Lớn nhất	2011	1,442	24,7	2598,0
	Biến động	31,0	0,866	1,3	1250,9
	Độ lệch chuẩn hóa	0,0	1,25002	3,46596	0,65184

Vùng phân bố	Chỉ tiêu thống kê	Thời gian (năm)	Zt	Ttb ($^{\circ}$ C)	Ptb (mm/năm)
	Độ nhọn chuẩn hóa	-1,38564	-0,63995	3,07263	-0,35099
Kon Ka Kinh	n	32	32	32	32
	Trung bình	1996	0,909	21,896	2207,3
	Sai tiêu chuẩn	9,381	0,226	0,336	415,854
	Hệ số biến động %	0,47%	24,89%	1,54%	18,84%
	Nhỏ nhất	1980	0,537	21,4	1451,3
	Lớn nhất	2011	1,672	23,0	3174,6
	Biến động	31,0	1,135	1,6	1723,3
	Độ lệch chuẩn hóa	0,0	3,0993	3,27027	0,36624
	Độ nhọn chuẩn hóa	-1,38564	4,19584	3,85714	-0,25275



Hình 3.18. Biến động bề rộng vòng năm chuẩn hóa (Z_t) theo chuỗi thời gian của dữ liệu khí hậu thu thập được ở ba vùng phân bố Thông 5 lá

3.4.3. Ảnh hưởng của khí hậu đến chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa (Z_t) vùng Bidoup - Núi Bà

Nghiên cứu này đã thu thập và tổng hợp được chuỗi dữ liệu bề rộng vòng năm chuẩn hóa (Z_t) theo chuỗi thời gian từ năm 1979 đến năm 2016 (38 năm) tương ứng

với chuỗi dữ liệu khí hậu trong vùng, làm cơ sở phân tích ảnh hưởng của nhân tố khí hậu đến sinh trưởng Thông 5 lá ở Bidoup - Núi Bà (Phụ lục 2).

Kết quả kiểm tra mối quan hệ giữa chuỗi Z_t với các chuỗi chỉ tiêu khí hậu trung bình năm như nhiệt độ trung bình năm (T_{tb}) và lượng mưa trung bình năm (P_{tb}) đều có P-Value $> 0,05$; như vậy chỉ tiêu khí hậu trung bình năm không chỉ ra được ảnh hưởng của nhân tố khí hậu đến sinh trưởng Thông 5 lá; vì vậy tiếp tục khảo sát quan hệ giữa Z_t với nhiệt độ (T_i) và lượng mưa (P_i) theo hàng tháng i .

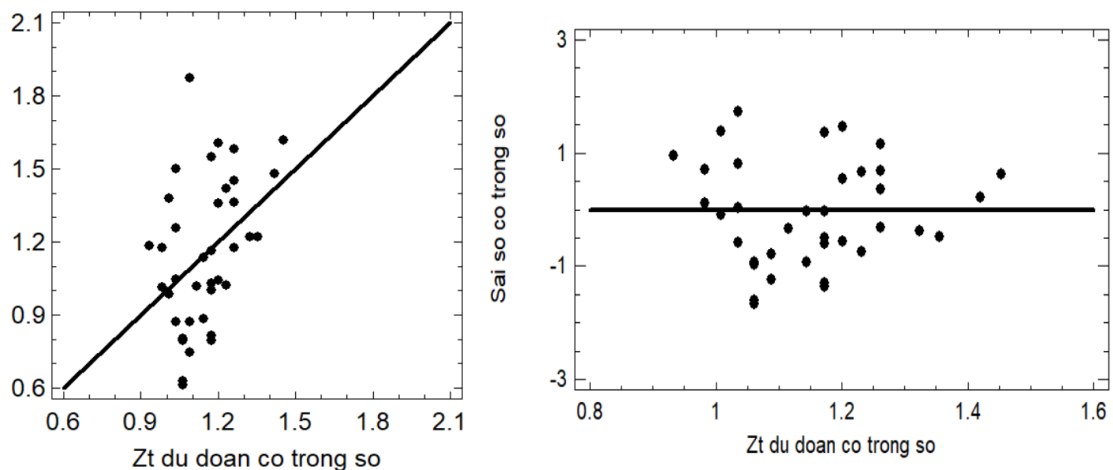
i) Ảnh hưởng của nhiệt độ tháng (T_i) đến Z_t vùng Bidoup - Núi Bà

Kết quả phân tích quan hệ cho thấy chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hoá (Z_t) có quan hệ thuận với nhiệt độ tháng 6 (T_6) với P-Value = $0,0161 < 0,05$ và $R = 0,388$.

Tiến hành thử nghiệm nhiều mô hình và lựa chọn được mô hình mô tả quan hệ $Z_t = f(T_6)$ vùng Bidoup - Núi Bà như sau:

$$Z_t = (-0,201515 + 0,00344819 \times T_6^2)^2 \quad (3.2)$$

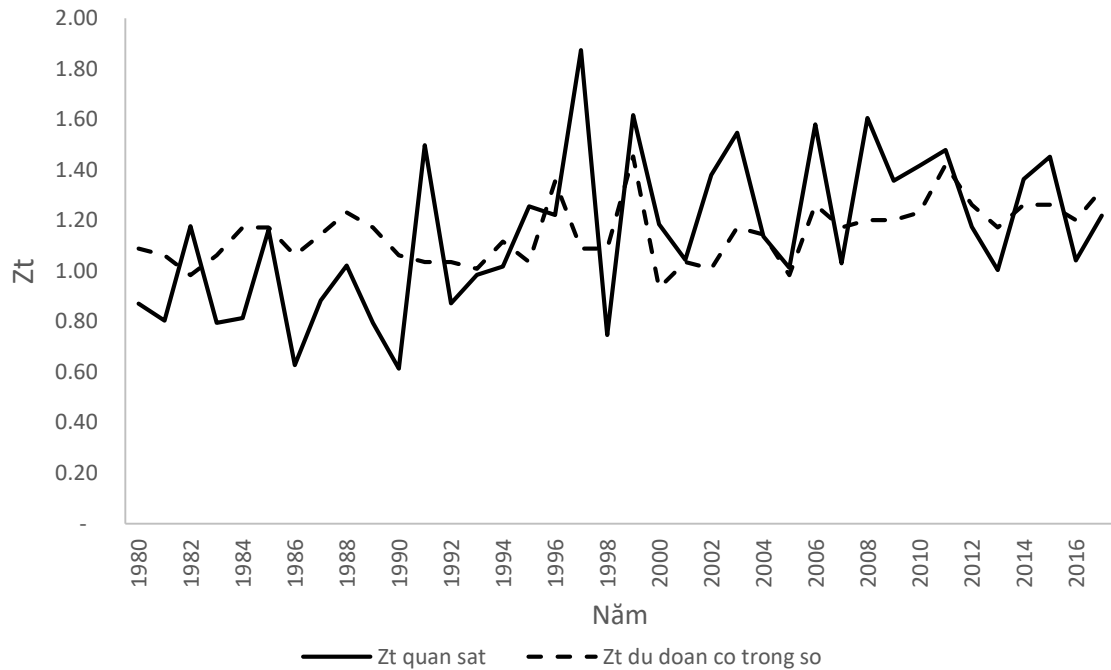
Trong đó $n = 38$; $R = 0,394$; Weight = $1/T_6^{0,5}$; RMSE = $0,135$; MAPE = $21,46\%$. Độ tin cậy và biên động sai số của mô hình được minh họa ở Hình 3.19.



Hình 3.19. Quan hệ Z_t quan sát và Z_t dự đoán (trái) và biên động sai số có trọng số (phải) của mô hình $Z_t = f(T_6)$ vùng Bidoup - Núi Bà

Hình 3.19 cho thấy các trị số bề rộng vòng năm quan sát và dự đoán có trọng số khá bám sát theo đường chéo, nhưng vẫn có một vài trị số quan sát và dự đoán rời hơi xa đường chéo. Sai số có trọng số theo trị số bề rộng vòng năm Z_t dự đoán có trọng số rải khá đều và trong phạm vi từ -1 đến $+1$. Kết quả này cho thấy mô hình

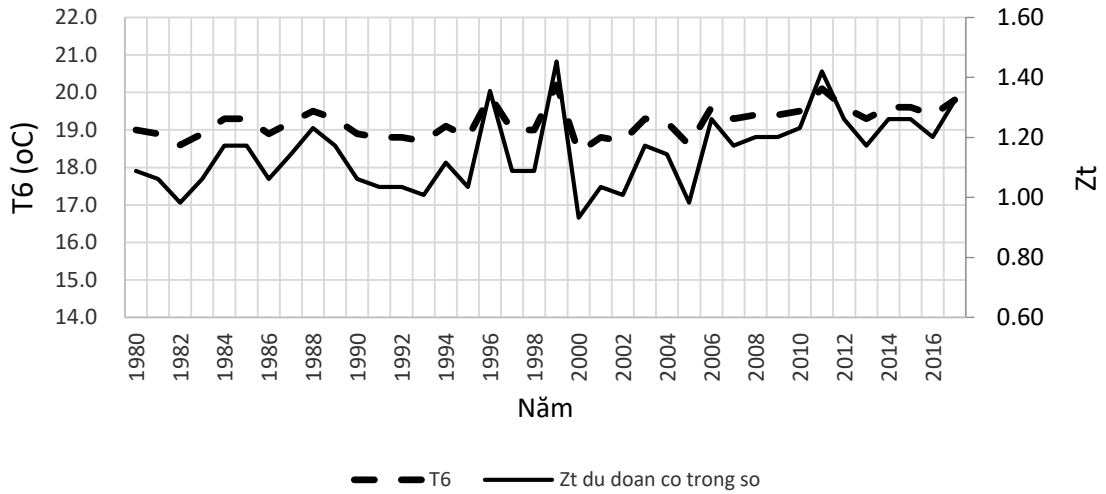
mô phỏng tương đối khá cho quan hệ giữa chỉ số bề rộng vòng năm theo nhiệt độ tháng 6 (T_6).



Hình 3.20. Quan hệ giữa Z_t quan sát và dự đoán qua mô hình $Z_t = f(T_6)$ ở vùng Bidoup - Núi Bà

Hình 3.20 cho thấy biến động chỉ số bề rộng vòng năm Z_t dự đoán và quan sát là gần sát nhau, có những thời điểm cả 2 đường biểu diễn gần như trùng nhau; do đó có thể thấy mô hình mô phỏng tốt cho ảnh hưởng của nhiệt độ tháng 6 đến Z_t ở Bidoup - Núi Bà.

Hình 3.21 cho thấy có tương quan rất chặt chẽ giữa biến động chỉ số bề rộng vòng năm (Z_t) dự đoán qua mô hình theo biến động nhiệt độ tháng 6 (T_6), các thời điểm T_6 có cực trị (thấp nhất hoặc cao nhất) thì Z_t cũng có cực trị tương ứng. Kết quả này cho thấy mô hình lựa chọn mô phỏng tốt biến động Z_t , đồng thời khẳng định ảnh hưởng của T_6 đến Z_t ở vùng Bidoup - Núi Bà theo cùng chiều, khi nhiệt độ tháng 6 tăng thì chỉ số bề rộng vòng năm Z_t tăng và ngược lại.



Hình 3.21. Tương quan thuận biến động giữa nhiệt độ tháng 6 (T_6) và chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa dự đoán qua mô hình có trọng số (Z_t) trong 38 năm vùng Bidoup - Núi Bà

ii) Ảnh hưởng của lượng mưa tháng (P_i) đến Z_t vùng Bidoup - Núi Bà

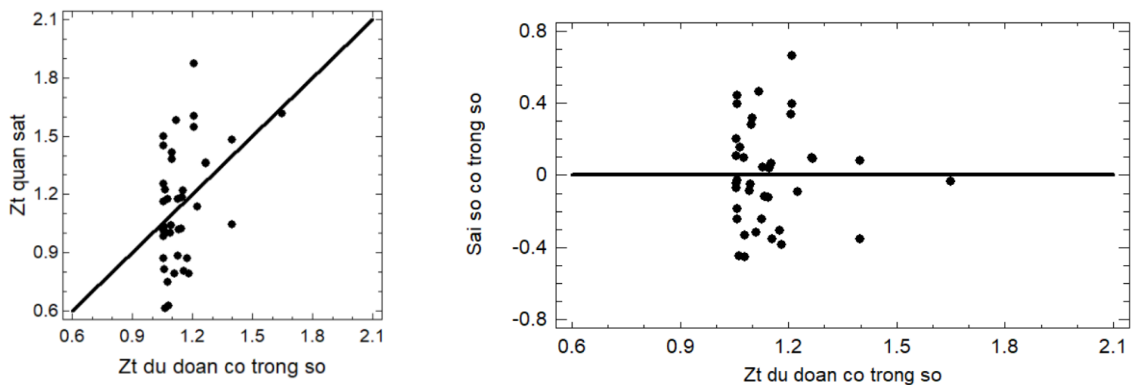
Kết quả kiểm tra quan hệ cho thấy giữa chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa (Z_t) và lượng mưa tháng 11 (P_{11}) có quan hệ dương với $R = 0,370$ và $P\text{-value} = 0,022 < 0,05$.

Kết quả thử nghiệm và lựa chọn được mô hình mô tả quan hệ $Z_t = f(P_{11})$ vùng Bidoup - Núi Bà như sau:

$$Z_t = \text{sqrt}(1,11474 + 0,0000158857 \times P_{11}^2) \tag{3.3}$$

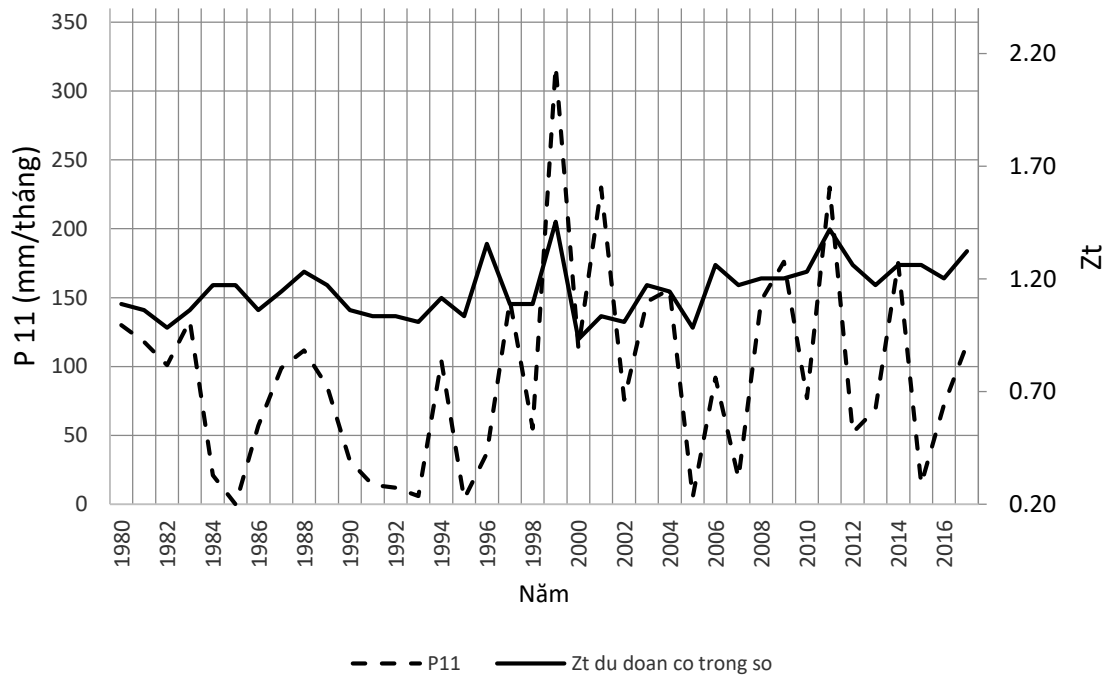
Trong đó $n = 38$; $R = 0,393$; $\text{Weight} = 1/P_{11}$; $\text{RMSE} = 0,284$; $\text{MAPE} = 21,59\%$.

Độ tin cậy và biến động sai số của mô hình được minh họa ở Hình 3.22.



Hình 3.22. Quan hệ Z_t quan sát và dự đoán (trái) và biến động sai số có trọng số (phải) của mô hình $Z_t = f(P_{11})$ vùng Bidoup - Núi Bà

Hình 3.22 cho thấy các trị số bề rộng vòng năm quan sát và dự đoán có trọng số khá bám sát theo đường chéo tuy nhiên vẫn có các giá trị sai lệch. Sai số có trọng số theo trị số bề rộng vòng năm Z_t dự đoán có trọng số nằm trong phạm vi từ $-0,8$ đến $+0,8$. Kết quả này cho thấy mô hình mô phỏng tương đối sát quan hệ giữa chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa Z_t theo lượng mưa tháng 11 (P_{11}).



Hình 3.23. Tương quan thuận biến động giữa lượng mưa tháng 11 (P_{11}) và chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa dự đoán qua mô hình có trọng số (Z_t) trong 38 năm (1980 – 2017) ở Bioup - Núi Bà

Kết quả từ Hình 3.23 cho thấy có tương quan rõ ràng giữa lượng mưa tháng 11 (P_{11}) với chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa (Z_t), và đây cũng là quan hệ cùng chiều; khi P_{11} tăng thì Z_t tăng, và có các cực trị (cao nhất, thấp nhất) hầu như là tương đồng. Nói một cách khác sinh trưởng vòng năm Thông 5 lá có phản ứng nhạy cảm với sự thay đổi lượng mưa tháng 11 năm trước. Sự gia tăng và kéo dài thời gian mưa trong tháng 11 sẽ giúp gia tăng tốc độ sinh trưởng Thông 5 lá ở Bidoup - Núi Bà.

3.4.4. Ảnh hưởng của khí hậu đến chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa (Z_t) vùng Chư Yang Sin

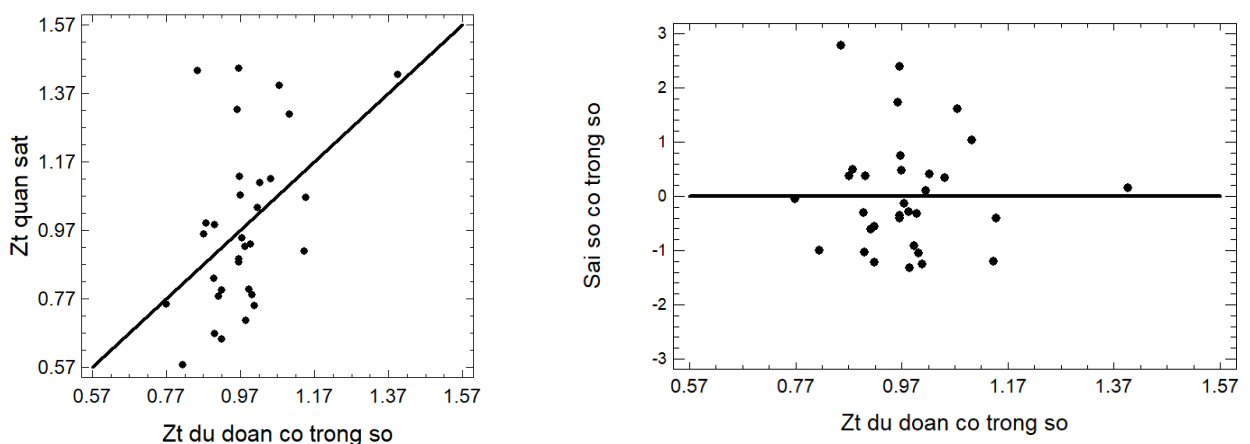
Nghiên cứu này đã thu thập và tổng hợp được chuỗi dữ liệu bề rộng vòng năm chuẩn hóa (Z_t) theo chuỗi thời gian từ năm 1980 đến năm 2011 (32 năm) tương ứng với chuỗi dữ liệu các chỉ tiêu khí hậu thu thập cùng chuỗi thời gian đó, làm cơ sở phân tích ảnh hưởng của nhân tố khí hậu đến sinh trưởng Thông 5 lá ở vùng phân bố Chư Yang Sin (Phụ lục 3).

Cũng như vùng Bidoup - Núi Bà, ở vùng này Z_t không có quan hệ với nhiệt độ và lượng mưa trung bình năm ($P\text{-value} > 0,05$). Trong khi đó khi xét quan hệ Z_t với theo nhiệt độ và lượng mưa hàng tháng thì thấy rằng Z_t có quan hệ nghịch với nhiệt độ tháng 3 (T_3) với $R = -0,3871$, $P = 0,0286 < 0,05$ và nghịch với tháng 4 (T_4) với $R = -0,3765$, $P = 0,0337 < 0,05$; đồng thời giữa lượng mưa hàng tháng và Z_t chưa có quan hệ với nhau ($P\text{-value} > 0,05$). Vì vậy đã tiến hành thiết lập và lựa chọn mô hình mô phỏng quan hệ $Z_t = f(T_3, T_4)$.

Kết quả lựa chọn được hàm:

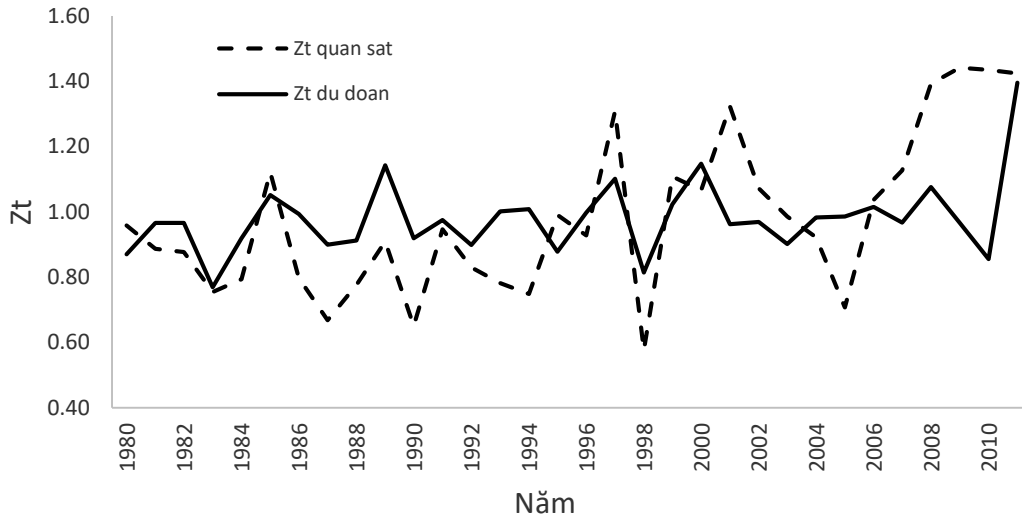
$$Z_t = 1/(3,07484 - 1321,32/(T_3 \times T_4)) \quad (3.4)$$

Trong đó $n = 32$; $R = 0,486$; $\text{Weight} = 1/(T_3 \times T_4)^2$; $\text{RMSE} = 0,000336$; $\text{MAPE} = 17,43\%$. Độ tin cậy và biến động sai số của mô hình được minh họa ở Hình 3.24.



Hình 3.24. Quan hệ Z_t quan sát và dự đoán (trái) và biến động sai số có trọng số theo dự đoán qua mô hình $Z_t = f(T_3, T_4)$ ở vùng Chư Yang Sin

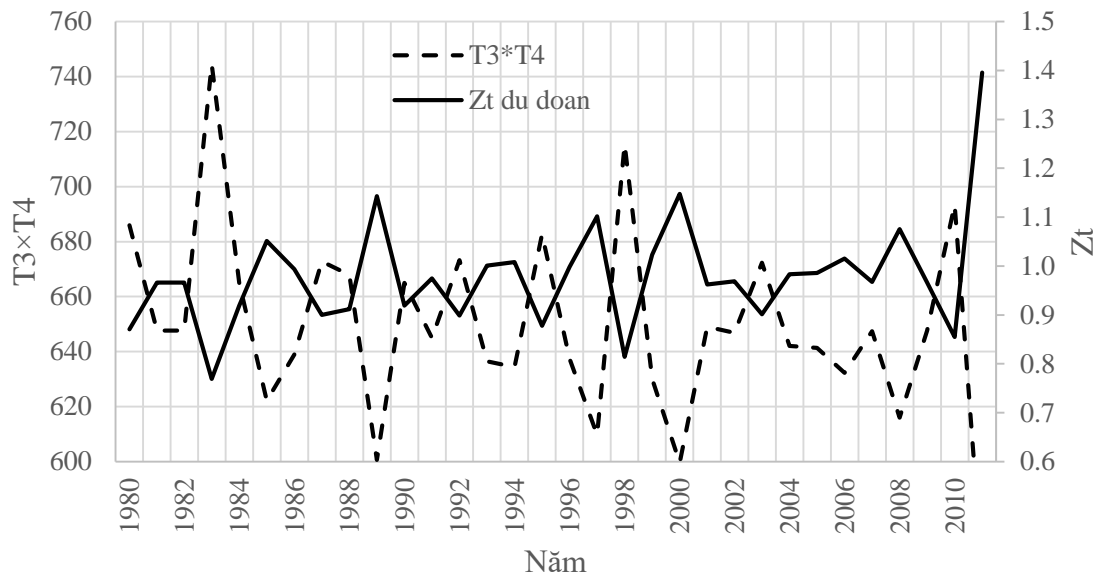
Hình 3.24 cho thấy các trị số bề rộng vòng năm quan sát và dự đoán khá bám sát theo đường chéo, có một vài trị số quan sát và dự đoán rời hơi xa đường chéo. Sai số theo trị số bề rộng vòng năm Z_t dự đoán khá biến động và nằm trong phạm vi từ - 2 đến +2. Kết quả này cho thấy mô hình mô phỏng tương đối sát cho quan hệ giữa chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa theo nhiệt độ tháng 3 và tháng 4 (T_3, T_4).



Hình 3.25. Z_t dự đoán qua mô hình theo hai biến số nhiệt độ tháng 3 và tháng 4 (T_3, T_4) so với Z_t quan sát trong chuỗi thời gian từ 1980 – 2011 (32 năm) ở vùng Chư Yang Sin.

Kết quả từ Hình 3.25 cho thấy Z_t quan sát và Z_t dự đoán thông qua biến số nhiệt độ tháng 3 và tháng 4 (T_3, T_4) khá bám sát nhau, đặc biệt có những cực trị khá tương đồng ở vùng Chư Yang Sin.

Hình 3.26 cho thấy có tương quan nghịch rõ ràng giữa nhiệt độ tháng 3 (T_3) và tháng 4 (T_4) ($T_3 \times T_4$) với chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa (Z_t), khi $T_3 \times T_4$ tăng thì Z_t giảm, và có các cực trị (cao nhất, thấp nhất) hầu như là nghịch nhau ở vùng Chư Yang Sin.



Hình 3.26. Tương quan nghịch giữa biến động giữa nhiệt độ tháng 3 và 4 ($T3 \times T4$) và chỉ số bề rộng vòng năm (Z_t) trong 32 năm (1980 – 2011) ở vùng Chư Yang Sin

3.4.5. Ảnh hưởng của khí hậu đến chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa (Z_t) vùng Kon Ka Kinh

Nghiên cứu này đã thu thập và tổng hợp được chuỗi dữ liệu bề rộng vòng năm chuẩn hóa (Z_t) theo chuỗi thời gian từ năm 1980 đến năm 2011 (32 năm) tương ứng với chuỗi dữ liệu các chỉ tiêu khí hậu thu thập cùng chuỗi thời gian đó, làm cơ sở phân tích ảnh hưởng của nhân tố khí hậu đến sinh trưởng Thông 5 lá ở vùng phân bố Kon Ka Kinh (Phụ lục 4).

Cũng như vùng Bidoup - Núi Bà và Chư Yang Sin, ở Kon Ka Kinh Z_t không có quan hệ với nhiệt độ và lượng mưa trung bình năm ($P\text{-value} > 0,05$).

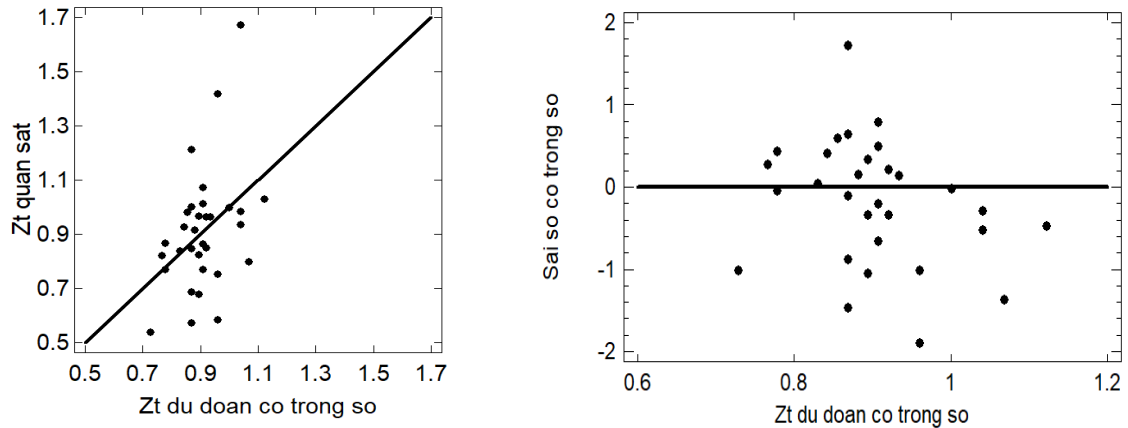
Kết quả kiểm tra cho thấy chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa Z_t loài Thông 5 lá có quan hệ nghịch với nhiệt độ tháng 4 ($T4$) ($R = -0,396$, $P = 0,0248 < 0,05$) và không có quan hệ với lượng mưa hàng tháng ($P > 0,05$) tại vùng phân bố Kon Ka Kinh.

Kết quả lựa chọn được dạng hàm thích hợp để mô phỏng quan hệ giữa Z_t theo nhiệt độ tháng 4 ($T4$) như sau:

$$Z_t = (1,78723 - 0,00142461 \times T4^2)^2 \quad (3.5)$$

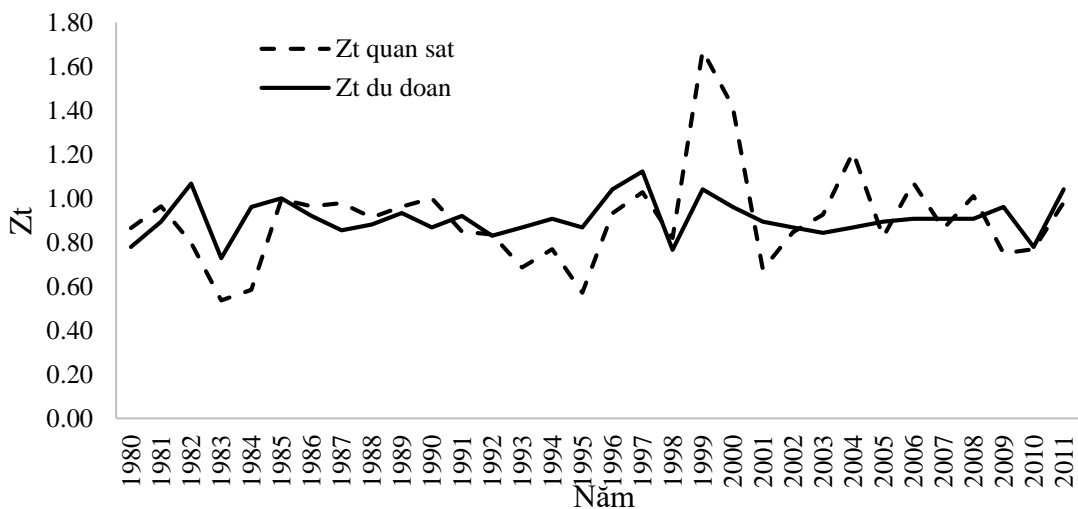
Trong đó $n = 32$; $R = 0,397$; $Weight = 1/T4^{0,5}$; $RMSE = 0,465$; $MAPE = 16,78\%$. Độ tin cậy và biến động sai số của mô hình được minh họa ở Hình 3.27.

Hình 3.27 cho thấy Z_t quan sát và Z_t dự đoán qua mô hình khá bám sát đường Chéo tuy có phân tán và sai số theo Z_t dự đoán qua mô hình khá rải đều và tập trung chủ yếu trong phạm vi từ -1 đến $+1$.

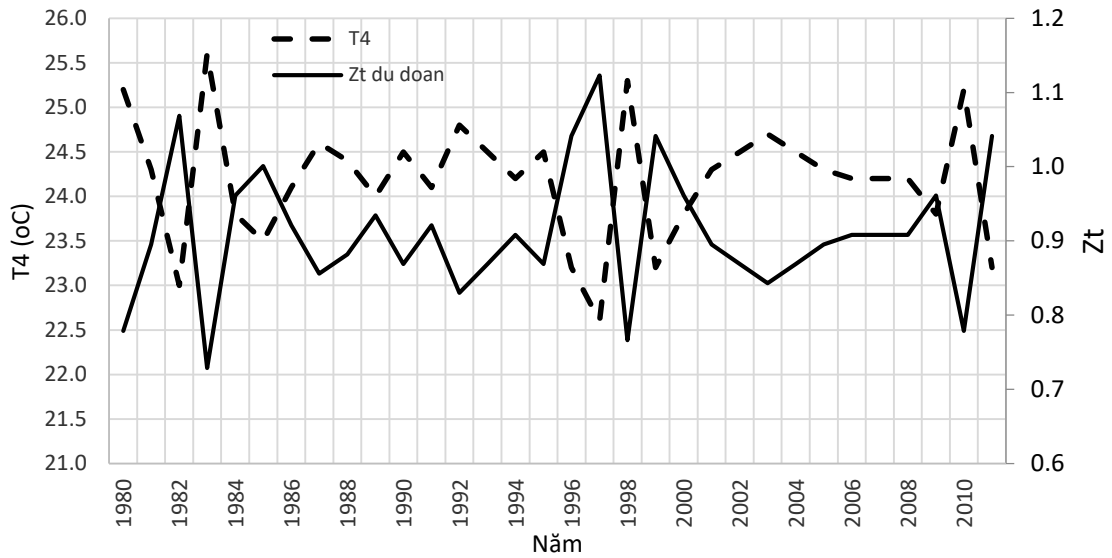


Hình 3.27. Quan hệ Z_t quan sát và dự đoán (trái) và sai số theo Z_t dự đoán có trọng số (phải) qua mô hình $Z_t = f(T4)$ vùng Kon Ka Kinh

Từ đường biểu diễn (Hình 3.28) cho thấy mô hình dự đoán chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa Z_t dự đoán sát với giá trị quan sát của loài nghiên cứu trong chuỗi thời gian 32 năm tại vùng phân bố Kon Ka Kinh.



Hình 3.28. Bề rộng vòng năm chuẩn hóa quan sát và dự đoán Z_t qua mô hình theo biến $T4$ theo chuỗi thời gian 1980 – 2011 (32 năm) ở vùng Kon Ka Kinh



Hình 3.29. Tương quan nghịch giữa Z_t dự đoán qua mô hình với nhiệt độ tháng 4 (T_4) trong giai đoạn 1980 – 2011 vùng Kon Ka Kinh

Từ Hình 3.29 cho thấy chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa Z_t dự đoán qua mô hình có tương quan nghịch với nhiệt độ tháng 4 (T_4), khi nhiệt độ tháng 4 tăng thì chỉ số bề rộng vòng năm giảm và các cực trị của T_4 và Z_t là ngược nhau.

Tổng hợp từ các kết quả phân tích quan hệ giữa chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa Z_t của loài Thông 5 lá với các nhân tố khí hậu tại ba vùng phân bố cho thấy:

Biến động bề rộng vòng năm chuẩn hóa Z_t bị ảnh hưởng tổng hợp của các nhân tố sinh thái, môi trường. Khi xét riêng ảnh hưởng của các nhân tố khí hậu như T_i và P_i đến Z_t nói trên đã cho thấy khí hậu ảnh hưởng đến sinh trưởng D Thông 5 lá ở mức 40 – 50% (ứng với hệ số quan hệ R).

Tại vùng phân bố Bidoup - Núi Bà, chỉ số Z_t có quan hệ thuận với nhiệt độ tháng 6 (T_6) và lượng mưa tháng 11 (P_{11}) hàng năm. Điều này cho thấy gia tăng nhiệt độ trong tháng 6 (là tháng mưa) ở vùng có nhiệt độ trung bình thấp của Bidoup - Núi Bà sẽ thúc đẩy sinh trưởng Thông 5 lá; đồng thời gia tăng và kéo dài lượng mưa vào cuối mùa mưa ở tháng 11 cũng giúp gia tăng sinh trưởng cây. Kết quả này phù hợp với kết quả nghiên cứu của Matias và Jum (2012) [134] khi cho thấy gia tăng

nhệt độ làm gia tăng sinh trưởng các loài Thông, trong khi đó khô hạn làm giảm tốc độ sinh trưởng các loài này.

Tại vùng phân bố Thông 5 lá ở Chư Yang Sin và Kon Ka Kinh, chỉ số *Zt* cùng có quan hệ nghịch với nhiệt độ tháng 3 và 4 (T3 và T4). Đây là hai tháng cuối mùa khô, nhiệt độ không khí rất cao, do đó khi có nhân tố khí hậu làm gia tăng nhiệt độ vào các tháng này đã làm giảm tốc độ sinh trưởng của Thông 5 lá. Kết quả này trùng với kết quả của Sano *et al.* (2008) [144] khi đã nhận định sinh trưởng các loài cây lá kim vùng nhiệt đới thường có tương quan nghịch với nhiệt độ. So sánh với một số loài khác cho thấy sinh trưởng Thông 3 lá tại vùng Đà Lạt cũng có quan hệ nghịch với nhiệt độ tháng 1, tháng 6 (Phạm Trọng Nhân và cs, 2011 [53]); trong khi đó một nghiên cứu khác lại cho thấy nhiệt độ tháng 2 có có quan hệ nghịch và ảnh hưởng rõ rệt đến sinh trưởng loài Du sam tại vùng phân bố Bidoup - Núi Bà (Nguyễn Văn Thiết, 2016 [67]); nghiên cứu của Nguyễn Thị Oanh và cs (2015) [61], cũng cho thấy nhiệt độ có ảnh hưởng đến sinh trưởng loài Pơ Mu tại khu vực Tu Mơ Rông, Kon Tum.

Như vậy ở đây có thể rút ra hai điểm liên quan giữa sinh trưởng Thông 5 lá với biến động khí hậu, trong đó tập trung cho việc gia tăng nhiệt độ do hiệu ứng nhà kính:

- Ở các vùng lạnh như cao nguyên Lâm Đồng, thì gia tăng nhiệt độ trong mùa mưa có tác dụng thúc đẩy sinh trưởng Thông 5 lá.

- Ở các vùng ít lạnh hơn như ở các cao nguyên Buôn Ma Thuật, Pleiku thì gia tăng nhiệt độ trong mùa khô hạn sẽ làm giảm sinh trưởng Thông 5 lá.

3.4.6. Mô hình sinh trưởng, tăng trưởng đường kính Thông 5 lá theo vùng phân bố sinh thái

Phương trình sinh trưởng của cây mô tả sự thay đổi kích thước cây riêng lẻ theo tuổi (Zeide, 1993 [158]). Các mô hình sinh trưởng, tăng trưởng cây rừng hỗ trợ các nhà quản lý và nhà nghiên cứu theo nhiều cách khác nhau thông qua cung cấp thông tin tăng trưởng chính xác để lựa chọn giải pháp quản lý phù hợp (Hilt, 1983 [111]). Những mô hình này cũng giúp dự đoán sản lượng rừng trong tương lai, xác

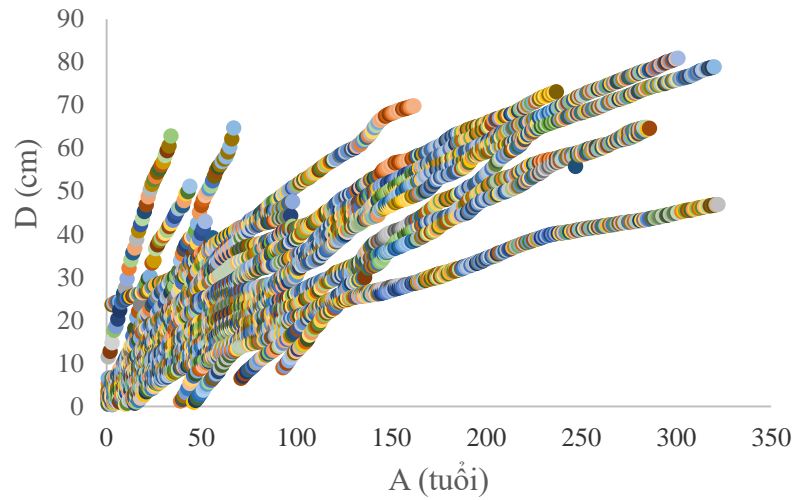
định các giải pháp lâm sinh phù hợp để sản xuất và bảo tồn cây và quần thể rừng (Timilsina và Staudhammer, 2013 [151]).

Trên cơ sở 56 cây khoan xác định bề rộng vòng năm Thông 5 lá ở 3 vùng phân bố (BD: Bidoup - Núi Bà; CYS: Chư Yang Sin và KKK: Kon Ka Kinh), xác định được lượng tăng trưởng đường kính (Zd , $cm/năm$) theo đường kính ngang ngực (D , cm) và tuổi cây (A , $năm$ tuổi).

Hình 3.30 cho thấy hình ảnh và chiều hướng D theo A trên cơ sở tích lũy Zr của các giá trị bề rộng vòng năm của các cây mẫu khoan. Các chỉ tiêu thống kê về các giá trị sinh trưởng D , tăng trưởng Zd theo tuổi A trong Bảng 3.19; trong đó bao gồm 4566 bộ dữ liệu xác định được D và Zd theo tuổi cây A . Kết quả này cho thấy cây khoan lấy mẫu có biến động đường kính D từ 0,3 cm đến 80,8 cm, ứng với biến động tuổi A từ 1 – 322 năm tuổi và lượng tăng trưởng đường kính Zd Thông 5 lá ở 3 vùng từ 0,013 đến 3,065 $cm/năm$ (biến động theo tuổi cây và vùng phân bố); trung bình Thông 5 lá vùng Tây Nguyên có tăng trưởng đường kính Zd là 0,339 $cm/năm$.

Bảng 3.19. Chỉ tiêu thống kê sinh trưởng D và Zd theo A của các cây khoan

Chỉ tiêu thống kê	A (tuổi, năm)	D (cm)	Zd (cm/năm)
n	4566	4566	4566
Trung bình	102	31,2	0,339
Sai tiêu chuẩn	76,016	18,973	0,297
Hệ số biến động CV (%)	74,77	60,86	87,61
Nhỏ nhất	1	0,3	0,013
Lớn nhất	322	80,8	3,065
Phạm vi biến động	321	80,5	3,052



Hình 3.30. Biến động đường kính ngang ngực (D) theo tuổi (A) Thông 5 lá trên cơ sở tích lũy bề rộng vòng năm của các cây mẫu khoan ở ba vùng phân bố ở Tây Nguyên.

3.4.6.1. Mô hình quan hệ chiều cao – đường kính (H/D) cho các vùng phân bố Thông 5 lá ở Tây Nguyên

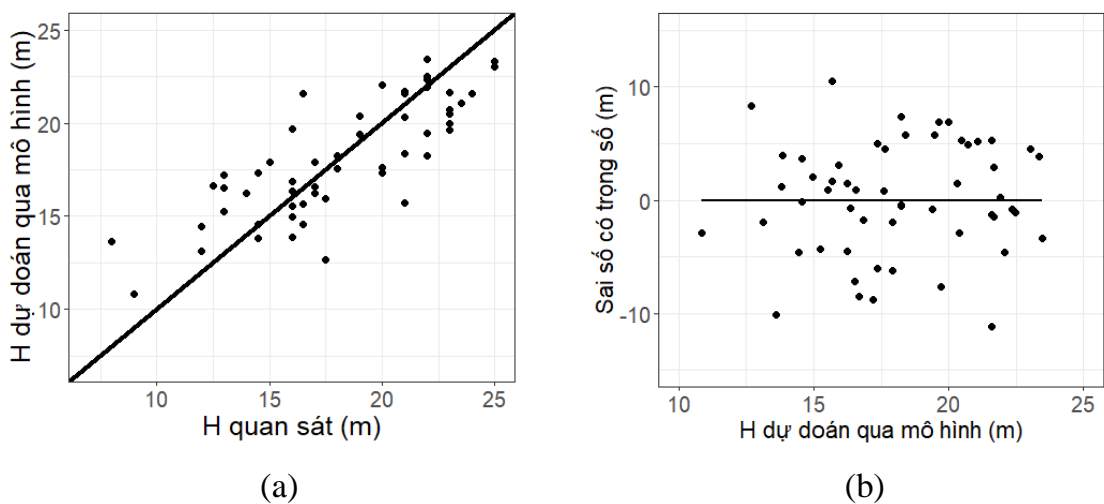
Mô hình quan hệ H/D của Thông 5 lá vùng Tây Nguyên được thiết lập từ 56 cây khoan chung cho vùng Tây Nguyên cho thấy phù hợp với mô hình Power và có biến động H dự đoán chung cả ba vùng là khá cao (Hình 3.31); vì vậy cần thiết lập mô hình Power có tham số thay đổi cho từng vùng phân bố để cải thiện độ tin cậy.

Bảng 3.20. Thẩm định chéo sai số theo K-Fold mô hình quan hệ H/D của Thông 5 lá có hay không xét ảnh hưởng của các vùng phân bố khác nhau

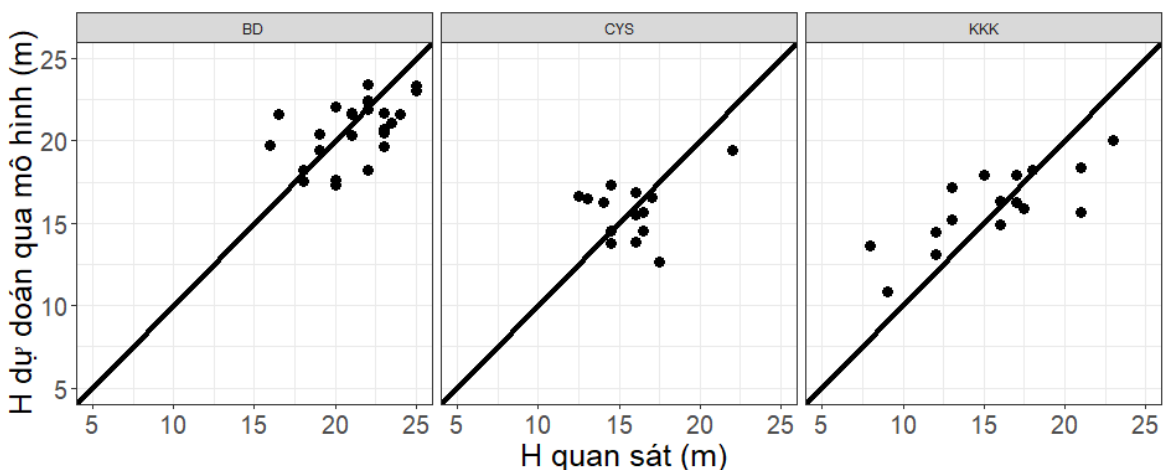
Stt	Mô hình	Trọng số	Nhân tố ảnh hưởng (Random effect)	AIC	$R^2_{adj.}$	Bias (%)	RMSE (%)	MAPE (%)
1	$H = a \times D^b$	$1/D^k$	Không xét	259,7	0,447	-3,14	18,59	14,84
2	$H = a \times D^b$	$1/D^k$	Vùng phân bố	249,7	0,617	-2,22	16,49	13,26

Ghi chú: $n = 56$; thẩm định chéo K-Fold với $K = 10$, các chỉ tiêu thống kê của mô hình AIC, $R^2_{adj.}$, và các sai số Bias, RMSE, MAPE được tính trung bình từ 10 lần thiết lập và thẩm định sai số mô hình; mỗi lần có (9/10 dữ liệu) 50 dữ liệu dùng lập mô hình và có (1/10) 6 dữ liệu đánh giá sai số; k : hệ số của hàm phương sai.

Kết quả so sánh mô hình H/D có hay không theo theo vùng phân bố trình bày trong Bảng 3.20 thông qua thẩm định chéo theo phương pháp K-Fold, cho thấy khi thiết lập mô hình theo vùng phân bố so với lập chung thì các chỉ tiêu thống kê cải thiện đáng kể (AIC giảm, R^2_{adj} tăng và các sai số như Bias, RMSE và MAPE đều giảm). Trong đó AIC cải thiện rõ rệt từ giảm từ 260 xuống 250 khi lập mô hình không theo vùng phân bố sinh thái so với lập mô hình phân chia theo vùng. Biến động H quan sát và dự đoán theo từng vùng phân bố cũng giảm rõ rệt (Hình 3.32).



Hình 3.31. (a): Quan hệ H dự đoán qua mô hình Power so với H quan sát và (b): Biến động sai số có trọng số theo giá trị H dự đoán qua mô hình Power chung cả ba vùng phân bố



Hình 3.32. Quan hệ giữa H quan sát và H dự đoán qua mô hình Power theo ba vùng phân bố. BD: Bidoup - Núi Bà; CYS: Chư Yang Sin và KKK: Kon Ka Kinh

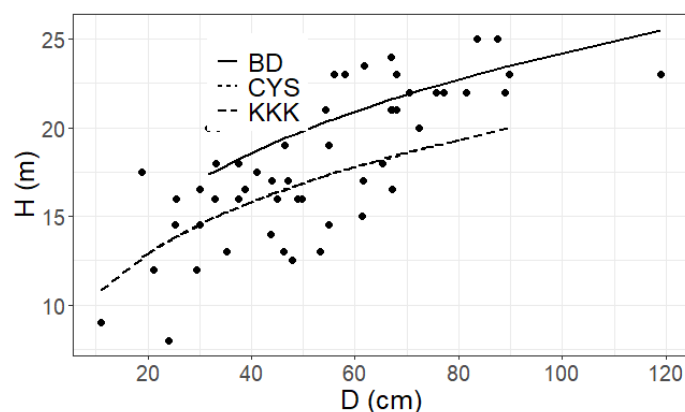
Bảng 3.21 chỉ ra tham số thay đổi theo vùng phân bố và Hình 3.33 cho thấy mô hình theo vùng phân bố đã cải thiện dự đoán chiều cao H .

Kết quả cho thấy có sự ảnh hưởng rõ rệt về vùng phân bố đến quan hệ H/D của Thông 5 lá. Vùng Bidoup - Núi Bà cây đạt chiều cao H cao nhất theo từng cấp kính, trong khi đó thì H ở Chư Yang Sin và Kon Ka Kinh là khá tương đồng.

Bảng 3.21. Tham số của mô hình $H = a_i \times D^b$ theo các vùng phân bố Thông 5 lá khác nhau ở Tây Nguyên

Vùng phân bố	n_i	Giá trị tham số và sai số tiêu chuẩn (SE_i) thay đổi theo vùng phân bố i , phạm vi biến động với $P = 95\%$			
		a_i	SE_i	b	SE
Chung các vùng		5.705349	1.097362	0.291650	0.046342
Bidoup - Núi Bà	26	6,333565	0,093976		
Chư Yang Sin	14	5,392624	0,128068	0,291650	0,046342
Kon Ka Kinh	16	5,389860	0,119797		

Ghi chú: Sau khi thẩm định chéo K-Fold, sử dụng toàn bộ dữ liệu $n = 56$ để ước lượng các tham số theo vùng phân bố sinh thái.



Hình 3.33. Đường cong H/D theo mô hình Power của Thông 5 lá ở ba vùng phân bố (BD: Bidoup - Núi Bà; CYS: Chư Yang Sin và KKK: Kon Ka Kinh)

Kết quả ước tính H theo D của Thông 5 lá qua mô hình $H = a_i \times D^b$ cho 3 vùng phân bố được trình bày tại Bảng 3.22.

Bảng 3.22. Ước tính H của Thông 5 lá theo D qua mô hình $H = a_i \times D^b$ ở các vùng phân bố khác nhau ở Tây Nguyên

D (cm)	H (m)		
	BD	CYS	KKK
10		10,6	10,5
20		12,9	12,9
30	17,1	14,5	14,5
40	18,6	15,8	15,8
50	19,8	16,9	16,9
60	20,9	17,8	17,8
70	21,9	18,6	18,6
80	22,7	19,4	19,3
90	23,5	20,0	20,0
100	24,3		
110	24,9		
120	25,6		

Ghi chú: BD: Bidoupp Núi Bà; CYS: Chư Yang Sin và KKK: Kon Ka Kinh

3.4.6.2. Mô hình sinh trưởng đường kính (D) Thông 5 lá ở các vùng phân bố ở Tây Nguyên

Một trong những biến số cây rừng quan trọng thường được sử dụng trong việc ra quyết định quản lý là đường kính cây ở độ cao ngang ngực (D , cm). Biến này có nhiều lợi ích, bao gồm dễ đo lường và mối quan hệ chặt chẽ với các biến thuộc tính khác của cây rừng như chiều cao (H , m), thể tích cây, sinh khối và carbon tích lũy trong cây. Mô hình sinh trưởng đường kính cây riêng lẻ là thành phần cơ bản và thiết yếu nhất của mô hình sinh trưởng, tăng trưởng rừng và nó là một công cụ có giá trị để lập kế hoạch quản lý rừng ở mọi cấp độ (Uzoh và Oliver, 2008 [153]). Nó cho phép dự đoán trạng thái của thực vật tại thời điểm trong tương lai (Bueno và Bevilacqua, 2009 [93]). Do đó, việc phát triển và xác lập các mô hình sinh trưởng và tăng trưởng đường kính là rất quan trọng để cung cấp kiến thức tốt hơn về nguyên

nhân và cơ chế phát triển và tăng trưởng của cây, cũng như giúp thực hiện các phương pháp lâm sinh tốt hơn (Sedmak và Scheer, 2012 [145]; Ma và Lei, 2015 [131]).

Từ 4566 bộ dữ liệu D theo A của Thông 5 lá có được từ mẫu khoan bề rộng vòng năm ở ba khu vực phân bố, tiến hành thăm dò mô hình sinh trưởng D thông 5 lá thích hợp theo các hàm phổ biến như ở Bảng 3.23 trong đó sử dụng phương pháp thăm định chéo K-Fold với $K=10$ để đánh giá sai số và lựa chọn mô hình.

Bảng 3.23. Thăm định chéo sai số theo K-Fold để lựa chọn mô hình sinh trưởng đường kính (D/A) của Thông 5 lá

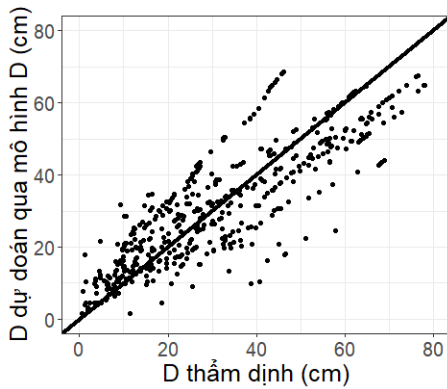
Stt	Mô hình	Trọng số	AIC	$R^2_{adj.}$	Bias (%)	RMSE (%)	MAPE (%)
1	Chapman-Richards: $D = D_m \times (1 - \exp(-a \times t))^b$	$1/A^k$	30497,7	0,719	-21,5	86,8	41,4
2	Gompertz: $D = D_m \times \exp(-a \times \exp(-b \times t))$	$1/A^k$	31187,8	0,675	-42,5	175,9	63,1
3	Korf: $D = D_m \times \exp(-a/t^b)$	$1/A^k$	30675,2	0,708	-15,6	74,6	39,5
4	Mitscherlich (Monomolecular): $D = D_m \times (1 - \exp(-a \times t))$	$1/A^k$	31505,1	0,644	3,7	54,3	33,6

Ghi chú: $n = 4.566$ dữ liệu; thăm định chéo K-Fold với $K = 10$, các chỉ tiêu thống kê của mô hình AIC, $R^2_{adj.}$, và các sai số Bias, RMSE, MAPE được tính trung bình từ 10 lần thiết lập và thăm định sai số mô hình; mỗi lần có (9/10 dữ liệu) 4110 dữ liệu dùng lập mô hình và có (1/10) 456 dữ liệu đánh giá sai số; k : hệ số của hàm phương sai; D_m : Đường kính tối đa. In đậm là mô hình được lựa chọn.

Kết quả cho thấy hàm Mitscherlich (Monomolecular) mô phỏng sinh trưởng đường kính Thông 5 lá phù hợp nhất so với các mô hình khác, dựa trên các tiêu chí thống kê và sai số qua thăm định chéo (Bảng 3.23). Với các chỉ số AIC và R^2 của các

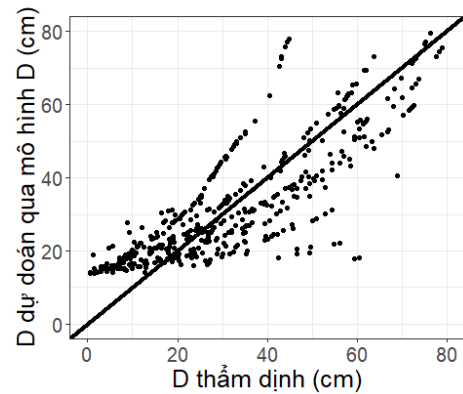
hàm là khá xấp xỉ nhau, trong khi đó các sai số như Bias, RMSE và MAPE của hàm Mitscherlich là bé nhất, do đó hàm này được lựa chọn.

Quan hệ giữa đường kính quan sát dùng thảm định chéo so với D dự đoán (Hình 3.34) cũng đã hỗ trợ cho việc lựa chọn hàm Mitscherlich. Đồng thời mô hình được chọn là đơn giản, chỉ có một tham số. Điều này phù hợp với khuyến nghị của Sedmak và Scheer (2012) [145], đã chỉ ra rằng một dạng đơn giản hơn, với ít tham số hơn, phù hợp hơn với dữ liệu quan sát và có phép ngoại suy tốt hơn so với các phương trình phức tạp hơn.

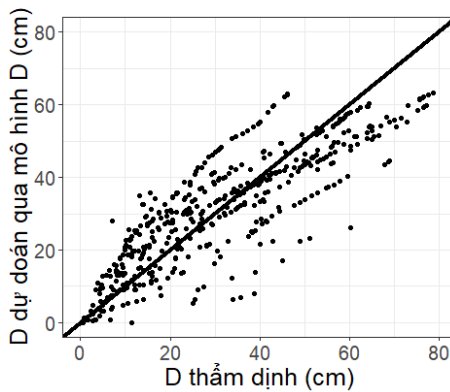


Chapman-Richards:

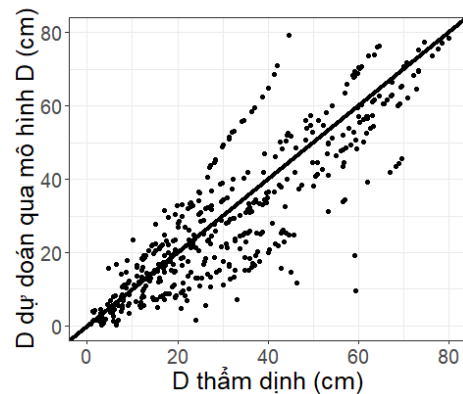
$$D = D_m \times (1 - \exp(-a \times t))^b$$



Gompertz: $D = D_m \times \exp(-a \times \exp(-b \times t))$



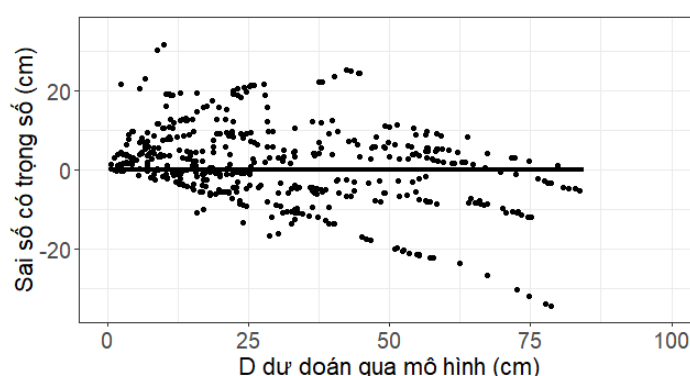
Korf: $D = D_m \times \exp(-a/t^b)$



Mitscherlich: $D = D_m \times (1 - \exp(-a \times t))$

Hình 3.34. Quan hệ giữa giá trị D thảm định từ 1/10 số liệu ngẫu nhiên với D dự đoán qua các mô hình chung các vùng phân bố.

Tuy nhiên hàm sinh trưởng D/A theo hàm Mitscherlich lựa chọn chung cho các vùng phân bố sẽ có biến động và sai số lớn (Hình 3.34, Hình 3.35); vì vậy đã sử dụng kỹ thuật phát hiện nhân tố ảnh hưởng ngẫu nhiên (random effects) trong mô hình phi tuyến ảnh hưởng tổng hợp có trọng số (Weighted non-linear mixed effect model) để xác định ảnh hưởng của yếu tố môi trường khác nhau thông qua các vùng phân bố lên các tham số của mô hình, từ đây cải thiện được độ tin cậy ước lượng sinh trưởng D (Bảng 3.24).



Hình 3.35. Biến động sai số có trọng số theo dự đoán D từ 1/10 dữ liệu thẩm định ngẫu nhiên của mô hình lựa chọn Mitscherlich $D = D_m \times (1 - e^{-a \times A})$ chung cho các vùng phân bố.

Bảng 3.24. Thẩm định chéo sai số theo K-Fold để lựa chọn mô hình sinh trưởng đường kính (D/A) của Thông 5 lá với ảnh hưởng của các vùng phân bố khác nhau

Mô hình	Trọng số	Nhân tố ảnh hưởng (Random effect)	AIC	$R^2_{adj.}$	Bias (%)	RMS E (%)	MAPE (%)
Mitscherlich		Không	31505,1	0,644	3,7	54,3	33,6
	$1/A^k$						
$D = D_m \times (1 - e^{-a \times A})$		Vùng phân bố	30520,5	0,709	-4,6	59,3	33,1

Ghi chú: $n = 4.566$ dữ liệu; thẩm định chéo K-Fold với $K = 10$, các chỉ tiêu thống kê của mô hình AIC, $R^2_{adj.}$, và các sai số Bias, RMSE, MAPE được tính trung bình từ 10 lần thiết lập và thẩm định sai số mô hình; mỗi lần có (9/10 dữ liệu) 4110 dữ liệu dùng lập mô hình và có (1/10) 456 dữ liệu đánh giá sai số; k : hệ số của hàm phương sai; D_m : Đường kính tối đa. In đậm là mô hình được lựa chọn.

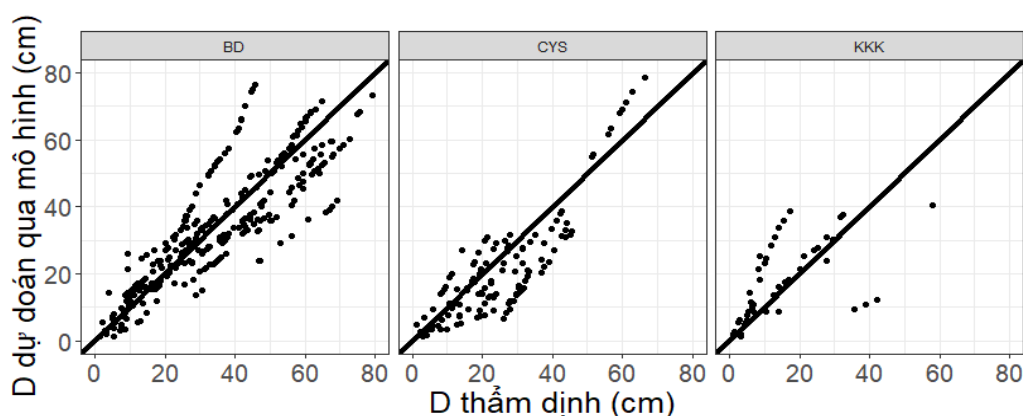
Bảng 3.24 cho thấy khi mô hình được thiết lập có xét ảnh hưởng theo từng vùng phân bố đã cải thiện độ tin cậy và giảm sai số rõ rệt. Mô hình theo vùng phân bố có AIC giảm và R^2 tăng rõ rệt.

Kết quả cho thấy tham số a_i của mô hình lựa chọn Mitscherlich thay đổi rõ rệt theo các vùng phân bố Thông 5 lá khác nhau (Bảng 3.25). Sử dụng mô hình thay đổi a_i sẽ cho độ tin cậy cao, sai số biến động hẹp hơn (Hình 3.36, Hình 3.37).

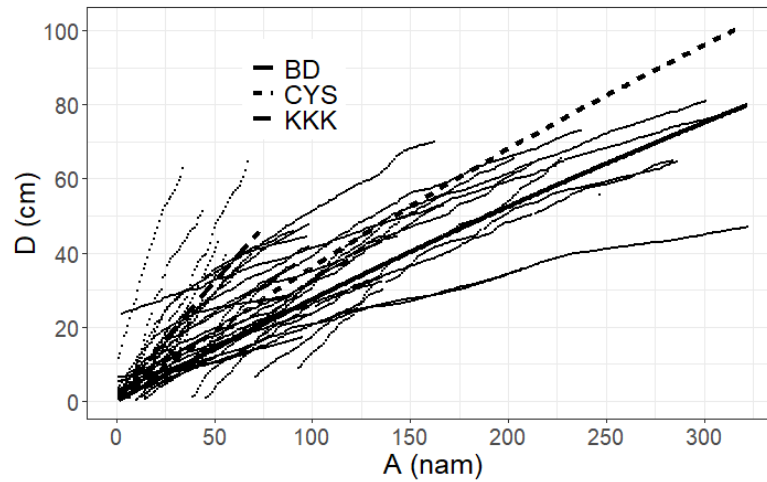
Bảng 3.25. Mô hình sinh trưởng D Thông 5 lá theo dạng Mitscherlich $D = 300 \times (1 - e^{(-a_i \times A)})$ chung và theo các vùng phân bố khác nhau ở Tây Nguyên

Vùng phân bố	n_i	Giá trị tham số và sai số tiêu chuẩn (SE_i) thay đổi theo vùng phân bố i , với $P = 95\%$	
		a_i	SE_i
Chung cho các vùng	4566	0,001505	0,000321
Bidoup - Núi Bà (BD)	2780	0,000961	1,054e-05
Chư Yang Sin (CYS)	1297	0,001285	1,544e-05
Kon Ka Kinh (KKK)	489	0,002268	2,515e-05

Ghi chú: Sau khi thẩm định chéo K-Fold để lựa chọn mô hình, các tham số được ước tính từ toàn bộ dữ liệu $n = 4566$



Hình 3.36. Quan hệ giữa giá trị D dự đoán qua mô hình lựa chọn Mitscherlich $D = D_m \times (1 - e^{-a \times A})$ và D thẩm định từ 1/10 dữ liệu quan sát ngẫu nhiên theo vùng phân bố: BD: Bidoup - Núi Bà, CYS: Chư Yang Sin, KKK: Kon Ka Kinh



Hình 3.37. Biểu diễn đám mây điểm D/A và đường sinh trưởng đường kính (D/A) Thông 5 lá theo mô hình Mitscherlich: $D = D_m \times (1 - e^{-ai \times A})$ phân biệt cho ba vùng phân bố:

BD: Bidoup - Núi Bà, CYS: Chư Yang Sin, KKK: Kon Ka Kinh

Kết quả sử dụng phương pháp thẩm định chéo sai số mô hình (Cross-Validation) để đánh giá và lựa chọn mô hình cho thấy sự hiệu quả và khoa học của phương pháp này. Theo phương pháp truyền thống thì để đánh giá mô hình thường phải thu thập một khối lượng số liệu độc lập hoặc chia số liệu có được thành một phần để lập mô hình và phần còn lại để đánh giá sai số. Cách làm này gây ra tốn kém khi phải thu thập thêm số liệu hoặc bỏ bớt số liệu lập mô hình để đánh giá, đồng thời nó cũng không chỉ ra được chính xác và toàn diện sai số của mô hình, vì chỉ có một bộ phận số liệu ở một vùng cụ thể được dùng để thẩm định sai số, nếu áp dụng cho vùng khác sẽ có sai số khác. Trong khi đó đối với phương pháp thẩm định chéo như K-Fold sẽ khắc phục được các nhược điểm này của phương pháp truyền thống. Đó là toàn bộ dữ liệu đều được tham gia lập mô hình và cũng toàn bộ dữ liệu được dùng để đánh giá mô hình (K-Fold với $K=10$ thì chia dữ liệu thành 10 phần ngẫu nhiên bằng nhau; tiến hành 10 lần lập mô hình hình và thẩm định sai số; mỗi lần có 9/10 dữ liệu rút ngẫu nhiên lập mô hình và 1/10 còn lại dùng đánh giá sai số; tiếp tục như vậy với 9 lần nữa; và sai số sau cùng được tính trung bình từ 10 lần thẩm định chéo để lựa chọn mô hình tốt nhất; và cuối cùng toàn bộ dữ liệu sẽ tham gia lập mô hình và xác định các tham số của mô hình được lựa chọn). Do đó dữ liệu thu thập trên nhiều vùng sinh

thái, thì sai số thu được từ phương pháp thẩm định chéo là đại diện cho tất cả các vùng sinh thái đã thu thập dữ liệu; đồng thời sau khi thẩm định chéo và lựa chọn mô hình, thì mô hình lựa chọn được ước lượng các tham số dựa trên toàn bộ dữ liệu, không lãng phí một dữ liệu nào.

Vùng phân bố sinh thái khác nhau ảnh hưởng đáng kể đến sự sinh trưởng và phát triển của cây rừng (Timilsina và Staudhammer, 2013 [151]). Ở Tây Nguyên của Việt Nam, mức sinh trưởng cao nhất của cây Thông 5 lá là ở tiểu vùng sinh thái KKK, tiếp theo là CYS và thấp nhất là ở BD (Bảng 3.26, Hình 3.37).

Qua mô hình biểu diễn quan hệ sinh trưởng D theo tuổi A (D/A) phân biệt cho 3 vùng cũng cho thấy xu hướng sinh trưởng của Thông 5 lá vẫn tiếp tục tăng khi tuổi cây tăng (> 300 năm cho vùng Bidoup - Núi Bà và Chư Yang Sin và > 73 năm cho vùng Kon Ka Kinh).

Kết quả so sánh sinh trưởng D ở ba vùng phân bố cho thấy có mối quan hệ rõ rệt với lượng mưa trung bình năm; lượng mưa thấp nhất ở Bidoup - Núi Bà (1.825 mm/năm) và lượng mưa tăng dần lên khi vĩ độ cao hơn trong cùng phạm vi độ cao so với mặt biển, lên Chư Yang Sin thì lượng mưa tăng lên 1.893 mm/năm và lên đến Kon Ka Kinh là 2.202 mm/năm; theo chiều tăng lượng mưa ở ba khu vực, thì sinh trưởng D tăng lên khi đi từ Bidoup - Núi Bà lên Chư Yang Sin và đến Kon Ka Kinh. Cho thấy ở Tây Nguyên, lượng mưa gia tăng là nhân tố thúc đẩy sinh trưởng Thông 5 lá rõ rệt. Bảng 3.26 cho thấy kết quả ước tính sinh trưởng D Thông 5 lá qua mô hình Mitschelich cho từng vùng phân bố. Kết quả này cho thấy sinh trưởng D tăng dần lần lượt từ BD đến CYS và cao nhất là vùng phân bố KKK.

Bảng 3.26. Ước tính sinh trưởng D của Thông 5 lá theo mô hình Mitscherlich
$$D = 300 \times (1 - e^{(-ai \times A)})$$
 ở các vùng phân bố khác nhau ở Tây Nguyên

A (Tuổi)	D (cm)		
	BD	CYS	KKK
10	2,9	3,8	6,7
20	5,7	7,6	13,3
30	8,5	11,3	19,7
40	11,3	15,0	26,0
50	14,1	18,7	32,2
60	16,8	22,3	38,2
70	19,5	25,8	44,0
80	22,2	29,3	49,8
90	24,9	32,8	55,4
100	27,5	36,2	60,9
110	30,1	39,5	66,2
120	32,7	42,9	71,5
130	35,2	46,2	76,6
140	37,8	49,4	81,6
150	40,3	52,6	86,5
160	42,8	55,8	
170	45,2	58,9	
180	47,7	61,9	
190	50,1	65,0	
200	52,5	68,0	
210	54,8	71,0	
220	57,2	73,9	
230	59,5	76,8	
240	61,8	79,6	
250	64,1	82,4	
260	66,3	85,2	
270	68,6	87,9	

A (Tuổi)	D (cm)		
	BD	CYS	KKK
280	70,8	90,7	
290	73,0	93,3	
300	75,1	96,0	
310	77,3	98,6	
320	79,4	101,1	

Ghi chú: BD: Bidoupp Núi Bà; CYS: Chư Yang Sin và KKK: Kon Ka Kinh

Bảng 3.26 cho thấy ở tuổi 100 năm, các giá trị sinh trưởng D và tăng trưởng trung bình năm tương ứng là 27,5 cm và 0,28 cm/năm đối với BD, 36,2 cm và 0,36 cm/năm đối với CYS, và 60,9 cm và 0,61 cm/năm cho KKK. Sự tăng trưởng của cây Thông 5 lá ở tuổi 40 trên một lập địa tốt nhất, chẳng hạn như ở KKK, đạt 0,651 cm/năm, gấp đôi so với các loài cây lá kim khác như Thông trắng (*Pinus strobus* L.), với mức tăng trung bình hàng năm là 0,38 cm ở cùng tuổi (Bebber *et al.*, 2004 [88]).

3.4.6.3. Mô hình ước tính tỷ lệ tăng trưởng đường kính (P_d) theo D loài Thông 5 lá theo vùng phân bố sinh thái

Mô hình sinh trưởng đường kính Thông 5 lá theo vùng phân bố được thiết lập khi sử dụng cần biết tuổi cây rừng, điều này phù hợp với rừng trồng, trường hợp rừng tự nhiên sẽ không xác định được tuổi cây A để dự đoán sinh trưởng đường kính cây, thì mô hình xác định tỷ lệ tăng trưởng đường kính P_d dựa vào biến độc lập D là cần thiết, trong đó P_d được tính:

$$P_d = \frac{Z_d}{D} \quad (3.6)$$

Từ 4566 bộ dữ liệu Z_d/D lập được bộ dữ liệu P_d/D tương ứng để lập mô hình. Quan hệ P_d/D là dạng giảm, P_d giảm khi D tăng lên, do đó đã dò tìm một số hàm tương thích dạng Hyperbol, Power có mũ âm, hàm Exp mũ âm, ... để tìm hàm mô phỏng mối quan hệ này; kết quả trình bày đại diện ở Bảng 3.27 và Hình 3.38.

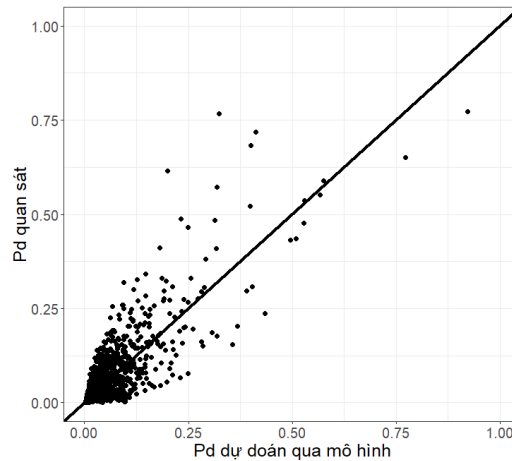
Bảng 3.27. Áp dụng thẩm định chéo K-Fold để lựa chọn mô hình quan hệ Pd theo D của Thông 5 lá với ảnh hưởng của các vùng phân bố khác nhau

Stt	Mô hình	Trọng số	Nhân tố ảnh hưởng (Random effect)	AIC	$R^2_{adj.}$	Bias (%)	RMSE (%)	MAPE (%)
1	<i>Hyperbol:</i> $Pd = a + b/D$	$1/D^k$	Vùng phân bố	-23681,0	0,622	-50,0	143,7	72,9
			Không	-24668,1	0,699	-69,0	168,1	92,5
2	<i>Power:</i> $Pd = a \times D^b$	$1/D^k$	Vùng phân bố	-26166,3	0,703	-54,7	170,6	81,4
			Không	-24622,2	0,414	-69,1	167,3	92,6

Ghi chú: $n = 4566$ dữ liệu; thẩm định chéo K-Fold với $K = 10$, các chỉ tiêu thống kê của mô hình AIC, $R^2_{adj.}$, và các sai số Bias, RMSE, MAPE được tính trung bình từ 10 lần thiết lập và thẩm định sai số mô hình, mỗi lần có (9/10 dữ liệu) 4110 dữ liệu dùng lập mô hình và có (1/10) 456 dữ liệu đánh giá sai số; k : hệ số của hàm phương sai; In đậm là mô hình được lựa chọn.

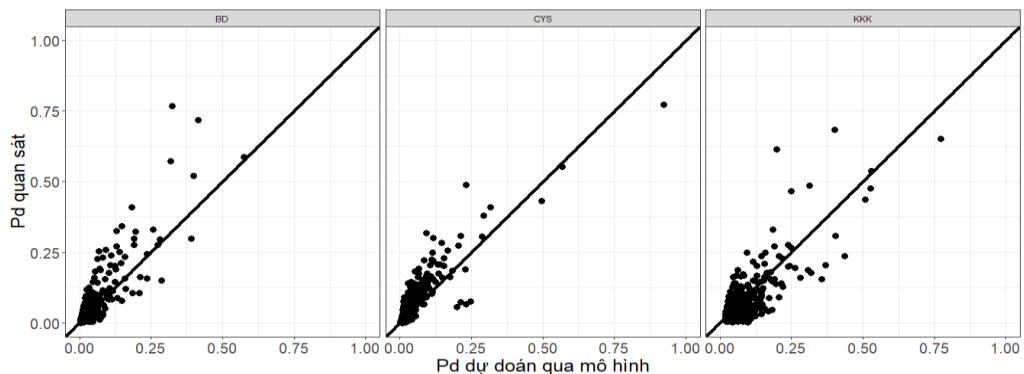
Từ kết quả ở Bảng 3.27 cho thấy khi không xét đến vùng phân bố thì hai hàm Hyperbol và Power có các giá trị thống kê AIC và các sai số khá xấp xỉ nhau. Trong khi đó xét đến vùng phân bố thì hàm Power là tốt nhất với giá trị đại số AIC bé nhất, R^2_{adj} cao nhất. Vì vậy mô hình Power theo từng vùng phân bố sinh thái Thông 5 lá là lựa chọn tốt nhất để mô phỏng mối quan hệ Pd/D .

Vì vậy sử dụng mô hình Power và phân chia mô hình này theo từng vùng phân bố sinh thái để tăng độ tin cậy là cần thiết. Hình 3.38 và Hình 3.39 cũng hỗ trợ cho lựa chọn này, mô hình Power chia theo vùng phân bố sinh thái sẽ giảm biến động Pd dự đoán so với Pd dùng thẩm định so với mô hình hình chung.



Hình 3.38. Quan hệ giữa Pd quan sát dùng thăm định từ 1/10 dữ liệu ngẫu nhiên với Pd dự đoán qua mô hình Power $Pd = a \times D^b$ chung cho các vùng phân bố

Đồng thời qua đồ thị cho thấy mô hình chung Pd/D dạng Power cho cả vùng Tây Nguyên có sai số ước lượng Pd cao khi cây có D càng lớn, thể hiện qua quan hệ Pd quan sát và Pd dự đoán qua mô hình phân tán khi Pd tăng (Hình 3.38). Vì vậy cần phân chia mô hình theo vùng phân bố của nó để tăng độ tin cậy và giảm sai số. Phương pháp thay đổi tham số của mô hình theo vùng phân bố gọi là random effect trong phương pháp ước lượng hàm phi tuyến theo Maximum Likelihood có trọng số đã được áp dụng; kết quả làm giảm biến động sai số và tăng độ tin cậy khi ước lượng Pd theo từng vùng phân bố của nó ở Tây Nguyên (Hình 3.39 và Bảng 3.28).

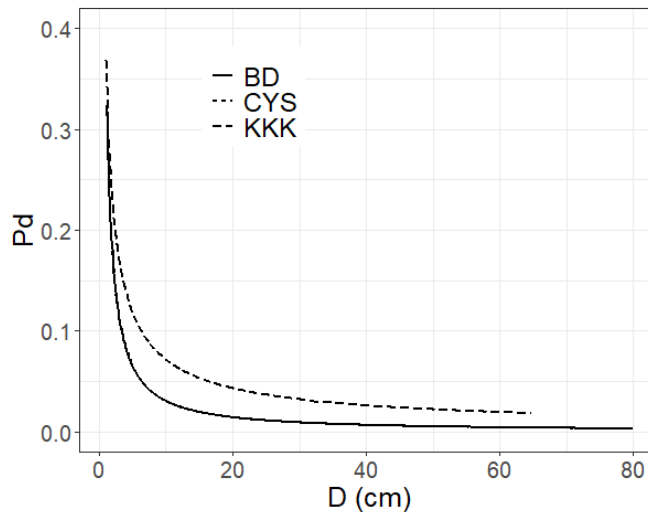


Hình 3.39. Quan hệ giữa giá trị Pd quan sát dùng thăm định từ 1/10 dữ liệu ngẫu nhiên và Pd dự đoán qua mô hình Power $Pd = aD^{bi}$ theo vùng phân bố: BD: Bidoup - Núi Bà, CYS: Chư Yang Sin, KKK: Kon Ka Kinh

Bảng 3.28. Mô hình $Pd = a \times D^{b_i}$ được lựa chọn theo các vùng phân bố Thông 5 lá khác nhau ở Tây Nguyên

Vùng phân bố	n_i	Giá trị tham số và sai số tiêu chuẩn (SE_i) thay đổi theo vùng phân bố i , với $P = 95\%$			
		a	SE	b_i	SE_i
Chung các vùng	4566	0,383712	0,019238	-0,977852	0,102341
Bidoup - Núi Bà	2780			-1.100362	0,003327
Chư Yang Sin	1297	0,383712	0,019238	-1,103273	0,004870
Kon Ka Kinh	489			-0,729921	0,007932

Ghi chú: Sau khi thẩm định chéo K-Fold để lựa chọn mô hình, các tham số theo vùng phân bố sinh thái được ước tính từ toàn bộ dữ liệu $n = 4566$



Hình 3.40. Quan hệ Pd/D Thông 5 lá theo mô hình $Pd = a \times D^b$ phân biệt cho ba vùng phân bố: BD: Bidoup - Núi Bà, CYS: Chư Yang Sin, KKK: Kon Ka Kinh.

Kết quả phân chia mô hình Pd/D theo vùng phân bố cho thấy Pd cao ở các cấp kính nhỏ ($D < 10$ cm), sau đó Pd giảm nhanh khi D tăng lên trong cấp kính từ 10 – 20 cm; khi $D > 20$ cm thì Pd giảm chậm lại. Vùng Kon Ka Kinh có Pd cao hơn hai vùng phân bố Bidoup - Núi Bà và Chư Yang Sin (Hình 3.40); điều này phù hợp kết quả nghiên cứu sinh trưởng Thông 5 lá.

Trong thực tế có thể ứng dụng mô hình quan hệ P_d/D để dự đoán tăng trưởng D hoặc thời gian cây đạt được một D mong muốn của Thông 5 lá như sau:

- Xác định vùng phân bố (một trong ba vùng lập mô hình) để chọn lựa mô hình Power có tham số phù hợp (Bảng 3.28).

- Dự đoán tăng trưởng đường kính Z_d : Thế giá trị D bất kỳ vào mô hình sẽ có được P_d tương ứng; từ đó suy ra $Z_d = P_d \times D$.

- Dự đoán thời gian n để cây đạt đường kính mong muốn D_{A+n} từ một cây trung bình ở thời điểm hiện tại có đường kính là D_A :

○ Dự đoán lượng tăng trưởng đường kính của cây tại thời điểm (Z_{dA}): Thế D_A vào mô hình P_d/D theo vùng phân bố thích hợp (Bảng 3.28) dự đoán được $Z_{dA} = P_{dA} \times D_A$.

○ Dự đoán thời gian n cây đạt được đường kính D_{A+n} :

$$n = \frac{D_{A+n} - D_A}{Z_{dA}} \quad (3.7)$$

Kết quả từ Bảng 3.29 chỉ ra giá trị ước tính P_d Thông 5 lá theo D thông qua mô hình Power đã thiết lập cho ba vùng phân bố ở Tây Nguyên. Kết quả này cho thấy P_d của hai vùng BD và CYS khá tương đồng trong khi đó KKK có giá trị P_d cao hơn.

Bảng 3.29. Ước tính P_d theo D loài Thông 5 lá qua mô hình $P_d = a \times D^{bi}$ ở 3 vùng phân bố Thông 5 lá khác nhau ở Tây Nguyên

D (cm)	P_d		
	BD	CYS	KKK
5	0,065	0,065	0,119
15	0,019	0,019	0,053
25	0,011	0,011	0,037
35	0,008	0,008	0,029
45	0,006	0,006	0,024
55	0,005	0,005	0,021
65	0,004	0,004	0,018
75	0,003	0,003	
85	0,003	0,003	

Ghi chú: BD: Bidoupp Núi Bà; CYS: Chư Yang Sin và KKK: Kon Ka Kink

3.5. Bản đồ và cơ sở dữ liệu GIS về phân bố mật độ và sinh thái Thông 5 lá

Phân bố mật độ Thông 5 lá trong 19 km² ở ba vùng phân bố nghiên cứu được thiết lập bản đồ GIS phân cấp mật độ Thông 5 lá cùng với cơ sở dữ liệu sinh thái được lưu trữ trong GIS như trong Phụ lục 5.

Bảng 3.30. Mật độ các điểm phân bố Thông 5 lá theo cấp N ứng với ba nhân tố sinh thái ảnh hưởng là P, DC và TDD ở ba vùng phân bố sinh thái

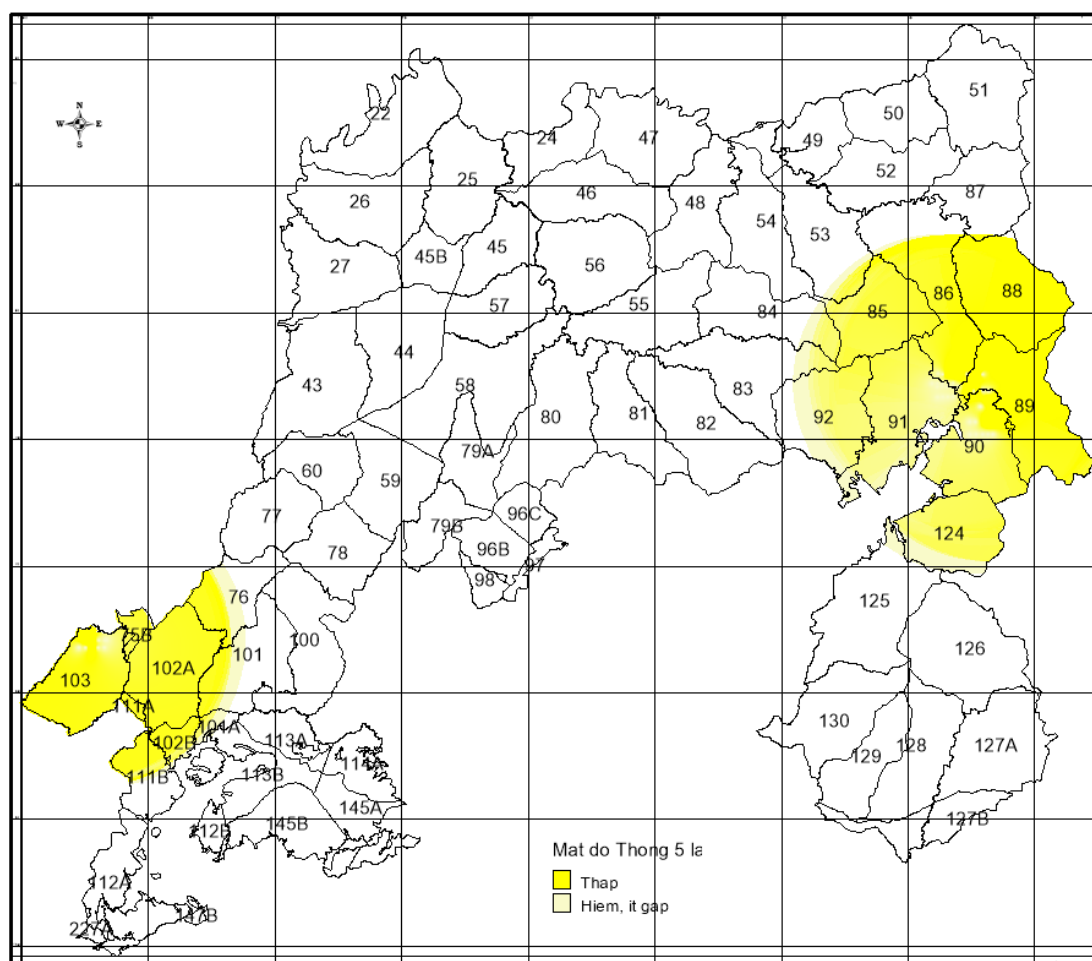
			P / TDD								
			1			2			3		
Vùng phân bố	N	DC	2	3	1	2	3	1	2	3	
BD	1	2	10								
		3	25	2							
	2	2	5								
		3	7	1							
<i>BD tổng</i>			47	3							
CYS	1	1							1	3	
		2							2		
		3							2	6	
	2	2									1
		3								7	
		3								1	
<i>CYS tổng</i>								2	17	4	
KKK	1	1			2	24					
		2			2	42	1				
		3				2					
	2	1				6					
		2				11	3				
		3				2	1				
	3	2				1					
		4	1			1					
			2							2	
	<i>KKK tổng</i>					4	89	7			
Tổng chung			47	3	4	89	7	2	17	4	

Ghi chú: Cấp N: 1: <10 cây/ha, 2: 10 -50 cây/ha, 3: 51 – 100 cây/ha và 4: >100 cây/ha. DC: Mã cấp độ cao; TDD: Mã độ dày tầng đất; P: Mã lượng mưa trung bình năm theo Bảng 2.2. BD: Bidoup – Núi Bà, CYS: Chư Yang Sinh và KKK: Kon Ka Kinh

Để bảo tồn một loài cây nói chung thì cần biết các vùng phân bố tập trung với mức độ tập trung khác nhau liên quan đến các yếu tố địa lý và sinh thái. Từ các lớp cơ sở dữ liệu theo tọa độ địa lý, mật độ Thông 5 lá và các nhân tố sinh thái ảnh hưởng đã tạo lập được bản đồ phân bố theo cấp mật độ Thông 5 lá cùng với hệ

thống dữ liệu của 10 nhân tố sinh thái trong GIS. Trong đó cấp mật độ (N) Thông 5 lá được chia thành 4 cấp: Cao (> 100 cây/ha), trung bình (51-100 cây/ha), thấp (10 – 50 cây/ha) và hiếm (< 10 cây/ha).

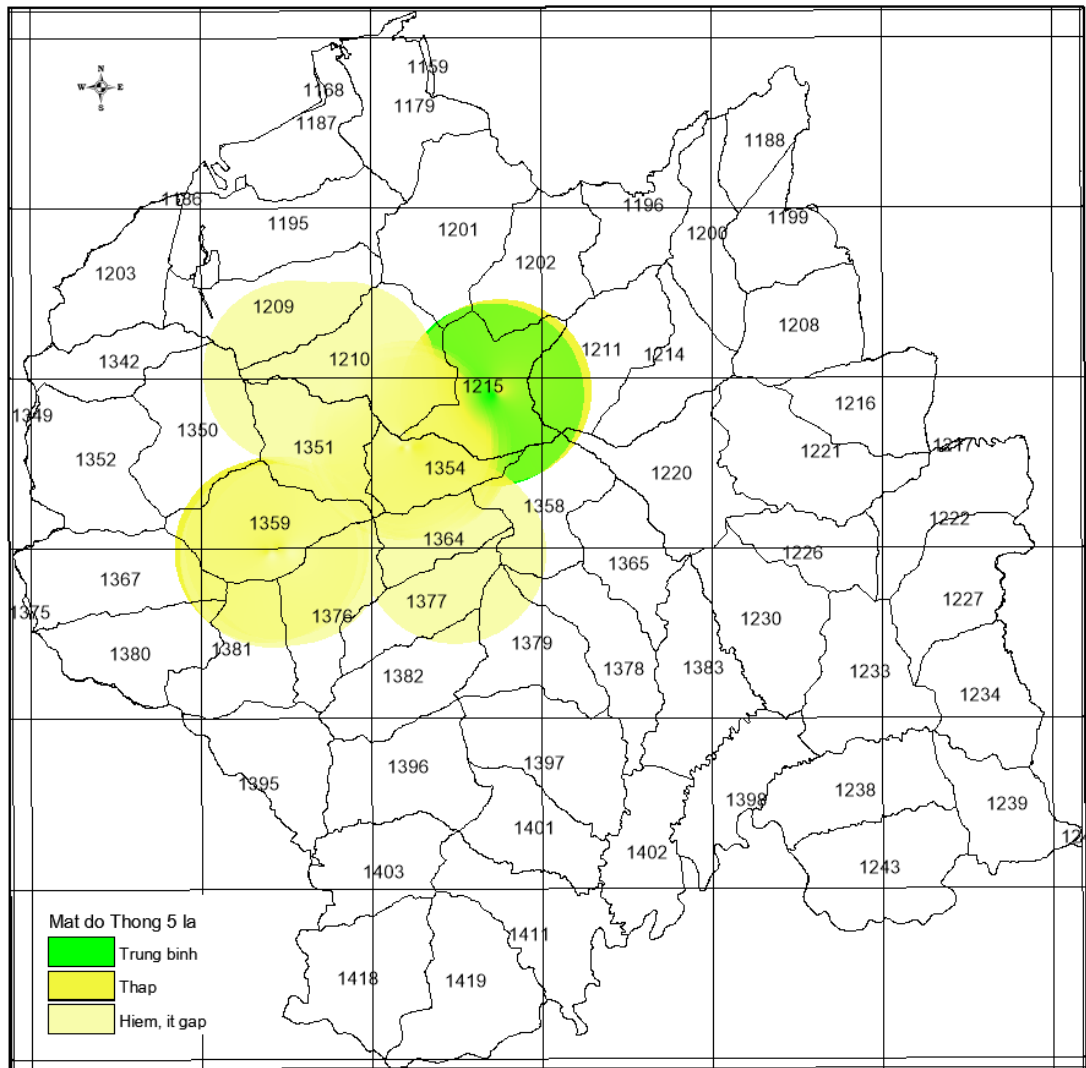
Trên cơ sở dữ liệu của ba nhân tố sinh thái là lượng mưa (P), độ cao so với mặt biển (DC) và độ dày tầng đất (TDD) ảnh hưởng đến phân bố mật độ Thông 5 lá, chỉ ra được mật độ các điểm phân bố Thông 5 lá trong ba vùng phân bố sinh thái theo ba nhân tố sinh thái ảnh hưởng ở Bảng 3.30.



Hình 3.41. Bản đồ cấp mật độ quần thể Thông 5 lá ở VQG Bidoup - Núi Bà. Cấp mật độ Thông 5 lá: Thấp (10 – 50 cây/ha) và hiếm (<10 cây/ha). Số trên bản đồ là số hiệu tiểu khu rừng.

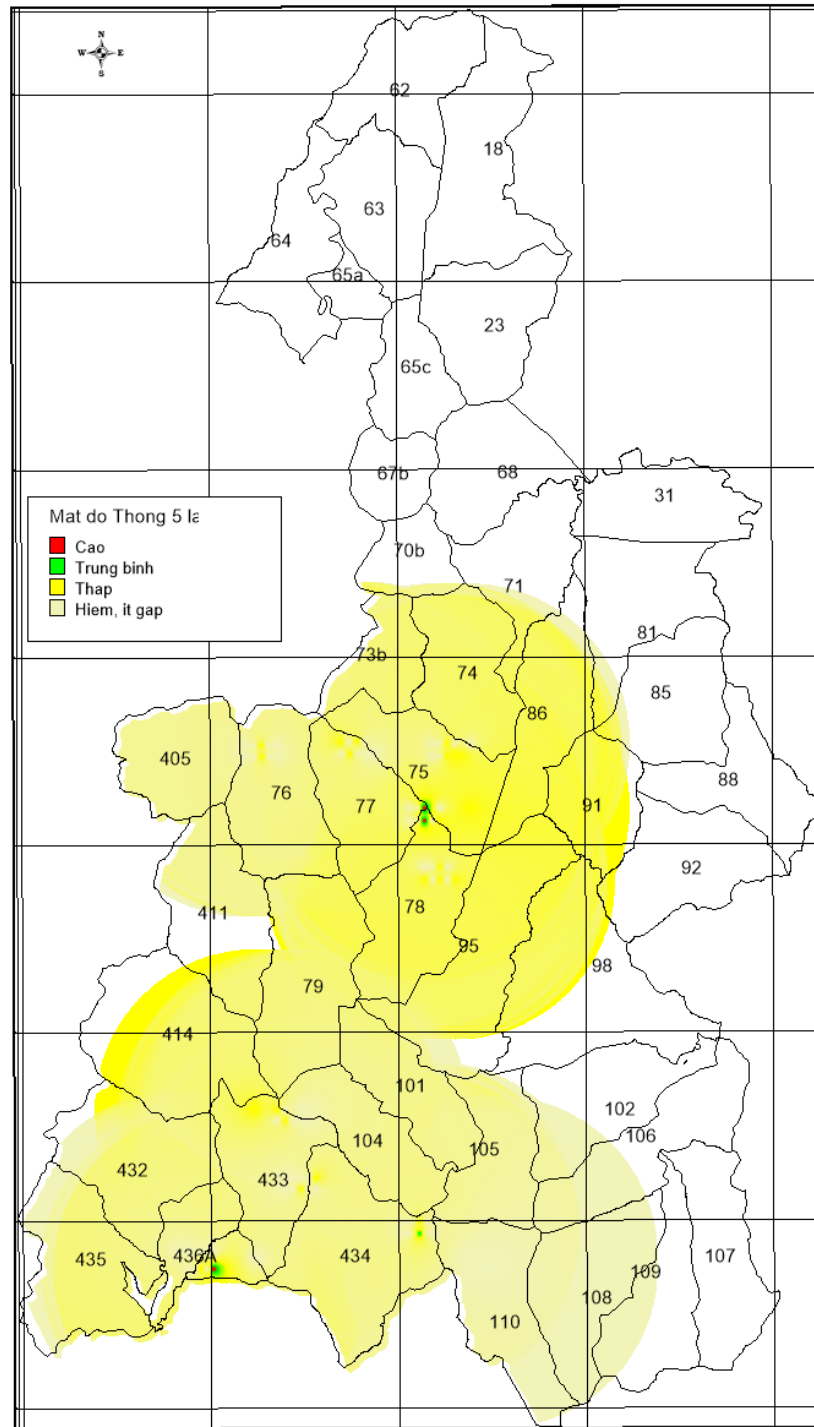
Bản đồ chuyên đề dạng Grid trong phần mềm Mapinfo được thiết lập để phân chia các vùng có các cấp mật độ khác nhau dựa vào lớp dữ liệu mật độ loài và các tham số theo hệ thống điều tra giám sát như cự ly giữa các tuyến, điểm và phạm vi tối đa của vùng phân bố.

Kết quả từ Hình 3.41 cho thấy cấp mật độ quần thể Thông 5 lá tại VQG Bidoup - Núi Bà là từ hiếm đến thấp với mật độ từ < 10 cây/ha đến 10 – 50 cây/ha trong vùng phân bố của nó. Trong đó Thông 5 lá phân bố chủ yếu ở hai cụm theo hướng Tây Nam và hướng Đông của VQG.



Hình 3.42. Bản đồ cấp mật độ quần thể Thông 5 lá ở VQG Chư Yang Sin. Cấp mật độ Thông 5 lá: Trung bình (51-100 cây/ha), thấp (10 – 50 cây/ha) và hiếm hoặc ít gặp (<10 cây/ha). Số trên bản đồ là số hiệu tiêu khu rừng.

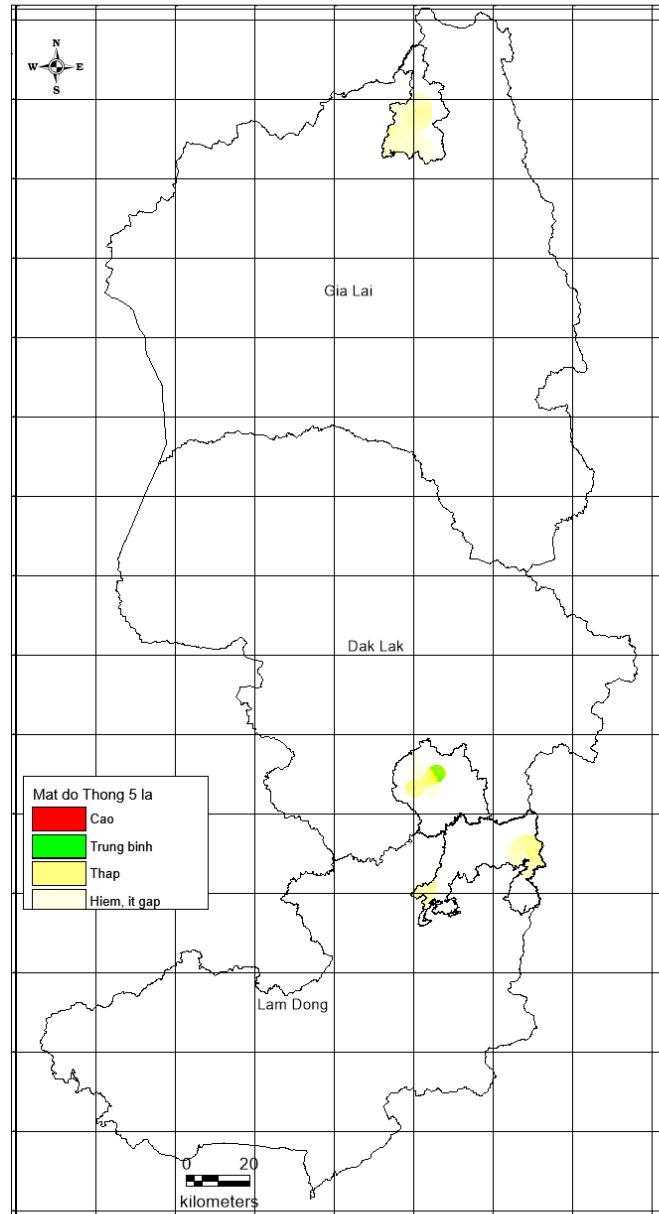
Kết quả từ Hình 3.42 cho thấy cấp mật độ quần thể Thông 5 lá tại VQG Chư Yang Sin từ hiếm gặp đến thấp (<10 cây/ha, 10– 50 cây/ha) và trung bình (từ 51 – 100 cây/ha). Trong đó Thông 5 lá phân bố tập trung ở khu vực trung tâm VQG chung quanh đỉnh Chư Yang Sin.



Hình 3.43. Bản đồ cấp mật độ quần thể Thông 5 lá ở VQG Kon Ka Kinh. Cấp mật độ Thông 5 lá: Cao (>100 cây/ha), trung bình (51-100 cây/ha), thấp (10 – 50 cây/ha) và hiếm (<10 cây/ha). Số trên bản đồ là số hiệu tiêu khu rừng.

Từ Hình 3.43 cho thấy cấp mật độ quần thể Thông 5 lá tại VQG Kon Ka Kinh đi từ hiếm (<10 cây/ha) đến cao (> 100 cây/ha) và rải đều hầu khắp trên lâm phần quản

lý của Vườn quốc gia; cho thấy VQG Kon Ka Kinh là vùng sinh thái thích hợp cho Thông 5 lá, với phạm vi phân bố rộng khắp.



Hình 3.44. Bản đồ cấp mật độ quần thể Thông 3 lá ở Tây Nguyên.
Cấp mật độ Thông 5 lá: Cao (>100 cây/ha), trung bình (51-100 cây/ha),
thấp (10 – 50 cây/ha) và hiếm (<10 cây/ha)

Hình 3.44 là cơ sở dữ liệu vùng phân bố và sinh thái của loài Thông 5 lá trên vùng Tây Nguyên, từ đó giúp cho các nhà quản lý, nhà nghiên cứu xác định các vùng trung tâm phân bố loài hoặc vùng rìa nơi có phân bố ít hơn để đề ra các hoạt động bảo tồn thích hợp.

Bên cạnh đó, từ bản đồ phân bố cấp mật độ quần thể Thông 5 lá tại Tây Nguyên còn giúp cho việc:

- Xác định các khu vực bảo tồn Thông 5 lá, trong đó tập trung vùng lõi nơi có cấp mật độ từ trung bình đến nhiều (cấp N = 3 - 4);
- Xác định các khu vực có khả năng phục hồi quần thể Thông 5 lá, trong đó tập trung vào những vùng có cấp mật độ từ ít đến cao nhưng đã có bị tác động (Cấp N = 1 đến 4).

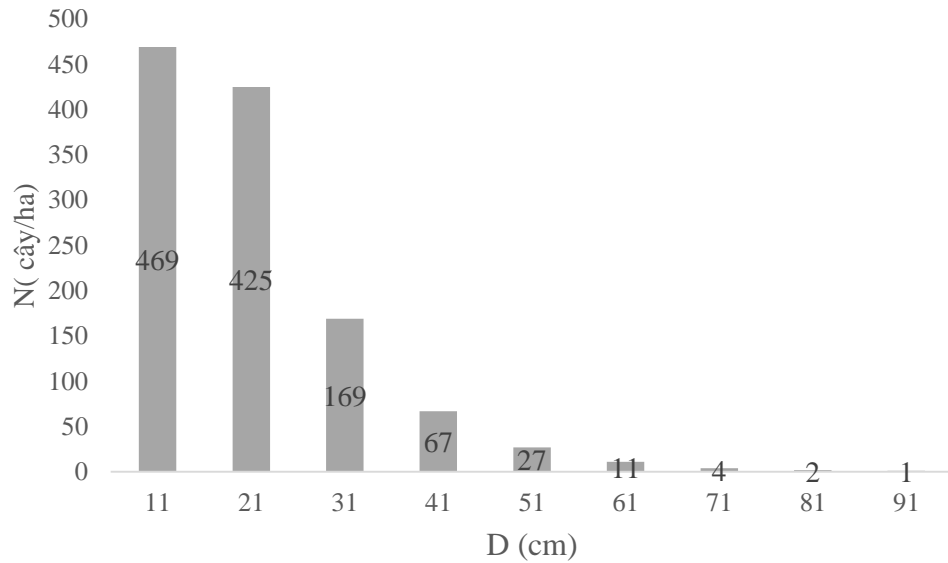
3.6. Đề xuất các ứng dụng cho bảo tồn và phát triển quần thể Thông 5 lá

Từ các kết quả nghiên cứu đặc điểm lâm học và sinh thái quần thể Thông 5 lá, luận án rút ra được một số kết quả quan trọng có khả năng ứng dụng trong bảo tồn và phát triển quần thể Thông 5 lá như sau:

i) Mô hình quần thể Thông 5 lá định hướng cho bảo tồn và phát triển:

Từ các kết quả nghiên cứu, rút ra một số đặc điểm lâm học và sinh thái ứng với những quần thể tốt làm cơ sở cho định hướng bảo tồn và phát triển quần thể Thông 5 lá như sau:

- Cấu trúc loài ưu thế bao gồm các loài cây lá rộng và lá kim, trong đó Thông 5 lá có IV% từ 4 – 12% trong lâm phần.
- Thường không có tái sinh Thông 5 lá trong quần thể thành thực, do Thông 5 lá ưa sáng hoàn toàn khi tái sinh. Do vậy cần xúc tiến tái sinh Thông 5 lá nơi vỡ tán do cây thành thực ngã đổ.
- Mô hình cấu trúc mẫu chuẩn N/D của lâm phần có phân bố Thông 5 lá theo dạng giảm mô phỏng theo phân bố khoảng cách (Hình 3.45).



Hình 3.45. Mô hình cấu trúc N/D mẫu chuẩn dạng giảm theo phân bố khoảng cách của lâm phân có phân bố Thông 5 lá

- Cấu trúc mặt bằng lâm phần đạt phân bố ngẫu nhiên đến đều khi cây rừng có cự ly bình quân từ 1,2 m đến 1,7 m; trong đó đối với Thông 5 lá có cự ly tối ưu từ 6 – 7 m.

- Trong quần thể loài Thông 5 lá chủ yếu có phân bố N/D có đỉnh tập trung ở cấp $D = 51 \text{ cm} - 91 \text{ cm}$, có nghĩa Thông 5 lá không có quá trình tái sinh liên tục trên cùng một đơn vị diện tích, mà sẽ tuần hoàn theo kiểu tái sinh vệt. Các quần thể hiện tại có Thông 5 lá khá thành thực, vì vậy xúc tiến tái sinh loài này ở lỗ trống, tuần hoàn là cần thiết.

- Mật độ quần thể Thông 5 lá bị chi phối bởi ba nhân tố sinh thái chính là lượng mưa trung bình năm, độ cao so với mặt biển và độ dày tầng đất. Phù hợp nhất ở độ cao từ 1.500 – 1.900 m, lượng mưa từ 1.800 – 2.200 mm với độ dày tầng đất mặt trên 50 cm. Thông 5 lá không phù hợp với vùng sinh thái có độ cao dưới 1.000m, lượng mưa thấp hơn 1.800 mm và tầng đất mặt mỏng hơn 30 cm.

- Sinh trưởng D của Thông 5 có sự khác biệt rõ rệt ở ba vùng phân bố là BD, CYS và KKK được mô phỏng tốt theo hàm Mitscherlich $D = 300 \times (1 - e^{(-ai \times A)})$. Trong đó sinh trưởng Thông 5 lá tỏ ra phù hợp nhất với khu vực KKK, sau đó là CYS,

BD là nơi cho sinh trưởng *D* chậm nhất. Vì vậy nên ưu tiên phát triển và bảo tồn loài này ở KKK.

ii) Một số tiếp cận và kỹ thuật cụ thể hỗ trợ cho bảo tồn và phát triển quần thể

Thông 5 lá:

- Tiếp cận mô hình rừng hỗn giao khác tuổi trong bảo tồn và phát triển quần thể Thông 5 lá:

Thông 5 lá không mọc thuần loài như một số loài Thông khác như Thông ba lá, vì vậy trồng rừng, phục hồi rừng có quần thể Thông 5 lá cần tiếp cận mô hình rừng hỗn giao khác tuổi.

Kết quả nghiên cứu cho thấy Thông 5 lá có quan hệ ngẫu nhiên với các loài Chò xót, Dẻ đá (Sồi) và có quan hệ dương với loài Hồng quang; đây là các loài có thể sử dụng để trồng rừng hỗn giao hay làm giàu rừng cùng với loài Thông 5 lá ở vùng phân bố sinh thái thích hợp.

- Trồng rừng hỗn giao, xúc tiến tái sinh, làm giàu rừng bằng loài Thông 5 lá:

Trong giai đoạn tái sinh Thông 5 lá ưa sáng hoàn toàn, do vậy trồng rừng hỗn giao cây lá rộng và một số cây lá kim có quan hệ hỗ trợ với Thông 5 lá là thích hợp nhưng cần bảo đảm mật độ để đủ ánh sáng cho Thông 5 lá giai đoạn non. Đối với phục hồi rừng như xúc tiến tái sinh tự nhiên, làm giàu rừng bằng loài Thông 5 lá cần xác định các lỗ trống, rạch trồng có đủ ánh sáng trong giai đoạn non của Thông 5 lá. Phục hồi quần thể Thông 5 lá tốt nhất là làm giàu rừng theo đám trống, lỗ trống trong rừng, nơi có các cây thành thực ngã đổ tạo thành các lỗ trống lớn cung cấp đủ ánh sáng cho cây con Thông 5 lá sinh trưởng.

- Tiếp cận cấu trúc rừng có phân bố quần thể Thông 5 lá bền vững:

Mô hình phân bố khoảng cách dạng giảm với các tham số của nó đã ước lượng trong nghiên cứu này theo vùng phân bố sinh thái cung cấp cơ sở để thiết lập các mô hình mẫu chuẩn trong điều chỉnh cấu trúc rừng theo hướng bền vững. Trong đó phân bố Thông 5 lá không liên tục, có thể chỉ phân bố trong một số giai đoạn tuổi, ở một vài cấp kính vì đặc điểm tái sinh tuần hoàn bức khảm của loài này.

- *Quy hoạch các khu vực bảo tồn và phục hồi các quần thể Thông 5 lá:*

Cần dựa vào ba nhân tố sinh thái ảnh hưởng tổng hợp đến mật độ phân bố loài Thông 5 lá đó là độ cao so với mặt biển, lượng mưa và độ dày tầng đất để xác định các khu vực, vùng sinh thái thích hợp với Thông 5 lá để bảo tồn và phục hồi các quần thể Thông 5 lá. Trong đó vùng thích hợp nhất với Thông 5 lá nơi có lượng mưa từ 1.800 – 2.200 mm/năm, trên độ cao từ 1.000 – 1.900 m so với mặt nước biển và đất có tầng đất mặt khá dày (> 50 cm) trong kiểu rừng lá rộng thường xanh xen cây lá kim.

Ngoài ra nhiệt độ gia tăng do biến đổi khí hậu cũng ảnh hưởng đến sinh trưởng và phát triển Thông 5 lá. Do vậy trồng rừng, làm giàu rừng loài này cần có xử lý lâm sinh trong những năm có nhiệt độ gia tăng trong mùa khô hạn như trồng rừng hỗn giao, cấu trúc mật độ hỗn giao thích hợp.

- *Dự đoán sinh trưởng, sản lượng Thông 5 lá:*

Mô hình sinh trưởng đường kính cho Thông 5 lá theo dạng Mitscherlich Monomolecular): $D = D_m \times (1 - \exp(-a_i \times t))$ và mô hình tăng trưởng $P_d = a \times D^{bi}$ thay đổi theo từng vùng phân bố sinh thái i là cơ sở để dự đoán sinh trưởng và sản lượng cá thể - quần thể Thông 5 lá theo tuổi, cấp kính trong lập kế hoạch quản lý, kinh doanh loài này.

KẾT LUẬN, TỒN TẠI VÀ KIẾN NGHỊ

KẾT LUẬN

1. Đặc điểm cấu trúc lâm phần có phân bố Thông 5 lá ở Tây Nguyên

Cấu trúc tổ thành loài cây gỗ của các lâm phần có phân bố Thông 5 lá ở Tây Nguyên có số loài ưu thế từ 5 – 8 loài (với IV% \geq 3%), trong đó loài Thông 5 lá luôn xuất hiện là loài ưu thế với IV% từ 3,6% – 12,2%. Tổ thành loài cây gỗ tái sinh ưu thế biến động từ 4 – 7 loài (với IV% \geq 3%), Thông 5 lá có tái sinh rất hiếm trong các lâm phần có cây mẹ trưởng thành, trong khi đó Thông 5 lá lại có tái sinh rất mạnh ở nơi đất trống; cho thấy Thông 5 lá có kiểu tái sinh tuần hoàn theo vết nơi mở tán.

Quy luật phân bố *N/D* đa số tuân theo quy luật phân bố chung của rừng hỗn loài nhiệt đới và có thể mô phỏng theo phân bố khoảng cách (có dạng giảm chữ J ngược hoặc có 1 đỉnh ở cấp D nhỏ). Phân bố *N/H* rất biến động, có dạng một đến nhiều đỉnh từ lệch trái sang phải và thay đổi theo từng điều kiện sinh thái do đó khó tiếp cận theo một quy luật phân bố chung. Phân bố mặt bằng của lâm phần chủ yếu phân bố cụm ở giai đoạn trung niên, chuyển dần sang ngẫu nhiên khi bắt đầu thành thực; trong đó xét riêng loài Thông 5 lá thì hầu hết có phân bố cụm, có nghĩa Thông 5 lá chỉ tái sinh theo lỗ trống và tuần hoàn, do đó thường có phân bố cụm theo vết.

Phân bố *N/D* và *N/H* của riêng quần thể Thông 5 lá có một đến nhiều đỉnh tập trung, do không có quá tái sinh liên tục mà chỉ tái sinh trong từng giai đoạn thuận lợi nhất định trên cùng một đơn vị diện tích.

2. Ảnh hưởng của các nhân tố sinh thái đến phân bố mật độ cây gỗ Thông 5 lá

Thông 5 lá có phân bố trong kiểu rừng lá rộng thường xanh xen cây lá kim, và mật độ (N) chịu ảnh hưởng bởi các nhân tố sinh thái chính như độ cao so với mặt nước biển (DC), độ dày tầng đất (TDD) và lượng mưa trung bình năm (P) thông qua mô hình $N = P \times (0,890614 \times DC^{-0,0451131} \times TDD^{0,540172} \times P^{-0,9126})$

3. Quan hệ sinh thái giữa Thông 5 lá với các loài ưu thế sinh thái trong quần thể

Thông 5 lá là loài có quan hệ ngẫu nhiên với các loài Chò xót, Dẻ đá và có quan hệ dương với loài Hồng quang. Ở lớp cây tái sinh, Thông 5 lá có quan hệ dương với loài Chò xót và có quan hệ ngẫu nhiên với các loài ưu thế sinh thái khác.

4. Ảnh hưởng của nhân tố khí hậu và vùng phân bố đến sinh trưởng và tăng trưởng Thông 5 lá

Nhân tố khí hậu có ảnh hưởng đến sinh trưởng Thông 5 lá: i) Ở các vùng lạnh như cao nguyên Lâm Viên, thì gia tăng nhiệt độ trong mùa mưa có tác dụng thúc đẩy sinh trưởng Thông 5 lá; ii) Ở các vùng ít lạnh hơn như ở các cao nguyên Buôn Ma Thuột, Pleiku thì gia tăng nhiệt độ trong mùa khô hạn sẽ làm giảm sinh trưởng Thông 5 lá.

Mô hình sinh trưởng, tăng trưởng cho loài Thông 5 lá được thiết lập và thẩm định chéo sai số cho ba vùng phân bố sinh thái (Bidoup - Núi Bà, Chư Yang Sin và Kon Ka Kinh), với quan hệ H/D theo dạng Power, với mô hình sinh trưởng đường kính D/A theo dạng hàm Mitscherlich $D = 300 \times (1 - e^{(-a_i \times A)})$ và tỷ lệ tăng trưởng đường kính Pd/D theo dạng Power tham số mũ âm: $Pd = a \times D^{b_i}$, trong đó các tham số a_i và b_i thay đổi theo vùng phân bố sinh thái i .

5. Cơ sở dữ liệu GIS về phân bố mật độ, sinh thái Thông 5 lá

Đã xây dựng bản đồ GIS cấp mật độ quần thể Thông 5 lá cùng với dữ liệu 10 nhân tố sinh thái tại Tây Nguyên phục vụ cho xác định vùng phân bố tập trung loài này để quản lý bảo tồn và phục hồi quần thể Thông 5 lá.

6. Ứng dụng kết quả nghiên cứu

Từ các kết quả nghiên cứu đã tổng hợp để đưa ra các ứng dụng trong bảo tồn và phát triển quần thể Thông 5 lá bao gồm: i) Mô hình quần thể Thông 5 lá định hướng cho bảo tồn và phát triển; ii) Một số tiếp cận và kỹ thuật cụ thể hỗ trợ cho bảo tồn và phát triển quần thể Thông 5 lá như là: Tiếp cận mô hình rừng hỗn giao trong phục hồi, bảo tồn quần thể Thông 5 lá; Trồng rừng hỗn giao, làm giàu rừng loài Thông 5 lá; Xây dựng mẫu chuẩn rừng; Quy hoạch các vùng bảo tồn và phục hồi quần thể Thông 5 lá; Dự đoán sinh trưởng sản lượng Thông 5 lá.

TỒN TẠI

Do những hạn chế về thời gian cũng như nguồn lực, luận án còn những tồn tại sau:

1. Chưa khảo sát và thu thập số liệu tại các khu vực có phân bố tự nhiên loài Thông 5 lá như tại Khu bảo tồn Thiên nhiên Ngọc Linh huyện Tu Mơ Rông và các khu vực lân cận thuộc tỉnh Kon Tum; tại một số địa điểm khác thuộc các Vườn quốc gia Bidoup – Núi Bà và vùng phụ cận tỉnh Lâm Đồng và các vùng khác ở VQG Chư Yang Sin tỉnh Đắk Lắk.

2. Dữ liệu khí hậu được thu thập chung cho từng khu vực, vùng và chưa cụ thể được đến các tiểu vùng sinh thái, đai cao, địa hình khác nhau trong từng vùng.

3. Bản đồ GIS cấp mật độ quần thể Thông 5 lá sau khi xây dựng chưa được kiểm chứng sai số trên thực địa.

KIẾN NGHỊ

Để khắc phục những tồn tại, luận án kiến nghị tiếp tục tiến hành thu thập số liệu trên hầu hết các khu vực có phân bố tự nhiên loài Thông 5 lá ở Tây Nguyên và tiến hành:

1. Nghiên cứu sâu hơn về ảnh hưởng nhân tố khí hậu và thay đổi các yếu tố khí hậu đến sinh trưởng, nhằm xác định được ngưỡng khí hậu thích hợp hoặc ức chế đến sinh trưởng và phát triển loài Thông 5 lá.

2. Nghiên cứu chi tiết hơn các nhân tố sinh thái như ánh sáng, nhiệt độ, lửa rừng ảnh hưởng đến tái sinh loài Thông 5 lá.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐÃ CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ

1. Bao Huy, **Le Canh Nam**, Krishna P. Poudel and Hailemariam Temesgen, 2020. Individual tree diameter growth modeling system for Dalat pine (*Pinus dalatensis* Ferré) of the upland mixed tropical forests. *Forest Ecology and Management*, Volume 480 (2021). 118612: 1-15. ISI (SCI), IF = 3,6.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118612>.
2. **Lê Cảnh Nam**, Bùi Thế Hoàng, Trương Quang Cường và Bảo Huy, 2020. Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến bề rộng vòng năm Thông 5 lá (*Pinus dalatensis* Ferré) ở Tây Nguyên. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp. Viện KHLN Việt Nam số, 2 (2020): 40 – 51.
3. **Lê Cảnh Nam**, Bùi Thế Hoàng, Trương Quang Cường, Hoàng Thanh Trường, Lưu Thế Trung và Bảo Huy, 2020. Đặc điểm cấu trúc rừng có phân bố Thông 5 lá (*Pinus dalatensis* Ferré) ở Tây Nguyên. Tạp chí Nông nghiệp & PTNT. Bộ NN&PTNT, số 9 (2020): 88 – 98.
4. **Lê Cảnh Nam**, Nguyễn Thành Mến, Hồ Ngọc Thọ, Bảo Huy, 2020. Mô hình sinh trưởng và tăng trưởng đường kính Thông 5 lá (*Pinus dalatensis* Ferré) theo vùng phân bố. Tạp chí Nông nghiệp & PTNT. Bộ NN&PTNT số 5 (2020): 113 -119.
5. **Lê Cảnh Nam**, Nguyễn Thành Mến, Hồ Ngọc Thọ, Bảo Huy, 2020. Ảnh hưởng của các nhân tố sinh thái đến phân bố mật độ Thông 5 lá (*Pinus dalatensis* Ferré) ở Tây Nguyên. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp. Viện KHLN Việt Nam số 1 (2020): 62 – 72.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

1. Baur, G. (1976), *Cơ sở sinh thái học của kinh doanh rừng mưa*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 597p.
2. Nguyễn Trọng Bình (2014), *Nghiên cứu một số đặc điểm cấu trúc và tính đa dạng sinh học kiểu rừng kín thường xanh hỗn giao cây lá rộng, cây lá kim tại VQG Bidoup - Núi Bà*. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp, số 2(2014): 3255-3263.
3. Vũ Đức Bình, Nguyễn Văn Lợi và Lê Xuân Trường (2017), *Nghiên cứu một số đặc điểm cấu trúc và mối quan hệ của loài cây Sến trung (Homalium ceylanicum (Gardner) Benth) với các loài cây khác trong rừng tự nhiên ở huyện Nam Đông và Phú Lộc, tỉnh Thừa Thiên Huế*. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp, số 3 (2017): 96 – 104.
4. Bộ NN & PTNT (2018), *Thông tư số 33/2018/TT-BNNPTNT ngày 10/06/2009 quy định về điều tra, kiểm kê và theo dõi diễn biến rừng*.
5. Catinot. R. (1974), *Hiện tại và tương lai của rừng nhiệt đới ẩm* (Thái Văn Trưng và Nguyễn Văn Dưỡng dịch), Tài liệu Khoa học Lâm nghiệp, Viện Nghiên cứu Lâm nghiệp, 79(3) tr 22 – 65.
6. Ngô Văn Cẩm, Nguyễn Toàn Thắng, Nguyễn Bá Văn (2010), *Nghiên cứu đặc điểm tái sinh tự nhiên loài Dẻ anh tại Lâm Đồng*. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp, số 1/2010.
7. Trần Văn Con (1991), *Khả năng ứng dụng mô phỏng toán nghiên cứu một vài đặc trưng cấu trúc và động thái của hệ sinh thái rừng khộp Tây Nguyên*. Luận văn Tiến sĩ Lâm nghiệp. Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam.
8. Trần Văn Con (2001), *Nghiên cứu cấu trúc rừng tự nhiên ở Tây nguyên và khả năng ứng dụng trong kinh doanh rừng tự nhiên – Nghiên cứu rừng tự nhiên, 2001*. Đỗ Đình Sâm, Nguyễn Hoàng Nghĩa (chủ biên), Nhà xuất bản Thống kê.
9. Trần Văn Con (2006), *Phục hồi các hệ sinh thái rừng thoái hoá – Tổng quan kết quả nghiên cứu và phát triển ở Việt Nam*. Nhà xuất bản Thống kê.

10. Trần Văn Con (2011), *Nghiên cứu đặc điểm lâm học một số hệ sinh thái rừng chủ yếu ở Việt Nam*. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp, số 1 (2011).
11. Chính phủ (2019), *Nghị định số 06/2019/NĐ-CP ngày 22/01/2019 về quản lý thực vật rừng, động vật rừng nguy cấp, quý, hiếm và thực thi công ước về buôn bán quốc tế các loài động vật, thực vật hoang dã nguy cấp của Chính Phủ*.
12. Bùi Đoàn (2001), *Nhóm sinh thái trong rừng lá rộng thường xanh Kon Hà Nừng – Nghiên cứu rừng tự nhiên – Đỗ Đình Sâm, Nguyễn Hoàng Nghĩa (chủ biên), Nhà xuất bản Thống kê*.
13. Đỗ Thị Hà, Bùi Thanh Hằng (2010), *Nghiên cứu cấu trúc rừng tự nhiên lá rộng thường xanh trạng thái IIIA, đề xuất biện pháp kinh doanh rừng bền vững tại Kon Rẫy, Kon Tum*. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp, số 3 (2010).
14. Võ Đại Hải (2010), *Nghiên cứu đặc điểm tái sinh tự nhiên loài Vối thuốc (Schima wallichii Choisy) ở các trạng thái rừng tự nhiên phục hồi tại huyện Lục Ngạn và Lục Nam, tỉnh Bắc Giang*. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp, số 1 (2010).
15. Võ Đại Hải (2014), *Nghiên cứu một số đặc điểm cấu trúc tầng cây cao rừng IIA tại khu vực rừng phòng hộ Yên Lập tỉnh Quảng Ninh*. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp, số 3(2014): 3390 – 3398.
16. Phí Hồng Hải (2011), *Nghiên cứu Bảo tồn nguồn gen cây rừng*. Nhà xuất bản Nông Nghiệp, Hà Nội.
17. Lại Thanh Hải, Phan Thị Luyến (2016), *Mối quan hệ của loài Xoan nhừ với các loài trong rừng tự nhiên ở 2 tỉnh Sơn La và Lào Cai*. Tạp chí KHLN, số 1/2016.
18. Đồng Sĩ Hiền (1974), *Lập biểu thể tích và biểu độ thon cây đứng cho rừng Việt Nam*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội
19. Nguyễn Thị Thu Hiền và Trần Thị Thu Hà (2014), *Nghiên cứu một đặc điểm cấu trúc rừng tự nhiên lá rộng thường xanh tại VQG Vũ Quang, Hà Tĩnh*. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp, số 3(2014): 3408 – 3416.
20. Nguyễn Tiến Hiệp, Phan Kế Lộc, Nguyễn Đức Tố Lưu, Philip Ian Thomas, Aljos Farjon, Leonid Averyanov và Jacinto Regalado (2004), *Thông Việt Nam: Nghiên cứu hiện trạng bảo tồn cây lá kim Việt Nam*. Nhà xuất bản Lao Động.

21. Vũ Tiến Hình (2003) *Sản lượng rừng*. Nhà xuất bản Nông Nghiệp, 212tr.
22. Vũ Tiến Hình (2012), *Phương pháp lập biểu thể tích cây đứng rừng tự nhiên ở Việt Nam*. Nhà xuất bản Nông Nghiệp, 196tr.
23. Nguyễn Hải Hoà, Phạm Việt Bắc (2017), *Ứng dụng GIS và viễn thám xây dựng bản đồ phân vùng thích nghi loài sâu róm thông tại huyện Tĩnh Gia, Thanh Hoá*. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp, số 2/2017.
24. Nguyễn Văn Hoàn, Nguyễn Thị Yên, Phạm Tuấn Nam và Bùi Thế Đồi (2013), *Nghiên cứu đặc điểm cấu trúc trạng thái rừng IIA và IIIA2 làm cơ sở đề xuất các biện pháp kỹ thuật lâm sinh nhằm quản lý rừng bền vững tại huyện Sơn Động tỉnh Bắc Giang*. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp, số 1(2013): 2649 – 2656.
25. Bảo Huy (1997), *Một số đặc điểm sinh thái và sinh trưởng loài cây bản địa Xoan mọt (*Toona sureni* (BL.) Moore)*. Tập san Khoa học – Kỹ thuật (Khoa học), Trường Đại học Tây Nguyên, số 1(1997): 19-23.
26. Bảo Huy (2009), *GIS và viễn thám trong quản lý tài nguyên rừng và môi trường*. Nhà xuất bản Tổng hợp Tp. HCM.
27. Bảo Huy (2013), *Mô hình sinh trắc và viễn thám – GIS để xác định CO₂ hấp thụ của rừng lá rộng thường xanh vùng Tây Nguyên*. Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật, Tp. HCM.
28. Bảo Huy (2014a), *Xác định lập địa, trạng thái thích hợp và kỹ thuật làm giàu rừng khộp bằng cây Tách (*Tectona grandis* L.f.)*. Báo cáo khoa học, Sở KH & CN Đắk Lắk.
29. Bảo Huy (2015a), *Xác định các nhân tố tổ ảnh hưởng đến thích nghi của Tách (*Tectona grandis* L.f.) để làm giàu rừng khộp ở giai đoạn đầu tại tỉnh Đắk Lắk*. Tạp chí Rừng và Môi trường, số 69(2015): 48- 56.
30. Bảo Huy (2015b), *Lập bản đồ phân cấp thích nghi cây Tách (*Tectona grandis* L.f.) để làm giàu rừng khộp ở tỉnh Đắk Lắk*. Tạp chí NN & PTNT, Hà Nội, 3+4(2015): 204-211.
31. Bảo Huy (2017a), *Tin học thống kê trong lâm nghiệp*. Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, Tp. HCM, 282tr.

32. Bảo Huy (2017b), *Phương pháp thiết lập và thẩm định chéo mô hình ước tính sinh khối cây rừng tự nhiên*. Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, Tp. HCM, 238tr.
33. Bảo Huy (2017c), *Nghiên cứu đa dạng thảm thực vật rừng, xã hợp thực vật và các khu rừng có giá trị bảo tồn cao (HCVFs) ở tỉnh Đắk Lắk*. Tạp chí Khoa Học Lâm nghiệp, số 3(2017): 31-39.
34. Bảo Huy, Nguyễn Đức Định, Nguyễn Thê Hiền, Cao Thị Lý, Võ Hùng, Hoàng Trọng Khánh, Nguyễn Đình Bảo, Nguyễn Công Tài Anh và Phạm Đoàn Phú Quốc (2014b), *Điều tra phân bố, sinh thái một số loài thực vật thân gỗ quý hiếm phục vụ công tác bảo tồn nguồn gen tại tỉnh Đắk Lắk*. Báo cáo kết quả nghiên cứu, Chi cục Kiểm lâm – Sở NN&PTNT Đắk Lắk.
35. Bảo Huy, Đào Công Khanh (2008), *Biểu sản lượng rừng trồng Trám trắng tại các tỉnh Lạng Sơn, Bắc Giang, Quảng Bình*. Báo cáo khoa học. Website: <http://baohuy-frem.org/vn/wp-content/uploads/sites/3/2016/07/Biểu-sản-lượng-rừng-trồng-Trám-trắng.pdf>.
36. Bảo Huy, Dương Ngọc Quang, Phạm Tuấn Anh (1997), *Nghiên cứu một số đặc điểm sinh thái và sinh trưởng loài cây bản địa Xoan mộc (Toona sureni (Bl.) Moore) làm cơ sở tổ chức kinh doanh tại lâm trường Quảng Tân, huyện Đắk RLấp, Đắk Lắk*. Sở NN & PTNT Đắk Lắk.
37. Lương Viết Hùng, Huỳnh Văn Kéo, Nguyễn Lê Thọ, Phan Kế Lộc và Nguyễn Tiến Hiệp (2010), *Phát hiện thêm điểm phân bố mới của Thông đà lạt tại Vườn Quốc gia Bạch Mã, tỉnh Thừa Thiên-Huế*. Tạp chí Kinh Tế Sinh Thái số 34: 4-7.
38. Bùi Mạnh Hưng và Lê Xuân Trường (2017), *Biến động cấu trúc và chất lượng tầng cây cao rừng tự nhiên tại Vườn Quốc gia Kon Ka Kinh, Gia Lai*. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp, số 3 (2017): 85 – 95.
39. Đặng Ngọc Quốc Hưng, Hồ Đắc Thái Hoàng (2009), *Nghiên cứu sự thay đổi của lớp thảm thực vật rừng tại Vườn Quốc gia Bạch Mã, tỉnh Thừa Thiên Huế*. Tạp chí Kinh tế Sinh thái, số 32/2009.

40. Trần Thị Thanh Hương, Nguyễn Đăng Hội, Kuznetsov A.N và Đặng Hùng Cường (2017), *Phân loại thảm thực vật rừng Vườn quốc gia Bidoup - Núi Bà, tỉnh Lâm Đồng*. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp, số 2, pp. 20-28.
41. Trần Thị Thanh Hương (2019) *Nghiên cứu một số đặc điểm cấu trúc và tái sinh tự nhiên các quần xã thực vật rừng hỗn giao cây lá rộng, lá kim vườn quốc gia Bidoup – Núi Bà, tỉnh Lâm Đồng*. Luận án Tiến sĩ Lâm nghiệp, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam.
42. Phùng Văn Khen, Phạm Trinh Hùng (2017), *Ứng dụng GIS để dự báo nhanh sinh trưởng rừng trồng Thông 3 lá vùng nguyên liệu giấy Tân Mai Lâm Đồng*. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp, Chuyên san 2017.
43. Phùng Ngọc Lan (1986), *Lâm sinh học*. Nhà xuất bản. Nông nghiệp, Hà Nội, 120tr.
44. Phan Kế Lộc, Nguyễn Tiến Hiệp and Averyanov, L. (2010), *Góp phần kiểm kê tính đa dạng, sự phân bố và đánh giá giá trị bảo tồn của Thông ở tỉnh Kon Tum*. Tạp chí Kinh Tế Sinh Thái số 37: 42-48.
45. Phan Kế Lộc, Nguyễn Tiến Hiệp, Leonid Averyanov, Nguyễn Sinh Khang, Phạm Văn Thế (2011), *Thông ở trung Trường Sơn Việt Nam – Thành phần loài, sự phân bố và hiện trạng bảo tồn*. Tạp chí Kinh tế Sinh thái, số 40 (2011): 9-17.
46. Phan Kế Lộc, Phạm Văn Thế, Nguyễn Sinh Khang, Nguyễn Thị Thanh Hương, Averyanov, L. (2013), *Thông mọc tự nhiên ở Việt Nam*. Trích yếu được cập nhật hoá 2013. Tạp chí Kinh tế Sinh thái, số 45/2013.
47. Nguyễn Ngọc Lung, Đào Công Khanh (1999), *Nghiên cứu tăng trưởng và sản lượng rừng trồng áp dụng cho rừng Thông 3 lá ở Việt Nam*. Nxb. Nông Nghiệp
48. Nguyễn Đức Tô Lưu, Philip Ian Thomas (2004), *Cây lá kim Việt Nam: 55-57*. Nhà xuất bản Thế giới, Hà Nội.
49. Cao Thị Lý (2007), *Quan hệ sinh thái giữa các loài thực vật thân gỗ nhằm phục hồi rừng khộp theo mục tiêu đa dạng sinh học tại VQG Yokdon*. Báo cáo kết quả nghiên cứu, Chương trình tài trợ nghiên cứu – Nagao Natural Environment Foundation.

50. Nguyễn Thành Mến (2004), *Nghiên cứu một số đặc điểm cấu trúc, Tái sinh tự nhiên rừng lá rộng thường xanh sau khai thác và đề xuất biện pháp kỹ thuật nuôi dưỡng rừng ở Phú Yên*, Luận án TS KHNN, Đại Học Lâm Nghiệp.
51. Lê Cảnh Nam và Nguyễn Thành Mến (2012), *Đặc điểm Lâm học và sinh thái loài Thông hai lá dẹt (Pinus krempfii H. Lee) ở Lâm Đồng*. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp, số 4 (2012): 2492 - 2504.
52. Lê Cảnh Nam, Lư Thế Trung, Bùi Thế Hoàng, Lương Văn Dũng và Phạm Xuân Nguyên (2016), *Đặc điểm cấu trúc rừng và sinh thái loài Thông 5 lá tại VQG Bidoup - Núi Bà tỉnh Lâm Đồng*. Tạp chí KHLN số 2(2016): 4315 – 4325.
53. Phạm Trọng Nhân, Nguyễn Văn Thêm và Nguyễn Duy Quang (2011), *Phản ứng của Thông 3 lá (Pinus kaysia Royle ex Gordon) đối với khí hậu ở khu vực Bảo Lộc, Di Linh và Đà Lạt tỉnh Lâm Đồng*. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp, số 3 (2011).
54. Bùi Chính Nghĩa (2012), *Nghiên cứu cấu trúc và động thái rừng tự nhiên phục hồi vùng Tây Bắc*. Luận án TS KHNN, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam.
55. Nguyễn Hoàng Nghĩa (2004), *Các loài cây lá kim ở Việt nam*. Nhà xuất bản Nông nghiệp.
56. Ngô Văn Nhung (2014), *Một số đặc điểm Lâm học của cây Mun (Diospyros mun A. Chev. ex Lecomte) ở VQG Cúc Phương*. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp, số 2(2014): 3302 – 3307.
57. Trịnh Thị Ngoan, Nguyễn Văn Hợp, Trần Quang Bảo, Võ Minh Hoàn, Nguyễn Hữu Thế (2018), *Ứng dụng GIS trong phân cấp đầu nguồn lưu vực La Ngâu, huyện Tân Linh, tỉnh Bình Thuận*. Tạp chí KHLN, số 1/2018.
58. Đỗ Văn Ngọc (2014a), *Nghiên cứu cấu trúc tổ thành tầng cây gỗ quần xã thực vật nơi loài Thông hai lá dẹt phân bố tại VQG Bidoup - Núi Bà tỉnh Lâm Đồng*. Tạp chí Rừng và Môi trường số 65/2014.
59. Đỗ Văn Ngọc (2014b), *Nghiên cứu quan hệ sinh thái giữa loài Thông hai lá dẹt và các loài cây quan trọng trong kiểu rừng thường xanh á nhiệt đới ẩm hỗn giao*

- lá rộng lá kim tại VQG Bidoup - Núi Bà tỉnh Lâm Đồng*. Tạp chí NN&PTNN số 12/2014.
60. Nguyễn Thị Bích Ngọc (2017), *Nghiên cứu đặc điểm cấu trúc và tái sinh rừng tự nhiên nơi có loài nghiến (Burretiodendron hsienmu Chun et How) phân bố tại Điện Biên và Sơn La*. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp, số 2 (2017): 39 – 49.
61. Nguyễn Thị Oanh, Vũ Văn Tích, Đỗ Trọng Quốc và Trần Thị Thu Trang (2015), *Khôi phục đặc điểm có khí hậu vùng Tây Nguyên dựa trên vòng sinh trưởng Pomu khu vực Konplong thượng lưu sông Đăkpla*. Tạp chí Tài nguyên và Môi Trường, số 16: 17-19.
62. Odum, E.P. (1971), *Cơ sở sinh thái học, tập I, II*. Nxb Đại học và Trung học chuyên nghiệp, Hà Nội.
63. Plandy, J. (1978), *Rừng nhiệt đới ẩm* (Văn Tùng dịch), tổng luận chuyên đề, số 8-1987, Bộ Lâm nghiệp
64. Richards P.W. (1952), *Rừng mưa nhiệt đới tập I, II, III*, Nhà xuất bản Khoa học, Hà Nội.
65. Nguyễn Toàn Thắng, Trần Hoàng Quý, Bùi Thanh Hằng, Vũ Tiến Lâm và Cao Chí Khiêm (2012), *Một số đặc điểm cấu trúc rừng Dẻ Yên Thế (Castanopsis boissii) tại Bắc Giang*. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp, số 4 (2012).
66. Nguyễn Văn Thêm (2017), *Mô hình hoá phân bố đường kính của rừng trồng Thông 3 lá (Pinus kesiya Royle ex Gordon) trên cấp đất II dựa trên hàm phân bố Weibull và Richards*. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp, số 1 (2017): 42 – 50.
67. Nguyễn Văn Thiết (2016), *Xác định nhiệt độ thành phố Đà Lạt, tỉnh Lâm Đồng giai đoạn 1779 – 2007 dựa trên vòng tăng trưởng Du sam (Keleteria evelyniana Masters)*. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp, số 2 (2016): 4353 – 4361.
68. Phạm Ngọc Thường (2003), *Nghiên cứu đặc điểm quá trình tái sinh tự nhiên và đề xuất một số giải pháp kỹ thuật lâm sinh phục hồi rừng sau nương rẫy tại hai tỉnh Thái Nguyên và Bắc Kạn*. Luận án TS KHNN, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam.

69. Trần Đức Trọng, Trần Xuân Phước, Võ Thành Tám, Phan Thanh Tuấn, Trịnh Duy Hải, Lê Văn Huy, Phạm Quang Phong, Bảo Huy (2019), *Thẩm định các phương pháp tạo cây Thuỷ tùng (Glyptostrobus pencilis (Taunton ex D. Don) K. Kock)*. tạp chí Khoa học Lâm nghiệp số 3(2019): 110-120.
70. Phùng Đình Trung, Trần Lâm Đồng, Phạm Quang Tuyên, Ninh Việt Khương, Nguyễn Thị Thu Phương và Trần Hoàng Quý (2016), *Đặc điểm cấu trúc và đa dạng sinh học tầng cây gỗ rừng phục hồi sau khai thác tại Khu bảo tồn thiên nhiên văn hoá Đồng Nai*. Tạp chí Khoa học Lâm Nghiệp, số 4/2017.
71. Thái Văn Trùng (1978), *Thảm thực vật rừng Việt Nam*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 276tr.
72. Thái Văn Trùng (1999), *Những hệ sinh thái rừng nhiệt đới ở Việt Nam*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
73. Nguyễn Văn Trương (1973), *Phương pháp thống kê cây đứng trong rừng hỗn loại*. Nxb, Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 171tr.
74. Nguyễn Văn Trương (1983), *Quy luật cấu trúc rừng hỗn loại*. Nxb, Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 107tr.
75. Nguyễn Hải Tuất (1990), *Quá trình Poisson và ứng dụng trong nghiên cứu cấu trúc quần thể rừng*. Thông tin khoa học kỹ thuật, Đại học Lâm nghiệp, số 1(1990): 1-7.
76. Nguyễn Hải Tuất, Vũ Tiến Hình và Ngô Kim Khôi (2006), *Phân tích thống kê trong lâm nghiệp*. Nhà xuất bản Nông Nghiệp.
77. Phạm Quang Tuyên, Bùi Thanh Hằng, Trần Hoàng Quý, Nguyễn Thị Thu Phương, Nguyễn Kim Trung, Nguyễn Quang Hưng (2016), *Nghiên cứu lập biểu thể tích Thông 3 lá (Pinus kesiya) ở Hà Giang*. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp, số 4/2016.
78. UBND tỉnh Lâm Đồng (2019), *Quyết định số 1485/QĐ-UBND ngày 10 tháng 7 năm 2019 về việc điều chỉnh phạm vi, ranh giới, diện tích đất lâm nghiệp và cơ cấu 3 loại rừng giao Vườn quốc gia Bidoup - Núi Bà quản lý*.

79. Lê Văn Vinh (2013), *Nghiên cứu đặc điểm tái sinh Thông 5 lá (P. dalatensis Ferré) tại Vườn Quốc gia Kon Ka Kinh tỉnh Gia Lai*. Luận văn Thạc sĩ, Trường Đại học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh.
80. Wratten, S.D. and Fry, G.L.A. (1986), *Thực nghiệm sinh thái học* (Người dịch: Mai Đình Viên, Lê Huy Hoàng và Nguyễn Việt Tùng). Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 159tr.

Tiếng Nước ngoài

81. Akaike, H. (1973), Information theory as an extension of the maximum likelihood principle. In: Petrov, B.N., Csaki, F.E. (Eds.), *Second International Symposium on Information Theory*. Akademiai Kiado, Budapest, pp. 267–281
82. Archontoulis, S.V., and Miguez. F.E. (2015), Nonlinear Regression Models and Applications in Agricultural Research. *Agronomy Journal*, 107(2): 786-798
83. Aronoff, S. (1989), Geographic information systems: A management perspective, *Geocarto International*, 4:4, 58-58, doi:10.1080/10106048909354237.
84. Averyanov, L.V, Nguyen, T.H., Nguyen, S.K., Pham, T.V., Lamxay, V., Buonphanmy, S., Lorphengsy, S., Phan, K.L., Lanorsavanh, S. and Chantthanvongsa, K. (2014), Gymnosperm of Laos. *Nordic Journal of Botany* 000: 001–041, 2014 doi: 10.1111/njb.00498.
85. Baker, P.J., Buny., S.Y., Vejchewin, A., Oliver, C.D., and Ashton, P.S. (2005), Disturbance history and historical stand dynamics of a seasonal tropical forest in Western Thailand. *Ecological Monographs*, 75(3), pp. 317–343.
86. Balley. D. (1973), Quantifying diameter distribution with the Weibull function, *Forest science* 21-1973, pp. 427- 431.
87. Barbosa, A.C.M., Pereira, G.A., Souza, D.G., Santos, R.M. and Fontes, M.A.L. (2018), Tree rings and growth trajectories of tree species from seasonally dry tropical forest. *Australian Journal of Botany*, 66, pp. 414–427 doi.org/10.1071/BT17212.
88. Bebbler, D.P., Thomas, S.C., Cole, W.G., Balsillie, D. (2004), Diameter increment in mature eastern white pine *Pinus strobus* L. following partial harvest

- of old-growth stands in Ontario, Canada. *Trees* (2004) 18: pp. 29–34; doi: 10.1007/s00468-003-0274-y.
89. Biondi, F. (1999), Comparing tree-ring chronologies and repeated timber inventories as forest monitoring tools. *Ecology Application*, 9(1), pp. 216-227.
 90. Buckley, B.M., Barbetti, M., Watanasak. M., D'Arrigo. R., Saran Boonchirdchoo. S., and Sarutanon. S. (1995), Dendrochronological investigations in Thailand. *IAWA Journal*, Vol. 16 (4), pp. 393-409.
 91. Buckley, B.M., Anchukaitis, K.J., Penny, D., Fletcher, R., Cook, E.R., Sano, M., Nam, L.C., Wichienkeo, A., Minh, T.T., and Hong, T.M. (2010), Climate as a contributing factor in the demise of Angkor, Cambodia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(15), pp. 6748-6752.
 92. Buckley, B.M., Stahle, D.K., Luu, H.T., Wang, S.Y.S., Trung, N.Q., Thomas, P., Nam, L.C., Ton, T.M., Bui, T.H., Nguyen, V.T. (2017), Central Vietnam climate over the past five centuries from cypress tree rings. *Climate Dynamics*, 48(11-12), pp. 3707-3723.
 93. Bueno, S., and Bevilacqua, E. (2009), Modeling stem increment in individual *Pinus occidentalis* Sw. Trees in La Sierra, Dominican Republic. *Forest Systems* 2010 19(2): 170-183.
 94. Businsky, R. (1999), Study of *Pinus dalatensis* Ferré and of the enigmatic “Pin du Moyen Annam”. *Candollea*, 54: 125-143.
 95. Businsky, R. (2004), A Revision of the Asian *Pinus* Subsection *Strobilus* (Pinaceae). *Willdenowia*, 34, pp. 209-257.
 96. Businsky, R. (2010), A new species of soft pine from the Vietnamese border of Laos. *Acta Pruhoniana*, 96, pp. 5-13.
 97. Campbell, J. E, Jeremie C. M., Richard, A. N., Jerald L. S. (2008), Comparison of regression coefficient and GIS-based methodologies for regional estimates of forest soil carbon stocks. *Environmental Pollution*, 96, pp. 267-273.

98. Clark, P.J., and F.C. Evans. (1954), Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations. *Ecology*, Vol. 35, No. 4, pp. 445-453.
99. Cook, E. R. (1985), A time series analysis approach to tree ring standardization, A Dissertation of Ph.D., *The University of Arizona*, the US.
100. Cook, E.R, Johnson, H.A., Blasing, J.T. (1987), Forest decline: Modeling the effect of climate in tree ring. *Tree Physiology*, 3 (1), pp. 27-40.
101. Curtis, J. T. and McIntosh, R. P. (1950), The Interrelations of Certain Analytic and Synthetic Phytosociological Characters. *Ecology*, 31(3), pp. 434-455.
102. Duncan, R.P. (1989), An evaluation of errors in tree age estimates based on increment cores in Kahikatea (*Dacrycarpus dacrydioides*). *New Zealand Natural Sciences*, 16, pp. 31-37.
103. Dymond, S.F., D'Amato, A.W., Kolka, R., Bolstad, P.V., Sebestyen, S., Bradford, J.B. (2016), Growth-climate relationships across topographic gradients in the northern Great Lakes. *Ecohydrology* 9(6), pp. 918-929.
104. Farjon, A. (2002), Rare and possibly threatened conifers in Vietnam. *Report for the Fauna and Flora International (FFI) Global Trees Campaign & FFI Vietnam Programme*.
105. Felfili, J.M. (1997), Diameter and height distributions in a gallery forest tree community and some of its main species in central Brazil over a six-year period (1985-1991). *Revta Brasil. Bot., São Paulo*, V.20, n.2, p.155-162.
106. Franklin, SE. (2001), Remote Sensing for Sustainable Forest Management. *Lewis Publishers*.
107. Fritts, H.C. (1976), Tree rings and Climate. *Academic Press, Elsevier*, 582 pp.
108. Fritts, H.C. (1987), Tree rings and Climate, Volume one. *Reprinted by courtesy of Academic Press, Elsevier*, 245 pp.
109. Hansen, K.G., Buckley, B.M., Zottoli, B., D'Arrigo, R.D., Nam, L.C., Van Truong, V., Nguyen, D.T. and Nguyen, H.X. (2017), Discrete seasonal hydroclimate reconstructions over northern Vietnam for the past three and a half centuries. *Climatic Change*, 145(1-2), pp.177-188.

110. Hiep, N.T., Loc, P.K., Luu, N.D.T., Thomas, P.I., Farjon, A., Averyanov, L., Regalado, J. (2004), Vietnam Conifers Conservation status review 2004. Fauna & Flora International, *Vietnam Programme*, Hanoi, 158p.
111. Hilt, D.E. (1983), Individual tree diameter growth model for managed, even-aged, upland oak stands. *Res. Pap.* NE-533. Broomall, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station; 15 pp.
112. Holmes, R.I. (1983), Computer assisted quality control in tree ring dating and measurement. *Tree ring Bulletin*, 43, pp. 69-78.
113. Huy, B., Kralicek, K., Poudel, K.P., Phuong, V.T., Khoa, P.V., Hung, N.D., Temesgen, H. (2016a), Allometric Equations for Estimating Tree Aboveground Biomass in Evergreen Broadleaf Forests of Viet Nam. *Forest Ecology and Management*, 382(2016), pp. 193-205.
114. Huy, B., Poudel, K.P., Kralicek, K., Hung, N.D., Khoa, P.V., Phuong, V.T., and Temesgen, H. (2016b), Allometric Equations for Estimating Tree Aboveground Biomass in Tropical Dipterocarp Forests of Viet Nam. *Forests*, 7 (180), pp.1-19; doi: 10.3390/f7080180
115. Huy, B., Poudel, K.P., Temesgen, H. (2016c), Aboveground biomass equations for evergreen broadleaf forests in South Central Coastal ecoregion of Viet Nam: Selection of eco-regional or pantropical models. *Forest Ecology and Management*, 376(2016), pp. 276-283.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2016.06.031>
116. Huy, B., Tri, P.C., Triet, T. (2018), Assessment of enrichment planting of teak (*Tectona grandis*) in degraded dry deciduous dipterocarp forest in the Central Highlands, Vietnam. *Southern Forests: A Journal of Forest Science*, 80:1, pp. 75-84, DOI: 10.2989/20702620.2017.1286560.
117. Huy, B., Tinh, N.T., Poudel, K.P., Frank, B.M., Temesgen, H. (2019), Taxon-specific modeling systems for improving reliability of tree aboveground biomass and its components estimates in tropical dry dipterocarp forests. *Forest Ecology and Management*, 437(2019), pp. 156-174.

118. IUCN, (2019) The IUCN Red list of Threatened Species. Available at <https://www.iucnredlist.org/>, access on Dec. 30 2019.
119. Jacoby, G., and R. D'Arrigo. (1990), Teak (*Tectona grandis* L. f.), a tropical species of large-scale dendroclimatic potential. *Dendrochronologia*, 8:83–98.
120. Jayaraman, K. (1999), A Statistical Manual for Forestry Research. *FAO*, Bangkok. Thailand.
121. Johnson, S.E. and Abrams, M.D. (2009), Basal area increment trends across age classes for two long-lived tree species in the eastern U.S. TRACE – Tree Rings Archeology, *Climatology and Ecology* - Vol. 7. GFZ Posdam, Scientific technical Report STR 09/03, Posdam, 226 pp.
122. Kamo, K., Vacharangkura, T., Tiyanon, S., Viriyabuncha, C., Nimpila, S. and Doangsrisean, B. (2002), Plant Species Diversity in Tropical Planted Forest and Implication for Restoration of Forest Ecosystems in Sakaerat, Northeastern Thailand - <http://www.jircas.affrc.go.jp>
123. Keeley, J.E. (2012), Ecology and evolution of pine life histories. *Annals of Forest Science*. Published online on 09 May 2012. DOI 10.1007/s13595-012-0201-8.
124. Kohavi, R. (1995), A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection. *The International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)*, 1995. <http://robotics.stanford.edu/~ronnyk>.
125. Laar, A.V., Akca, A. (2007), Forest Mensuration. *Springer*, Netherland. ISBN-13 978-1-4020-5991-9 (ebook).
126. Lamb, D., Erskine, D.P., Parrotta A.J. (2005), Restoration of Degraded Tropical Forest Landscapes - <http://www.sciencemag.org>.
127. Lee, W.K., Gadowb, K.V., Chung, D.J., Lee, J.L., Shin, M.Y. (2004), DBH growth model for *Pinus densiflora* and *Quercus variabilis* mixed forests in central Korea. *Ecological Modelling* 176 (2004): pp. 187–200.
128. Lieth, H., Mooney, H.A. (1991), Restoration of Tropical Forest Ecosystems. *Springer – Science + Business Media*, B.V. <http://link.springer.com>.

129. Loc, P.K., The, P.V., Long, P.K., Regalado, J., Averyanov, L.V., Maslin, B. (2017), Native conifers of Vietnam – A Review. *Pakistan Journal of Botany*, 49(5): 2037 - 2068
130. Luo, J., Zhang, M., Zhou, X., Chen, J., and Tian, Y. (2018), Tree Height and DBH Growth Model Establishment of Main Tree Species in Wuling Mountain Small Watershed. *Earth and Environmental Science* 108 (2018) 042003; doi :10.1088/1755-1315/108/4/042003
131. Ma, W., and Lei, X. (2015), Nonlinear Simultaneous Equations for Individual-Tree Diameter Growth and Mortality Model of Natural Mongolian Oak Forests in Northeast China. *Forests* 2015, 6, pp. 2261-2280; doi:10.3390/f6062261
132. Mallows, C.L. (1973), Some comments on CP. *Technometrics* 15 (4): pp. 661-675. Doi:10.2307/1267380. *JSTOR* 1267380.
133. Martins, F.B., Soares, C.P.B., da Silva, G.F. (2014), Individual tree growth models for eucalyptus in northern Brazil. *Sci. Agric.* 71(3): 212-225.
134. Matias, L., Jum, A.S. (2012), Interactions between growth, demography and biotic interactions in determining species range limit in a warming world: The case of *Pinus sylvestric*. *Forest Ecology and Management*, 282(2012):10-22.
135. Narayan, C., and Anshumali (2015), Diversity indices and importance values of a tropical deciduous forest of Chhotanagpur plateau, India. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 7(1): 358 – 367.
136. Pastur, G.J.M, Cellini, J.M., Lencinas, M.V., Peri, P.L. (2008), Stand growth model using volume increment/basal area ratios. *Journal of Forest Science*, 54, 2008 (3): 102–108.
137. Phong, D.T., Hien, V.T.T., Lieu, T.T., Hiep, N.T. (2017), Genetic diversity in the natural populations of *Pinus dalatensis* Ferré (Pinaceae) assessed by SSR markers. *Journal of Science and Technology*, 54 (2) (2016) 178-189.
138. Picard, N., Saint-André L., Henry M. (2012), Manual for building tree volume and biomass allometric equations: from field measurement to prediction. *Food and Agricultural Organization of the United Nations*, Rome, and Centre de

- Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Montpellier, 215 pp.
139. Pinheiro, J., Bates, D., Debroy, S., Sarkar, D., Team, R.C. (2014), *Nlme: linear and nonlinear mixed effects models*. R package version 3.1-117.
140. Pumijumnong, N., Eckstein, D., & Sass, U. (1995), Tree-Ring Research on *Tectona Grandis* in Northern Thailand. *IAWA Journal*, 16(4), pp. 385–392. doi:10.1163/22941932-90001428
141. Racz, I., and Huyen, D.D. (2007), Study of low-elevation occurrence of *Pinus dalatensis* Ferré (Pinaceae) in Gia lai Province, Vietnam. *Studia bot. hung.* 38, pp. 133–142, 2007.
142. Richard, S. A., Safiya, S., Scott, S.E., Howard, K.B. (2004), Breeding and Genetic Resources of Five-Needle Pines: Growth, Adaptability, and Pest Resistance, 2001. *Proceedings of the IUFRO Five-Needle Pines Working Party Conference July 23-27, 2001*. Medford, Oregon, USA.
143. Rollet, B. (1971), La regeneracion natural en bosque denso siempreverde de llanura de la Guayana venezolana. *Bol. Inst. For. Lat.-Amer. Inv. Cap.* 35: 39-73.
144. Sano, M., Buckley, B.M. and Sweda, T. (2009), Tree-ring based hydroclimate reconstruction over northern Vietnam from *Fokienia hodginsii*: eighteenth century mega-drought and tropical Pacific influence. *Climate dynamics*, 33(2-3), p.331.
145. Sedmak, R. and Scheer, L. (2012), Modelling of tree diameter growth using growth functions parameterised by least squares and Bayesian methods. *Journal of Forest Science*, 58, 2012 (6): pp. 245–252.
146. Speer, J.H.m Clay, K., Bishop, G. and Creech, M. (2010), The Effect of Periodical Cicadas on Growth of five Trees Species in Midwestern Deciduous Forest. *The American Midland Naturalist*, 164: pp. 173-186.

147. Stefanie, M., Bond, I. (2000), Cuticle Micromorphology of *Pinus krempfii* Lecomte (Pinaceae) and additional species from Southeast Asia. *Int. J. Plant Sci.* 161 (2): pp. 301-317.
148. Stokes, M.A. and Mile, T.L. (1968), An introduction to tree-ring dating. *University of Chicago*, Chicago, the US.
149. Swanson, D.A., Tayman, J., Bryan, T.M. (2011), MAPE-R: a rescaled measure of accuracy for cross-sectional subnational population forecasts. *J. Populat. Res.*, 28 (2011): pp. 225-243.
150. Thomas, P.I., Sengdala, K., Lamxay, V., and Khoa, E. (2007), New record of Conifers in Cambodia and Laos. *Edinburgh Journal of Botany*, 64(1): pp. 37 – 44 Doi: 10.1017/S0960428606000734.
151. Timilsina, N., and Staudhammer, C.L. (2013), Individual Tree-Based Diameter Growth Model of Slash Pine in Florida Using Nonlinear Mixed Modeling. *Forest Science* 59(1) 2013: pp. 27-37.
152. Trang, T.T.T. (2011), Spatial distribution and historical dynamics of threatened conifers of the Dalat plateau, VietNam. *A thesis Presented to The Faculty of the Graduate School at the University of Missouri*, the US.
153. Uzoh, F.C.C and Oliver, W.W. (2008), Individual tree diameter increment model for managed even-aged stands of ponderosa pine throughout the western United States using a multilevel linear mixed effects model. *Forest Ecology and Management*, Vol 256 (3): pp. 438-445.
154. Vanclay, J.K. (1994), Modelling forest growth and yield: applications to mixed tropical forests. *CAB International, Oxfordshire, UK.* 250 pp.
155. Wikipedia, (2019), *Dendrochronology*. Available at: <https://en.wikipedia.org/wiki/Dendrochronology> ; accessed on June 1, 2019.
156. Wosber, M., Staschel, R., Roloff, A., Junk, W.J. (2003), Tree ring analysis reveals age structure, dynamics and wood production of a natural forest stand in Cameroon. *Forest Ecology and Management*, 173 (2003), pp. 105-123.

157. Zeide, B. (1989), Accuracy of equations describing diameter growth. *Can. J. Res.* 19: pp. 1283-1286.
158. Zeide, B. (1993), Analysis of Growth Equations. *Forest Science* 39(3): pp. 594-616.
159. Zheng, L.F. and Zhou, X.N. (2010), Diameter distribution of trees in natural stands managed on polycyclic cutting system. *For. Stud. China*, 2010, 12(1): pp. 21–25 DOI 10.1007/s11632-010-0009-2.
160. Zonneveld, M.V., Koskela, J., Vinceti, B., and Jarvis, A. (2009), Impact of climate change on the distribution of tropical pines in Southeast Asia. *Unasylva* 231/232 (60): 24–29.

PHỤ LỤC

Phụ lục 1. Danh lục thực vật trong khu vực nghiên cứu

Stt	Loài	Tên khoa học	Chi	Họ
1	An tức hương	<i>Styrax benzoides</i> W. G. Craib	Styrax	Styracaceae
2	Bạch tùng	<i>Dacrycarpus imbricatus</i> (Blume) de Laub.	Podocarpus	Podocarpaceae
3	Bản xe	<i>Albizia attoupeuensis</i> (Pierre) I.C.Nielsen	Albizia	Mimosaceae
4	Bình linh	<i>Vitex sumatrana</i> Mid.	Vitex	Tiliaceae
5	Bình linh 3 lá		Vitex	Tiliaceae
6	Bồ an	<i>Vitex trifolia</i> L.	Colona	Theaceae
		<i>Colona thorelii</i> (Gagnep.) Burret		
7	Bồ quả petelot	<i>Enicosanthellum plagioneurum</i> (Diels) Ban	Enicosanthellum	Annonaceae
8	Bời lời	<i>Litsea cambodiana</i> Lecomte	Litsea	Lauraceae
9	Bời lời nhót		Litsea	Lauraceae
		<i>Litsea glutinosa</i> (Lour.) C.B.Rob.		
10	Bời lời thon	<i>Litsea lancifolia</i> (Roxb. ex Nees) Benth. & Hook. f. ex Villar	Litsea	Lauraceae
11	Bời lời thorel	<i>Litsea thorelii</i> Lecomte	Litsea	Lauraceae
12	Bời lời vòng	<i>Litsea verticiliata</i> Hance	Litsea	Lauraceae
13	Bộp	<i>Actinodaphne utilis</i> Kosterm.	Actinodaphne	Lauraceae
14	Bộp dài	<i>Actinodaphne sesquipedalis</i> Hook.f. & Thomson ex Meisn.	Actinodaphne	Lauraceae
15	Bộp xanh, Cháp xanh	<i>Beilschmiedia percoriacea</i> C.K.Allen	Beilschmiedia	Lauraceae
16	Búra	<i>Garcinia oblongifolia</i> Champ. ex Benth.	Garcinia	Clusiaceae
17	Búra poilanei	<i>Garcinia poilanei</i> Gagnep.	Garcinia	Clusiaceae
18	Bùi	<i>Ilex cochinchinensis</i> (Lour.) Loes	Ilex	Aquifoliaceae
19	Bùi ba hoa	<i>Ilex triflora</i> Blume	Ilex	Aquifoliaceae
20	Bùi quả tròn	<i>Ilex Rotunda</i> Thumb	Ilex	Aquifoliaceae
21	Bùi tía	<i>Ilex sp</i>	Ilex	Aquifoliaceae
22	Bưởi bung	<i>Acronychia pedunculata</i> (L.) Miq.	Acronychia	Rutaceae
23	Cà đuối lục lam	<i>Dehaasia caesia</i> Blume	Dehaasia	Lauraceae
24	Cà đuối trung bộ	<i>Cryptocarya annamensis</i> Allen	Cryptocarya	Lauraceae
25	Cà ôi đỏ	<i>Castanopsis echinophora</i> A.Camus	Castanopsis	Fagaceae
26	Cà phê	<i>Diplospora singularis</i> Korth	Diplospora	Rubiaceae
27	Cám	<i>Parinari annamensis</i> Hance	Parinari	Chrysobalanaceae
28	Cáng lò	<i>Betula alnoides</i> Buch.-Ham. ex D.Don	Betula	Betulaceae
29	Cáp mọc	<i>Craibiodendron henryi</i> W.W.Sm.	Craibiodendron	Ericaceae
30	Cáp mọc bidoup	<i>Craibiodendron henryi</i> W. W. Smith var. <i>bidoupensis</i> Smitin & Phamh.	Craibiodendron	Ericaceae
31	Cáp mọc việt nam	<i>Craibidendron vietnamense</i> Judd	Craibiodendron	Ericaceae
32	Cây	<i>Irvingia malayana</i> Oliv. ex A.W.Benn.	Irvingia	Irvingiaceae

Stt	Loài	Tên khoa học	Chi	Họ
33	Chân chim 8 lá	<i>Schefflera heptaphylla</i> (L.) Prodin	Schefflera	Araliaceae
34	Chân chim kon tum	<i>Schefflera kontumensis</i> R.Vig	Schefflera	Araliaceae
35	Chân chim lá nhỏ	<i>Schefflera heptaphylla</i> (L.) Frodin	Schefflera	Araliaceae
36	Chân chim langbian	<i>Schefflera dongnaiensis</i> Bui	Schefflera	Araliaceae
37	Chân danh hoa thừa	<i>Euonymus laxiflorus</i> Champ.	Euonymus	Celastraceae
38	Chập chọc	<i>Beilschmiedia sphareocarpa</i> Lecomte	Beilschmiedia	Lauraceae
39	Chấp tay bắc bộ	<i>Exbuklandia tonkinensis</i> (Lecomte) Steen.	Exbuklandia	Hamamelidaceae
40	Chè rừng (Sp)	<i>Adinandra sp.</i>	Adinandra	Theaceae
41	Chẹo	<i>Engelhardia roxburghiana</i> Wall.	Engelhardia	Juglandaceae
42	Chò xốt	<i>Schima wallichii</i> Choisy	Schima	Theaceae
43	Chòi mòi	<i>Antidesma ghasembila</i> Gaertn	Antidesma	Phyllanthaceae
44	Chôm chôm mật	<i>Nephelium melliferum</i> Gagnep	Nephelium	Sapindaceae
45	Chua chát	<i>Malus doumeri</i> (Bois) A. Chev.	Malus	Rosaceae
46	Côm bidoup	<i>Elaeocarpus bidoupensis</i> Gagnep	Elaeocarpus	Elaeocarpaceae
47	Côm cuống dài	<i>Elaeocarpus petiolatus</i> (Jack) Wall	Elaeocarpus	Elaeocarpaceae
48	Côm đặc lác	<i>Elaeocarpus darlacensis</i> Gagnep	Elaeocarpus	Elaeocarpaceae
49	Côm kon tum	<i>Elaeocarpus kontumensis</i> Gagnep	Elaeocarpus	Elaeocarpaceae
50	Côm láng	<i>Elaeocarpus gagnepainii</i> Merr	Elaeocarpus	Elaeocarpaceae
51	Côm tầng	<i>Elaeocarpus griffithii</i> (Wight) A.Gray	Elaeocarpus	Elaeocarpaceae
52	Cồng nhám	<i>Calophyllum rugosum</i> P. F. Stevens	Calophyllum	Clusiaceae
53	Cồng tía	<i>Calophyllum calaba</i> L.	Calophyllum	Clusiaceae
54	Cứt ngựa robinson	<i>Archidendron robinsonii</i> (Gagnep.) I. Nielsen	Archidendron	Fabaceae
55	Đa hương	<i>Polyosma dolichocarpa</i> Merr.	Polyosma	Escalloniaceae
56	Đa tử trà Bidoup	<i>Polyspora bidoupensis</i> Gagnep.	Polyspora	Escalloniaceae
57	Dầu dầu	<i>Melicope pteleifolia</i> (Champ. ex Benth.) T. Hart.	Melicope	Rutaceae
58	Dầu nóng	<i>Alphitonia philippinensis</i> Braid.	Alphitonia	Rhamnaceae
59	Dẻ ăn quả	<i>Lithocarpus cryptocarpus</i> A. Camus	Lithocarpus	Fagaceae
60	Dẻ ba cạnh	<i>Lithocarpus triqueter</i> (Hickel & A. Camus) A. Camus	Lithocarpus	Fagaceae
61	Dẻ cọng mảnh	<i>Lithocarpus stenopus</i> (Hickel & A. Camus) A. Camus	Lithocarpus	Fagaceae
62	Dẻ đá/Sòi	<i>Lithocarpus sp</i>	Lithocarpus	Fagaceae

Stt	Loài	Tên khoa học	Chi	Họ
63	Dẻ đá trắng	<i>Lithocarpus dealbatus</i> (Hook.f. & Thomson ex Miq.) Rehder	Lithocarpus	Fagaceae
64	Dẻ đá trung bộ	<i>Lithocarpus annamensis</i> Hick. & Cam.	Lithocarpus	Fagaceae
65	Dẻ đầu bằng	<i>Lithocarpus truncatus</i> (King ex Hook. f.) Rehder & E.H. Wilson	Lithocarpus	Fagaceae
66	Dẻ gai	<i>Castanopsis indica</i> (Roxb. ex Lindl.) A.DC.	Castanopsis	Fagaceae
67	Dẻ lá dài	<i>Quercus bambusifolia</i> Hance	Quercus	Fagaceae
68	Dẻ lá nhỏ	<i>Quercus glauca</i> Thunb	Quercus	Fagaceae
69	Dẻ lá to	<i>Lithocarpus gigantophyllus</i> (Hickel & A. Camus) A. Camus	Lithocarpus	Fagaceae
70	Dẻ Lào	<i>Quercus setulosa</i> Hickel & A. Camus	Quercus	Fagaceae
71	Dẻ móc	<i>Lithocarpus echinophorus</i> (Hickel & A. Camus) A. Camus	Lithocarpus	Fagaceae
72	Dẻ ống	<i>Lithocarpus tubulosus</i>	Lithocarpus	Fagaceae
73	Dẻ rừng	<i>Lithocarpus silvicularum</i> (Hance) Chun	Lithocarpus	Fagaceae
74	Dẻ sừng nai	<i>Castanopsis ceratacantha</i> Hickel & A. Camus	Castanopsis	Fagaceae
75	Dẻ tụ	<i>Lithocarpus argregatus</i> Barnett	Lithocarpus	Fagaceae
76	Dẻ xanh	<i>Lithocarpus microspermus</i> A. Cam. var. <i>mekongensis</i> A.Cam.	Lithocarpus	Fagaceae
77	Diên bạch	<i>Dendropanax chevalieri</i> (R. Vig.) Merr.	Dendropanax	Araliaceae
78	Đỗ quỳên moulmain	<i>Rhododendron moulmainense</i> Hook.	Rhododendron	Ericaceae
79	Dung	<i>Symplocos cochinchinensis</i> (Lour.) S. Moore	Symplocos	Symplocaceae
80	Dung căm bôt	<i>Symplocos cambodiana</i> (Pierre) Hall. f	Symplocos	Symplocaceae
81	Dung đen	<i>Symplocos poilanei</i> Guillaum	Symplocos	Symplocaceae
82	Dung lá trà	<i>Symplocos laurina</i> (Retz) Wall	Symplocos	Symplocaceae
83	Dung trung bộ	<i>Symplocos annamensis</i> Noot	Symplocos	Symplocaceae
84	Giổi	<i>Magnolia conifera</i> Dandy	Magnolia	Magnoliaceae
85	Giổi lông	<i>Michelia balansae</i> (DC.) Dandy	Michelia	Magnoliaceae
86	Giổi Michel	<i>Michelia floribunda</i> Fin. & Gagn.	Magnolia	Magnoliaceae
87	Giổi trung bộ	<i>Magnolia annamensis</i> Dandy	Michelia	Magnoliaceae
88	Giổi xanh	<i>Michelia mediocris</i> Dandy	Michelia	Magnoliaceae
89	Gò đồng	<i>Polyspora bidoupensis</i> (Gagnep.) Orel, Peter G.Wilson, Curry & Luu	Polyspora	Theaceae
90	Gội	<i>Aglaia korthalsii</i> (Miq.) Pell.	Aglaia	Meliaceae
91	Hà bá	<i>Nyssa javanica</i> (Blume) Wangerin	Nyssa	Nyssaceae
92	Hoắc quang	<i>Wendlandia paniculata</i> (Roxb.) DC.	Wendlandia	Rubiaceae
93	Hôi	<i>Illicium griffithii</i> Hook.f. & Thomson	Illicium	Illiciaceae
94	Hôi Sp	<i>Illicium sp</i>	Illicium	Illiciaceae
95	Hồng quang	<i>Rhodoleia championii</i> Hook. f.	Rhodoleia	Hamameliaceae
96	Hồng tùng	<i>Dacrydium elatum</i> (Roxb.) Wall. ex Hook.	Dacrydium	Podocarpaceae

Stt	Loài	Tên khoa học	Chi	Họ
97	Huỳnh đàn	<i>Dysoxylum binectariferum</i> (Roxb.) Hook.f. ex Bedd.	Dysoxylum	Meliaceae
98	Huỳnh nương	<i>Ternstroemia japonica</i> (Thunb.) Thunb.	Ternstroemia	Pentaphylaceae
99	Kha thụ	<i>Castanopsis echinophora</i> A. Camus	Castanopsis	Fagaceae
100	Kha thụ ấn	<i>Castanopsis indica</i> (Roxb.) A. DC.	Castanopsis	Fagaceae
101	Kha thụ dữ	<i>Castanopsis ferox</i> (Roxb.) Spach	Castanopsis	Fagaceae
102	Kha thụ nguyên	<i>Castanopsis pseudoserrata</i> Hickel & A. Camus sec. Phamh	Castanopsis	Fagaceae
103	Kha thụ nhím	<i>Castanopsis echinocarpa</i> A. DC.	Castanopsis	Fagaceae
104	Kháo	<i>Phoebe tavoyana</i> (Meisn) Hook. f.	Phoebe	Lauraceae
105	Kháo lá nhỏ	<i>Machilus thunbergii</i> Siebold & Zucc.	Machilus	Lauraceae
106	Kháo lông	<i>Machilus sp.</i>	Machilus	Lauraceae
107	Kháo thom	<i>Machilus odoratissimus</i> Nees	Machilus	Lauraceae
108	Kim giao	<i>Nageia wallichiana</i> (C.Presl) Kuntze	Nageia	Podocarpaceae
109	Konia	<i>Irvingia malayana</i> Oliv. ex A.W.Benn.	Irvingia	Irvingiaceae
110	Linh hui	<i>Eurya muricata</i> var. <i>huiana</i> (Kobuski) L. K. Ling	Eurya	Pentaphylaceae
111	Lòng máng	<i>Pterospermum Heterophyllum</i> Hance	Pterospermum	Malvaceae
112	Long não	<i>Neocinnamomum sp.</i>	Neocinnamomum	Lauraceae
113	Luống xương	<i>Anneslea fragans</i> Wall	Anneslea	Lauraceae
114	Mạ sưa	<i>Helicia cochinchinensis</i> Lour	Helicia	Họ Quắn hoa
115	Mạ sưa lá to	<i>Helicia formosana</i> Hemsl.	Helicia	Họ Quắn hoa
116	Mãi táp	<i>Aidia cochinchinensis</i> Lour	Aidia	Rubiaceae
117	Mán đĩa	<i>Archidendron clypearia</i> (Jack) I.C.Nielsen	Archidendron	Leguminosae
118	Mận rừng	<i>Rhamnus crenata</i> var. <i>cambodiana</i> (Pierre ex Pit.) Tardieu	Rhamnus	Rhamnaceae
119	Mật sạ	<i>Meliosma ochracea</i> J. E. Vidal	Meliosma	Sabiaceae
120	Máu chó	<i>Knema pierrei</i> Warb.	Knema	Myristicaceae
121	Mít nài	<i>Artocarpus sp</i>	Artocarpus	Moraceae
122	Mỡ	<i>Magnolia conifera</i> Dany	Magnolia	Magnoliaceae
123	Mua	<i>Allomorphia arborescens</i> Guillaum	Allomorphia	Melastomataceae
124	Ngát	<i>Gironniera subaequalis</i> Planch	Gironniera	Melastomataceae
125	Ngọc lan vân nam	<i>Magnolia yunnanensis</i> (Hu) Noot.	Magnolia	Magnoliaceae
126	Ngũ mạt linh	<i>Pentaphylax euryoides</i> Gardn. & Champ	Pentaphylax	Pentaphylaceae
127	Nhọc	<i>Enicosanthellum plagioneurum</i> (Diels) Ban	Enicosanthellum	Annonaceae
128	Nhựa ruồi	<i>Ilex cymosa</i> Blume	Polyalthia	Annonaceae
129	Nuốt xanh	<i>Casearia grewiaefolia</i> Vent	Casearia	Flacourtiaceae
130	Ờ mu	<i>Fokienia hodginsii</i> (Dunn) A. Henry & H.H. Thomas	Fokienia	Cupressaceae

Stt	Loài	Tên khoa học	Chi	Họ
131	Quế	<i>Cinnamomum burmannii</i> (C. & T. Nees) Blume	Cinnamomum	Lauraceae
132	Quế bạc	<i>Cinnamomum mairei</i> Vevl.	Cinnamomum	Lauraceae
133	Quế rừng	<i>Cinnamomum cassia</i> Presl	Cinnamomum	Lauraceae
134	Re	<i>Cinnamomum sp.</i>	Cinnamomum	Lauraceae
135	Re hương	<i>Cinnamomum parthenoxylon</i> (Jack) Meisn	Cinnamomum	Lauraceae
136	Sâm	<i>Memecylon angustifolium</i> Wight	Memecylo	Melastomataceae
137	Săng mã	<i>Carallia brachiata</i> (Lour.) Merr.	Carallia	Rhizophoraceae
138	Sén	<i>Mimusops elengi</i> L.	Madhuca	Sapotaceae
139	Sén cát	<i>Shorea roxburghii</i> G. Don	Shorea	Dipterocarpaceae
140	Sén núi	<i>Madhuca alpinia</i> (A. Chev. ex Lecomte) A. Chev	Madhuca	Sapotaceae
141	Sim	<i>Cocculus laurifolius</i> DC	Cocculus	Menispermaceae
142	Sòi	<i>Alchornea rugosa</i> (Lour.) Muell.-Arg	Alchornea	Euphorbiaceae
143	Sòi	<i>Quercus langbianensis</i> Hickel & A. Camus	Quercus	Fagaceae
144	Sòi blakei	<i>Quercus blakei</i> Skan	Quercus	Fagaceae
145	Sòi brian	<i>Quercus braianesis</i> A. Camus	Quercus	Fagaceae
146	Sòi cọng mảnh	<i>Lithocarpus stenopus</i> (Hickel & A. Camus) A. Camus	Lithocarpus	Fagaceae
147	Sòi cung	<i>Quercus setulosa</i> Hickel & A. Camus	Quercus	Fagaceae
148	Sòi đỏ	<i>Lithocarpus pseudosundaicus</i> (Hickel & A. Camus) A. Camus	Lithocarpus	Fagaceae
149	Sòi keri	<i>Quercus kerrii</i> Craib	Quercus	Fagaceae
150	Sòi lá nhọn	<i>Quercus Acutissima</i> Carr	Quercus	Fagaceae
151	Sòi lá tre	<i>Quercus bambusifolia</i> Hance	Quercus	Fagaceae
152	Sòi lang biang	<i>Quercus langbianensis</i> Hickel & A. Camus	Quercus	Fagaceae
153	Sòi lĩnh	<i>Quercus augustinii</i> Skan	Quercus	Fagaceae
154	Sòi lông	<i>Quercus lanata</i> Sm.	Quercus	Fagaceae
155	Sòi tía	<i>Sapium discolor</i> (Champ.) Muell - Arg	Sapium	Euphorbiaceae
156	Sơn	<i>Gluta sp.</i>	Gluta	Anacardiaceae
157	Sơn huyết	<i>Gluta sp.</i>	Gluta	Anacardiaceae
158	Sơn trà	<i>Eriobotrya poilanei</i> J. E. Vidal	<i>Eriobotrya</i>	Anacardiaceae
159	Sơn trà lá hẹp	<i>Eriobotrya angustissima</i> Hook. f.	<i>Eriobotrya</i>	Anacardiaceae
160	Sơn trà	<i>Vaccinium sprengelii</i> (G. Don) Sleumer	Vaccinium	Ericaceae
161	Sp			
162	SP1			
163	SP2			

Stt	Loài	Tên khoa học	Chi	Họ
164	Sp3	<i>Phoebe lanceolata</i> (Nees) Nees		
165	Sp4(lá răng cưa)			
166	Sụ thon		Phoebe	Lauraceae
167	Sữa	<i>Alstonia scholaris</i> (L.) R. Br.	Alstonia	Apocynaceae
168	Sữa lá hẹp	<i>Alstonia angustifolia</i> Wall. ex A.DC.	Alstonia	Apocynaceae
169	Sữa lá nhỏ	<i>Winchia calophylla</i> A.DC.	Winchia	Apocynaceae
170	Súm	<i>Adinandra milletii</i> (Hook. & Arn.) Benth. & Hook.f. ex Hance	Adinandra	Theaceae
171	Súm đồng nai	<i>Adinandra dongnaiensis</i> Gagnep.	Adinandra	Theaceae
172	Súm hải nam	<i>Adinandra poilanei</i> Gagnep	Adinandra	Theaceae
173	Súm lá trà	<i>Adinandra caudata</i> Gagnep	Adinandra	Theaceae
174	Súm nguyên	<i>Adinandra integerrima</i> T. Anders. ex Dyer in Hook. f	Adinandra	Theaceae
175	Tai ghé	<i>Aporosa serrata</i> Gagnep	Aporosa	Euphorbiaceae
176	Tân bìi lời poilan	<i>Neolitsea poilanei</i> Liou.	Neolitsea	Lauraceae
177	Tân bìi trung bộ	<i>Neolitsea chuii</i> Merr.	Neolitsea	Lauraceae
178	Thạch châu	<i>Pyrenaria jonquieriana</i> Pierre	Pyrenaria	Theaceae
179	Thanh mai	<i>Myrica esculenta</i> Buch. – Ham. ex D. Don (<i>M. sapida</i> Wall.)	Myrica	Myricaceae
180	Thầu tẩu	<i>Aporosa dendroidea</i> Schot	Aporosa	Euphorbiaceae
181	Thị	<i>Diospyros apiculata</i> Hiern	Diospyros	Ebenaceae
182	Thị (rỉ sắt)	<i>Diospyros latisepala</i> Ridl.	Diospyros	Ebenaceae
183	Thị rừng	<i>Diospyros sylvatica</i> Roxb	Diospyros	Ebenaceae
184	Thị sen	<i>Diospyros lotus</i> L	Diospyros	Ebenaceae
185	Thích	<i>Acer oblongum</i> Wall. ex DC.	Acer	Aceraceae
186	Thích cuống dài	<i>Acer laevigatum</i> Wall.	Acer	Aceraceae
187	Thích lá quế	<i>Acer laurinum</i> Hassd.	Acer	Aceraceae
188	Thông 2 lá dẹt	<i>Pinus krempfii</i> Lecomte	Pinus	Pinaceae
189	Thông 3 lá	<i>Pinus kesiya</i> Royle ex Gordon	Pinus	Pinaceae
190	Thông 5 lá	<i>Pinus dalatensis</i> Ferré	Pinus	Pinaceae
191	Thông tre lá dài	<i>Podocarpus neriifolius</i> D. Don	Podocarpus	Podocarpaceae
192	Tiểu hồi	<i>Illicium cambodianum</i> Hance	Illicium	Illiciaceae
193	Tô hạp xiêm	<i>Altingia siamensis</i> Craib	Altingia	Altingiaceae
194	Trà nhụy ngắn	<i>Camellia kissii</i> Wall. (<i>Thea drupifera</i> Pierre)	Camellia	Theaceae
195	Trâm chụm	<i>Syzygium glomerulatum</i> (Gagnep.) Merr. & L.M.Perry	Syzygium	Myrtaceae
196	Trâm lá nhỏ	<i>Syzygium antisepticum</i> (Blume) Merr.& L.M.Perry	Syzygium	Myrtaceae
197	Trâm mốc	<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	Syzygium	Myrtaceae
198	Trâm Sp	<i>Syzygium</i> sp.	Syzygium	Myrtaceae

Stt	Loài	Tên khoa học	Chi	Họ
199	Trâm trắng	<i>Syzygium wightianum</i> Wall. ex Wight & Arn	Syzygium	Myrtaceae
200	Trâm vỏ đỏ	<i>Syzygium zeylanicum</i> (L.) DC	Syzygium	Myrtaceae
201	Trôm lá lớn	<i>Sterculia gracilipes</i> Pierre	Sterculia	Sterculiaceae
202	Trường	<i>Xerospermum noronhianum</i> Blume	Xerospermum	Sapindaceae
203	Trường vải	<i>Paranephelium spirei</i> Lecomte	Paranephelium	Sapindaceae
204	Vạn trứng	<i>Endospermum chinensis</i> Benth.	Endospermum	Euphorbiaceae
205	Vĩ diệp mảnh	<i>Urophyllum streptopodium</i> Wall	Urophyllum	Rubiaceae
206	Vối thuốc răng cưa	<i>Schima superba</i> Gard. & Champ. in Hook	Schima	Theaceae
207	Xá xị	<i>Cinnamomum parthenoxylon</i> (Jack) Meisn	Cinamomum	Lauraceae
208	Xăng mã	<i>Carallia brachiata</i> (Lour.) Merr.	Carallia	Rhizophoraceae
209	Xoài	<i>Mangifera sp</i>	Mangifera	Anacardiaceae
210	Xoài rừng	<i>Mangifera foetida</i> var. <i>odorata</i> (Griff.) Pierre	Mangifera	Anacardiaceae
211	Xoan	<i>Melia azedarach</i> L.	Melia	Meliaceae
212	Xoan đào	<i>Prunus arborea</i> (Blume) Kalkman	Mangifera	Anacardiaceae
213	Xuyên cóc	<i>Choerospondias axillaris</i> (Roxb.) Burtt et Hill	Choerospondias	Anacardiaceae

Phụ lục 2. Chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa (Zt) theo năm và chỉ tiêu khí hậu nhiệt độ (T1-T12) và lượng mưa (P1-P12) từ năm 1980 – 2017 ở khu vực Bidoup - Núi Bà

Nam	Zt	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	Ttb	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	Ptb
2017	1,22	17,7	16,8	19,1	20,2	20,5	19,8	19,4	19,7	19,4	19,0	18,7	17,6	19,0	4,7	0,9	4,9	204,0	133,5	226,8	209,4	83,0	498,7	377,7	116,3	173,9	2033,8
2016	1,04	15,5	16,5	18,0	18,9	20,1	19,4	19,4	19,7	19,2	18,7	18,4	17,7	18,5	0,1	28,1	5,3	157,0	282,2	259,6	285,1	225,2	252,9	334,1	72,2	49,6	1951,4
2015	1,45	14,8	16,5	18,4	18,7	19,9	19,6	18,9	18,9	18,8	18,4	18,1	17,1	18,2	5,9	1,1	26,4	338,5	325,6	184,2	269,8	284,5	341,5	256,2	14,5	30,8	2079,0
2014	1,36	16,1	17,7	18,8	19,8	20,1	19,6	19,2	18,9	18,3	18,1	17,8	16,2	18,4	5,0	1,3	126,6	147,8	268,6	356,1	194,2	139,2	389,7	129,5	175,2	2,2	1935,4
2013	1,00	16,9	17,4	18,0	19,3	19,7	19,3	19,0	19,3	18,6	18,5	18,5	17,3	18,5	19,2	88,7	49,0	280,6	311,8	127,1	215,3	129,4	406,0	155,7	68,9	4,8	1856,5
2012	1,17	15,9	16,6	17,4	18,6	19,3	19,6	18,9	19,1	18,7	18,5	18,2	16,5	18,1	1,0	0,0	58,0	99,0	258,0	278,0	270,0	262,0	134,0	211,0	52,0	25,0	1648,0
2011	1,48	16,3	17,5	18,7	19,4	20,4	20,1	19,2	18,4	18,9	18,5	17,8	16,8	18,5	71,0	4,0	63,0	261,0	146,0	246,0	254,0	115,0	196,0	355,0	230,0	62,0	2003,0
2010	1,42	14,8	17,3	18,3	19,4	19,3	19,5	18,9	19,1	18,5	18,3	17,8	16,1	18,1	3,0	71,0	135,0	249,0	167,0	163,0	220,0	199,0	299,0	266,0	77,0	1,0	1850,0
2009	1,36	16,4	16,1	17,6	18,9	19,1	19,4	19,1	18,5	15,6	18,7	17,5	16,3	17,8	27,0	35,0	68,0	119,0	220,0	59,0	201,0	211,0	203,0	205,0	176,0	52,0	1576,0
2008	1,61	16,3	16,7	18,0	19,0	19,5	19,4	18,8	18,3	18,9	18,0	16,7	16,8	18,0	0,0	0,0	98,0	85,0	338,0	147,0	206,0	530,0	394,0	208,0	148,0	2,0	2156,0
2007	1,03	16,8	17,4	18,3	18,9	19,6	19,3	18,7	18,5	18,8	18,2	18,1	16,7	18,3	26,0	16,0	102,0	89,0	176,0	166,0	165,0	281,0	349,0	309,0	19,0	0,0	1698,0
2006	1,58	15,4	17,5	17,5	18,9	19,8	19,6	18,5	18,3	18,6	18,4	17,9	16,8	18,1	0,0	19,0	82,0	116,0	172,0	182,0	200,0	259,0	354,0	263,0	92,0	80,0	1819,0
2005	1,01	16,1	16,6	18,2	19,1	18,9	18,6	18,5	18,2	18,7	17,7	17,6	15,7	17,8	2,0	9,0	147,0	226,0	168,0	348,0	331,0	254,0	120,0	42,0	5,0	2,0	1654,0
2004	1,14	15,7	16,8	18,0	19,5	19,3	19,2	18,8	18,8	18,5	17,9	17,6	15,4	18,0	0,0	5,0	6,0	55,0	264,0	102,0	259,0	216,0	272,0	273,0	156,0	6,0	1614,0
2003	1,55	15,5	16,1	17,8	18,9	19,9	19,3	19,1	18,2	18,4	18,4	17,9	17,5	18,1	0,0	2,0	120,0	102,0	123,0	214,0	141,0	397,0	274,0	240,0	147,0	38,0	1798,0
2002	1,38	15,5	16,5	18,0	19,3	19,6	18,7	19,0	18,5	18,7	18,4	16,5	16,2	17,9	2,0	4,0	145,0	64,0	142,0	197,0	96,0	329,0	213,0	119,0	76,0	25,0	1412,0
2001	1,04	16,3	17,0	17,8	18,7	19,2	18,8	18,2	18,5	18,3	18,3	17,4	17,0	18,0	21,0	3,0	99,0	236,0	309,0	221,0	208,0	309,0	227,0	426,0	230,0	67,0	2356,0
2000	1,19	16,5	16,4	18,3	18,7	18,8	18,4	18,5	18,2	18,6	17,7	18,2	15,9	17,9	17,0	0,0	111,0	223,0	416,0	293,0	179,0	291,0	212,0	236,0	113,0	68,0	2159,0
1999	1,62	16,7	17,8	18,8	19,1	19,9	20,2	18,8	19,1	18,8	18,6	17,7	17,1	18,6	0,0	25,0	5,0	198,0	230,0	271,0	149,0	271,0	216,0	176,0	318,0	129,0	1988,0
1998	0,75	14,9	16,7	17,2	18,4	19,0	19,0	18,5	18,3	18,5	18,0	17,4	16,6	17,7	0,0	96,0	157,0	274,0	218,0	154,0	216,0	184,0	260,0	262,0	55,0	0,0	1876,0
1997	1,87	15,4	16,0	17,6	18,4	19,4	19,0	18,3	18,6	18,2	18,5	17,6	15,9	17,7	7,0	0,0	9,0	246,0	281,0	203,0	147,0	229,0	231,0	257,0	148,0	57,0	1815,0
1996	1,22	15,5	16,1	17,5	18,7	19,3	19,9	18,6	18,6	18,4	18,2	17,4	15,6	17,8	1,0	70,0	100,0	202,0	244,0	175,0	326,0	28,0	221,0	270,0	37,0	7,0	1681,0
1995	1,26	15,7	17,0	17,5	18,7	19,2	18,8	17,9	18,6	18,2	17,4	17,0	16,4	17,7	4,0	26,0	83,0	84,0	218,0	144,0	252,0	80,0	320,0	303,0	4,0	64,0	1582,0
1994	1,02	14,9	15,5	17,4	18,7	19,3	19,1	18,7	18,0	18,1	17,5	17,4	16,0	17,6	2,8	2,4	79,3	107,6	118,7	198,2	224,5	104,3	308,7	372,2	104,1	143,4	1766,2
1993	0,99	14,9	16,7	17,9	18,6	19,4	18,7	18,5	18,3	18,6	17,4	16,3	16,0	17,6	21,0	34,0	60,0	242,0	194,0	414,0	260,0	199,0	48,0	252,0	6,0	4,0	1734,0
1992	0,87	16,1	16,6	17,2	18,1	19,3	18,8	18,4	18,3	18,4	17,4	16,6	16,1	17,6	0,0	1,0	0,0	148,0	143,0	135,0	258,0	169,0	481,0	311,0	12,0	16,0	1674,0
1991	1,50	16,4	15,9	16,7	18,2	18,9	18,8	18,2	18,2	18,2	17,4	16,8	15,8	17,5	0,0	0,0	72,0	147,2	325,9	152,1	342,3	178,0	400,0	254,5	14,0	14,3	1900,3
1990	0,61	16,4	15,7	17,2	18,6	18,9	18,9	18,2	18,3	18,2	17,6	16,9	15,3	17,5	0,1	0,0	152,9	192,4	404,6	230,7	400,9	170,7	252,9	173,1	31,5	6,7	2016,5

Nam	Zt	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	Ttb	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	Ptb
1989	0,79	16,6	17,4	18,5	19,2	19,9	19,3	18,8	19,1	18,7	18,0	16,8	14,8	18,1	17,6	4,4	118,8	236,3	40,5	136,1	430,0	92,4	491,9	157,2	85,6	1,2	1812,0
1988	1,02	15,5	16,0	18,2	19,1	19,7	19,5	18,9	19,0	18,9	18,7	18,5	16,1	18,2	0,0	4,6	55,2	78,5	223,5	140,6	129,9	345,6	283,0	243,5	111,6	8,4	1624,4
1987	0,88	15,3	16,5	17,8	18,6	19,4	19,2	18,5	18,7	18,7	18,6	18,8	16,3	18,0	0,0	17,0	28,0	292,4	169,4	145,2	156,0	259,3	257,3	302,4	99,0	29,2	1755,2
1986	0,63	15,8	17,4	17,8	18,5	19,3	18,9	18,3	18,6	18,5	18,2	18,0	16,1	18,0	0,1	25,7	14,3	453,8	77,6	156,6	270,7	123,1	313,7	370,9	57,0	44,1	1907,6
1985	1,16	16,7	17,5	18,6	19,7	19,6	19,3	19,2	18,9	18,6	18,1	16,7	16,0	18,2	0,0	9,0	0,0	138,3	147,5	181,6	236,0	226,9	351,2	486,3	0,0	33,2	1810,0
1984	0,81	16,3	17,3	18,6	19,7	19,7	19,3	19,2	19,0	18,5	18,1	16,7	16,0	18,2	0,0	1,0	18,0	114,0	195,0	205,0	187,0	224,0	358,0	405,0	21,0	20,0	1748,0
1983	0,79	14,7	16,8	17,9	18,6	19,5	18,9	18,4	18,9	18,2	18,1	18,0	16,0	17,8	0,1	1,2	96,7	381,0	220,1	226,9	123,7	114,5	334,0	127,0	133,2	4,3	1762,7
1982	1,18	14,9	16,9	17,9	19,2	19,7	18,6	19,1	18,5	18,7	18,3	18,7	15,6	18,0	4,0	41,0	7,0	77,0	103,0	194,0	130,0	237,0	156,0	266,0	101,0	24,0	1340,0
1981	0,80	15,6	16,3	17,8	19,3	19,5	18,9	19,0	18,5	18,5	18,4	17,6	15,9	17,9	40,0	31,7	17,4	104,7	293,1	267,9	180,2	379,9	200,6	358,1	118,0	90,0	2081,6
1980	0,87	16,1	17,0	18,2	19,0	19,2	19,0	18,6	18,3	18,3	17,5	17,3	15,8	17,9	71,4	10,2	101,2	128,7	141,2	370,0	388,2	264,4	281,3	234,1	130,0	12,7	2133,4

Phụ lục 3. Chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa (Zt) theo năm và chỉ tiêu khí hậu nhiệt độ (T1-T12) và lượng mưa (P1-P12) từ năm 1980 – 2011 ở khu vực Chư Yang Sin

Nam	Zt	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	Ttb	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	Ptb
1980	0,96	21,5	23,0	25,5	26,9	26,2	24,8	24,4	24,2	24,0	23,8	22,4	21,1	24,0	0,6	0,0	46,3	17,0	299,4	217,1	302,5	224,3	377,2	260,7	126,1	4,4	1,875,6
1981	0,89	20,1	23,0	25,5	25,4	26,4	24,3	24,2	24,2	23,6	23,5	23,7	21,0	23,7	0,0	2,0	0,0	169,1	311,7	464,0	220,7	396,2	395,1	504,2	118,7	16,3	2,598,0
1982	0,88	20,1	23,0	25,5	25,4	26,4	24,3	24,2	24,2	23,6	23,5	23,7	21,0	23,7	0,2	0,0	7,9	53,9	256,2	341,1	215,0	197,7	344,6	123,5	20,1	0,3	1,560,5
1983	0,76	22,1	24,5	26,4	28,2	27,0	25,5	24,9	24,5	24,3	23,8	21,6	20,8	24,5	0,4	0,0	3,5	13,8	145,5	166,4	158,2	366,2	245,0	540,7	6,4	2,2	1,648,3
1984	0,79	20,7	22,4	25,0	26,6	25,0	24,4	24,3	23,6	23,6	23,4	22,4	21,5	23,6	0,2	0,1	2,7	85,2	322,5	316,3	202,7	402,6	289,9	319,0	102,3	2,9	2,046,4
1985	1,12	21,3	24,4	24,4	25,5	25,5	24,6	23,8	24,2	24,0	23,6	23,3	21,4	23,8	0,0	1,2	26,1	226,4	95,2	157,0	355,6	254,2	296,3	163,2	101,4	2,5	1,679,1
1986	0,80	20,0	22,2	24,2	26,4	25,7	25,1	24,3	23,7	24,0	23,8	21,8	21,1	23,5	0,0	10,1	15,3	31,5	229,9	267,6	297,7	428,3	187,2	160,9	64,9	89,5	1,782,9
1987	0,67	20,7	21,9	25,2	26,7	26,4	25,1	23,9	24,7	24,1	24,7	23,5	20,4	23,9	0,3	6,1	74,9	13,0	254,1	254,4	374,7	231,1	296,4	91,4	149,6	0,7	1,746,7
1988	0,78	22,0	23,2	25,3	26,4	25,7	24,9	24,7	24,3	24,2	23,0	21,6	19,9	23,8	3,2	10,3	0,0	256,4	295,9	305,7	159,5	278,6	263,7	437,0	80,2	6,2	2,096,7
1989	0,91	21,8	21,3	23,1	26,0	25,2	24,9	24,3	23,7	23,9	23,4	22,6	20,9	23,4	0,4	0,7	47,8	82,8	362,2	220,7	312,7	326,8	277,4	152,3	30,6	0,0	1,814,4
1990	0,65	21,9	23,7	25,0	26,6	25,8	24,0	24,3	23,7	24,0	23,5	22,3	21,2	23,8	0,0	0,0	28,0	100,0	229,0	597,9	296,6	304,5	364,6	157,4	186,0	4,3	2,268,3
1991	0,95	21,9	22,7	24,9	25,9	26,1	25,2	24,5	24,1	23,9	23,3	21,6	21,7	23,8	0,0	0,0	28,4	22,5	210,5	238,9	169,7	303,2	259,1	163,0	17,4	0,8	1,413,5
1992	0,83	20,3	23,5	25,6	26,3	25,8	24,5	24,1	23,8	23,9	22,9	21,5	21,8	23,7	70,2	1,4	2,3	147,7	382,9	428,6	214,7	520,6	205,6	415,3	9,6	1,3	2,400,2
1993	0,78	20,8	21,9	24,2	26,3	25,9	25,4	24,6	23,7	23,9	23,1	22,8	20,6	23,6	0,0	0,0	26,4	83,3	165,9	164,6	165,8	270,0	195,7	442,9	97,7	95,3	1,707,6
1994	0,75	21,0	23,9	24,4	26,0	25,8	24,2	24,1	24,4	23,9	22,9	22,6	22,2	23,8	0,0	0,0	12,6	136,7	246,1	359,5	212,7	277,3	278,0	81,6	2,9	53,1	1,660,5
1995	0,99	21,4	22,5	25,1	27,2	26,5	25,5	24,5	24,6	23,9	23,7	22,1	20,3	23,9	0,1	0,0	0,5	5,4	107,8	182,2	205,7	173,8	292,0	353,7	57,2	10,3	1,388,7
1996	0,93	20,6	22,1	24,9	25,6	24,9	24,9	24,1	24,3	24,0	23,7	22,9	20,8	23,6	0,1	4,7	9,8	79,5	423,8	207,4	391,2	303,7	324,5	294,4	134,9	8,7	2,182,7
1997	1,31	20,5	22,7	24,1	25,3	25,2	25,2	24,3	24,1	24,1	24,4	23,5	22,6	23,8	0,0	55,0	31,2	133,5	198,3	102,1	264,4	308,9	359,0	16,3	36,5	0,0	1,505,2
1998	0,58	23,5	24,5	26,3	27,2	26,9	26,1	25,2	24,6	24,3	23,8	22,8	21,5	24,7	0,0	21,1	0,0	27,5	223,4	161,7	240,0	360,7	339,0	267,3	426,8	112,3	2,179,8
1999	1,11	21,5	21,9	25,1	25,1	24,8	24,4	24,5	24,3	24,1	23,6	22,8	20,2	23,5	22,4	0,0	34,7	128,9	481,9	204,2	124,2	215,6	299,2	297,5	150,3	51,6	2,010,5
2000	1,07	22,0	22,1	23,7	25,3	25,0	24,3	23,8	24,1	23,8	23,6	22,5	21,8	23,5	0,0	24,2	43,5	219,9	277,3	291,6	320,5	256,1	368,1	445,2	153,5	75,9	2,475,8
2001	1,32	22,1	22,3	24,4	26,6	25,5	24,6	24,8	23,9	24,5	24,0	21,7	21,4	23,8	6,2	0,1	126,4	26,1	235,0	208,3	170,8	786,1	156,9	188,2	79,0	10,3	1,993,4
2002	1,07	21,3	22,2	24,5	26,4	26,3	25,0	25,4	23,8	23,8	24,1	23,0	23,1	24,1	0,0	0,0	50,6	48,7	161,8	262,8	88,1	526,5	287,1	80,1	90,7	5,0	1,601,4
2003	0,99	20,9	22,9	24,9	27,0	25,3	25,0	24,4	24,4	23,8	23,5	22,8	20,4	23,8	0,0	0,0	0,0	32,4	235,6	189,3	315,4	279,0	473,8	78,6	206,0	4,2	1,814,3
2004	0,92	21,4	22,1	24,6	26,1	26,0	24,6	24,2	23,9	24,0	23,0	22,9	21,0	23,7	0,0	0,0	57,6	59,2	154,7	134,4	358,5	257,2	302,4	11,4	10,8	0,9	1,347,1
2005	0,71	21,0	24,1	24,2	26,5	23,9	25,5	24,3	24,3	23,8	23,8	23,1	20,8	23,8	0,0	0,3	0,0	24,6	292,7	129,6	324,8	290,3	605,1	124,6	58,3	57,9	1,908,2
2006	1,04	21,6	22,8	24,6	25,7	25,5	25,3	24,4	23,9	24,4	23,7	23,8	21,9	24,0	0,4	0,0	4,2	233,1	262,4	486,1	216,6	407,0	365,2	157,0	4,6	13,3	2,149,9
2007	1,13	21,2	23,2	24,9	26,0	25,6	25,4	24,4	24,0	24,3	23,5	21,5	21,8	23,8	1,7	0,0	61,7	61,6	155,6	170,6	194,9	625,2	541,9	128,0	141,5	0,0	2,082,7

Nam	Zt	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	Ttb	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	Ptb
2008	1,39	21,4	20,8	23,6	26,1	24,6	25,1	24,6	24,1	23,8	24,3	22,6	21,2	23,5	12,1	4,2	112,9	10,4	397,0	163,0	87,3	273,7	353,7	227,2	148,8	25,2	1,815,5
2009	1,44	20,1	23,4	25,4	25,5	24,7	25,0	24,4	25,1	23,7	23,8	22,8	22,1	23,8	0,9	0,4	22,7	139,8	233,4	139,2	389,7	241,7	560,9	215,6	89,4	0,0	2,033,7
2010	1,44	22,3	24,5	25,4	27,3	27,5	25,9	24,7	24,5	24,4	23,7	22,2	21,3	24,5	24,5	1,1	0,8	24,6	119,2	219,1	371,9	177,7	294,3	253,9	258,4	18,6	1,764,1
2011	1,42	20,4	22,2	22,5	24,9	25,9	24,8	24,5	24,7	23,9	23,8	23,2	20,8	23,5	0,0	0,0	3,6	76,9	258,3	260,3	340,9	218,3	361,2	394,2	106,4	8,7	2,028,8

Phụ lục 4. Chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa (Zt) theo năm và chỉ tiêu khí hậu nhiệt độ (T1-T12) và lượng mưa (P1-P12) từ năm 1980 – 2011
ở khu vực Kon Ka Kinh

Nam	Zt	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	Ttb	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	Ptb
1980	0,87	19,10	21,00	23,80	25,20	24,00	22,90	22,80	22,60	22,20	22,10	20,50	18,80	22,08	18,10	0,00	6,20	4,40	463,00	390,30	363,80	342,20	527,00	211,80	78,70	0,10	2405,60
1981	0,97	17,60	20,60	23,20	24,30	23,90	22,20	22,40	21,90	22,70	21,80	20,90	18,00	21,63	0,00	0,00	0,00	80,60	230,90	708,10	241,40	520,50	305,40	352,20	127,00	0,30	2566,40
1982	0,80	17,10	20,60	22,70	23,00	24,10	22,50	21,90	21,10	21,90	21,70	21,50	18,40	21,38	0,00	27,50	6,70	128,60	205,20	828,70	465,60	380,00	337,40	64,00	30,10	0,00	2473,80
1983	0,54	19,20	21,50	23,80	25,60	24,60	23,20	23,00	22,30	22,60	21,60	19,50	18,40	22,11	0,00	0,00	0,00	17,50	92,80	373,40	178,50	370,90	309,60	584,40	12,70	0,00	1939,80
1984	0,58	18,60	20,70	22,80	23,80	23,30	22,10	22,80	21,10	22,00	22,00	20,30	19,30	21,57	0,00	0,00	69,30	336,10	125,70	480,20	296,00	1221,90	296,40	188,40	160,20	0,40	3174,60
1985	1,00	19,00	22,30	22,50	23,50	23,80	22,10	22,20	21,70	22,20	21,80	21,50	19,30	21,83	0,00	0,00	32,30	148,70	72,10	664,60	304,30	521,70	278,00	83,10	67,10	1,20	2173,10
1986	0,96	17,60	19,90	22,50	24,10	22,80	23,10	22,20	22,00	22,00	21,90	20,00	18,80	21,41	0,00	7,50	43,50	80,80	572,80	157,10	285,10	570,30	493,80	159,90	42,20	128,90	2541,90
1987	0,98	18,20	19,60	23,40	24,60	24,60	23,40	22,10	22,80	22,60	22,60	21,90	18,50	22,03	0,00	26,50	42,10	3,70	122,60	249,00	357,40	474,50	227,50	76,00	150,50	0,00	1729,80
1988	0,91	19,70	21,10	23,30	24,40	24,20	22,90	23,10	22,80	22,70	21,40	19,90	17,90	21,95	0,00	3,80	0,90	53,30	203,20	373,40	189,20	238,00	198,10	518,70	18,00	1,50	1798,10
1989	0,96	19,90	19,30	21,30	24,00	23,50	23,20	22,30	22,20	22,20	21,70	20,30	18,60	21,54	0,00	0,00	52,30	122,30	364,20	245,90	596,80	371,30	328,10	163,80	9,30	0,00	2254,00
1990	1,00	19,50	21,10	22,50	24,50	23,60	22,40	22,50	22,20	22,20	21,80	20,40	19,10	21,82	0,00	19,60	58,70	30,10	370,00	600,10	263,40	441,20	386,20	416,30	159,20	0,00	2744,80
1991	0,85	19,40	20,60	22,90	24,10	24,60	22,70	22,30	21,90	22,10	21,50	19,90	19,40	21,78	0,00	1,40	48,40	61,70	114,40	467,80	451,50	606,90	495,30	307,00	37,20	6,80	2598,40
1992	0,84	18,20	21,40	23,50	24,80	24,10	22,90	22,60	22,30	22,50	21,30	19,80	20,10	21,96	0,80	4,40	19,70	63,80	195,90	288,10	293,20	533,90	361,90	217,70	0,40	0,40	1980,20
1993	0,69	18,90	20,10	22,50	24,50	24,20	23,90	22,90	21,70	22,20	21,50	20,90	19,50	21,90	0,10	0,20	33,90	20,50	154,40	137,50	271,10	519,20	342,30	304,90	109,00	2,00	1895,10
1994	0,77	18,90	22,10	22,50	24,20	24,30	22,50	21,60	22,40	22,00	21,50	20,50	19,90	21,87	0,00	10,80	6,30	105,60	172,90	264,30	899,70	220,60	550,80	113,10	0,60	42,50	2387,20
1995	0,57	18,70	19,70	22,60	24,50	24,10	23,50	22,40	22,80	22,20	21,90	20,40	18,90	21,81	34,70	0,00	1,90	32,90	109,00	154,10	303,70	359,90	375,60	179,80	54,50	0,40	1606,50
1996	0,93	18,50	19,60	22,50	23,20	23,20	23,30	22,20	22,60	22,00	22,20	21,10	18,90	21,61	0,00	0,10	53,10	131,40	333,60	245,00	638,10	431,80	772,80	114,10	186,70	35,20	2941,90
1997	1,03	17,70	20,60	21,90	22,60	23,40	23,20	22,30	21,90	22,50	22,30	21,30	20,00	21,64	0,00	31,80	0,70	127,00	237,70	136,60	397,30	594,00	348,90	182,60	34,90	10,50	2102,00
1998	0,82	20,80	22,80	24,10	25,30	24,90	24,40	24,20	23,20	22,80	22,20	21,30	20,10	23,01	0,10	0,00	0,00	19,50	120,90	66,70	61,10	298,00	356,60	223,50	269,40	35,50	1451,30
1999	1,67	19,50	19,90	23,10	23,20	23,00	22,40	22,30	22,20	22,20	21,80	21,20	18,70	21,63	0,40	1,50	104,10	157,80	248,10	172,10	331,60	388,60	322,50	215,30	68,10	14,40	2024,50
2000	1,42	20,00	20,30	22,30	23,80	23,30	22,70	21,80	22,40	21,90	22,10	20,60	20,40	21,80	19,20	0,70	8,80	125,50	310,80	422,30	570,20	414,90	286,10	270,70	40,70	0,50	2470,40
2001	0,68	20,20	20,40	22,60	24,30	23,40	22,50	22,50	22,20	22,70	22,20	19,80	19,40	21,85	0,00	1,70	128,60	129,70	282,60	352,40	297,20	604,30	204,40	122,90	34,10	7,60	2165,50
2002	0,85	18,70	19,70	22,60	24,50	24,40	23,30	22,50	22,30	22,20	22,40	21,50	21,20	22,11	0,00	0,00	0,80	19,10	270,00	442,50	515,00	367,60	445,40	84,10	13,10	1,00	2158,60
2003	0,93	18,50	20,90	22,80	24,70	23,60	23,40	22,90	22,50	22,30	21,60	20,80	18,60	21,88	0,00	37,60	4,20	91,90	316,90	203,80	317,20	535,00	453,80	177,90	61,80	0,00	2200,10
2004	1,21	19,10	19,90	22,90	24,50	24,30	22,50	22,80	22,30	22,20	21,30	21,30	18,90	21,83	0,00	0,00	39,70	52,20	247,90	693,50	289,90	349,00	207,50	5,80	8,00	1,70	1895,20
2005	0,82	18,90	22,10	22,30	24,30	22,30	23,80	22,50	22,20	22,80	22,40	21,70	20,20	22,13	0,00	0,40	42,30	138,80	46,10	182,40	479,20	610,30	313,60	186,60	45,10	3,80	2048,60
2006	1,07	20,10	21,20	22,90	24,20	24,10	24,10	22,10	22,10	22,70	21,50	21,90	20,10	22,25	0,10	0,00	46,30	64,60	151,60	202,20	651,20	525,90	337,50	201,90	2,00	3,90	2187,20
2007	0,86	19,50	21,10	23,30	24,20	23,80	24,00	22,60	22,20	22,90	21,70	21,40	19,80	22,21	0,00	0,00	31,30	48,50	305,70	209,10	443,70	522,20	258,10	327,20	164,00	0,40	2310,20

Nam	Zi	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	Ttb	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	Ptb
2008	1,01	19,80	19,20	21,70	24,20	23,00	23,40	22,80	22,40	22,40	22,40	21,10	19,10	21,79	2,60	0,60	2,50	119,20	332,90	68,90	187,10	413,90	288,90	140,10	83,40	4,30	1644,40
2009	0,75	17,80	21,40	23,30	23,80	23,30	23,30	22,40	22,90	22,30	22,10	21,40	19,90	21,99	0,30	5,00	9,60	144,40	266,00	128,50	652,40	566,50	645,30	217,90	89,30	0,20	2725,40
2010	0,77	20,40	22,50	23,50	25,20	25,30	24,50	23,20	22,50	23,00	22,00	20,90	19,40	22,70	4,10	0,00	52,80	55,40	122,40	113,00	256,80	383,40	93,30	293,20	96,60	0,10	1471,10
2011	0,98	18,50	20,10	21,20	23,20	23,80	22,50	22,30	22,50	21,90	21,90	21,50	19,70	21,59	0,00	6,60	17,60	33,60	412,80	433,70	372,90	381,30	434,00	427,20	47,50	0,00	2567,20

Phụ lục 5. Cơ sở dữ liệu mật độ Thông 5 lá và các nhân tố sinh thái ở 173 ô 1000m² nghiên cứu

Stt	Vung phan bo	Ma diem	Ma o	X	Y	Nha	Trang thai 34	Do tan che	So tang cay go	Do doc	Vi tri	Do cao	Do day dat	Luong mua	Nhiet do	Do am
1	BDNB	1	1.1	248676	1347191	30	Ngheo	0.6	3	5	D	1505	>50	1797.5	18	85.4
2	BDNB	1	1.2	248469	1347193	20	Ngheo	0.7	3	20	S	1490	>50	1797.5	18	85.4
3	BDNB	1	1.3	248220	1347795	0	Giau	0.7	3	0	TL	1488	>50	1797.5	18	85.4
4	BDNB	1	1.4	248010	1347191	0	Trung binh	0.8	2	12	B	1504	>50	1797.5	18	85.4
5	BDNB	1	1.5	247800	1347192	0	Giau	0.7	2	25	C	1527	>50	1797.5	18	85.4
6	BDNB	1	1.6	247800	1346690	0	Trung binh	0.8	3	25	C	1554	>30-50	1797.5	18	85.4
7	BDNB	1	1.7	248050	1346695	0	Trung binh	0.7	3	28	C	1585	>50	1797.5	18	85.4
8	BDNB	1	1.8	248305	1346691	0	Trung binh	0.7	3	5	D	1586	>50	1797.5	18	85.4
9	BDNB	1	1.9	248510	1346690	0	Trung binh	0.7	3	25	S	1546	>50	1797.5	18	85.4
10	BDNB	1	1.1	248701	1346695	0	Non	0.8	3	30	S	1518	>30-50	1797.5	18	85.4
11	BDNB	2	2.1	248265	1348066	20	Non	0.4	3	20	S	1546	>30-50	1797.5	18	85.4
12	BDNB	2	2.2	248480	1348068	0	Ngheo	0.6	3	5	C	1540	>50	1797.5	18	85.4
13	BDNB	2	2.3	248650	1348059	10	Ngheo	0.7	3	25	C	1530	>50	1797.5	18	85.4
14	BDNB	2	2.4	248860	1348066	0	Ngheo	0.1	2	25	S	1473	>50	1797.5	18	85.4
15	BDNB	2	2.5	249055	1348072	0	DT	0.6	3	30	C	1476	>50	1797.5	18	85.4
16	BDNB	2	2.6	249038	1347749	10	Ngheo	0.7	3	20	S	1597	>50	1797.5	18	85.4
17	BDNB	2	2.7	248843	1348737	0	Ngheo	0.6	3	5	S	1498	>50	1797.5	18	85.4
18	BDNB	2	2.8	248656	1348774	10	Ngheo	0.7	3	20	S	1477	>50	1797.5	18	85.4
19	BDNB	2	2.9	248449	1348756	10	Trung binh	0.7	3	5	S	1518	>50	1797.5	18	85.4
20	BDNB	2	2.1	248247	1348751	0	Trung binh	0.6	3	20	S	1535	>50	1797.5	18	85.4
21	BDNB	3	3.1	247653	1347875	0	Ngheo	0.6	3	20	S	1508	>50	1797.5	18	85.4
22	BDNB	3	3.2	247445	1347871	0	Ngheo	0.6	3	35	S	1492	>50	1797.5	18	85.4
23	BDNB	3	3.3	247253	1347871	0	Ngheo	0.7	3	30	S	1455	>50	1797.5	18	85.4
24	BDNB	3	3.4	247055	1347855	0	Ngheo	0.4	1	25	S	1571	>50	1797.5	18	85.4
25	BDNB	3	3.5	248834	1348138	0	Ngheo	0.5	3	37	S	1564	>50	1797.5	18	85.4
26	BDNB	3	3.6	246842	1348402	0	Ngheo	0.7	3	30	S	1535	>50	1797.5	18	85.4
27	BDNB	3	3.7	247048	1348403	0	Ngheo	0.5	2	20	S	1499	>50	1797.5	18	85.4
28	BDNB	3	3.8	247246	1348389	0	Ngheo	0.5	3	10	S	1483	>50	1797.5	18	85.4
29	BDNB	3	3.9	247449	1348399	0	Ngheo	0.6	3	20	C	1470	>50	1797.5	18	85.4
30	BDNB	3	3.1	247659	1348401	0	Ngheo	0.7	3	10	D	1501	>50	1797.5	18	85.4

Stt	Vung phan bo	Ma diem	Ma o	X	Y	Nha	Trang thai 34	Do tan che	So tang cay go	Do doc	Vi tri	Do cao	Do day dat	Luong mua	Nhiet do	Do am
31	BDNB	4	4.1	247841	1348762	40	Trung binh	0.7	3	5	B	1451	>50	1797.5	18	85.4
32	BDNB	4	4.2	247648	1348765	20	Ngheo	0.7	3	30	S	1475	>50	1797.5	18	85.4
33	BDNB	4	4.3	247445	1348757	10	Trung binh	0.7	3	35	S	1489	>50	1797.5	18	85.4
34	BDNB	4	4.4	247250	1348763	0	Ngheo	0.7	3	30	S	1544	>50	1797.5	18	85.4
35	BDNB	4	4.5	247082	1348787	0	Ngheo	0.7	3	40	S	1525	>50	1797.5	18	85.4
36	BDNB	4	4.6	247039	1348264	0	Ngheo	0.6	3	30	C	1524	>50	1797.5	18	85.4
37	BDNB	4	4.7	247233	1348287	0	Ngheo	0.5	3	35	C	1496	>50	1797.5	18	85.4
38	BDNB	4	4.8	247423	1348265	0	Ngheo	0.7	3	35	S	1536	>50	1797.5	18	85.4
39	BDNB	4	4.9	247642	1348266	0	Ngheo	0.3	1	5	D	1595	>50	1797.5	18	85.4
40	BDNB	4	4.1	247845	1348263	0	Ngheo	0.7	3	3	S	1549	>50	1797.5	18	85.4
41	BDNB	5	5.1	214147	1338674	0	Ngheo	0.7	3	30	S	1697	>50	1797.5	18	85.4
42	BDNB	5	5.2	213397	1338674	10	Ngheo	0.7	2	25	S	1841	>50	1797.5	18	85.4
43	BDNB	5	5.3	213555	1338678	30	Trung binh	0.8	3	25	S	1647	>50	1797.5	18	85.4
44	BDNB	5	5.4	213832	1338674	0	Trung binh	0.7	3	38	S	1727	>50	1797.5	18	85.4
45	BDNB	5	5.5	214082	1338674	0	Trung binh	0.7	3	40	S	1727	>50	1797.5	18	85.4
46	BDNB	5	5.6	214055	1338376	0	Trung binh	0.7	3	30	S	1731	>50	1797.5	18	85.4
47	BDNB	5	5.7	213813	1338366	0	Trung binh	0.7	2	15	S	1840	>50	1797.5	18	85.4
48	BDNB	5	5.8	213582	1338374	40	Trung binh	0.7	3	20	S	1804	>50	1797.5	18	85.4
49	BDNB	5	5.9	213305	1338376	0	Trung binh	0.7	3	20	S	1754	>50	1797.5	18	85.4
50	BDNB	5	5.1	213055	1338376	0	Trung binh	0.7	3	26	S	1755	>50	1797.5	18	85.4
51	KKK	10	10.1	209098	1570596	0	Non	0.6	2	42	S	963	>50	2207.3	21.9	83
52	KKK	10	10.2	209265	1570594	0	Non	0.8	2	28	S	985	>50	2207.3	21.9	83
53	KKK	10	10.3	209427	1570597	40	Trung binh	0.7	3	16	S	976	>50	2207.3	21.9	83
54	KKK	10	10.4	209599	1570593	0	Trung binh	0.7	2	43	S	991	>50	2207.3	21.9	83
55	KKK	10	10.5	209766	1570592	150	Ngheo	0.4	3	25	S	1024	>50	2207.3	21.9	83
56	KKK	10	10.6	209765	1571085	0	Trung binh	0.8	3	32	C	929	>50	2207.3	21.9	83
57	KKK	10	10.7	209592	1571092	0	Ngheo	0.7	3	22	C	948	>50	2207.3	21.9	83
58	KKK	10	10.8	209346	1571094	0	Trung binh	0.8	3	32	S	912	>50	2207.3	21.9	83
59	KKK	10	10.9	209101	1571097	0	DT	0	0	5	B	912	<=30	2207.3	21.9	83
60	KKK	10	10.1	208859	1571094	0	DT	0	0	5	B	912	<=30	2207.3	21.9	83
61	KKK	1	1.1	482356	1583553	0	Trung binh	0.6	2	20	C	980	>50	2207.3	21.9	83
62	KKK	1	1.2	482567	1583555	20	Ngheo	0.5	2	15	C	1023	>50	2207.3	21.9	83

Stt	Vung phan bo	Ma diem	Ma o	X	Y	Nha	Trang thai 34	Do tan che	So tang cay go	Do doc	Vi tri	Do cao	Do day dat	Luong mua	Nhiet do	Do am
63	KKK	1	1.3	482759	1583560	0	Trung binh	0.6	2	25	C	1170	>50	2207.3	21.9	83
64	KKK	1	1.4	482986	1583565	0	Trung binh	0.7	1	25	C	1255	>50	2207.3	21.9	83
65	KKK	1	1.5	483205	1583576	0	Trung binh	0.7	1	10	S	1295	>50	2207.3	21.9	83
66	KKK	1	1.6	482316	1583861	10	Trung binh	0.7	2	15	B	967	>50	2207.3	21.9	83
67	KKK	1	1.7	482545	1583864	0	Trung binh	0.7	2	35	C	1005	>50	2207.3	21.9	83
68	KKK	1	1.8	482748	1583870	20	Trung binh	0.7	2	25	C	1150	>50	2207.3	21.9	83
69	KKK	1	1.9	482968	1583866	0	Trung binh	0.7	2	20	S	1201	>50	2207.3	21.9	83
70	KKK	1	1.1	483179	1583566	0	Trung binh	0.7	2	15	C	1159	>50	2207.3	21.9	83
71	KKK	2	2.1	484146	1581766	0	Giau	0.8	2	25	B	1257	>50	2207.3	21.9	83
72	KKK	2	2.2	484346	1581766	0	Giau	0.8	2	25	C	1350	>50	2207.3	21.9	83
73	KKK	2	2.3	484546	1581766	150	Giau	0.8	3	20	C	1443	>30-50	2207.3	21.9	83
74	KKK	2	2.4	484746	1581767	0	Trung binh	0.6	1	20	S	1483	>30-50	2207.3	21.9	83
75	KKK	2	2.5	484946	1581767	30	Trung binh	0.6	3	25	C	1418	>30-50	2207.3	21.9	83
76	KKK	2	2.6	484146	1582101	0	Giau	0.7	3	35	B	1287	>50	2207.3	21.9	83
77	KKK	2	2.7	484346	1582101	0	Giau	0.8	3	30	C	1367	>50	2207.3	21.9	83
78	KKK	2	2.8	484546	1582099	110	Trung binh	0.6	2	25	C	1452	>30-50	2207.3	21.9	83
79	KKK	2	2.9	485746	1582098	10	Trung binh	0.6	2	20	S	1425	>30-50	2207.3	21.9	83
80	KKK	2	2.1	484946	1582100	0	Trung binh	0.6	3	25	C	1321	>50	2207.3	21.9	83
81	KKK	3	3.1	484753	1583486	0	Trung binh	0.6	3	25	C	1336	>50	2207.3	21.9	83
82	KKK	3	3.2	484953	1583492	0	Trung binh	0.6	3	20	C	1286	>50	2207.3	21.9	83
83	KKK	3	3.3	485153	1583493	50	Trung binh	0.6	2	20	S	1347	>50	2207.3	21.9	83
84	KKK	3	3.4	485353	1583492	10	Trung binh	0.6	3	30	C	1357	>50	2207.3	21.9	83
85	KKK	3	3.5	485555	1583493	20	Trung binh	0.6	3	35	C	1342	>50	2207.3	21.9	83
86	KKK	3	3.6	484753	1583814	0	Trung binh	0.6	3	35	C	1473	>50	2207.3	21.9	83
87	KKK	3	3.7	484953	1583814	0	Trung binh	0.6	2	25	C	1445	>50	2207.3	21.9	83
88	KKK	3	3.8	485153	1583814	40	Trung binh	0.6	3	27	C	1424	>50	2207.3	21.9	83
89	KKK	3	3.9	485353	1583814	0	Trung binh	0.6	3	25	C	1451	>50	2207.3	21.9	83
90	KKK	3	3.1	485753	1583814	0	Trung binh	0.6	3	25	C	1428	>50	2207.3	21.9	83
91	KKK	4	4.1	484560	1580193	30	Giau	0.8	3	25	C	1272	>50	2207.3	21.9	83
92	KKK	4	4.2	484760	1580193	0	Giau	0.8	3	25	C	1338	>50	2207.3	21.9	83
93	KKK	4	4.3	484950	1580193	20	Giau	0.8	3	30	C	1325	>50	2207.3	21.9	83
94	KKK	4	4.4	485150	1580190	0	Giau	0.8	3	25	C	1493	>50	2207.3	21.9	83

Stt	Vung phan bo	Ma diem	Ma o	X	Y	Nha	Trang thai 34	Do tan che	So tang cay go	Do doc	Vi tri	Do cao	Do day dat	Luong mua	Nhiet do	Do am
95	KKK	4	4.5	485350	1580190	10	Trung binh	0.6	2	30	C	1543	>30-50	2207.3	21.9	83
96	KKK	4	4.6	484550	1580533	0	Trung binh	0.6	3	30	C	1301	>50	2207.3	21.9	83
97	KKK	4	4.7	484750	1580533	0	Trung binh	0.6	3	20	C	1348	>50	2207.3	21.9	83
98	KKK	4	4.8	484950	1580533	10	Giau	0.8	3	22	C	1407	>50	2207.3	21.9	83
99	KKK	4	4.9	485150	1580533	0	Trung binh	0.6	3	20	S	1449	<=30	2207.3	21.9	83
100	KKK	4	4.1	485350	15830534	20	Giau	0.8	3	35	S	1497	>30-50	2207.3	21.9	83
101	KKK	5	5.1	479800	1583480	0	Trung binh	0.6	2	25	C	1323	>50	2207.3	21.9	83
102	KKK	5	5.2	480010	1583474	0	Trung binh	0.6	3	30	C	1225	>50	2207.3	21.9	83
103	KKK	5	5.3	480221	1583479	10	Trung binh	0.6	3	35	C	1141	>50	2207.3	21.9	83
104	KKK	5	5.4	480425	1583487	0	Trung binh	0.6	3	35	C	1050	>50	2207.3	21.9	83
105	KKK	5	5.5	480625	1583486	0	Trung binh	0.6	3	15	C	974	>50	2207.3	21.9	83
106	KKK	5	5.6	479810	1583772	0	Trung binh	0.6	3	15	C	1239	>50	2207.3	21.9	83
107	KKK	5	5.7	480010	1583772	0	Trung binh	0.6	3	25	C	1167	>50	2207.3	21.9	83
108	KKK	5	5.8	480210	1583772	30	Trung binh	0.6	3	35	C	1087	>50	2207.3	21.9	83
109	KKK	5	5.9	480410	1583773	0	Trung binh	0.6	3	35	C	1002	>50	2207.3	21.9	83
110	KKK	5	5.1	480610	1583773	0	Trung binh	0.6	3	20	C	931	>50	2207.3	21.9	83
111	KKK	6	6.1	480618	1573799	0	Giau	0.8	3	25	C	1499	<=30	2207.3	21.9	83
112	KKK	6	6.2	480818	1573799	20	Giau	0.8	2	32	C	1422	>50	2207.3	21.9	83
113	KKK	6	6.3	481018	1573799	0	Giau	0.8	2	35	C	1509	>50	2207.3	21.9	83
114	KKK	6	6.4	481218	1573797	0	Giau	0.8	3	25	C	1539	>50	2207.3	21.9	83
115	KKK	6	6.5	481418	1573799	0	Giau	0.8	3	20	S	1494	>50	2207.3	21.9	83
116	KKK	6	6.6	480620	1474092	10	Giau	0.8	3	15	C	1501	>50	2207.3	21.9	83
117	KKK	6	6.7	480820	1574092	0	Giau	0.8	3	20	C	1500	>50	2207.3	21.9	83
118	KKK	6	6.8	480018	1574092	30	Giau	0.8	2	20	S	1511	>50	2207.3	21.9	83
119	KKK	6	6.9	481218	1574092	0	Giau	0.8	3	25	S	1486	>50	2207.3	21.9	83
120	KKK	6	6.1	481418	1574092	0	Giau	0.8	3	25	S	1453	>50	2207.3	21.9	83
121	KKK	7	7.1	480833	1571965	0	Giau	0.8	3	30	C	1073	>50	2207.3	21.9	83
122	KKK	7	7.2	481033	1571965	0	Giau	0.8	3	35	C	1135	>50	2207.3	21.9	83
123	KKK	7	7.3	481233	1571965	30	Giau	0.8	3	33	C	1205	>50	2207.3	21.9	83
124	KKK	7	7.4	481430	1571964	0	Giau	0.8	3	35	C	1310	>50	2207.3	21.9	83
125	KKK	7	7.5	481630	1571964	0	Giau	0.8	2	25	S	1413	>50	2207.3	21.9	83
126	KKK	7	7.6	480833	1572265	0	Giau	0.8	3	35	C	1198	>50	2207.3	21.9	83

Stt	Vung phan bo	Ma diem	Ma o	X	Y	Nha	Trang thai 34	Do tan che	So tang cay go	Do doc	Vi tri	Do cao	Do day dat	Luong mua	Nhiet do	Do am
127	KKK	7	7.7	481033	1572265	0	Giau	0.8	3	37	C	1250	>50	2207.3	21.9	83
128	KKK	7	7.8	481233	1572265	0	Giau	0.8	3	31	C	1302	>50	2207.3	21.9	83
129	KKK	7	7.9	481433	1572263	0	Giau	0.8	3	33	C	1315	>50	2207.3	21.9	83
130	KKK	7	7.1	481633	1572263	20	Giau	0.8	2	20	S	1400	>50	2207.3	21.9	83
131	KKK	8	8.1	483938	1570779	0	Giau	0.8	3	35	C	1227	>50	2207.3	21.9	83
132	KKK	8	8.2	484138	1570780	0	Giau	0.8	3	15	S	1336	>50	2207.3	21.9	83
133	KKK	8	8.3	484385	1570779	70	Giau	0.8	3	30	C	1287	>50	2207.3	21.9	83
134	KKK	8	8.4	484583	1570786	0	Giau	0.8	3	35	C	1271	>50	2207.3	21.9	83
135	KKK	8	8.5	484790	1570780	0	Giau	0.8	3	35	C	1222	>50	2207.3	21.9	83
136	KKK	8	8.6	483983	1571072	0	Giau	0.8	3	27	C	1231	>50	2207.3	21.9	83
137	KKK	8	8.7	484183	1571075	0	Giau	0.8	3	29	C	1242	>50	2207.3	21.9	83
138	KKK	8	8.8	484386	1571069	30	Giau	0.8	3	30	C	1358	>50	2207.3	21.9	83
139	KKK	8	8.9	484584	1571075	0	Giau	0.8	3	35	C	1353	>50	2207.3	21.9	83
140	KKK	8	8.1	484784	1571075	0	Giau	0.8	2	25	C	1318	>50	2207.3	21.9	83
141	KKK	9	9.1	485651	1569855	0	Giau	0.8	2	15	S	1356	>50	2207.3	21.9	83
142	KKK	9	9.2	485852	1569857	0	Giau	0.8	3	25	C	1259	>50	2207.3	21.9	83
143	KKK	9	9.3	486056	1569855	0	Trung binh	0.6	3	25	C	1177	>50	2207.3	21.9	83
144	KKK	9	9.4	486254	1569853	0	Giau	0.8	3	15	C	1106	>50	2207.3	21.9	83
145	KKK	9	9.5	486455	1569855	0	Giau	0.8	3	33	C	1042	>50	2207.3	21.9	83
146	KKK	9	9.6	485652	1570164	0	Giau	0.8	3	35	C	1241	>50	2207.3	21.9	83
147	KKK	9	9.7	485856	1570166	0	Giau	0.8	3	25	C	1216	>50	2207.3	21.9	83
148	KKK	9	9.8	480052	1570164	0	Giau	0.8	3	30	C	1071	>50	2207.3	21.9	83
149	KKK	9	9.9	486252	1570169	0	Giau	0.8	3	35	C	1036	>50	2207.3	21.9	83
150	KKK	9	9.1	486451	1570169	0	Giau	0.8	3	25	C	996	>50	2207.3	21.9	83
151	CYS	1	1.1	483922	1368911	0	Trung binh	0.8	3	34	S	1676	<=30	1893.1	23.8	81.5
152	CYS	1	1.2	483955	1368899	0	Trung binh	0.7	3	32	S	1673	<=30	1893.1	23.8	81.5
153	CYS	1	1.3	489281	1368996	0	Trung binh	0.8	2	0	D	1795	>50	1893.1	23.8	81.5
154	CYS	1	1.4	484521	1368982	0	Ngheo	0.4	1	0	D	1859	>50	1893.1	23.8	81.5
155	CYS	1	1.5	483765	1369040	20	Non	0.8	2	5	D	1668	>50	1893.1	23.8	81.5
156	CYS	1	1.6	484089	1369138	30	Giau	0.8	3	32	S	1659	>50	1893.1	23.8	81.5
157	CYS	2	2.1	487538	1372350	0	Giau	0.8	2	15	S	1489	>50	1893.1	23.8	81.5
158	CYS	2	2.2	487680	1372265	0	Giau	0.8	2	10	S	1517	>50	1893.1	23.8	81.5

Stt	Vung phan bo	Ma diem	Ma o	X	Y	Nha	Trang thai 34	Do tan che	So tang cay go	Do doc	Vi tri	Do cao	Do day dat	Luong mua	Nhiet do	Do am
159	CYS	2	2.3	487722	1372341	30	Giau	0.8	3	5	S	1534	>50	1893.1	23.8	81.5
160	CYS	2	2.4	487765	1372467	0	Giau	0.9	3	40	S	1590	>50	1893.1	23.8	81.5
161	CYS	2	2.5	487904	1372509	20	Giau	0.9	3	28	S	1590	>50	1893.1	23.8	81.5
162	CYS	2	2.6	487692	1372203	0	Trung binh	0.8	3	33	S	1557	>50	1893.1	23.8	81.5
163	CYS	2	2.7	487745	1372064	40	Trung binh	0.7	3	11	S	1558	>50	1893.1	23.8	81.5
164	CYS	2	2.8	487900	1372080	0	Trung binh	0.8	3	31	S	1600	>50	1893.1	23.8	81.5
165	CYS	2	2.9	488137	1372082	10	Trung binh	0.8	3	23	S	1602	>50	1893.1	23.8	81.5
166	CYS	2	2.1	488266	1372113	10	Trung binh	0.6	3	12	S	1618	>50	1893.1	23.8	81.5
167	CYS	3	3.1	484617	1374284	0	Trung binh	0.7	3	0	C	910	>50	1893.1	23.8	81.5
168	CYS	3	3.2	484875	1374232	0	Trung binh	0.7	3	25	S	931	>30-50	1893.1	23.8	81.5
169	CYS	3	3.3	485341	1374245	0	Trung binh	0.5	3	16	S	985	>30-50	1893.1	23.8	81.5
170	CYS	3	3.4	486068	1374262	0	Giau	0.8	3	35	S	1078	>30-50	1893.1	23.8	81.5
171	CYS	3	3.5	486110	1373704	0	Giau	0.9	3	0	S	1205	>50	1893.1	23.8	81.5
172	CYS	4	4.1	490622	1373729	20	Giau	0.7	3	0	D	1483	>30-50	1893.1	23.8	81.5
173	CYS	4	4.2	490395	1373611	70	Giau	0.7	3	0	D	1596	>50	1893.1	23.8	81.5