

NGHIÊN CỨU PHÂN NHÓM LOÀI THEO MỘT SỐ ĐẶC TRƯNG SINH TRƯỞNG PHỤC VỤ XÂY DỰNG MÔ HÌNH TĂNG TRƯỞNG ĐƯỜNG KÍNH THEO NHÓM LOÀI CHO 4 KHU RỪNG ĐẶC DỤNG THUỘC MIỀN BẮC VIỆT NAM

Nguyễn Thị Thu Hiền^{1*}, Trần Văn Con², Trần Thị Thu Hà¹

¹ Viện Nghiên cứu và Phát triển Lâm nghiệp - Trường Đại học Nông lâm Thái Nguyên

² Viện Nghiên cứu Lâm sinh - Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam

TÓM TẮT

Từ khóa: Khu rừng đặc dụng, miền Bắc Việt Nam, phân nhóm loài, Ba Bể, Hang Kia - Pà Cò, Vũ Quang, Xuân Sơn.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng cơ sở dữ liệu bao gồm 6504 cây cá thể (với $D_{1,3} \geq 10\text{cm}$) thuộc 333 loài, được đo hai lần với khoảng cách 5 năm (từ năm 2007 - 2012). Dựa trên chỉ tiêu thống kê tăng trưởng đường kính bình quân năm (Z_D), đường kính tối đa mà loài đạt được (D_{\max}) và dạng sống của loài, bằng phân tích nhóm với chiến lược K-Means, đã phân thành 9 nhóm loài: (1) Nhóm gỗ nhỏ tăng trưởng chậm; (2) Nhóm gỗ nhỏ tăng trưởng trung bình; (3) Nhóm gỗ nhỏ tăng trưởng nhanh; (4) Nhóm gỗ nhỏ tăng trưởng chậm; (5) Nhóm gỗ nhỏ tăng trưởng trung bình; (6) Nhóm gỗ nhỏ tăng trưởng nhanh; (7) Nhóm gỗ lớn tăng trưởng chậm; (8) Nhóm gỗ lớn tăng trưởng trung bình; (9) Nhóm gỗ lớn tăng trưởng nhanh.

Studying grouping species according to some growth characteristics to construct diameter growth models for four special-use forest regions in Northern Vietnam

Keywords: Forest conservation, Northern Vietnam, species grouping, Ba Be, Hang Kia - Pa Co, Vu Quang, Xuan Son.

In this study, The data set comprise 6504 individuals of 333 species, which have at least two censuses has been used. Based on average diameter increment and maximal diameter observed for each tree species and life forms, tree species were classified into 9 functional groups by using cluster analysis with K-Means strategy: (1) Small sized slow growing species; (2) Small sized moderate growing species; (3) Small sized fast growing species; (4) Medium sized, slow growing species; (5) Medium sized, moderate growing species; (6) Medium sized, fast growing species; (7) large slow growing species; (8) Large moderate growing species; (9) Large fast growing species.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Rừng tự nhiên nhiệt đới được biết đến như là một hệ sinh thái có tính đa dạng loài cao nhất thế giới. Trong rừng đầu ở Đông Nam Á, mỗi ô tiêu chuẩn định vị 1ha có thể xác định được từ 80 - 100 loài cây khác nhau ($D_{1.3} \geq 10\text{cm}$) (Bertault và Kadir, 1998; Newman *et al.*, 1996).

Ở Việt Nam, rừng lá rộng thường xanh có số loài trong mỗi ô tiêu chuẩn 1ha từ 40 - 80 loài cây khác nhau ($D_{1.3} \geq 10\text{cm}$) (Trần Văn Con *et al.*, 2010). Điều này làm cho việc phân tích số liệu và mô hình hóa trở thành một nhiệm vụ rất khó khăn và buộc các nhà nghiên cứu phải lựa chọn một trong ba cách tiếp cận trong phân tích dữ liệu: (1) Phân tích riêng cho mỗi loài; (2) Gộp tất cả các loài lại để phân tích chung; (3) Phân nhóm loài theo một cách có ý nghĩa để phân tích. Cách tiếp cận thứ nhất tỏ ra không thực tế do có quá nhiều loài nên sẽ rất tốn công sức để phân tích chi tiết cho mỗi loài, hơn nữa rất khó để rút ra các kết luận có tính quy luật. Mặt khác, trong rất nhiều loài đo đếm được thì phần lớn dung lượng mẫu quan sát rất ít - các loài có tần suất xuất hiện hiếm, không đủ mẫu để phân tích thống kê (Phillips *et al.*, 2002). Cách tiếp cận thứ hai không có ý nghĩa vì nó quá tổng hợp và không phản ánh được các đặc tính sinh trưởng vốn rất khác nhau của các loài (Phillips *et al.*, 2002). Cách tiếp cận thứ ba hài hòa được các nhược điểm của hai cách tiếp cận trên và thường được các nhà nghiên cứu trên thế giới sử dụng.

Tuy nhiên, tùy vào mục đích nghiên cứu, người ta có thể phân nhóm loài theo các tiêu chí khác nhau. Chẳng hạn, để nghiên cứu tính đa dạng sinh học người ta có thể phân loại từ nhóm loài đến cấp loài; để phân tích kinh tế người ta cần biết đến loài đó có giá trị kinh tế hay không; để nghiên cứu kỹ thuật lâm sinh người ta chỉ cần phân thành các nhóm loài:

loài ưa sáng, loài chịu bóng và loài trung tính. Để mô tả trạng thái rừng hoặc mô hình hóa sinh trưởng và sản lượng rừng, việc phân nhóm loài cần chi tiết hơn để phản ánh được các đặc trưng phản ứng sinh trưởng của mỗi nhóm loài.

Để phục vụ xây dựng mô hình tăng trưởng đường kính theo nhóm loài sau này cho lâm phần khu vực nghiên cứu, chúng tôi tiến hành "*Nghiên cứu phân nhóm loài theo một số đặc trưng sinh trưởng phục vụ xây dựng mô hình tăng trưởng đường kính theo nhóm loài cho 4 khu rừng đặc dụng thuộc miền Bắc Việt Nam*".

II. ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU

Tầng cây cao thuộc rừng tự nhiên lá rộng thường xanh tại 4 khu rừng đặc dụng thuộc miền Bắc Việt Nam.

III. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. Phương pháp kế thừa tài liệu

Kế thừa 21 ô tiêu chuẩn định vị (OTCĐV) đã được thiết lập năm 2007 và số liệu đo đếm lần thứ nhất (năm 2007) của 21 OTCĐV trên địa bàn VQG Ba Bể, VQG Vũ Quang, VQG Xuân Sơn và KBT Hang Kia Pà - Cò thuộc đề tài *Nghiên cứu các đặc điểm cấu trúc và động thái của một số kiểu rừng chủ yếu ở Việt Nam* do PGS.TS Trần Văn Con, Viện Nghiên cứu lâm sinh chủ trì (Trần Văn Con, 2007).

3.2. Phương pháp thu thập số liệu

Số liệu được sử dụng trong nghiên cứu là số liệu điều tra của chu kỳ nghiên cứu 5 năm, từ năm 2007 - 2012 tại khu vực nghiên cứu: Số liệu điều tra lần 1 vào năm 2007 và số liệu điều tra lần 2 vào năm 2012.

OTCĐV được thiết kế là một hình vuông có diện tích là 1ha (100m × 100m). Để tránh nhầm lẫn và bỏ sót cây, ô tiêu chuẩn 1ha được

chia thành 25 ô vuông nhỏ có cạnh $20\text{m} \times 20\text{m}$. Ở mỗi góc của ô vuông này đánh dấu bằng một cọc gỗ tại các góc sao cho có thể nhận biết được ở lần đo sau.

Ở hai lần điều tra rừng năm 2007 và năm 2012, tiến hành đo đếm các chỉ tiêu sinh trưởng $D_{1,3}$ và H_{vn} của tất cả các cây có $D_{1,3} \geq 10\text{cm}$; đánh số cố định theo thứ tự các cây, mỗi cây chỉ mang một số hiệu riêng. Số hiệu của cây được ghi trực tiếp bằng sơn lên thân cây.

Số hiệu của các cây bị chết hoặc bị chặt (khai thác) không được dùng lại để tránh nhầm lẫn khi xử lý số liệu. Các cây tái sinh bổ sung vào cấp kính đầu tiên được đánh số hiệu với các số mới chưa sử dụng trong ô.

3.3. Phương pháp phân nhóm loài

Có rất nhiều loài trong tổ thành rừng tự nhiên, trong đó có nhiều loài số lượng quan sát không đủ lớn để có tính đại diện. Do đó, cần phải phân nhóm loài theo một chỉ tiêu thích hợp nào đó để xây dựng hàm tăng trưởng theo nhóm, vì nếu xây dựng cho từng loài riêng lẻ thì số mô hình sẽ quá lớn. Phân nhóm theo đặc tính sinh thái và giá trị kinh tế của loài là một cách có thể được mong đợi. Tuy nhiên qua kiểm tra dữ liệu cho thấy rằng nếu phân nhóm theo đặc tính sinh thái hay giá trị kinh tế của loài thì biến động về tốc độ tăng trưởng và kích thước lớn nhất mà loài có thể đạt là rất lớn và không thích hợp cho mô hình tăng trưởng. Vì vậy, trong nghiên cứu này sẽ phân nhóm loài dựa trên các chỉ tiêu: lượng tăng trưởng bình quân về đường kính (Z_D), đường kính tối đa quan sát được của loài (D_{max}), dạng sống của loài theo kiến thức chuyên gia và các nguồn tài liệu tin cậy Cây rừng Việt Nam (Bộ NN&PTNT, 2002); Tên cây rừng Việt Nam (Viện ĐTQHR, 2009). Phương pháp phân nhóm được sử dụng trong nghiên cứu gồm 3 bước:

Bước 1: Phương pháp phân tích nhóm (Cluster analysis) dựa trên chiến lược K-Means trong phần mềm SPSS 20.0: tiến hành đối với các loài có dung lượng mẫu ≥ 50 cây. Phương pháp này phân chia cơ sở dữ liệu thành một số nhóm theo chỉ tiêu D_{max} và Z_D sao cho phương sai (variance) trong nhóm là tối thiểu và giữa các nhóm là tối đa (Alder, 1995; Phillips *et al.*, 2002). Bước này sẽ tạo ra cấu trúc khung của bảng phân nhóm loài một cách khách quan.

Bước 2: Phân tích biệt thức (discriminant analysis): áp dụng đối với những loài có dung lượng mẫu < 50 nhưng lớn ≥ 30 cây. Phân tích biệt thức là việc xác định phạm vi của các biến sử dụng để phân nhóm (tức là D_{max} và Z_D) của các nhóm đã được xác định bằng phân tích nhóm, rồi sau đó gán một loài mới có phạm vi D_{max} và Z_D tương đương vào nhóm đã có.

Bước 3: Gán nhóm chủ quan: áp dụng với các loài có dung lượng mẫu < 30 . Sử dụng kiến thức kinh nghiệm (từ các chuyên gia và các công trình đã công bố) về các biến số D_{max} và Z_D để gán chủ quan vào các nhóm khung đã được xác định ở bước 1, 2. Các tài liệu chủ yếu đã dùng gồm: Cẩm nang ngành lâm nghiệp (Bộ NN&PTNT, 2006); Tên cây rừng Việt Nam (Bộ NN&PTNT, 2002); Cây rừng Việt Nam (Viện ĐTQHR, 2009); Thực vật rừng (Lê Mộng Chân, Lê Thị Huyền, 2000).

IV. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

4.1. Kết quả phân nhóm loài

Từ số liệu điều tra thu thập được của 21 OTCDV của 4 khu rừng đặc dụng ở khu vực nghiên cứu, chúng tôi sử dụng phân nhóm loài theo hai chỉ tiêu: đường kính lớn nhất của loài (D_{max}) và lượng tăng trưởng đường kính bình quân năm từng loài (Z_D), vì hai chỉ tiêu này cũng phần nào phản ánh được một số đặc trưng sinh trưởng của loài.

Dữ liệu sử dụng để phân nhóm loài trong nghiên cứu được thu thập từ hệ thống 21 ô tiêu chuẩn định vị (21ha) với hai lần đo: năm 2007 và 2012. Tổng số có 10.224 cây với $D_{1,3} \geq 10\text{cm}$ của 442 loài được ghi nhận, trong đó có 2382 cây thuộc 260 loài bị chết và 1147 cây thuộc 238 loài tái sinh bổ sung trong thời gian 5 năm; 6695 cây thuộc 373 loài được đo 2 lần và có thể tính được tăng trưởng đường kính,

trong đó chỉ có 50 loài có số lượng quan sát lớn hơn 30 cây và 323 loài có lượng quan sát nhỏ hơn 30 cây; trong số 323 loài này có 40 loài chưa xác định được tên (với 191 cây sp), những loài này sẽ không được sử dụng khi phân nhóm loài. Tổng số loài cây đủ số liệu 2 lần đo (năm 2007 và năm 2012) sử dụng phân nhóm loài được tổng hợp ở bảng 1.

Bảng 1. Bảng thống kê nguồn số liệu dùng để phân nhóm loài

TT	Nhóm	Tổng loài	Dung lượng mẫu (cây)	Tỉ lệ % loài	Tỉ lệ % cây	Ghi chú
1	Dung lượng ≥ 50	25	3.576	15,02	69,28	Dùng phân nhóm ở bước cluster analysis
2	$30 \leq$ Dung lượng < 50	25	930			Dùng phân nhóm ở bước discriminant analysis
3	Dung lượng < 30	283	1998	84,98	30,72	Dùng ở bước gán nhóm chủ quan
	Tổng số	333	6504			

Kết quả cho thấy, số loài có dung lượng mẫu quan sát ≥ 50 cây là 25 loài (3.576 cá thể), các loài này sẽ được dùng ở bước phân nhóm trên phần mềm spss để tạo ra cấu trúc khung bảng phân nhóm; 25 số loài có dung lượng quan sát < 50 nhưng ≥ 30 được dùng phân nhóm ở bước phân tích biệt thức dựa trên bảng cấu trúc khung của bước 1; số loài có dung lượng quan sát nhỏ ($n < 30$) gồm 283 loài sẽ được dùng ở bước gán nhóm chủ quan.

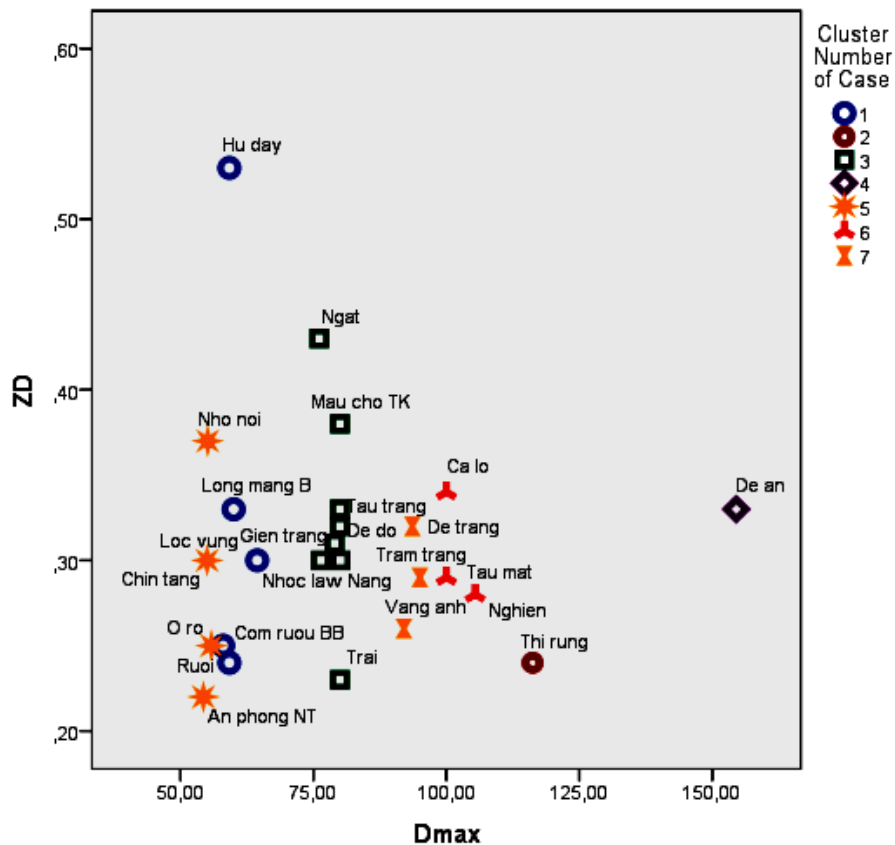
Trước khi gộp chung loài giữa 4 vùng nghiên cứu, Z_D loài giữa 4 vùng sinh thái đã được kiểm tra sự sai khác. Kết quả kiểm tra đều thấy Z_D loài cây giữa 4 vùng không có sự sai khác, do vậy có thể gộp chung các loài để phân nhóm loài. Việc kiểm tra sự sai khác Z_D loài được thực hiện như sau:

- Trường hợp loài cây được phân bố ở 3 hoặc 4 vùng sinh thái thì tiến hành phân tích phương sai một nhân tố theo đường lệnh: *Analyze/Compare Means/One - Way Anova/đưa biến Z_D loài vào Dependent List và biến mã hóa vùng vào Factor/vào Options chọn*

Descriptive và Homogeneity of variance test/Continue/Ok. Trường hợp bảng Anova cho kết quả Sig $> 0,05$ thì khi đó Z_D loài giữa 3 vùng hay 4 vùng không có sự sai khác, tức là có thể gộp Z_D loài đó ở các vùng sinh thái. Và ngược lại.

- Trường hợp loài cây phân bố ở 2 vùng sinh thái thì kiểm tra sự sai khác Z_D bằng T-test theo đường lệnh: *Analyze/Compare Means/Independent - Sameples T-Test/đưa Z_D loài vào Variable và biến mã hóa vùng vào Group Variabile/Define Groups/Continue/Ok.* Trường hợp giá trị tính toán T-Test ở bảng Independent Samples Test có Sig. (2 - teiled) $> 0,05$ thì Z_D loài giữa 2 vùng không có sự sai khác, khi đó có thể gộp Z_D loài đó ở các vùng sinh thái với nhau. Và ngược lại.

Kết quả phân nhóm loài của 25 loài có $n \geq 50$ cây theo bước Cluster analysis (bước 1) với 2 chỉ tiêu: Z_D và D_{max} bằng đường lệnh: *Analyze/Classify/K-Means Cluster/Ok,* đã phân ra được 7 nhóm loài và xác định được sơ đồ phân nhóm 1 và bảng 2.



Hình 1. Sơ đồ phân nhóm loài theo chiến lược K-Means với chỉ tiêu D_{max} và Z_D cho 25 loài có dung lượng quan sát ≥ 50

Kết quả phân nhóm loài theo chiến lược K-Means trên phần mềm SPSS của nghiên cứu cũng đã đảm bảo được rằng khoảng cách giữa các loài trong một nhóm là nhỏ nhất và giữa các nhóm là lớn nhất. Kết quả phân nhóm loài cụ thể ở bước này được tổng hợp tại bảng 2

Bảng 2. Kết quả phân nhóm loài theo chiến lược K-Means với chỉ tiêu D_{max} và Z_D cho 25 loài có dung lượng quan sát ≥ 50

Tên loài	Tên khoa học	Dung lượng mẫu (cây)	Z_D (cm/năm)	D_{max} (cm)	Ghi chú
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
NHÓM 1					
Lông mang bạc	<i>Pterospermum argenteum</i>	51	0,33	60	GOT
Nhọc Law	<i>Polyalthia lawii</i>	58	0,30	64,4	GOT
Hu đay	<i>Trema orientalis</i>	116	0,53	59,2	GON
Ruổi	<i>Streblus saper</i>	133	0,25	58,0	GON
Cơm rượu bắc bộ	<i>Glycosmis cymosa</i>	285	0,24	59,2	GON
NHÓM 2					
Thị rừng	<i>Diospyros sylvatica</i>	157	0,24	116,2	GOL
NHÓM 3					
Máu chó thấu kính	<i>Knema lenta</i>	52	0,38	80	GOL
Lộc vùng	<i>Barringtonia acutangula</i>	53	0,30	76,4	GOT

Tên loài	Tên khoa học	Dung lượng mẫu (cây)	Z _D (cm/năm)	D _{max} (cm)	Ghi chú
Nang	<i>Alangium ridleyi</i>	76	0,30	86,1	GOL
Dẻ đỏ	<i>Lithocarpus ducampii</i>	82	0,33	80	GOL
Táo trắng	<i>Vatica odorata</i>	94	0,32	80	GOL
Giền trắng	<i>Xylopia pierrei</i>	123	0,31	79	GOT
Trai	<i>Garcinia fagraeoides</i>	146	0,23	80	GOL
Ngát	<i>Gironniera subaequalis</i>	102	0,43	76,1	GOT
NHÓM 4					
Dẻ ấn	<i>Castanopsis indica</i>	351	0,24	116,2	GOL
NHÓM 5					
Chín tầng	<i>Diospyros pilosula</i>	61	0,30	55,0	GON
An phong nhiều trái	<i>Alphonsea philastreana</i>	299	0,22	54,3	GON
Ô rô	<i>Streblus ilicifolius</i>	548	0,25	55,8	GON
Nhọ nòi	<i>Diospyros apiculata</i>	74	0,37	55,1	GON
NHÓM 6					
Cà lồ	<i>Caryodaphnopsis tonkinensis</i>	70	0,34	100	GOL
Nghiến	<i>Excentrodendron tonkinense</i>	176	0,28	105,4	GOL
Táo mật	<i>Vatica odorata</i>	82	0,29	100	GOL
NHÓM 7					
Vàng anh lá nhỏ	<i>Saraca indica</i>	97	0,26	92	GOT
Dẻ trắng	<i>Lithocarpus dealbatus</i>	181	0,32	93,6	GOL
Trâm trắng	<i>Syzygium wightianum</i>	108	0,29	95	GOT

Ghi chú: Cột (3) là kết quả tổng số cá thể cây theo loài.

Cột (4) là giá trị lượng tăng trưởng bình quân chung về đường kính từng loài.

Cột (5) là đường kính lớn nhất của loài đạt được (D_{max}).

Cột (6) là ký hiệu dạng sống của loài: GOL, GOT, GON lần lượt là gỗ lớn, gỗ trung bình, gỗ nhỏ (Bộ NN&PTNT, 2002; Viện ĐTQHR, 2009). Cột này được bổ sung sau khi tổng hợp kết quả tính trên phần mềm SPSS.

Kết quả bảng phân nhóm 2 cho thấy:

- Đường kính quan sát lớn nhất (D_{max}) của các loài trong mỗi nhóm loài tương đối đồng đều nhau, cụ thể: giá trị D_{max} biến động của nhóm loài 1 từ 58 ÷ 60cm; ở nhóm loài 3 từ 76,4 ÷ 80cm; ở nhóm loài 5 từ 92 ÷ 93,5cm; ở nhóm loài 6 từ 95 ÷ 105,4cm; ở nhóm loài 7 từ 55,1 ÷ 7cm
- Lượng tăng trưởng đường kính bình quân năm (Z_D) giữa các loài trong nhóm 1 có sự tương đồng nhau. Ở ba nhóm loài 7, 3 và 6

có sự biến động về Z_D giữa các loài trong mỗi nhóm, cụ thể: giá trị Z_D biến động của nhóm loài 7 từ 0,24 ÷ 0,53 cm/năm; ở nhóm loài 3 từ 0,23 ÷ 0,38 cm/năm; nhóm loài 6 từ 0,28 ÷ 0,34 cm/năm. Kết quả này sẽ được sắp xếp lại để đạt được cả sự tương đồng về lượng tăng trưởng đường kính bình quân năm (Z_D) khi thực hiện bước thứ 2 (phân tích biệt thức: discriminant analysis) trong phân nhóm loài.

- Ở nhóm loài 2 và nhóm 4 chỉ có một loài mỗi nhóm đó là Dẻ ấn và Thị rừng với dung

lượng quan sát là 157 cây và 351 cây được quan sát.

Để kiểm tra thêm mức độ phù hợp của kết quả bảng 2, chúng tôi kiểm định lại dạng sống tất cả các loài ở các nhóm bằng kiến thức chuyên gia và các nguồn tài liệu tin cậy (như đã đề cập ở trên). Kết quả cho thấy, ngoài biến động nhỏ về lượng tăng trưởng đường kính bình quân hàng năm của loài ở một số nhóm thì còn tồn tại sự biến động nhỏ về dạng sống của số ít loài trong từng nhóm loài. Một số nguyên nhân tồn tại các biến động này là:

- Thứ nhất là do đặc điểm dung lượng mẫu quan sát của các loài mẫu lớn được phân tích ở bước phân tích nhóm (Cluster analysis) chưa hoàn toàn đủ lớn (25 loài có dung lượng quan sát $n \geq 50$, trong đó có 13 loài $n \geq 100$ cây) nên tổ hợp các cây trong một loài chưa đánh giá được tính đại diện toàn diện cho loài đó.
- Thứ hai là do quá trình hình thành, sinh trưởng, phát triển của các loài cây rừng là không cùng một mốc thời gian (điểm xuất phát) nên sẽ xảy ra hiện tượng loài cây gỗ lớn nào đó có giá trị D_{max} đạt được mốc thời gian nào đó chỉ đạt tương đương với D_{max} loài cây gỗ nhỏ hay gỗ nhỏ ở cùng thời điểm so sánh, thậm chí cũng có thể nhỏ hơn. Tuy nhiên, sau một khoảng thời gian nhất định, ở thời điểm thành thực về sinh trưởng (trạng thái cực đỉnh) thì D_{max} mà loài cây gỗ lớn đạt được chắc chắn sẽ lớn hơn hoàn toàn.

Để giải quyết vấn đề còn tồn tại biến động về Z_D và dạng sống ở các nhóm loài tại bảng 2 và để đơn giản hơn, chúng tôi tiến hành gộp các loài ở bảng 2 dựa trên khung các nhóm loài ban đầu theo biến số lượng tăng trưởng đường kính bình quân năm (tăng trưởng nhanh, trung bình, chậm) và dạng sống (gỗ lớn, gỗ trung bình, gỗ nhỏ). Từ đó xây dựng nhóm loài theo các nhóm gỗ lớn, trung bình, nhỏ. Và ở mỗi nhóm gỗ lớn, trung bình và gỗ nhỏ sẽ lại được phân chia ra các nhóm phụ là tăng trưởng nhanh, trung bình và tăng trưởng chậm.

Với kết quả tính lượng tăng trưởng đường kính bình quân năm (Z_D) các loài trong 21 OTCĐV cho thấy, hầu như các loài có Z_D ở mức trung bình và chậm; đặc biệt đối tượng nghiên cứu của công trình là các lâm phần rừng tự nhiên thuộc Vườn Quốc gia và Khu Bảo tồn không có tác động biện pháp kỹ thuật lâm sinh thông qua tác động tia thưa, điều chỉnh không gian dinh dưỡng. Điều này cũng đã được một số tác giả khẳng định khi nghiên cứu trên đối tượng rừng tự nhiên, như Trần Văn Con (2007), Đào Công Khanh (1996),... Từ kết quả này chúng tôi có thể tạm phân chia thành 3 cấp tăng trưởng sau:

- Tăng trưởng chậm: $Z_D \leq 0,3$ cm/năm.
- Tăng trưởng trung bình: $Z_D > 0,3 - 0,5$ cm/năm.
- Tăng trưởng nhanh: $Z_D > 0,5$ cm/năm.

Như vậy, từ cơ sở khung nhóm loài đã xây dựng được ở bước Cluster analysis (Bảng 2) và bước phân tích biệt thức (bước 2) ta xây dựng được bảng kết quả 3 dưới đây:

Bảng 3. Kết quả phân nhóm loài theo phân tích nhóm và phân tích biệt thức

Tên	Tên khoa học	Dung lượng mẫu (cây)	Z_D (cm/năm)	D_{max} (cm)	Dạng sống
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Nhóm gỗ lớn, tăng trưởng chậm					
Thị rừng	<i>Diospyros sylvatica</i>	157	0,24	116,2	GOL
Nang	<i>Alangium ridleyi</i>	76	0,3	86,1	GOL
Trai	<i>Garcinia fagraeoides</i>	146	0,23	80	GOL
Táu mật	<i>Vatica odorata</i>	82	0,29	100	GOL

Tên	Tên khoa học	Dung lượng mẫu (cây)	Z _b (cm/năm)	D _{max} (cm)	Dạng sống
Nghiến	<i>Excentrodendron tonkinense</i>	176	0,28	105,4	GOL
Sao trung hoa	<i>Hopea chinensis</i>	30	0,23	80	GOL
Trâm vối	<i>Cleistocalyx nervosum</i>	30	0,25	129,9	GOL
Observation		697			
Min			0,23	80	
Max			0,3	129,9	
Nhóm gỗ lớn, tăng trưởng trung bình					
Máu chó thẩu kính	<i>Knema lenta</i>	52	0,38	80	GOL
Dẻ đỏ	<i>Lithocarpus ducampii</i>	82	0,33	80	GOL
Táu trắng	<i>Vatica odorata</i>	94	0,32	80	GOL
Dẻ ấn	<i>Castanopsis indica</i>	351	0,33	154,5	GOL
Dẻ trắng	<i>Lithocarpus dealbatus</i>	181	0,32	93,6	GOL
Cà lồ	<i>Caryodaphnopsis tonkinensis</i>	70	0,34	100	GOL
Sông	<i>Pometia pinnata</i>	31	0,41	86,9	GOL
Xoan đào	<i>Prunus arborea</i>	32	0,35	84,4	GOL
Vẩy ốc	<i>Diospyros buxifolia</i>	33	0,31	80	GOL
Máu chó lá nhỏ	<i>Knema globularia</i>	34	0,32	80,5	GOL
Gội nếp	<i>Aglaia spectabilis</i>	43	0,35	109,6	GOL
Observation		1003			
Min			0,31	80	
Max			0,41	154,5	
Nhóm gỗ trung bình, tăng trưởng chậm					
Nhọc Law	<i>Polyalthia lawii</i>	58	0,3	64,4	GOT
Lộc vừng	<i>Barringtonia acutangula</i>	53	0,3	76,4	GOT
Vàng anh lá nhỏ	<i>Saraca indica</i>	97	0,26	92	GOT
Trâm trắng	<i>Syzygium wightianum</i>	108	0,29	95	GOT
Nang trứng	<i>Hydnocarpus kurzii</i>	38	0,28	72,1	GOT
Vải rừng	<i>Nephelium cuspidatum</i>	38	0,3	90,1	GOT
Chân chim	<i>Schefflera octophylla</i>	41	0,25	63,9	GOT
Kháo hoa thưa	<i>Machilus parviflora</i>	48	0,23	85,7	GOT
Kháo nhậm	<i>Machilus odoratissimus</i>	30	0,3	82,8	GOT
Observation		511			
Min			0,23	63,9	
Max			0,3	95	
Nhóm gỗ trung bình, tăng trưởng trung bình					
Giền trắng	<i>Xylopi pierrei</i>	123	0,31	79	GOT
Lòng mang bạc	<i>Pterospermum argenteum</i>	51	0,33	60	GOT
Ngát	<i>Gironniera subaequalis</i>	102	0,43	76,1	GOT

Tên	Tên khoa học	Dung lượng mẫu (cây)	Z _D (cm/năm)	D _{max} (cm)	Dạng sống
Gội law	<i>Aglaia lawii</i>	34	0,31	61,8	GOT
Vàng tâm	<i>Manglietia dandyi</i>	37	0,32	68	GOT
Chẹo tía	<i>Engelhardtia roxburghiana</i>	39	0,39	63,5	GOT
Gội bạc	<i>Aglaia argentea</i>	40	0,4	84,4	GOT
Sung rừng	<i>Ficus lacor</i>	42	0,35	62,9	GOT
Observation		468			
Min			0,31	60	
Max			0,43	84,4	
Nhóm gỗ nhỏ, tăng trưởng chậm					
Chín tầng	<i>Diospyros pilosula</i>	61	0,3	55	GON
Ô rô	<i>Streblus ilicifolius</i>	548	0,25	55,8	GON
Anh phong nhiều trái	<i>Alphonsea philastreana</i>	299	0,22	54,3	GON
Ruổi	<i>Streblus saper</i>	133	0,25	58	GON
Cơm rượu bắc bộ	<i>Glycosmis cymosa</i>	285	0,24	59,2	GON
Thừng mực lông mềm	<i>Wrightia tomentosa</i>	35	0,28	40,7	GON
Du quả nhọn	<i>Baccaurea oxycarpa</i>	37	0,24	41,1	GON
Dâu gia đất	<i>Baccaurea racemosa</i>	40	0,3	41,4	GON
Chùm bao	<i>Bhesa robusta</i>	48	0,25	43,9	GON
Observation		1486			
Min			0,22	40,7	
Max			0,3	59,2	
Nhóm gỗ nhỏ, tăng trưởng trung bình					
Nhọ nôi	<i>Diospyros apiculata</i>	74	0,37	55,1	GON
Chành rành	<i>Dodonaea viscosa</i>	33	0,33	57,3	GON
Nhọc lá dài	<i>Polyalthia jucunda</i>	33	0,38	38,5	GON
Đền ba lá	<i>Vitex trifolia</i>	40	0,31	53,5	GON
Bưởi bung lá ít gân	<i>Macclurodendron oligophlebia</i>	44	0,46	39,5	GON
Observation		224			
Min			0,31	38,5	
Max			0,46	57,3	
Nhóm gỗ nhỏ, tăng trưởng nhanh					
Hu đay	<i>Trema orientalis</i>	116	0,53	59,2	GON

Ghi chú: Bảng phân nhóm loài sẽ còn tiếp tục có sự thay đổi về số lượng loài và số lượng mẫu quan sát sau bước thứ 3 - bước gán nhóm loài chủ quan.

Kết quả đạt được ở bảng 3 cho thấy:

- Giữa các loài trong từng nhóm loài đã có sự đồng nhất về các biến lượng tăng trưởng đường kính bình quân và dạng sống

của loài; tuy nhiên biến động về biến đường kính lớn nhất loài đạt được giữa các loài trong cùng một nhóm vẫn còn. Chẳng hạn như đối với nhóm gỗ lớn, tăng trưởng

trung bình có biến động về D_{max} từ 80 - 154,5cm. Điều này có thể được lý giải do dung lượng mẫu quan sát của một số loài chưa hoàn toàn đủ lớn nên giá trị D_{max} quan sát ở loài đó chưa thực sự đại diện cho D_{max} mà loài có thể đạt tới. Tuy nhiên, điều này cũng không làm ảnh hưởng đến tính chính xác của kết quả phân nhóm của nghiên cứu.

- Ở nhóm loài gỗ nhỏ, tăng trưởng nhanh chỉ có duy nhất 1 loài Hu đay với 116 cá thể. Trong bước gán nhóm chủ quan tiếp theo (ở bước 3), số loài trong nhóm này sẽ còn được bổ sung thêm.

So sánh một kết quả nghiên cứu của tác giả Trần Văn Con (2011) khi nghiên cứu về xây dựng mô hình quản lý rừng bền vững rừng tự nhiên ở Tây Nguyên cũng đã đưa ra nhận định rằng: Các nghiên cứu của Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam và Viện Điều tra Quy hoạch rừng đều cho thấy rằng tăng trưởng của các loài mục đích trong rừng tự nhiên ở mức trung bình và chậm. Tác giả cũng đã đưa ra kết quả phân chia 4 cấp tăng trưởng sau: Tăng trưởng rất chậm: $Z_D < 0,3$ cm/năm; tăng trưởng chậm:

$Z_D = 0,3 - 0,5$ cm/năm; tăng trưởng trung bình: $Z_D > 0,5 - 0,8$ cm/năm; tăng trưởng nhanh: $Z_D > 0,8$ cm/năm.

Điều này cho thấy, cách phân chia cấp tăng trưởng đường kính cho đối tượng nghiên cứu của nghiên cứu cũng có đặc điểm tương đồng so với nghiên cứu trước đó của tác giả Trần Văn Con (2011).

Với kết quả phân nhóm loài ở trên sẽ còn tiếp tục được hoàn thiện sau khi tiến hành gán nhóm chủ quan đối với những loài có dung lượng quan sát nhỏ hơn 30 cây vào khung nhóm loài ở bảng 3. Tổng số loài được thực hiện gán nhóm chủ quan gồm 283 loài trong tổng số 333 loài (chiếm 84,98 % số loài dùng phân nhóm). Tuy nhiên chúng chỉ chiếm 30,72 % số cây dùng phân nhóm. Điều này có nghĩa là ảnh hưởng của phần chủ quan khi phân nhóm loài và khi xây dựng mô hình tăng trưởng đường kính lâm phần là không đáng kể. Kết quả cuối cùng phân nhóm loài theo 3 bước (*như trình bày ở phương pháp*) cho tất cả các loài của khu vực nghiên cứu được tổng hợp ở bảng 4 sau:

Bảng 4. Tổng hợp kết quả phân nhóm loài cho lâm phần rừng tự nhiên thuộc khu vực nghiên cứu

TT	Nhóm loài	Số loài	Dung lượng mẫu (cây)	Z_D (cm/năm)	D_{max} (cm)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	Gỗ nhỏ, tăng trưởng chậm	53	1738	0,06 ÷ 0,30	59,2
2	Gỗ nhỏ, tăng trưởng trung bình	26	366	0,31 ÷ 0,46	57,3
3	Gỗ nhỏ, tăng trưởng nhanh	8	140	0,51 ÷ 0,78	59,2
4	Gỗ trung bình, tăng trưởng chậm	73	912	0,06 ÷ 0,30	95
5	Gỗ trung bình, tăng trưởng trung bình	61	1019	0,31 ÷ 0,49	84,5
6	Gỗ trung bình, tăng trưởng nhanh	15	58	0,51 ÷ 1,21	70
7	Gỗ lớn, tăng trưởng chậm	44	917	0,06 ÷ 0,30	129,9
8	Gỗ lớn, tăng trưởng trung bình	44	1319	0,31 ÷ 0,49	154,5
9	Gỗ lớn, tăng trưởng nhanh	9	35	0,51 ÷ 0,96	100
	Tổng	333	6504		

Ghi chú: Cột (5) là biến động lượng tăng trưởng đường kính bình quân năm có ở mỗi nhóm loài; Cột (6) là đường kính tối đa (quan sát) loài đạt được ở mỗi nhóm loài.

Kết quả phân nhóm cuối cùng sau khi thực hiện bước gán chủ quan các loài dung lượng quan sát nhỏ đã bổ sung thêm 2 nhóm loài: nhóm gỗ lớn, tăng trưởng nhanh và nhóm gỗ trung bình, tăng trưởng nhanh so với kết quả phân nhóm ở bước Cluster analysis và Discriminant analysis.

Như vậy, với 4504 cá thể thuộc 50 loài mẫu lớn (25 loài $n \geq 50$ và 25 loài $30 \leq n < 50$) và 1998 cá thể 283 loài mẫu nhỏ ($n < 30$), chúng tôi đã tiến hành phân nhóm loài theo 3 bước và đã đạt được 9 nhóm loài gồm:

- 1) Nhóm gỗ nhỏ, tăng trưởng chậm;
- 2) Nhóm gỗ nhỏ, tăng trưởng trung bình;
- 3) Nhóm gỗ nhỏ, tăng trưởng nhanh;
- 4) Nhóm gỗ trung bình, tăng trưởng chậm;
- 5) Nhóm gỗ trung bình, tăng trưởng trung bình;
- 6) Nhóm gỗ trung bình, tăng trưởng nhanh;
- 7) Nhóm gỗ lớn, tăng trưởng chậm;
- 8) Nhóm gỗ lớn, tăng trưởng trung bình;
- 9) Nhóm gỗ lớn, tăng trưởng nhanh.

4.2. Thảo luận

Vanclay (1994) đã tổng quan các phương pháp khác nhau được sử dụng để phân nhóm loài và đã chỉ ra rằng tất cả các phương pháp phân nhóm loài đều có điểm yếu cần phải khắc phục và một phương pháp thích hợp phụ thuộc rất lớn vào dung lượng và chất lượng của dữ liệu đầu vào. Một phân nhóm đáng tin cậy thì mỗi loài cần phải có đủ dung lượng mẫu (>100 cây), đáng tiếc là chỉ có một số ít trong số rất nhiều loài đáp ứng được yêu cầu này, phần lớn loài thường có dung lượng mẫu nhỏ (>30 cây), đó là các loài có tần suất xuất hiện hiếm và tạo ra vấn đề khó khăn trong phân nhóm theo quan điểm thống kê. Một trong những giải pháp để vượt qua khó khăn này đã được Philipps *et al.*, (2002) sử dụng để phân nhóm loài cho rừng tự nhiên ở Klimantan (Indonesia) là phương pháp tiếp cận 3 bước: (i) phân tích nhóm (cluster analysis) dựa theo chiến lược K-Means đối với các loài có dung lượng mẫu lớn (>100 cây);

(ii) phân tích biệt thức (discriminant analysis) đối với các loài có dung lượng mẫu nhỏ hơn (>30 cây); và (iii) gán chủ quan vào các nhóm đã có dựa trên kiến thức kinh nghiệm (theo chuyên gia, các công trình công bố).

Ở nghiên cứu của chúng tôi cũng sử dụng tiếp cận 3 bước tương tự như tiếp cận của Phillips *et al.*, (2002). Tuy nhiên, Phillips *et al.*, (2002) đã sử dụng 6 biến mô tả sinh trưởng, tái sinh bổ sung và tỷ lệ chết để phân nhóm loài, trong khi chúng tôi chỉ sử dụng hai biến thống kê là tăng trưởng đường kính bình quân của loài (Z_D) và đường kính tối đa loài đạt được khi thành thực (D_{max}). Phương pháp của Phillips *et al.*, (2002) dựa trên mô hình tăng trưởng, tái sinh bổ sung và chết, do đó kết quả phân nhóm rõ ràng là phụ thuộc vào việc lựa chọn phương trình cho mô hình và phụ thuộc vào các biến của mô hình tăng trưởng. Khác với phương pháp của các tác giả này, phương pháp của chúng tôi không phụ thuộc vào mô hình và chỉ dựa vào biến thống kê là Z_D và D_{max} , do đó có thể dễ dàng hơn để gán các loài có dung lượng mẫu nhỏ căn cứ vào kiến thức về hai biến được sử dụng. Các kết quả khác nhau có thể đạt được phụ thuộc vào các biến được sử dụng để diễn đạt đặc trưng của loài và trong một vài trường hợp còn phụ thuộc vào mô hình được sử dụng để mô phỏng động thái rừng (Picard *et al.*, 2010). Nhiều nghiên cứu khi dùng phương pháp phân tích nhóm để phân nhóm loài đã không giải quyết vấn đề cho các loài có dung lượng mẫu nhỏ (tức là không sử dụng bước gán chủ quan). Ví dụ trong một ứng dụng phân nhóm loài cho rừng thí nghiệm ở Paracou, các loài có dung lượng mẫu nhỏ hơn 20 cây đã được loại bỏ (Picard *et al.*, 2010). Phương pháp tiếp cận nhiều bước trên cơ sở phối hợp phân tích thống kê với gán chủ quan được nhận thấy là phù hợp để phân nhóm loài cho các hệ sinh thái rừng nhiệt đới vốn đa dạng loài cao (Phillips *et al.*, 2002). Một nghiên cứu tương tự của tác giả Alder (1995)

cũng đã dùng 2 biến thống kê Z_D và D_{max} để phân nhóm loài.

Đặc trưng của 9 nhóm loài được xây dựng trong nghiên cứu được tóm tắt ở bảng 4. Trong đó có đến 283 loài (chiếm 84,98%) được gán chủ quan vì có $n < 30$ cây, tuy nhiên chỉ chiếm 30,72% số cá thể tham gia phân nhóm loài. Do vậy ảnh hưởng của phần gán nhóm chủ quan khi xây dựng mô hình tăng trưởng là không đáng kể. Ngoài ra, đôi khi việc gán nhóm chủ quan dựa trên kiến thức kinh nghiệm cho phép việc giải thích về các nhóm loài theo chức năng dễ hiểu hơn là phân nhóm tự động theo phương pháp thống kê (Phillips *et al.*, 2002) bởi vì: một mặt là dữ liệu để phân tích thống kê được thu thập từ các ô tiêu chuẩn có thể chưa phản ánh đúng D_{max} của loài, do rừng nghiên cứu chưa thành thực sinh học; và mặt khác phân nhóm khách quan theo thống kê khó đáp ứng được yêu cầu đặc trưng cho nhóm loài theo chức năng sinh thái của chúng.

Bảng phân nhóm của chúng tôi chỉ phụ thuộc vào kiến thức biến: lượng tăng trưởng đường kính bình quân năm (Z_D), đường kính lớn nhất của loài (D_{max}) và dạng sống. Các biến này có thể biểu hiện phản ứng sinh trưởng và sự phụ thuộc môi trường cũng như đặc tính sinh học của loài. Do đó, bảng phân nhóm có thể được sử dụng để mô hình hóa tăng trưởng đường kính theo nhóm loài cũng như giải thích sinh thái của nhóm loài.

Hiện nay, ở Việt Nam cũng đã có một số quan điểm về cách phân chia nhóm loài căn cứ vào đường kính lớn nhất loài đạt được (D_{max}) và lượng tăng trưởng đường kính bình quân năm của loài (Z_D) phục vụ xây dựng mô hình tăng trưởng đường kính lâm phần rừng tự nhiên. So sánh với một kết quả nghiên cứu của Trần Văn Con (2011), từ số liệu quan sát của 22 OTCĐV của 2 kiểu rừng (rừng khộp và rừng lá rộng thường xanh) đã phân thành 9 nhóm loài theo Z_D và D_{max} gồm: (1) Nhóm gỗ nhỏ,

tăng trưởng rất chậm ($D_{max} = 23,9 \div 32,5$ cm, $Z_D = 0,15 \div 0,25$ cm/năm); (2) Nhóm gỗ nhỏ, tăng trưởng chậm ($D_{max} = 39,7 \div 53,2$ cm, $Z_D = 0,16 \div 0,27$ cm/năm); (3) Nhóm gỗ nhỏ, tăng trưởng trung bình ($D_{max} = 39,8 \div 53,8$ cm, $Z_D = 0,32 \div 0,48$ cm/năm); (4) Nhóm gỗ nhỏ, tăng trưởng rất chậm ($D_{max} = 57 \div 68,9$ cm, $Z_D = 0,17 \div 0,22$ cm/năm); (5) Nhóm gỗ nhỏ, tăng trưởng chậm ($D_{max} = 57,3 \div 75,4$ cm, $Z_D = 0,24 \div 0,34$ cm/năm); (6) Nhóm gỗ nhỏ, tăng trưởng trung bình ($D_{max} = 56,5 \div 76,7$ cm, $Z_D = 0,35 \div 0,47$ cm/năm); (7) Nhóm gỗ lớn, tăng trưởng chậm ($D_{max} = 78,6 \div 102,5$ cm, $Z_D = 0,4 \div 0,5$ cm/năm); (8) Nhóm gỗ lớn, tăng trưởng trung bình ($D_{max} = 79,6 \div 101,9$ cm, $Z_D = 0,22 \div 0,35$ cm/năm); (9) Nhóm gỗ lớn, tăng trưởng nhanh.

Có thể nói, ở Việt Nam có rất ít nghiên cứu về phân nhóm loài cây trên đối tượng rừng tự nhiên nhiệt đới. Công trình nghiên cứu này là một trong số ít nghiên cứu về phân nhóm loài phục vụ xây dựng mô hình tăng trưởng đường kính lâm phần một cách hệ thống dựa trên OTCĐV từ trước đến nay. Khác với nghiên cứu của Trần Văn Con (2011), ngoài chỉ tiêu D_{max} , Z_D , khi phân nhóm loài chúng tôi sử dụng cả chỉ tiêu dạng sống (*theo các nguồn tài liệu tin cậy đã có*) để sắp xếp và điều chỉnh gán nhóm chủ quan cho các loài mẫu nhỏ. Đây cũng chính là điểm mới của nghiên cứu về phân nhóm loài so với nghiên cứu của tác giả trước đó.

Tóm lại: Bảng phân nhóm loài trong nghiên cứu này mới chỉ là một trong những thử nghiệm đầu tiên để phân nhóm các loài cây trong rừng tự nhiên thuộc đối tượng nghiên cứu cho mục đích mô hình hóa tăng trưởng và mục đích nghiên cứu về phương pháp. Nó có thể còn nhiều hạn chế cần phải khắc phục trong các nghiên cứu tiếp theo. Trước mắt, bảng phân nhóm này sẽ được sử dụng để xây dựng các mô hình tăng trưởng đường kính cây rừng tự nhiên.

V. KẾT LUẬN VÀ KHUYẾN NGHỊ

5.1. Kết luận

Kết quả nghiên cứu đã sử dụng phương pháp phân nhóm loài một cách chủ quan dựa trên các chỉ tiêu Z_D (cm/năm), D_{max} (cm), dạng sống của từng loài trong 21 OTCĐV của kiểu rừng lá rộng thường xanh tại 4 khu rừng đặc dụng thuộc miền Bắc Việt Nam và đã phân thành 9 nhóm loài.

Kết quả phân 9 nhóm loài trong nghiên cứu là cố gắng bước đầu và cần phải được tiếp tục nghiên cứu trong các nghiên cứu tiếp theo. Trước mắt, kết quả phân nhóm này sẽ được sử

dụng phục vụ xây dựng các mô hình tăng trưởng đường kính theo nhóm loài cho rừng tự nhiên tại 4 khu rừng đặc dụng thuộc khu vực nghiên cứu ở các nghiên cứu sau này.

5.2. Khuyến nghị

Nghiên cứu này mới chỉ thực hiện tại 4 địa điểm VQG Ba Bể, VQG Xuân Sơn, VQG Vũ Quang, KBT Hang Kia - Pà Cò, với chu kỳ nghiên cứu 5 năm (2007 - 2012). Cần tiếp tục có những nghiên cứu ở các chu kỳ tiếp theo để có thêm kết quả đánh giá toàn diện hơn cho đối tượng nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Lê Mộng Chân và Lê Thị Huyền, 2000. Thực vật rừng. NXB Nông nghiệp, Hà Nội.
2. Trần Văn Con, 2007. Nghiên cứu các đặc điểm cấu trúc và động thái của một số kiểu rừng chủ yếu ở Việt Nam. Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam, Hà Nội.
3. Trần Văn Con, 2011. Xây dựng hàm sinh trưởng cho các loài cây rừng tự nhiên ở Tây Nguyên. Báo cáo tư vấn, dự án “Phát triển lâm nghiệp để cải thiện sinh kế Vùng Tây Nguyên” (FLITCH). Hà Nội.
4. Trần Văn Con, 2010. Nghiên cứu đặc điểm lâm học các hệ sinh thái rừng chủ yếu ở Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài giai đoạn I (2006 - 2010). Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam, Hà Nội.
5. Đào Công Khanh, 1996. Nghiên cứu một số đặc điểm cấu trúc của rừng lá rộng thường xanh ở Hương Sơn, Hà Tĩnh làm cơ sở đề xuất các biện pháp kỹ thuật lâm sinh phục vụ khai thác và nuôi dưỡng rừng. Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam, Hà Nội.
6. Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, 2002. Tên cây rừng Việt Nam, Hà Nội.
7. Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, 2006. Cẩm nang lâm nghiệp - Chương tăng trưởng rừng. Hà Nội.
8. Viện Điều tra quy hoạch rừng, 2009. Cây rừng Việt Nam, Hà Nội.
9. Alder D., 1995. Growth modelling for mixed tropical forests, Trop. For. Papers, 30, 1-231.
10. Bertault J.G., Kadir K., 1998. Silvicultural Research in a Lowland Mixed Dipterocarp Forest of East Kalimantan. CIRAD, Montpellier, France.
11. Newman M.F., Burgess P.F., Whitmore T.C., 1996. Manuals of Dipterocarps for Foresters. Royal Botanic Garden, Edinburgh, UK.
12. Phillips P.D., Yasman I., Brash T.E., Gardingen P.R.V., 2002. Grouping tree species for analysis of forest data in Kalimantan (Indonesian Borneo), Forest Ecology and Management, 157, 205-216.
13. Vanclay J.K., 1994. Modelling forest growth and yield, Originally published by CAB international, wallingford UK.

Người thẩm định: GS.TSKH. Nguyễn Ngọc Lung